



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Tesina de grado de la carrera
Licenciatura en Recursos Naturales

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE INDICADORES PARA LA GESTIÓN
INTEGRADA DEL RECURSO HÍDRICO EN LA
CUENCA DEL ARROYO LUDUEÑA,
SANTA FE**

Tesinista

Lía V. Martín

Director

Dr. Ing. Agr. Sergio Montico

Co-directora

Lic. Claudia M. Torres

Lugar de trabajo

Facultad de Ciencias Agrarias (UNR)

Noviembre, 2022

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	5
ABSTRACT.....	6
1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1. Los recursos hídricos en el planeta.....	7
1.2. Los roles y los servicios ecosistémicos de los recursos hídricos.....	8
1.3. Problemáticas territoriales relacionadas con los recursos hídricos.....	10
1.4. La cuenca hídrica como unidad mínima de GIRH.....	15
1.5. Los indicadores como estrategia de diagnóstico territorial en la GIRH.....	16
2. OBJETIVOS.....	18
2.1. Objetivo general.....	18
2.2. Objetivos específicos.....	18
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.1. Unidad de estudio: Cuenca del arroyo Ludueña.....	19
3.2. Marco conceptual: método GEO aplicado a la GIRH.....	20
3.3. Marco analítico: modelo de indicadores FPEIR.....	22
3.4. Marco de selección de los indicadores.....	24
3.5. Relevamiento de información.....	24
3.5.1. Recopilación bibliográfica.....	25
3.5.2. Pedidos de información a Organismos públicos.....	25
3.5.3. Cuestionarios y entrevistas no estructuradas.....	26
3.6. Identificación de la red de actores de la administración pública involucrados en la gestión del arroyo Ludueña y sus tributarios.....	26
4. RESULTADOS.....	28
4.1. El sistema de indicadores GEO (GIRH) FPEIR.....	28
4.1.1. Características del sistema de indicadores seleccionados.....	28
4.1.2. Sistema de indicadores seleccionados.....	29
4.1.3. Valoración de los indicadores.....	33
4.1.4. Estandarización del sistema de indicadores.....	33
4.2. Aplicación del sistema de indicadores GEO (GIRH) FPEIR en tres distritos pertenecientes a la cuenca del arroyo Ludueña.....	34
4.1.1. Diagnóstico GEO (GIRH) FPEIR de la cuenca del arroyo Ludueña.....	34
4.1.2. Vacíos de información e indicadores no relevados.....	40
4.3. Red de actores de la administración pública involucrados en la gestión del agua del arroyo Ludueña y sus tributarios.....	41
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	45
5.1. Contexto pampeano y de la provincia Santa Fe (Fuerzas Motrices).....	45
5.1.1. Presión demográfica y hogares con vulnerabilidad.....	45
5.1.2. Riesgo de impacto ambiental por actividades industriales.....	47
5.1.3. Variabilidad en las precipitaciones y en la provisión del agua subterránea.....	48
5.1.4. Protección de paisajes.....	49
5.1.5. Características de la cuenca del arroyo Ludueña.....	50

5.2. Procesos antrópicos influyentes en el arroyo Ludueña y sus tributarios (Presión).....	52
5.2.1. Procesos influyentes en la ocupación territorial actual.....	52
5.2.2. Procesos influyentes en la cantidad de agua actual.....	54
5.2.3. Procesos influyentes en la calidad del agua.....	59
5.2.4. Observaciones de los procesos influyentes.....	65
5.3. Situación del arroyo Ludueña, sus tributarios y los relictos vegetales (Estado).....	66
5.3.1. Calidad del agua y de los sedimentos.....	66
5.3.2. Remanentes de vegetación.....	68
5.4. Algunos servicios ecosistémicos afectados de la cuenca del arroyo Ludueña (Impacto)	71
5.4.1. Pérdidas en el sector agrícola y reducción de la calidad de vida humana por anegamientos.....	71
5.4.2. Efectos en el suelo, el paisaje y la macrofauna nativa.....	74
5.5. Medidas ecológicas no estructurales respecto a la cuenca del arroyo Ludueña (Respuesta).....	76
5.5.1. Seguimiento de los recursos hídricos y de la biota acuática.....	76
5.5.2. Concientización ambiental.....	77
5.5.3. Planificación actual y futura hacia la GIRH.....	78
5.5.4. Gestión de la administración pública.....	79
6. CONCLUSIONES.....	83
7. LÍNEAS DE ACCIÓN.....	87
8. BIBLIOGRAFÍA.....	89
9. ANEXOS.....	115
Anexo I. Cuestionarios guía.....	115
Anexo II. Hoja Metodológica de presentación de los indicadores.....	116
Anexo III. Hoja Metodológica de los indicadores GEO (GIRH) FPEIR.....	117
Indicadores de Fuerzas Motrices (F).....	117
Indicadores de Presión (P).....	123
Indicadores de Estado (E).....	131
Indicadores de Impacto (I).....	137
Indicadores de Respuesta (R).....	142
Anexo IV. Ubicación de áreas de importancia de la cuenca del arroyo Ludueña para la GIRH.....	149

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la cuenca del arroyo Ludueña y los tres distritos en estudio.....	21
Figura 2. Ubicación de la red hídrica, sus principales tributarios y la Presa de Retención de Crecidas del arroyo Ludueña y de los tres distritos en estudio.....	22
Figura 3. Esquema conceptual de los ejes y dimensiones propuesto para el sistema de indicadores GEO (GIRH) FPEIR ajustado a cuencas de llanura.....	29
Figura 4. Esquema conceptual de los procesos críticos del sistema de indicadores identificados para la cuenca del arroyo Ludueña.....	41
Figura 5. Áreas prioritarias identificadas para la protección del arroyo Ludueña y sus tributarios.....	149
Figura 6. Expansión urbana en los tres distritos estudiados (2009 - 2020).....	150
Figura 7. Presiones (P) identificadas para los distritos de Ibarlucea, Roldán, Zavalla y de la cuenca del arroyo Ludueña.....	150
Figura 8. Curvas de nivel para los distritos en estudio, junto con el arroyo principal y sus tributarios.....	151
Figura 9. Sectores más comprometidos del distrito Ibarlucea.....	151
Figura 10. Sectores más comprometidos del distrito Roldán.....	152
Figura 11. Sectores más comprometidos del distrito Zavalla.....	152

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Adaptación de los interrogantes GEO a la GIRH.....	22
Tabla 2. Sistema de indicadores GEO (GIRH) FPEIR propuesto.....	32
Tabla 3. Valores que pueden tomar los indicadores GEO (GIRH) FPEIR relevados.....	33
Tabla 4. Valores de los indicadores del aspecto Fuerza Motriz para los distritos y para la cuenca del arroyo Ludueña.....	35
Tabla 5. Valores de los indicadores del aspecto Presión para los distritos y para la cuenca del arroyo Ludueña.....	36
Tabla 6. Valores de los indicadores del aspecto Estado para los distritos y para la cuenca del arroyo Ludueña.....	37
Tabla 7. Valores de los indicadores del aspecto Impacto para un distrito y para la cuenca del arroyo Ludueña.....	38
Tabla 8. Valores de los indicadores del aspecto Respuesta para los distritos y para la cuenca del arroyo Ludueña.....	39
Tabla 9. Organismos públicos vinculados con la gestión del recurso hídrico de la cuenca del arroyo Ludueña.....	44

A mi familia y amigos

Agradezco profundamente:

- *a la Universidad Nacional de Rosario y a la Facultad de Ciencias Agrarias por haberme brindado el espacio y las herramientas durante el transcurso de mi formación y para el desarrollo de la presente tesina.*
- *a la Comisión Asesora de Tesinas y a los/as evaluadores por su compromiso, rapidez y sugerencias que han mejorado el presente trabajo.*
- *a mis directores: Sergio Montico por su tiempo, su paciencia, su sabiduría, su calma y sus consejos en todo momento. A Claudia Torres, por sus consejos, su calidez, su paciencia, su apoyo, los cuales fueron esenciales para el repensar de esta tesina.*
- *a todas aquellas personas que han posibilitado la realización de esta tesina: Ing. Agr. Javier Giampaoli, Ing. Agr. Néstor Di Leo, Ing. Agr., José Berardi (Centro de Estudios Territoriales y Cátedra de Manejo de Tierras, FCA-UNR), Ing. Civ. Ana Ma. Ingallinella (ex-Dirección Centro de Ingeniería Sanitaria) e Ing. Civ. (Dr.) Erik Zimmermann (Centro Universitario Rosario de Investigaciones Hidroambientales, FCEIA-UNR). En especial, a la Ing. Amb. Marina Santinelli (Centro de Estudios Territoriales), a la Lic. (Dra.) Florencia Gutiérrez (Instituto de Nacional de Limnología de la Universidad Nacional del Litoral), al Lic. (Mg.) Ricardo Biasatti (Dirección de Gestión Ambiental) y al Ing. Miguel Siryi (ex-Dirección de Residuos Sólidos Urbanos).*
- *a la Comuna de Zavalla (Pte. Guillermo Rajmil) y a la Secretaría de Planeamiento, Obras Hídricas y Medioambiente de Roldán (Sec. Germán Wirch), al Ente Regulador de Servicios Sanitarios y a la Subsecretaría de Recursos Hídricos de Santa Fe.*
- *a la Lic. Violeta Di Doménica, a la Lic. Lara Cabrera, a la Lic. Bárbara Delgado, a la Ing. Agr. Verónica Anibalini, a mi colega Macarena Vázquez (Taller Ecologista), y por último, a mi amigo Nicolás Hudyma, por haberme brindado información de utilidad en su momento para adentrarme en el tema y en las problemáticas del territorio.*
- *a mi familia y personas cercanas, en especial a mi hermana, a mi mamá y a mi papá que han sido un gran apoyo en tiempos difíciles. A mis amigos/as y a mi entrenador que han sabido escucharme y aconsejarme a todo momento.*

RESUMEN

El presente trabajo selecciona e integra un conjunto de indicadores que evalúan los recursos hídricos de la cuenca del arroyo Ludueña, Santa Fe, República

Argentina. Se utilizó un abordaje multiescalar, sistémico y complejo a escala de cuenca mediante la combinación del método GEO orientado a la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH) y del modelo FPEIR (Fuerzas motrices – Presión – Estado – Impacto - Respuesta). La Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH) considera la intervención humana como parte esencial del ciclo hidrológico a nivel de cuenca y lo considera un ciclo hidrosocial. Se detectaron veintiséis (26) puntos críticos que podrían permitir la implementación de políticas públicas orientadas a la sustentabilidad. Esta metodología puede adaptarse y replicarse en cuencas hídricas similares.

Los conocimientos aquí volcados constituyen un aporte al diagnóstico ambiental y resulta útil para articularlo con los Organismos públicos que deben velar por la conservación de los recursos hídricos de la cuenca del arroyo Ludueña.

PALABRAS CLAVE: Recurso Hídrico; Gestión Integrada; Indicadores; Cuenca; FPEIR

ABSTRACT

The present work evaluates the water resources of the Ludueña's stream-basin (Santa Fe, Argentina) through several indicators that were selected and integrated in a sustainable indicators's system. It used a multiscalar, systematic, and a complex approach on basin-scale through the GEO method applied to Integrated Water Resources Management (IWRM) combined with the DPSIR model (Driving forces – Pressure – State – Impact – Responses). The Integrated Water Resources Management (IWRM) considers anthropic intervention as an essential part of the hydrological cycle in a basin-scale, this results in a water-social cycle. It detected twenty-six (26) critical points which could allow a development for criteria destined for a sustainable management's territory political. This approach can be adapted and replied in similar basins.

This essay contributes to environment diagnosis and the result also be useful for the articulation with the political administration who must guarantee the conservation of the Ludueña stream-basin's water resources.

KEYWORDS: Water Resource; Integrated Management; Indicators; Basin; DPSIR.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Los recursos hídricos en el planeta

El agua posee características únicas que permiten el desarrollo de la vida en el planeta. La misma es una molécula polar con propiedades eléctricas, disolventes y con un pH neutro que se disocia rápidamente y puede convertirse en pH ácido y básico (permite diversas reacciones biológicas); tiene una elevada adhesión y cohesión (permite una alta capilaridad, utilizada en el transporte de nutrientes en los sistemas biológicos, como la savia bruta y elaborada en el reino vegetal y los vasos sanguíneos en el reino animal); tiene un amplio rango de temperatura en estado líquido entre 0° C a 100° C y un alto calor específico (permite mantener el agua en estado líquido formando un medio relativamente estable y permite alojar diversas especies, como: los ecosistemas acuáticos y regiones polares); tiene una densidad anómala ya que la misma es menor cuando se presenta en estado sólido que en estado líquido (en regiones de muy baja temperatura, en la parte superficial se crea una capa sólida “que flota” y mantiene en estado líquido la parte subsuperficial, permitiendo albergar vasta diversidad de especies) (Audersik *et al.*, 2013; Fernández-Jáuregui *et al.*, 2017).

El agua es, además, un elemento constitutivo de la hidrósfera y de la criósfera, y es parte de la atmósfera, de los suelos (litósfera) y de los componentes vivos (biósfera). En particular, la hidrósfera es la capa de agua en la superficie terrestre, la cual está distribuida de forma desigual y conforma: océanos, mares, ríos, arroyos, lagos y lagunas y el agua subsuperficial (Auge, 2004). Esta se compone casi exclusivamente de agua salada (97%) y la fracción restante es de agua dulce (3%), la cual, su mayoría, se presenta en los glaciares (2,5%) y por otro lado, se encuentra el agua subsuperficial (0,47%), el permafrost (0,02%) y una pequeñísima parte contiene el agua dulce superficial y atmosférica (0,01%) (Fernández- Jáuregui *et al.*, 2017). Esta última junto con el agua subsuperficial es utilizada por la humanidad, denominándose “recursos hídricos”, donde el agua dulce superficial, el 73,6%, se encuentra depositada en cuerpos estáticos (lagos), el 13,2% está almacenada como humedad del suelo, un 9,9% en humedales, el 2,2% en los cuerpos móviles (ríos), y por último, un 1,1% se encuentra almacenada en la biósfera, principalmente en la vegetación y la macrofauna (Fernández- Jáuregui *et al.*, 2017).

Por su parte, el ciclo hidrológico explica el movimiento de las masas de agua de un lugar a otro y de los diferentes estados físicos en los que se encuentra el agua en el planeta: líquido, sólido y gaseoso, circulando desde la atmósfera a la

biósfera-litósfera-hidrosfera-criosfera y nuevamente a la atmósfera. Este consiste en los procesos físicos de evaporación, transpiración, condensación, precipitación, infiltración, escurrimiento, almacenamiento y congelación. El mismo depende de las propiedades de la molécula de agua, como de la energía solar y de la Ley de la Gravedad (Shiklomanov, 1993). Aquí se refleja la dinámica de los recursos hídricos renovables que existen en el planeta donde el agua puede “temporalmente” no pertenecer a la hidrosfera, pero lo hará en algún momento del ciclo (Fernández-Jáuregui *et al.*, 2017).

El ciclo hidrológico a nivel mundial anual, consiste en la evaporación de 502.800 km³ del agua oceánica, de la cual aproximadamente el 90% retorna a los mismos y el 10% restante se transporta y se deposita en forma de precipitación en la plataforma continental de manera desigual. Aquí se evaporan las masas de agua continentales en conjunto con la evapotranspiración de la superficie terrestre (y de la vegetación) aportando aproximadamente 119.000 km³ a la circulación del agua terrestre. El 35% de este último (44.800 km³), ciclo hidrológico terrestre, regresa al océano en forma de glaciares, y cuerpos de agua superficiales y subsuperficiales. El resto se evapora en el trayecto, o su destino son áreas que no van hacia el océano (Shiklomanov, 1993).

La cantidad de agua dulce en el planeta delimita la disponibilidad para su utilización, la cual es estimada en 1.386 millones de km³, donde el agua dulce fácilmente disponible para el consumo es de 12.500 a 14.000 km³. A su vez, para la calidad no existe información precisa, sin embargo, se evidencia un detrimento de la misma a nivel global por actividades humanas, y las tendencias mundiales, tanto en su cantidad como en su calidad, son de deterioro y escasez de los recursos hídricos (Auge, 2004; MEA, 2005a; PNUMA, 2010; Fernández-Jáuregui *et al.*, 2017).

1.2. Los roles y los servicios ecosistémicos de los recursos hídricos

Los recursos hídricos son parte de la hidrosfera e integran el componente abiótico de los ecosistemas acuáticos dulceacuícolas, y por lo tanto, son su soporte vital (MEA, 2005b). Estos ecosistemas pueden ser móviles o lóticos (ríos y arroyos) y no móviles o lénticos (lagos y lagunas) donde pueden desarrollarse sus comunidades biológicas. A su vez, existen ecosistemas que dependen de períodos naturales de inundaciones y de sequías donde las depresiones terrestres conforman las riberas o las costas, y las llanuras constituyen los madrejones, los bañados, los esteros y las cañadas, estas últimas están interconectadas por flujos internos (Lewis, 2001). Tanto los ecosistemas lóticos como lénticos y las depresiones antes mencionadas constituyen los humedales (Kandus *et al.*,

2011; WWAP, 2018), ya que según la Convención Ramsar (1971), *estos son extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis (6) metros, así como también sus zonas ribereñas o costeras adyacentes, y las islas o extensiones de agua marina de una profundidad superior a los seis (6) metros en marea baja, cuando se encuentren dentro del humedal, y especialmente cuando tengan importancia como hábitat de aves acuáticas.*

Los recursos hídricos son considerados recursos naturales renovables, ya que la disponibilidad para su utilización es prácticamente inmediata en el tiempo (Alzugaray *et al.*, 2016). Son de gran valor para la humanidad ya que pueden ofrecer servicios ecosistémicos, estos son de soporte, de regulación, de provisión y culturales. Dentro de los humedales, se encuentran los ecosistemas móviles, los cuales son el hábitat para especies permanente o transitorias en los cursos de agua, así como también retienen y acumulan sedimentos y materia orgánica, constituyendo el lecho y oportunidades de alimentación (MEA, 2005b). Estos ecosistemas tienen un rol preponderante en la retención, la recuperación y remoción de contaminantes (detoxificación) y en la “partición” de la precipitación en la carga (y descarga) de acuíferos, el escurrimiento y la evapotranspiración que en áreas llanas tiene un rol muy importante (reguladores hidrológicos) (MEA, 2005b; Jobbágy, 2011; Kandus *et al.*, 2011). Estos, junto con sus zonas ribereñas amortiguan potenciales eventos de inundación evitando catástrofes y los procesos de erosión estabilizando los márgenes de los ríos y arroyos (protección del suelo), y regulan el microclima del lugar a través de las diferencias climáticas entre la ribera y el arroyo o el río (reguladores climáticos) (MEA, 2005b; Kandus *et al.*, 2011). Asimismo, aseguran a las sociedades la provisión de peces, frutas y granos (comida); el almacenamiento y retención del agua, y su provisión en cantidad y calidad para el consumo humano y para riego (agua potable y dulce); así como también, de madera y leña y el forraje, para la construcción de represas hidroeléctricas (fibras y energía) y la provisión de material biológico para la bioquímica y la medicina (material genético). Por último, se encuentran, el bienestar personal (espiritual), las actividades recreativas y las oportunidades para el turismo y para la educación ambiental (recreación y formación) y la apreciación del paisaje natural (estético) (MEA, 2005b).

Es decir que, para que estos roles y servicios ecosistémicos puedan mantenerse en el tiempo, no solamente deben ser contemplados los recursos hídricos, sino también deben

integrarse dentro de una unidad que sustente tanto a los ecosistemas terrestres como a los acuáticos (MEA, 2005b; WWAP, 2018).

Es necesario aclarar el concepto de caudal ecológico, el cual hace referencia a la cantidad y calidad de los recursos hídricos que son necesarios para asegurar la integridad ecológica, es decir, el desarrollo de estos ecosistemas donde un desequilibrio en cualquiera de ambas implica la alteración o la pérdida de sus funciones ecológicas. Esto implica la creación de estrategias, estudios y consensos sobre el régimen de regulación y de control de las actividades antrópicas sobre los recursos hídricos (WWF, 2010; Martínez Valdés y Villallejo García, 2018).

Por último, para estudiar los recursos hídricos, como se menciona anteriormente, se adiciona el componente social al ciclo hidrológico, convirtiéndose en un ciclo hidrosocial ya que están intervenidos y poseen una constante relación con las sociedades, las cuales tienen concepciones de vida y costumbres que inciden en los ecosistemas (GWP, 2011). Asimismo, en dicho abordaje se debe tener en consideración su disponibilidad (o cantidad y calidad de agua), sus distintos usos, sus flujos estacionales y los criterios socio-económicos de utilización que divergen según la cultura y el acceso físico. Todos ellos, son factores decisivos que varían en el mundo y son fuente originaria de los conflictos por el agua (Fernández-Jáuregui *et al.*, 2017).

1.3. Problemáticas territoriales relacionadas con los recursos hídricos

En América del Sur existen en la actualidad más de trescientos (300) conflictos sociales vinculados a la calidad y a la cantidad de los cuerpos de agua dulce, donde para la República Argentina se registran treinta y dos (32) conflictos. Los motivos más frecuentes de disputa se relacionan con: las sequías, las inundaciones y enfermedades como el hidroarsenicismo (afectaciones), el riego artificial para la agricultura (usos) y las concepciones entre la cultura occidental y las comunidades indígenas. Estos conflictos no sólo perjudican a la población humana sino también a la diversidad de especies que forman parte de los ecosistemas (Martín y Justo, 2015; ATALC, 2016).

En relación a lo antes mencionado, en nuestro país la distribución de la oferta hídrica es desigual: dos tercios del país se encuentran bajo regímenes hídricos áridos (precipitaciones anuales menores o iguales a 500 milímetros) y semiáridos (precipitaciones anuales entre 500 a 800 milímetro) y el tercio restante pertenece a las zonas de clima húmedo (precipitaciones anuales iguales o mayores a 800 milímetros). La mayoría de los conflictos son desencadenados por los usos del agua subterránea para la

agricultura de regadío, en las zonas de climas áridos y semiáridos. Asimismo, se ubica en el 14° puesto mundial de países con inundaciones y sequías más frecuentes, tanto en las regiones de clima áridos como en los húmedos, las cuales son atribuidas principalmente a los cambios del uso del suelo y al fenómeno de El Niño vinculado al cambio climático (Calcagno *et al.*, 2000; Kullock *et al.*, 2004; ATALC, 2016; OECD, 2020). Con respecto a la cantidad de agua, en nuestro país la mayoría se utiliza para riego (70,5%) seguido por el uso doméstico (13%), el abastecimiento del ganado (9%) y para el uso industrial (7,5%). A su vez, la mayoría del consumo doméstico se encuentra en las provincias más pobladas: Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba. Es el segundo país de América del Sur que mayor cantidad de agua subsuperficial extrae para el riego artificial, esto último desencadena problemas en el ecosistema terrestre, causando erosión y salinización de las tierras. Por otro lado, el abastecimiento de agua puede provenir de recursos hídricos superficiales y subterráneos. Este último se ve mayormente amenazado por su extracción, mientras que los superficiales su principal amenaza está vinculada al drenaje o re-direccionamiento de sus caudales hacia otro lugar (MEA, 2005a, 2005b; Gallopín y Reborati, 2011; FAO, 2016).

Con respecto a la calidad del agua, su principal amenaza es la contaminación de los recursos hídricos donde las actividades humanas ponen en riesgo la integridad de las comunidades acuáticas y los cuerpos de agua subterráneos (MEA, 2005a, 2005b; UNESCO, 2003; Gallopín y Reborati, 2011; FAO, 2016). Asimismo, el riesgo de contaminación de los recursos hídricos superficiales es mayor que los subterráneos donde los efluentes domésticos e industriales son los más relevantes, e involucran el ordenamiento del territorio de los grandes aglomerados del país (“gestión urbanística local”) (Auge, 2004; Kullock *et al.*, 2004).

Las causas de extracción y de contaminación de los recursos hídricos son resultantes de cumplir un rol de meros abastecedores y receptores de desechos de las actividades humanas: domésticas, industriales y agropecuarias. En consecuencia, se ven amenazados los ecosistemas acuáticos por: fertilizantes y pesticidas (agroquímicos), vertidos líquidos industriales y domésticos. En este sentido, las mayores amenazas documentadas son principalmente la contaminación de la agricultura y de los efluentes domésticos de las actividades urbanas (Calcagno *et al.*, 2000; UNESCO, 2003; Kullock *et al.*, 2004; Gallopín y Reborati, 2011; CIC, 2016b; FAO, 2016).

Todas estas problemáticas se asocian a una deficiente gestión de los recursos hídricos donde las principales causas van desde la responsabilidad individual y colectiva

hasta la desinversión en la conservación de los ecosistemas acuáticos y de los servicios hídricos en la ciudadanía (Dourojeanni, 2001; Gallopín y Reborati, 2011; Martín y Justo, 2015).

Se considera que la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) puede ser una posible solución a las problemáticas antes mencionadas, vinculadas a la administración pública del agua, la cual incorpora diversos sectores actuando en conjunto con las agencias encargadas de resolver las problemáticas hídricas desde el ordenamiento territorial. En el 2000, la Asociación Mundial por el Agua definió a la GIRH, como: “un proceso que promueve el desarrollo y manejo coordinados del agua, la tierra y otros recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar económico y social resultante de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas [...]” (GWP, 2011).

La GIRH incorpora una gestión integrativa del territorio desde una dinámica hidrológica incluyendo a la participación ciudadana, la cual es clave para reducir los conflictos sociales, ambientales y económicos, y contempla mecanismos de reasignación de los recursos hídricos. Asimismo, incluye los beneficios de la salud humana como ecosistémica contemplándose desde un enfoque ambiental. Por otra parte, es considerada un desafío ya que ha sido criticada por su difícil implementación, aunque es una estrategia actual y adecuada para abordar problemáticas complejas que involucran a la sociedad y a los ecosistemas (Dourojeanni, 2001; Cap-Net, 2005; Cook y Spray, 2012; Martín y Justo, 2015; Martín Valdés y Villalejo García, 2018).

La misma se encuentra bajo el paradigma del desarrollo sustentable que se define como el “desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”, el cual aborda una ética de “manejo racional de los recursos” desde una concepción antropocéntrica, haciendo uso responsable de los recursos naturales (CMMAD, 1987; Norton, 1994). El mismo ha sido la base de la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro en 1992, y el resultado fue el Informe Agenda 21 en el que se detallan temas prioritarios para el mundo donde se explicita el interés de proteger, suministrar y realizar una gestión integrada de los recursos de agua dulce.

En paralelo, los recursos hídricos fueron definidos como bienes económicos y colectivos (WMO, 1992; Cap-Net, 2005), sin embargo, la trascendencia de este último fue totalmente relegado ya que los intereses predominantes sobre ellos son los económicos, pasando a segundo plano los intereses colectivos de la sociedad (Dourojeanni, 2001). Un

hecho de especial importancia surge en 2010, ya que a través de la Resolución N° 64/292 de la Asamblea General de las Naciones Unidas, declaró el derecho humano al agua y al saneamiento, el cual otorga un marco normativo internacional para el bienestar de la humanidad, asegurando el acceso, la provisión en cantidad y calidad de agua potable, y la necesidad de deposición de los efluentes en un lugar seguro tanto para las familias como para el ecosistema (saneamiento).

En la actualidad, los Estados en su mayoría son los responsables actuales de gestionar los bienes hídricos (Estados-dueño) donde no siempre están coordinados y muchas veces resultan ineficientes, generándose conflictos sociales y ecológicos (Dourojeanni *et al.*, 2002; Martín y Justo, 2015). En el mismo año, surge como respuesta a la deficiente gestión y a los intereses meramente económicos, el Enfoque Basado en Derechos Humanos (EBDH) donde los mismos deben entenderse como bienes colectivos ya que han sido declarados un derecho humano. Es por ello que, la GIRH contempla este enfoque donde la gobernanza debe ser participativa, es decir, que incluya a la sociedad en la toma de decisiones (Martín y Justo, 2015).

En nuestro país, existen numerosas normativas que regulan y sirven de apoyo a la administración pública para la gestión de los recursos hídricos. El Artículo 124 de la Constitución Nacional de 1994 declara que los Estados provinciales son los entes responsables de sus bienes hídricos, excepto aquellos que atraviesan varias provincias donde se ajustan a la Ley Nacional de Presupuestos Mínimos N° 25.688 *Régimen de Gestión Ambiental de Aguas*, la misma fue objeto de numerosas críticas ya que se solapan con las jurisdicciones provinciales. Esta Ley rige, entre otras, para la provincia de Santa Fe, la Laguna la Picara que es administrada por la Comisión Interjurisdiccional (CILP), conformada por representantes de Santa Fe, Córdoba y Buenos Aires (OECD, 2020).

En línea con el párrafo anterior, Santa Fe es una de las últimas provincias que reglamentan la gestión de los recursos hídricos y junto con las provincias de Mendoza, Buenos Aires, Córdoba y Chubut, es implementada a nivel de cuenca hidrográfica (Pochat, 2005; OECD, 2020). Asimismo, la provincia tiene una gran cantidad de normativas vigentes que abordan dicha gestión y el cuidado del ambiente, las cuales responden a las normativas nacionales. Se pueden mencionar las Leyes Provinciales: N° 11.220 *Prestación y regulación de los servicios sanitarios* (1994) y N° 11.717 *Ley de medio ambiente* (1999), N° 11.730 *Régimen de uso de bienes inundables* (2000), N° 12.175 *Sistema Provincial de Áreas Protegidas* (2003), N° 13.740 *Ley de Aguas* (2017), y N° 13.932 *Declaración de interés Provincial la preservación, conservación, defensa y mejoramiento de humedales*

(2019).

Asimismo, en la provincia, el Organismo público responsable de la gestión de los recursos hídricos es actualmente el Ministerio de Infraestructura, Servicios Públicos y Hábitat. Por otro lado, existe la Ley Prov. N° 9.830 *Comités de cuenca* (1986) que permitió la conformación y funcionamiento actual de 35 Comités de Cuenca para coordinar y regular las cuencas de dicha jurisdicción (comités *ad hoc*) (Martín y Justo, 2005; DPRyD, 2016; OECD, 2020).

Con respecto a la participación ciudadana, la misma se encuentra cumpliendo un rol fundamental pero parcial (insuficiente) junto con las instituciones reguladoras y ambas son las encargadas de dar un marco de sustentabilidad a las acciones que impactan en el territorio (Cap- Net, 2005; Montico, 2011; Martín y Justo, 2015; OECD, 2020). Como se mencionó anteriormente, las actividades humanas generan impactos en los recursos hídricos y alteran su caudal ecológico, afectando los ecosistemas y los servicios ecosistémicos.

En la región pampeana argentina se producen esquemas de apropiación de la tierra para la producción de bienes primarios (actividad agrícola) que han aumentado considerablemente los cambios y la intensidad del uso del suelo durante los últimos 60 años. La expansión urbana, industrial y agropecuaria (las últimas dos localizadas en zonas periurbanas) que ha tenido desde la década del 60' del spp y acrecentada en los 90', se ha realizado en ausencia de una planificación territorial estratégica, implicando el aumento del consumo de recursos naturales locales trayendo aparejado la afectación de los servicios ecosistémicos vinculados a los cuerpos de agua (Montico y Pouey, 2001; Vitta *et al.*, 2001; Montico, 2004; Paruelo *et al.*, 2005; Jobbágy, 2011; Maguna y Montico, 2013; Montico *et al.*, 2020).

Por ejemplo, a nivel departamental, al SE de la provincia de Santa Fe, varias investigaciones evidencian la problemática de erosión hídrica asociada al uso de las tierras que posee la cuenca del arroyo Ludueña, demostrando la gestión deficiente en materia de recursos hídricos. En una de ellas, se analizó la cobertura vegetal en la misma en un período de tres décadas (1976 a 2006) demostrando que la misma tiene una baja sustentabilidad biofísica debido al aumento de la superficie cultivada con soja (*Glicine max*) en un 89,9%, trigo (*Triticum aestivum*) y maíz (*Zea mays*) y una disminución de un 12,8% de los pastizales naturales, teniendo esta transformación un impacto negativo en la protección y conservación de los ecosistemas (Montico y Di Leo, 2007; Biasatti *et al.*, 2016). También se ha demostrado como la cuenca se ha impermeabilizado a partir de la

década del 70' del spp, alterando el escurrimiento a medida que se expandía el monocultivo de soja, reemplazando los sistemas de producción mixtos, aumentando la frecuencia de las inundaciones (Zimmermann *et al.*, 2001).

Al abordar situaciones complejas o problemáticas asociadas al territorio y a la continuidad de los procesos ecológicos que se dan allí, en los recursos hídricos y asociados a la integridad ecológica, como se menciona anteriormente, es esencial tener en consideración la escala espacial donde las dinámicas hidrológicas se relacionan desde su origen. Es por ello que, el abordaje desde la Ecología del Paisaje puede ser una opción apropiada para el estudio y contribución a la GIRH desde la dimensión ambiental.

1.4. La cuenca hídrica como unidad mínima de GIRH

Se propone a la cuenca hidrográfica como unidad básica de planificación y de gestión de los recursos hídricos, la cual facilita la interacción entre diferentes actores y el análisis del territorio (Fernández-Jáuregui, 1999; Dourojeanni *et al.*, 2002; Montico, 2011; Ordoñez Gálvez, 2011; GWP, 2013).

La cuenca hidrográfica es definida como “un espacio con contorno o límite que drena agua en un punto en común” (Ordoñez Gálvez, 2011). La misma tiene una dinámica hidrológica propia que contempla el ciclo hidrológico con sus entradas y salidas, captando agua de las precipitaciones y distribuyéndolas en dicho espacio, interactuando no sólo con la población sino con los ecosistemas, es decir que, existen relaciones entre todos ellos y con los recursos hídricos de la cuenca que son “imprevisibles, de interrelación e interdependencia” (Dourojeanni *et al.*, 2002; Ordoñez Gálvez, 2011). La misma es una unidad de estudio en la Ecología del Paisaje, la cual estudia al paisaje o ecotopo que se define como un ecosistema concreto de tiempo- espacio, el cual puede ser mapeado, observado, estudiado y manejado (Naveh y Lieberman, 2001).

El paisaje o ecotopo es un sistema complejo, holístico, abierto e impredecible, tiene una estabilidad y una dinámica propia y está compuesto por subsistemas que se relacionan entre sí (Naveh y Lieberman, 2001; Naveh *et al.*, 2001). El mismo puede ser: natural y seminatural (paisaje abierto), urbano e industrial y suburbano y rural (paisaje construido), los cuales en su entorno real pueden constituir un paisaje cultural (Naveh y Lieberman, 2001). Este último puede componerse de una matriz principal, parches o mosaicos y/o corredores, confiriéndole una heterogeneidad espacial que puede ser considerada como un recurso que si se ve alterado, difícilmente sea renovable (Gaspari *et al.*, 2016).

Por otro lado, la cuenca hidrográfica puede entenderse como “un campo de interacciones humanas y naturales” (Montico y Pouey, 2001), o sea un paisaje cultural. A su vez, las cuencas pocas veces siguen los límites nacionales, provinciales o distritales, los cuales posibilitan un impacto en los ecosistemas ya que cada una de ellos tienen normativas que permiten o no ciertos usos (Dourojeanni *et al.*, 2002).

En línea con lo anterior, se afirma que las sociedades a través de su relación con la naturaleza impactan en el paisaje cultural mediante la toma de decisiones, la cual puede cambiar a lo largo del tiempo, a través del estudio y de la comprensión de aspectos que con anterioridad no habían sido tomados en cuenta (Naveh y Lieberman, 2001). Por ejemplo, si se toma como referencia la cuenca en la gestión de territorio, existen conflictos que se originan entre localidades, donde aquellas que se encuentren en sectores más bajos son frecuentemente los más perjudicados ya que sufren los efectos de las canalizaciones o la contaminación de localidades más altas, como las inundaciones y el estancamiento de los contaminantes. Es por ello que los Estados y/o los Organismos públicos responsables de los recursos hídricos deben gestionar los conflictos y velar por los bienes colectivos de forma conjunta y coordinada, es decir el enfoque de cuenca en la GIRH (Dourojeanni *et al.*, 2002; Martín y Justo, 2015).

Para planificar y tomar decisiones que se orienten a la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, y por ende, hacia el desarrollo sustentable, es necesario comprender qué ocurrió, qué ocurre y qué podría ocurrir en un futuro en las cuencas hidrográficas. Para ello, el diagnóstico es una estrategia que puede identificar aspectos clave que mejoren, mitiguen y/o solucionen y sirvan de apoyo a los Organismos públicos responsables de gestionar el territorio.

1.5. Los indicadores como estrategia de diagnóstico territorial en la GIRH

Para diagnosticar la GIRH en una cuenca hídrica es posible recurrir a indicadores, los cuales son “parámetros o valores derivados de otros parámetros”. Estos son una herramienta eficiente que permiten evaluar el estado actual de un espacio determinado (OCDE, 1993). Cabe destacar que la finalidad de un indicador es comprender el “estado transitorio de los componentes de un sistema complejo” (Montico, 2001). Sin embargo, también es importante entender sus limitaciones ya que proveen información sobre tendencias donde los errores, sesgos e interpretaciones individuales contribuyen a la misma, y es por ello que, en algunos casos, es necesario complementar esta información (Polanco, 2006).

Por otro lado, las ventajas de disponer de indicadores que valoren la gestión, radican en mejorar y optimizar las condiciones del territorio, proveyendo información compleja de una forma comprensible a aquellos que no son especialistas en la temática, y permiten comparar información en sitios diferentes (Aguirre, 2002).

Asimismo, los indicadores pueden enmarcarse dentro de diferentes soportes conceptuales de desarrollo sustentable, uno de ellos es el método GEO (Global Environmental Outlook), el cual tiene por objetivo crear este soporte que contemple las relaciones entre el ambiente y la población de un área, a una escala geográfica determinada, la que puede ser global, nacional, regional, local o a nivel de cuenca. Su finalidad es apoyar a las organizaciones, instituciones y a diversos actores sociales en la planificación y toma de decisiones, tendiente a la sustentabilidad ambiental (PNUMA, 2002, 2009). Por otro lado, este análisis puede combinarse con un esquema de análisis complejo, como el modelo FPEIR (Fuerzas Motrices-Presiones-Estados-Impactos-Respuestas), el cual permite sistematizar y seguir una secuencia lógica procedimental con respecto a los indicadores, contemplando las relaciones existentes entre los mismos en una unidad espacial (AEMA, 2006; Polanco, 2006).

Ambos esquemas son una opción importante para identificar puntos críticos actuales y potenciales en las cuencas, y para proponer líneas de acción para los Organismos públicos de gestión de los recursos hídricos, tales como en las cuencas de Chile, Brasil, Colombia y Argentina (Volpedo y Fernández Cirelli, 2011; Molina, 2013; Porto *et al.*, 2019; González Arriagada, 2021).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Elaborar un sistema de indicadores para la gestión hídrica de la cuenca del arroyo Ludueña (provincia de Santa Fe, República Argentina) con el propósito de evaluar su estado actual y definir algunos lineamientos que contemplen el gerenciamiento del agua orientados al desarrollo sustentable.

2.2. Objetivos específicos

- 2.2.1. Caracterizar los usos de las tierras, los atributos naturales y socio-económicos en la cuenca del arroyo Ludueña.
- 2.2.2. Diseñar un sistema de indicadores de gestión de los recursos hídricos y aplicarlos en tres distritos (Ibarlucea, Roldán y Zavalla) y en la cuenca.
- 2.2.3. Identificar la red y vinculación de actores relacionados a la administración del agua para los tres distritos seleccionados.
- 2.2.4. Identificar las acciones que afecten la gestión del recurso hídrico en cada distrito y en la cuenca.
- 2.2.5. Elaborar propuestas de gestión orientadas a la sustentabilidad del territorio con énfasis en los recursos hídricos en las dos escalas territoriales.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Unidad de estudio: Cuenca del arroyo Ludueña

Se seleccionó la cuenca del arroyo Ludueña de la provincia de Santa Fe, República Argentina. Está ubicada al sureste de la provincia ($32^{\circ} 45'$ y $33^{\circ} 08'$ S; $61^{\circ} 04'$ y $60^{\circ} 39'$ O) (Figura 1). El clima en esta región es subhúmedo mesotermal, la temperatura media anual es de 17°C y la precipitación es 1.110 milímetros al año (Montico *et al.*, 2020).

La cuenca se ubica dentro de la ecorregión Delta e Islas del Paraná y de la Pampa Húmeda, y de la zona fitogeográfica de la Provincia Pampeana en el Distrito Uruguayense (Cabrera, 1976; Morello *et al.*, 2012). Se compone de una vegetación tipo estepa graminosa, donde se encuentran gramíneas xerófilas y pocos árboles. La comunidad vegetal originaria es el flechillar, donde las gramíneas dominantes son las flechillas (*Stipa hyalina* y *S. neesiana*), acompañadas de cebadilla criolla (*Bromus catharticus*), *Aristida venustula* y la gramilla (*Paspalum dilatatum*). La presencia de estrato arbóreo puede aparecer el chañar (*Geoffroea decorticans*), la tusca (*Acacia aroma*), el aromito (*A. cavens*) o la cina cina (*Parkinsonia aculeata*). Dentro de la avifauna del pastizal se pueden encontrar: el milano blanco (*Elanus leucurus*), el aguilucho langostero (*Buteo swainsoni*), el carancho (*Polyborus plancus*), el chimango (*Milvago chimango*), el lechuzón de campo (*Asio flammeus*), y numerosos passeriformes, como: el espartillero pampeano (*Asthenes hudsoni*), el tordo músico (*Agelaius badius*), la ratona común (*Troglodytes aedon*) y el espartillero enano (*Spartonoica maluroides*) (Biasatti *et al.*, 2016).

La geomorfología está condicionada por la neotectónica formando un suelo elevado e inclinado hacia el noreste, formando paisajes como cañadas y paleocauces, y desembocando hacia el río Paraná. La misma posee aproximadamente 720 km² (Montico *et al.*, 2020). Es una cuenca de tipo lítica y exorreica, con movimientos superficiales de agua lentos ya que siguen una pendiente correspondiente a una superficie llana (Biasatti *et al.*, 2016). En la Figura 2, se muestra su red hídrica principal y sus principales tributarios: el arroyo Ludueña y los Canales La Legua, Media Legua, Interconector, Salvat e Ibarlucea, donde el arroyo desemboca en el río Paraná. Además, durante épocas de excesos hídricos se adicionan numerosos canales naturales y artificiales (Manavella, 2017; Montico *et al.*, 2020). El caudal base del arroyo principal es de 0,50 m³/s y en las crecidas ordinarias de 80 m³/s, y en las extraordinarias de más de 400 m³/s (Montico y Di Leo, 2015). Asimismo, en la Figura 2, se muestra la Presa de Retención de Crecidas, muy importante para la regulación de la cuenca.

Se caracterizan cuatro ambientes rururbanos catalogados como Unidades de Paisaje, representadas como áreas homogéneas en relieve, drenaje y suelos, destinados a actividades agropecuarias: lomas extensas y ligeramente onduladas (21.432,3 hectáreas), lomas extendidas con numerosos microrelieves (20.324,1 hectáreas), áreas planas, bajas, amplias y vías de avenamiento digitiforme (19.036,6 hectáreas) y lomadas amplias (6.096,5 hectáreas) (Bonel *et al.*, 2005). Desde el punto de vista agroproductivo, las primeras dos son las áreas más idóneas para la producción agrícola y ganadería extensiva. Por otra parte, las restantes son áreas más vulnerables a eventos extremos hidrológicos debido a su escasa pendiente y los tipos de suelo que la componen (Montico *et al.*, 2006).

En la cuenca hay quince (15) localidades: San Lorenzo, Fray Luis Beltrán, Capitán Bermúdez, Ricardone, Luis Palacios, Roldán, Pujato, Coronel Arnold, Ibarlucea, Granadero Baigorria, Rosario, Funes, Zavalla, Pérez y Soldini (Pouey, 2008; Montico *et al.*, 2020).

Como se indicó en el ítem 2.2.2., los tres distritos que se evaluaron por el sistema de indicadores fueron: Ibarlucea, Roldán y Zavalla (Figura 1). Estos representan ambientes hidrológicos contrastantes, como así también diferentes esquemas de urbanización, demografía y desarrollo agroindustrial.

3.2. Marco conceptual: método GEO aplicado a la GIRH

Se seleccionó el método GEO (Global Environmental Outlook, Perspectivas del Medioambiente Global, por sus siglas en inglés) adaptado a la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), principalmente por su enfoque dimensional y escalar.

La finalidad del método GEO es apoyar a las organizaciones, instituciones y a diversos actores sociales en la planificación y toma de decisiones, tendiente al desarrollo sustentable. Es un marco conceptual que consiste en indagar sobre los escenarios pasados, actuales y futuros, tanto de la población humana como del ambiente en estudio (Pouey, 2008; PNUMA, 2009). Está diseñado para contemplar las relaciones entre el ambiente y las sociedades, y puede ser utilizada a escala global, nacional, regional, local (PNUMA, 2002; 2009), o nivel de cuenca (Díaz *et al.*, 2012). Este método consta de cinco interrogantes que en el presente trabajo fueron adaptados a la GIRH (Tabla 1).

Por otra parte, la GIRH puede ser analizada desde el método GEO, ya que este último tiene el propósito de encontrar puntos críticos y líneas causales, desde la formulación de interrogantes, enmarcados en el paradigma del desarrollo sustentable.

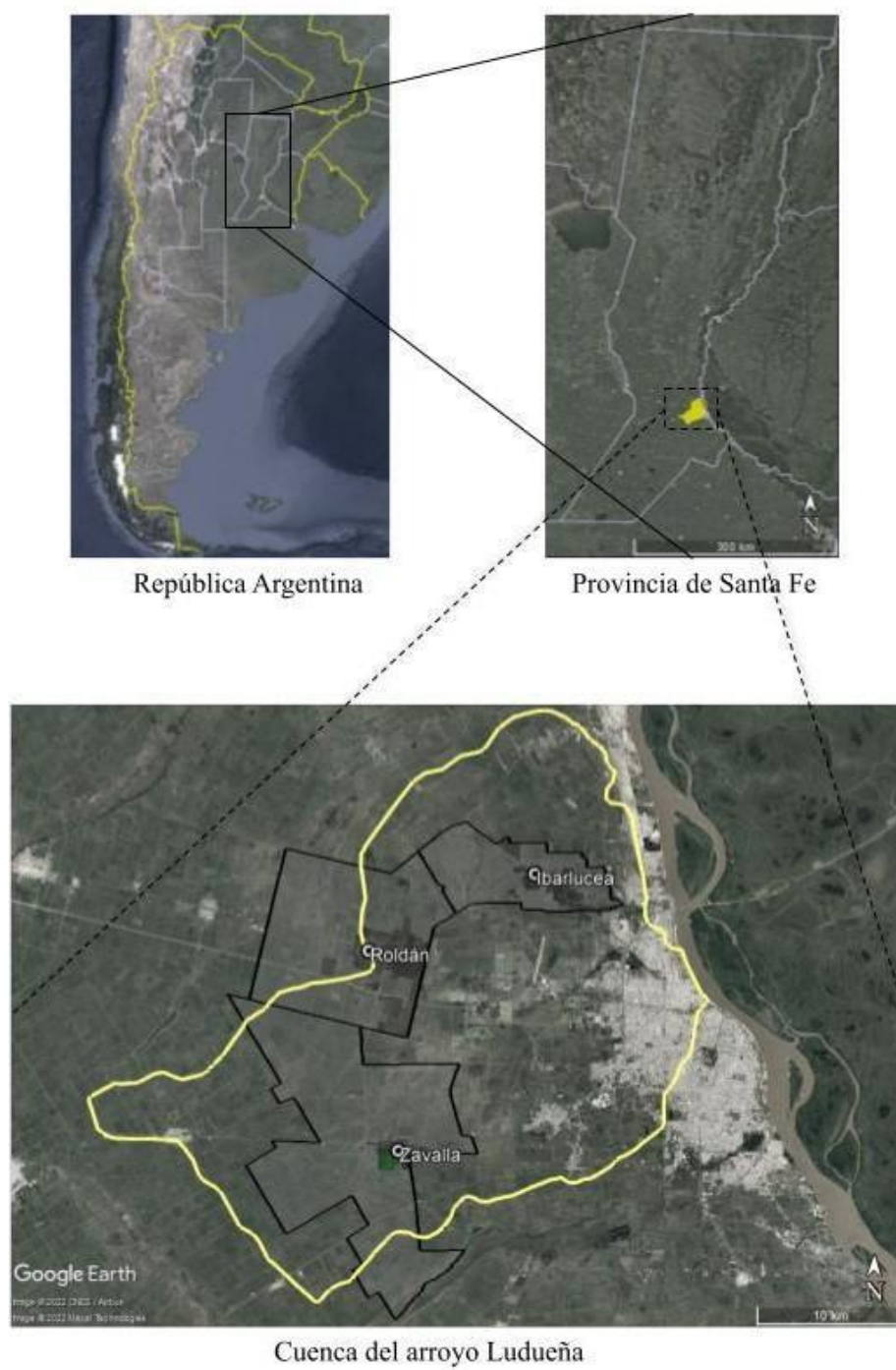


Figura 1. Ubicación de la cuenca del arroyo Ludueña y los tres distritos en estudio.

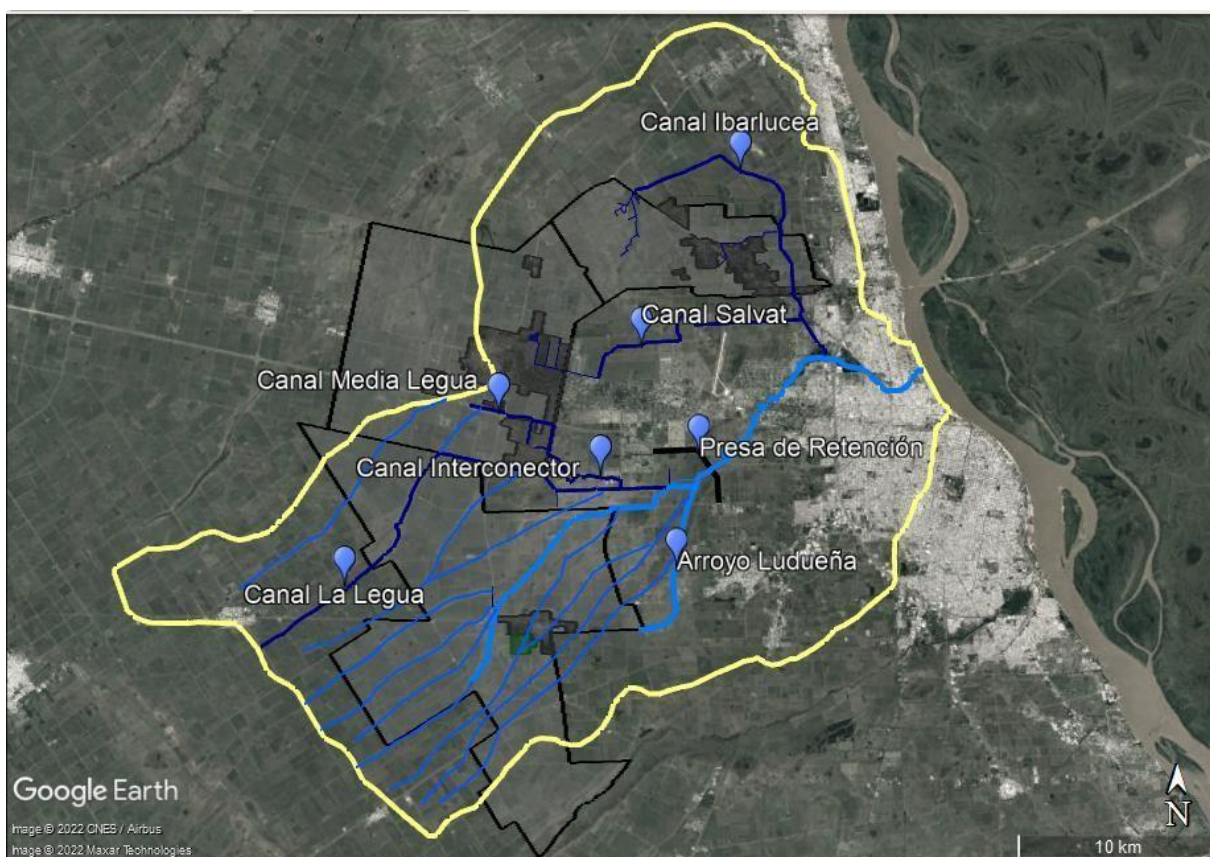


Figura 2. Ubicación de la red hídrica, sus principales tributarios y la Presa de Retención de Crecidas del arroyo Ludueña y de los tres distritos en estudio.

Se presentan en la Tabla 1, los interrogantes del método GEO con especificidad en la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH), correspondiendo con cada aspecto del modelo FPEIR (Fuerzas Motrices – Presión – Estado – Impacto – Respuesta).

Interrogantes GEO	Interrogantes GEO (GIRH)	Aspecto FPEIR
¿Por qué está ocurriendo?	¿Por qué está ocurriendo?	Fuerzas Motrices (F)
	¿Por qué está ocurriendo con los recursos hídricos?	Presión (P)
¿Qué está ocurriendo con el medio ambiente?	¿Qué está ocurriendo con los recursos hídricos?	Estado (E)
¿Cuál es el impacto?	¿Cuál es el impacto en los recursos hídricos?	Impacto (I)
¿Qué se está haciendo al respecto?	¿Qué se está haciendo al respecto en términos de la administración pública?	Respuesta (R)
¿Qué pasará si no actuamos ahora? ¿Qué más podemos hacer en términos de políticas y respuestas?		Se aborda en este trabajo.

Tabla 1. Adaptación de los interrogantes GEO a la GIRH.

3.3. Marco analítico: modelo de indicadores FPEIR

El modelo FPEIR es un sistema de indicadores de mediana a alta complejidad dentro de los propuestos para evaluar el desarrollo sustentable de un territorio. La expresión sistema “hace referencia a datos ubicados dentro de un todo articulado”. El modelo se denomina: FPEIR (o DPSIR, en inglés), como se mencionó anteriormente, por: Fuerzas Motrices (F) – Presión (P) – Estado (E) – Impacto (I) – Respuesta (R), el cual

puede identificar aspectos críticos a tomar en cuenta en un territorio dado (Guttman Sterimberg *et al.*, 2004; Polanco, 2006).

Las **Fuerzas Motrices** (contexto humano pasado y actual) determinan las **Presiones** (acciones humanas directas e indirectas sobre el ambiente) que influyen en el **Estado** (condición ambiental actual), el cual genera **Impactos** tanto en aspectos socio-económicos, productivos, culturales y naturales. Por último, el aspecto **Respuesta** refiere a las acciones a realizar, teniendo en cuenta la finalidad de una óptima gestión del recurso hídrico orientado a la sustentabilidad (PNUMA, 2002, 2009; Montico *et al.*, 2020).

Los resultados producidos por el modelo FPEIR son entendidos como: “información organizada, jerarquizada y contextualizada”, por lo que una vez comprendidos, se transforman en conocimiento y brindan la capacidad de emitir juicios acerca de la temática analizada (Quiroga Martínez, 2009). El mismo fue adaptado en 1998 por la Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA) del modelo Presión-Estado-Respuesta, desarrollado por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) en 1994, el cual adiciona el aspecto Impacto (I) (AEMA, 2006; Polanco, 2006). Según este autor, responde al esquema de organización analítica:

- “Temático: organiza la información según problemas ambientales específicos identificados y analizados.
- Por recursos o medio: cubre separadamente aire, agua, suelo y recursos bióticos.
- Sectorial: los recursos son considerados como factores de producción para el tratamiento de temáticas tales como agricultura, silvicultura, pesca, minería y energía.
- Espacial: los problemas ambientales se clasifican según una escala, la cual puede ser local, regional, nacional o global.
- Ecosistémico: se organiza la información de acuerdo con unidades territoriales con características ecológicas distintivas e interrelacionadas.
- Causal: supone que las actividades humanas ejercen una presión en el medio, que registra cambios. Por lo tanto, se debe mantener el equilibrio ecológico”. Alteran la calidad y cantidad de recursos naturales (Guttman Sterimberg *et al.*, 2004).

Por último, a continuación, se describe la articulación del modelo FPEIR a los interrogantes GEO (GIRH) y a las cuencas de llanura:

- ¿Por qué está ocurriendo? Las Fuerzas motrices (F) fueron entendidas como el

contexto socio-productivo de la provincia de Santa Fe y el contexto ambiental de la ecorregión Pampa, según Morello *et al.* (2012).

- ¿Por qué está ocurriendo con los recursos hídricos? La Presión (P) fue entendida como aquellos procesos de las actividades humanas que influyen y pueden influir en el recurso hídrico en la cuenca. Pueden ser directas o indirectas al recurso hídrico. Las Presiones directas son aquellas que cuantifican los usos antrópicos de las entradas y las salidas (la extracción y los aportes líquidos vertidos) y sus cambios en el tiempo. El abordaje se enfoca principalmente en las Presiones indirectas, que son los procesos que influyen en el aumento de las Presiones directas, y que además, contribuyen al detrimento del recurso hídrico y de la cuenca.
- ¿Qué está ocurriendo con los recursos hídricos? El Estado (E) fue entendido como la situación de conservación actual de la calidad y de la cantidad actual del recurso hídrico superficial y algunos parámetros de importancia para la interacción recurso hídrico superficial-subterráneo, del recurso hídrico subsuperficial.
- ¿Cuál es el impacto en los recursos hídricos? El Impacto (I) fue entendido como la pérdida del rol y de las funciones ecológicas de los recursos hídricos a lo largo del tiempo, y todas ellas afectan al paisaje de la cuenca, manifestándose en el deterioro de los servicios ecosistémicos y la conservación de las especies.
- ¿Qué se está haciendo al respecto en términos de la administración pública? La Respuesta (R) fue entendida como las funciones que lleva a cabo la administración pública provincial y local, orientada a la sustentabilidad del sistema hídrico y de la cuenca en general.

3.4. Marco de selección de los indicadores

La selección de indicadores se realizó priorizando la disponibilidad y la facilidad de acceso a la información recopilada, así como también del tiempo de recolección durante su búsqueda y su forma de medición (OCDE, 1993; Quiroga Martínez, 2009).

3.5. Relevamiento de información

Con el objetivo de obtener información actualizada, integral (multidisciplinar) para la selección y propuesta de indicadores y para su aplicación en los tres distritos, se realizó una recopilación exhaustiva de información a partir de: recopilación bibliográfica, pedidos formales de información a Organismos públicos, entrevistas informales a actores clave y especialistas y cuestionarios a especialistas vía correo electrónico.

Para la construcción, sistematización y análisis de los indicadores se utilizó el software Excel (2010). Así como también, se complementó la caracterización territorial a través de la información brindada por el software Google Earth Pro.

Este relevamiento se llevó a cabo en varias etapas ya que se vio postergado y ralentizado por la pandemia COVID-19 que conllevó al Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio (ASPO) en la provincia de Santa Fe (Dec. prov. N° 304/20, N° 328/20, N° 363/20, N° 393/20 y N° 445/20). La atención al público, las llamadas telefónicas y los correos electrónicos no estaban disponibles o bien se vieron demoradas en sus respuestas. Los períodos en los cuales se realizó esta tarea fueron los siguientes:

1. Recopilación bibliográfica de enero a julio de 2019.
2. Consultas a Ministerios en los meses de enero y febrero de 2020.
3. Llamadas telefónicas, cuestionarios, entrevistas por videollamada, de agosto a noviembre de 2020.
4. Pedidos formales presenciales, entrevistas presenciales, de enero a octubre de 2021.

3.5.1. Recopilación bibliográfica

Para el diseño del sistema de indicadores se recurrió a diversas fuentes de información: guías y manuales para el diseño y valoración de los indicadores de desarrollo sustentable de la Asociación Mundial por el Agua (GWP), normativas provinciales vigentes, datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC), y del Instituto Provincial de Estadísticas y Censos (IPEC). Esta información se relacionó con la caracterización previa del sitio de estudio.

Para la aplicación del sistema de indicadores se obtuvo información de bibliografía académica, y datos abiertos de páginas oficiales del INDEC, del IPEC, del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (MAyDS), del Ente de Coordinación Metropolitana de Rosario (ECOM), del Gobierno de la provincia de Santa Fe y de la Municipalidad de Roldán; e información provista por el Centro de Estudios Territoriales (CET) y la Cátedra de Climatología, estas dos últimas pertenecientes a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario (FCA-UNR).

3.5.2. Pedidos de información a Organismos públicos

Los mismos se realizaron a través de numerosos pedidos vía correo electrónico, llamadas telefónicas y pedidos presenciales al Ente Nacional de Regulación de Servicios Sanitarios (ENRESS) y a Ministerios provinciales de: Ambiente y Cambio Climático

(MAyCC), de Producción, de Hábitat e Infraestructura y de Salud, de los cuales se obtuvo información del ENRESS y el MAyCC.

3.5.3. Cuestionarios y entrevistas no estructuradas

Se relevó información de un total de once (11) personas entre especialistas en diversas temáticas que tenían relación con este trabajo (informantes calificados) y actores/actrices considerados clave. En algunos casos los/as especialistas también eran actores/actrices clave.

Para el diseño y la aplicación del sistema de indicadores se realizaron cuestionarios a dos especialistas según los Cuestionarios Guía (Anexo I), pertenecientes al área de Potabilización de Aguas, Ecología de Paisajes y Gestión Ambiental. Ambos pertenecieron al CIS-FCEIA (UNR) y a la Dirección Gral. de Gestión Ambiental (MAyCC), respectivamente.

Las entrevistas fueron de tipo focalizada y no dirigida según Giacobbe y Moscoloni (1999) y Albanesi (2016). Las mismas fueron a través de encuentros presenciales a cuatro actores/actrices clave, encuentros virtuales a dos especialistas y una llamada telefónica a un especialista. Se realizaron dos entrevistas por cada entrevistado/a, excepto dos actores/actrices clave con quien se tuvo un encuentro y cuatro encuentros, respectivamente. Las entrevistas presenciales y la llamada telefónica tuvieron una duración aproximada de 20 minutos cada una, y las virtuales una duración de una hora aproximada.

Se entrevistaron ocho informantes involucrados en diversas temáticas, cuatro actores/as clave pertenecientes a Roldán y Zavalla, y a cinco especialistas regionales de: Agronomía, Obras hídricas, Residuos Sólidos Urbanos, Impacto Ambiental, y Limnología y Ecotoxicología Acuática. Todos/as ellos/as pertenecen o pertenecieron a: CET y Manejo de Tierras (FCA- UNR), CURIHAM-FCEIA (UNR), Dirección provincial de RSU (MAyCC) e INALI (UNL), respectivamente.

3.6. Identificación de la red de actores de la administración pública involucrados en la gestión del arroyo Ludueña y sus tributarios

Se realizó a través de entrevistas no estructuradas a dos actores claves, consultas a base de datos de acceso público y normativas específicas para el monitoreo y calidad ambiental de la región y las localidades. Con la finalidad de proponer lineamientos de gestión se vincularon estas funciones con los Organismos públicos que resultan determinantes para la gestión del arroyo Ludueña y sus tributarios y del monitoreo de la

calidad de las aguas subterráneas que se extraen para consumo humano e industrial.

4. RESULTADOS

4.1. El sistema de indicadores GEO (GIRH) FPEIR

Los indicadores se presentan en el formato de la Hoja Metodológica (Anexo II), propuesta por Quiroga Martínez (2009), según: Nombre, Descripción, Pertinencia, Tendencia, Direccionalidad, Alcance, Limitaciones, Fórmula, Definición de variables, Escala y Periodicidad.

La descripción para cada uno de los indicadores se encuentra en el Anexo III. Cabe aclarar que, debido a la multidisciplinariedad que posee el sistema de indicadores y para no perder integridad global, aquellos que tengan el símbolo ⁽¹⁾ y ⁽²⁾, se los deja justificados en su Hoja Metodológica, mencionando posibles metodologías de evaluación, en otros casos no fueron halladas, o la temática es muy compleja y no es pertinente sugerirla.

4.1.1. Características del sistema de indicadores seleccionados

1. El sistema de indicadores se dividió en cinco aspectos: Fuerzas Motrices, Presión, Estado, Impacto y Respuesta (FPEIR), respondiendo al método GEO especificado a la GIRH. Cada aspecto FPEIR se compone de ejes que comprenden dimensiones y estas, a su vez, comprenden a los indicadores. Los ejes y dimensiones se muestran en la Figura 3.
2. Es multidisciplinar ya que las dimensiones se entienden como áreas del conocimiento, que involucren una disciplina en particular, como Ecología, Ecología del Paisaje, Economía, Salud, Producción, entre otras; y los ejes, las grandes áreas: Ambiental, Productiva y Social, en concordancia con los pilares del desarrollo sustentable.
3. Se enfoca en sistemas complejos ya que tiene como unidad de estudio el paisaje, la cuenca hídrica, y se aborda desde la disciplina Ecología del Paisaje.
4. Es multiescalar, a nivel: ecorregional y provincial (1:250.000), regional (1:100.000), cuenca (1:15.000) y local (1:10.000 y 1:5.000), se contextualiza la unidad de análisis en su espacio territorial en mayor y menor escala.
5. Es cuantitativo, cada indicador FPEIR medido se promedió para evaluar la escala de cuenca, y finalmente, se llega a un valor general entre (0 y 1) para cada aspecto de los distritos y de la cuenca que dan cuenta de los puntos críticos del sistema de

indicadores (ítem 4.3.4.).

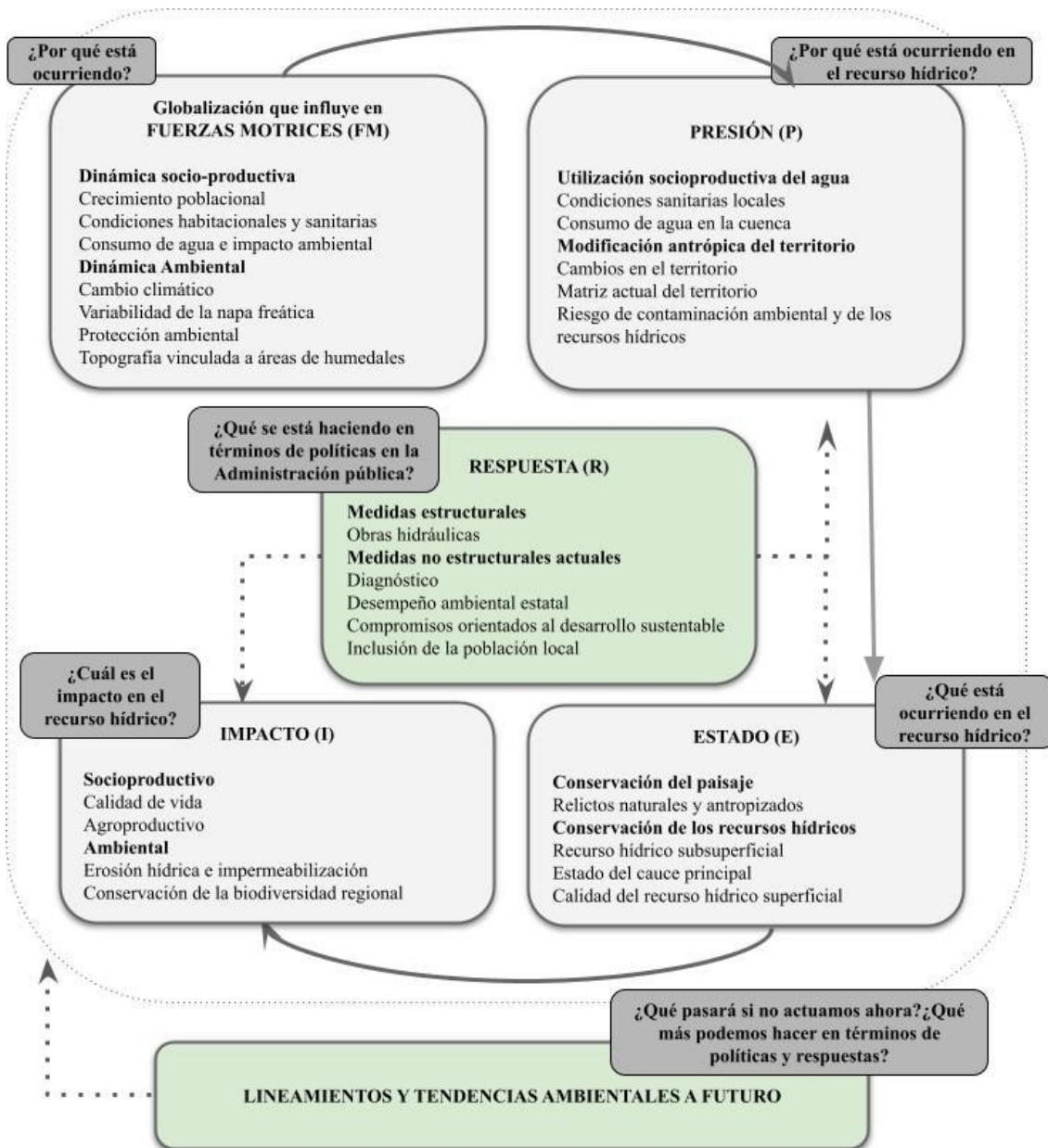


Figura 3. Esquema conceptual de los ejes y dimensiones propuesto para el sistema de indicadores GEO (GIRH) FPEIR ajustado a cuencas de llanura.

4.1.2. Sistema de indicadores seleccionados

En la Tabla 2 se muestra el sistema de indicadores propuesto ajustado a la GIRH y a una escala de cuenca, cada aspecto FPEIR con el eje, dimensión e indicadores, la Escala (L: local, C: cuenca, D: departamental, Re: regional, Pr: provincial, Ec: ecorregional) y el Tipo (cuant.: cuantitativo y cualit.: cualitativo).

...continuación de la Tabla 2

Eje	Dimensión	Indicador	Escala	Tipo
Dinámica socioproductiva	Crecimiento poblacional	-Índice de Presión Demográfica (IPD) provincial	Pr	cuant.
	Condiciones habitacionales y sanitarias	-Porcentaje de hogares provinciales con Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)	Pr	cuant.
		-Porcentaje de hogares provinciales con acceso agua de red	Pr	cuant.
		-Porcentaje de hogares provinciales con cloacas	Pr	cuant.
		-Cantidad promedio de agua potable consumida <i>per cápita</i> en la región	Re	cuant.
Consumo de agua e impacto ambiental de la producción	-Cantidad promedio de agua consumida por sector en la región ⁽¹⁾	Re	-	
	-Porcentaje de la superficie provincial con uso de suelo agropecuario	Pr	cuant.	
	-Indicador de Impacto Relativo (IIR) industrial provincial	Pr	cuant.	
Dinámica ambiental	Cambio climático	-Aumento de la cantidad de las precipitaciones anuales en la región	Re	cuant.
		-Aumento de la concentración de las lluvias en la región	Re	cualit.
	Variabilidad de la napa freática	-Existencia de registros del aumento del nivel freático regional asociado a cambios del uso del suelo	Re	cualit.
	Protección ambiental regional	-Porcentaje de protección de la/s ecorregión/es de la cuenca en estudio	Ec	cuant.
		-Existencia de áreas hídricas protegidas aledañas	Re	cualit.
Topografía vinculada a áreas de humedales	-Pendiente media de la cuenca en estudio	C	cuant.	
PRESIÓN (P)				
Eje	Dimensión	Indicador	Escala	Tipo
Utilización socioproductiva del agua	Condiciones sanitarias locales	-Porcentaje de hogares de cada localidad con acceso a agua de red	L	cuant.
		-Porcentaje de hogares de cada localidad con acceso a cloaca	L	cuant.
		-Porcentaje de hogares de cada localidad sin acceso a agua de red, cloaca ni pozo séptico	L	cuant.
	Consumo de agua en la cuenca	-Cantidad promedio de agua potable consumida <i>per cápita</i> por localidad	L	cuant.
-Cantidad promedio de agua consumida por sector por localidad ⁽¹⁾		L	-	
Modificación antrópica del territorio	Cambios en el territorio	-Cambio de la cobertura vegetal natural	C	cuant.
		-Índice de Presión Demográfica (IPD) local	L	cuant.
		-Expansión urbana-industrial local	L	cuant.
	Matriz actual del territorio	-Porcentaje de superficie local con uso de suelo agrícola	L	cuant.
		-Porcentaje de superficie local con uso de suelo urbano e industrial	L	cuant.
		-Densidad de infraestructura de transporte local	L	cuant.
-Intervención del escurrimiento natural por obras	L	cualit.		

...continuación de la Tabla 2

		hídricas regulares -Cantidad de asentamientos irregulares locales en zonas inundables -Cantidad de canales irregulares locales	L L	cualit. cuant.
Actividades antrópicas	Riesgo de contaminación ambiental y del recurso hídrico	-Existencia de áreas agropecuarias locales con riesgo alto de contaminación ambiental por agroquímicos	L	cualit.
		-Riesgo de contaminación ambiental local por cantidad de tambos locales	L	cuant.
		-Cantidad de industrias no agrícolas locales con riesgo alto y medio de contaminación ambiental	L	cuant.
		-Riesgo de contaminación del Recurso Hídrico Superficial (RHS) por efluentes cloacales urbanos	L	cualit.
		-Riesgo de contaminación del Recurso Hídrico Superficial (RHS) por disposición final de Residuos Sólidos Urbanos (RSU)	L	cualit.
		-Riesgo de contaminación del Recurso Hídrico Superficial (RHS) por existencia de basurales a cielo abierto	L	cualit.
		ESTADO (E)		
Eje	Dimensión	Indicador	Escala	Tipo
Conservación del Paisaje	Relictos naturales y antropizados	-Existencia de áreas naturales que protejan cuerpos de agua	C	cualit. cualit. cuant. cuant.
		-Espacios verdes locales proporcionales al área urbanizada	L	
		-Índice de Vegetación Remanente (IVR) actual	C	
		-Índice de Calidad de la Ribera Pampeana (ICAP) ⁽²⁾	C	
Conservación de los Recursos Hídricos	Recurso hídrico subsuperficial	-Variación histórica de la altura de la napa freática ⁽¹⁾	C	-
		-Existencia de nitratos de origen antrópico en la napa freática ⁽¹⁾	C	-
	Estado del cauce principal	-Variación hidrológica del cauce principal ⁽¹⁾	C	-
		-Exceso de metales pesados en sedimentos del cauce principal ⁽¹⁾	C	-
	Calidad del recurso hídrico superficial	-Eutrofización en agua superficial ⁽²⁾	C	-
		-Exceso de niveles fisicoquímicos en agua superficial	C	cualit.
		-Exceso de metales pesados en agua superficial	C	cualit.
		-Exceso de hidrocarburos totales en agua superficial	C	-
		-Existencia de sustancias emergentes en agua superficial ⁽¹⁾	C	cualit.
		-Exceso de Coliformes Totales en agua superficial	C	cualit.
		-Exceso de Coliformes Fecales en agua superficial	C	cualit.
		-Exceso de <i>Escherichia coli</i> en agua superficial	C	cualit.
IMPACTOS (I)				
Eje	Dimensión	Indicador	Escala	Tipo
Socioproductivo	Calidad de vida	-Cantidad de inundaciones por localidad en zonas urbanas	L	cualit.
		-Cantidad de casos locales asociadas a enfermedades relacionadas con el agua	L	cualit.
		-Cantidad de casos locales asociadas a	L	cualit.

		enfermedades transmitidas por el agua -Calidad de agua superficial local para uso recreativo, turístico y deportivo	L	cualit.
	Agroproductiva	-Cantidad de eventos que declaren emergencia agropecuaria por excesos hídricos -Cantidad de áreas rurales impermeabilizadas	D C	cuant. cualit.
Ambiental	Erosión hídrica e impermeabilización antrópica	-Pérdidas anuales de suelo estimadas por erosión superficial -Existencia de registros de cambio en el escurrimiento hídrico superficial asociado a la impermeabilización del suelo	C C	cuant. cuant.
	Conservación de la biodiversidad regional	-Índice de Calidad de Agua (ICA) ⁽²⁾ -Existencia de especies de peces amenazados en la región -Existencia de especies de anfibios, reptiles, aves y mamíferos asociados a ecosistemas húmedos en la región	C Re Re	- cualit. cualit.
RESPUESTA (R)				
Eje	Dimensión	Indicador	Escala	Tipo
Medidas estructurales	Obras hídricas	-Frecuencia de actualización de obras hídricas	C	cualit.
Medidas no estructurales actuales	Diagnóstico	-Existencia de monitoreo de la calidad del agua superficial	C	cualit.
		-Existencia de monitoreo de la napa freática y otras capas profundas no destinadas a consumo humano ⁽¹⁾	L	cualit.
		-Existencia de monitoreo de aguas de red de distribución en las localidades	L	cualit.
		-Existencia de monitoreo del punto de vertimiento de los efluentes cloacales urbanos	C	cualit.
		-Existencia de monitoreo de la biota acuática	Re	-
		-Efectividad de las áreas naturales protegidas ⁽¹⁾		
	Desempeño ambiental estatal	-Presupuesto actual destinado a la mejora del recurso hídrico	L	cualit.
		-Respuesta de Organismos públicos a problemáticas de índole hídrica	L	cualit.
	Compromisos orientados al desarrollo sustentable	-Presupuesto actual destinado a la mejora del recurso hídrico	L	cualit.
		-Respuesta de Organismos públicos a problemáticas de índole hídrica	L	cualit.
	Inclusión de la población local	-Políticas ambientales orientadas al desarrollo sustentable	L	cualit.
		-Políticas orientadas a la mejora del recurso hídrico	L	cualit.
		-Políticas locales de concientización ambiental	L	cualit.
		-Políticas de diagnóstico de las comunidades biológicas	C	cualit.
		-Participación de actores intervinientes en la temática hídrica local	L	cualit.

Tabla 2. Sistema de indicadores GEO (GIRH) FPEIR propuesto.

4.1.3. Valoración de los indicadores

Este es el punto clave del sistema de indicadores para evaluar los tres distritos y la cuenca. Los mismos se obtuvieron de fuentes muy diversas y pertenecen a diferentes áreas del conocimiento, por lo tanto, son muy heterogéneos en tipo y unidad de medida, donde los del tipo cualitativo se expresaron de modo cuantitativo. Por ello, a cada indicador se le asigna un valor para su medición, los cuales se encuentran en la Tabla 3 y en el campo Alcance de cada indicador en la Hoja Metodológica del Anexo III. Los máximos y mínimos valores de medición son: cinco (5), el más deseado y de menor impacto negativo, y uno (1), el menos deseado y de mayor impacto negativo.

Valor indicador	Indicadores pertenecientes a Fuerzas motrices, Presión e Impacto	Indicadores pertenecientes a Estado y Respuesta
5	Muy bajo	Muy bueno
4	Bajo	Bueno
3	Medio	Regular
3,5	Medianamente bajo	Medianamente bueno
2,5	Medianamente alto	Medianamente malo
2	Alto	Malo
1	Muy alto	Muy malo

Tabla 3. Valores que pueden tomar los indicadores GEO (GIRH) FPEIR relevados.

4.1.4. Estandarización del sistema de indicadores

Para el análisis e identificación de los puntos críticos más simple se implementó la estandarización de los valores de los indicadores, con la siguiente fórmula:

$$P_n = \frac{(V_p - V_{minn})}{(V_{maxn} - V_{minn})}, \text{ donde el Parámetro normalizado (Pn) es igual al cociente entre la}$$

diferencia entre el Valor del indicador relevado (V_p) y Valor mínimo del indicador (V_{minn}), y la diferencia entre el Valor máximo (V_{maxn}) y Valor mínimo de dicho indicador (V_{minn}). Los valores máximos y mínimos son fijados por los valores de la Tabla 3. El resultado es un valor entre 0 (mayor impacto) y 1 (menor impacto).

Por otro lado, cada aspecto FPEIR se compuso de indicadores estandarizados, los cuales se promediaron en cada sitio y en la cuenca. Los indicadores y aspectos FPEIR que tuvieron valores iguales y mayores a 0,66 fueron “sustentables” (color verde), valores entre 0,33 y 0,66 indicaron “sustentabilidad media” (color amarillo), y valores iguales y menores a 0,33 fueron “no sustentables o críticos” (color rojo), y representaron los puntos críticos en este sistema de indicadores.

4.2. Aplicación del sistema de indicadores GEO (GIRH) FPEIR en tres distritos pertenecientes a la cuenca del arroyo Ludueña

Con el objetivo de mostrar la metodología propuesta, se valoró la cuenca a partir de la información de tres distritos seleccionados en la misma, asumiendo el riesgo de perder precisión, la cual será robusta cuando se disponga de la información de los quince (15) distritos. En las Tablas 4 a 8, se muestra el diagnóstico FPEIR según el modelo GEO (GIRH), de la cuenca y de los distritos: Ibarlucea (D1), Roldán (D2) y Zavalla (D3), según se mencionó en el ítem 4.1.4.

En relación a las Fuerzas motrices (F), se presentan los indicadores promediados a nivel de escala Ecorregional (Ec), Provincial (Pr), Regional (Re) y de cuenca (C).

En relación a Presión-Estado-Impacto-Respuesta (PEIR), se muestran los indicadores para dos escalas: a nivel local (D1, D2, D3) y a nivel de cuenca (C). Para varios indicadores que se midieron a escala local, no hubo datos en todos los distritos por lo que no son viables estadísticamente a nivel de cuenca (C). Es por ello que, únicamente se promediaron los indicadores comunes constituyendo un único valor a escala de cuenca.

Por último, la información que no pudo ser recolectada se debió a tres motivos: no fue relevada (No Aplicado, N/A), correspondió a otra escala (No Corresponde, N/C), o no existió o no se consiguió durante el período de relevamiento (No Disponible, N/D).

4.1.1. Diagnóstico GEO (GIRH) FPEIR de la cuenca del arroyo Ludueña

Una vez seleccionados los indicadores y definido el método de valoración de cada uno de ellos, fue posible relevar el 80,9% de todos los indicadores que componen el sistema GEO (GIRH) FPEIR (51 de 63 indicadores relevados). Los puntos críticos se encuentran esquematizados en la Figura 4.

Las Fuerzas motrices (F), como indica la Tabla 4, fueron relevadas en su totalidad (13 indicadores), fueron muy generales y existió vasta información y de utilidad en los diferentes niveles de escala para contextualizar la realidad territorial (socio-productiva y ambiental) relacionada a la temática hídrica. Las mismas son comunes a los tres sitios y a la cuenca del arroyo Ludueña. Su valor se encontró entre 0,66 y 0,33 por lo que se categorizó como “sustentabilidad media”, y además se encontraron cinco (5) puntos críticos que condicionan el territorio (superficie provincial con uso de suelo agrícola, aumento de la concentración de las precipitaciones, aumento del nivel freático de la región asociado a cambios del uso del suelo, protección de las ecorregiones y pendiente media de la cuenca en estudio).

N°	Indicadores de Fuerzas motrices	Ec	Pr	Re	C	Valor F
1	Índice de Presión Demográfica (IPD) provincial	N/C	0,63	N/C	N/C	0,63
2	Porcentaje de hogares provinciales con Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)	N/C	0,63	N/C	N/C	0,63
3	Porcentaje de hogares provinciales con acceso agua de red	N/C	0,5	N/C	N/C	0,5
4	Porcentaje de hogares provinciales con cloacas	N/C	0,5	N/C	N/C	0,5
5	Cantidad promedio de agua potable consumida per cápita en la región	N/C	N/C	0,5	N/C	0,5
6	Porcentaje de la superficie provincial con uso de suelo agropecuario	N/C	0,25	N/C	N/C	0,25
7	Indicador de Impacto Relativo (IIR) industrial provincial	N/C	0,5	N/C	N/C	0,5
8	Aumento en la cantidad de precipitaciones anuales en la región	N/C	N/C	0,75	N/C	0,75
9	Aumento de la concentración de las precipitaciones en la región	N/C	N/C	0,25	N/C	0,25
10	Aumento del nivel freático regional asociado a cambios del uso del suelo	0,25	N/C	N/C	N/C	0,25
11	Porcentaje de protección de la/s ecorregión/es de la cuenca en estudio	0	N/C	N/C	N/C	0
12	Existencia de áreas hídricas protegidas aledañas	N/C	N/C	0,75	N/C	0,75
13	Pendiente media de la cuenca en estudio	N/C	N/C	N/C	0	0
Promedio indicadores		N/C	N/C	N/C	N/C	0,42
N° indicadores relevados		2/2	6/6	4/4	1/1	13/13

Tabla 4. Valores de los indicadores del aspecto Fuerza Motriz para los distritos y para la cuenca del arroyo Ludueña.

Respecto a la Presión (P), en la Tabla 5, se relevó el 89,5% (17 de 19 indicadores relevados), donde se recopiló información para Roldán y Zavalla, exceptuando algunos indicadores para Ibarlucea. Asimismo, tanto Ibarlucea (0,31), Roldán (0,43), Zavalla (0,55) como la cuenca en general (0,41), se encontraron entre los valores 0,66 y 0,33, y fueron categorizados como “sustentabilidad media”. Asimismo, se encontraron puntos críticos: nueve (9) para Ibarlucea (acceso a agua de red, cobertura cloacal, presión demográfica, existencia de asentamientos irregulares locales en zonas inundables, superficie agrícola, intervención del escurrimiento por obras hídricas, canales irregulares, zonas con alto riesgo de contaminación por pesticidas y riesgo de contaminación por efluentes domiciliarios), siete (7) para Roldán (cobertura cloacal, existencia de asentamientos irregulares locales en zonas inundables, superficie agrícola, intervención del escurrimiento por obras hídricas, impacto ambiental industrial, riesgo de contaminación por efluentes domiciliarios y riesgo de contaminación por basurales), seis

(6) para Zavalla (cobertura cloacal, existencia de asentamientos irregulares locales en zonas inundables, consumo promedio de agua potable, superficie agrícola, zonas con alto riesgo de contaminación por pesticidas, riesgo de contaminación por efluentes domiciliarios), y por último, siete (7) para la cuenca que condicionan sus recursos hídricos (cobertura cloacal, existencia de asentamientos irregulares locales en zonas inundables, cambio de la cobertura vegetal, superficie agrícola, intervención del escurrimiento por obras hídricas, zonas con alto riesgo de contaminación por pesticidas y riesgo de contaminación por efluentes domiciliarios).

Nº	Indicadores de Presión	D1	D2	D3	C	Valor P
1	Porcentaje de hogares de cada localidad con acceso a agua de red	0	0,75	1	N/C	0,58
2	Porcentaje de hogares de cada localidad con acceso a cloaca	0	0	0	N/C	0
3	Porcentaje de hogares de cada localidad sin acceso a agua de red, cloaca ni pozo séptico	0,75	0,75	0,75	N/C	0,75
4	Cantidad promedio de agua potable consumida per cápita por localidad	N/D	0,75	0,25	N/C	Datos insuf.
5	Cambio de la cobertura vegetal natural	N/C	N/C	N/C	0	0
6	Índice de Presión Demográfica (IPD) local	0	0,5	0,83	N/C	0,44
7	Expansión urbana-industrial local	0,5	0,5	0,5	N/C	0,5
8	Porcentaje de superficie local con uso de suelo agrícola	0	0,25	0	N/C	0,08
9	Porcentaje de superficie local con uso de suelo urbano e industrial	0,5	0,75	1	N/C	0,75
10	Densidad de infraestructura de transporte local.	0,5	0,5	1	N/C	0,67
11	Intervención del escurrimiento natural por obras hídricas regulares	0	0	0,5	N/C	0,17
12	Cantidad de asentamientos irregulares locales en zonas inundables	0	0	0	N/C	0
13	Cantidad de canales irregulares locales	0,25	0,75	0,5	N/C	0,5
14	Existencia de áreas agropecuarias locales con riesgo alto de contaminación ambiental por agroquímicos	0	1	0	N/C	0,33
15	Riesgo de contaminación ambiental local por cantidad de tambos locales	1	1	1	N/C	1
16	Cantidad de industrias no agrícolas locales con riesgo alto y medio de contaminación ambiental	1	0	1	N/C	0,67
17	Riesgo de contaminación del RHS por de efluentes cloacales urbanos	0	0,25	0	N/C	0,08
18	Riesgo de contaminación del RHS por Disposición final de los RSU	0,5	0,5	0,5	N/C	0,5
19	Riesgo de contaminación del RH por existencia de basurales a cielo abierto locales	N/D	0,25	0,75	N/C	Datos insuf.
Promedio indicadores		0,31	0,43	0,55	N/C	0,41

N° indicadores relevados	16/18	18/18	18/18	1/1	17/19
--------------------------	-------	-------	-------	-----	-------

Tabla 5. Valores de los indicadores del aspecto Presión para los distritos y para la cuenca del arroyo Ludueña.

Con respecto al Estado (E), en la Tabla 6, aunque se relevó el 88,9% de los indicadores (8 de 9 indicadores relevados), los datos están muy desactualizados. Aquí los indicadores en su mayoría se midieron a nivel de cuenca, exceptuando los espacios verdes locales donde hay información para Roldán y Zavalla. El valor para este aspecto (0,28) fue menor a 0,33 indicando que este aspecto es “no sustentable o crítico”, además, se encontraron seis (6) puntos críticos para la cuenca (índice de vegetación remanente, excesos en el agua superficial de: niveles físicoquímicos, hidrocarburos totales, Coliformes Totales y Fecales, y *Escherichia coli*).

N°	Indicadores de Estado	D1	D2	D3	C	Valor E
1	Existencia de áreas protegidas que contemplen los cuerpos de agua locales	N/C	N/C	N/C	1	1
2	Espacios verdes locales proporcionales al área urbanizada	N/D	0,75	0,5	N/C	Datos insuf.
3	Índice de Vegetación Remanente (IVR)	N/C	N/C	N/C	0,25	0,25
4	Exceso de niveles físicoquímicos en agua superficial	N/C	N/C	N/C	0	0
5	Exceso de metales pesados en agua superficial	N/C	N/C	N/C	1	1
6	Exceso de hidrocarburos Totales en agua superficial	N/C	N/C	N/C	0	0
7	Exceso de Coliformes Totales en agua superficial	N/C	N/C	N/C	0	0
8	Exceso de Coliformes Fecales en agua superficial	N/C	N/C	N/C	0	0
9	Exceso de <i>Escherichia coli</i> en agua superficial	N/C	N/C	N/C	0	0
Promedio indicadores		S/D	0,75	0,5	N/C	0,28
N° indicadores relevados		0/1	1/1	1/1	8/8	8/9

Tabla 6. Valores de los indicadores del aspecto Estado para los distritos y para la cuenca del arroyo Ludueña.

Para el Impacto (I), en la Tabla 7, se relevó el 30% de los indicadores (3 de 10 indicadores relevados), a pesar de la intensa búsqueda pudo obtenerse escasa cantidad de información, destacándose Ibarlucea y Roldán, donde no existe información de ningún tipo. El valor de la cuenca para este aspecto (0) junto con los cuatro indicadores que se midieron a nivel de cuenca, fueron menores a 0,33, lo cual indica que este aspecto es “no sustentable o crítico”. Los tres (3) puntos críticos se relacionaron con la cantidad de eventos que declararon emergencia agropecuaria por excesos hídricos, pérdidas anuales de suelo por erosión hídrica y cambio del escurrimiento asociado a impermeabilización del

suelo.

Nº	Indicadores de Impacto	D1	D2	D3	C	Valor I
1	Cantidad de inundaciones por localidad en zonas urbanas	N/D	N/D	0,5	N/C	Datos insuf.
2	Cantidad de casos locales asociadas a enfermedades relacionadas con el agua	N/D	N/D	1	N/C	Datos insuf.
3	Cantidad de casos locales asociadas a enfermedades transmitidas por el agua	N/D	N/D	1	N/C	Datos insuf.
4	Calidad de agua superficial local para uso recreativo, turístico y deportivo	N/A	N/A	N/A	N/C	N/A
5	Cantidad de eventos que declaren emergencia agropecuaria por excesos hídricos	N/C	N/C	N/C	0	0
6	Porcentaje de áreas rurales impermeabilizadas	N/D	N/D	N/D	N/C	N/D
7	Pérdidas anuales de suelo estimadas por erosión superficial	N/C	N/C	N/C	0	0
8	Existencia de registros de cambio en el escurrimiento hídrico superficial asociado a la impermeabilización del suelo	N/C	N/C	N/C	0	0
9	Existencia de peces amenazados en la región	N/C	N/C	N/C	N/A	N/A
10	Existencia de especies de anfibios, reptiles, aves y mamíferos asociados a ecosistemas húmedos en la región	N/C	N/C	N/C	Datos Insuf.	Datos insuf.
Promedio indicadores		S/D	S/D	0,83	N/C	0
Nº indicadores relevados		0/5	0/5	3/5	3/5	3/10

Tabla 7. Valores de los indicadores del aspecto Impacto para un distrito y para la cuenca del arroyo Ludueña.

Por último, para la Respuesta (R), en la Tabla 8, se relevó el 83,3% de los indicadores (10 de 12 indicadores relevados). Esto se debió a la falta de información brindada por los Organismos públicos durante el período de relevamiento. Para Ibarlucea (0,4), Roldán (0,58) y Zavalla (0,4), los valores se ubicaron entre 0,66 y 0,33, indicando que la gestión en cada distrito es “sustentabilidad media”. Asimismo, se encontraron puntos críticos: dos (2) para Ibarlucea (monitoreo de vertimiento de efluentes domiciliarios y políticas de diagnóstico de la biodiversidad), uno (1) para Roldán (políticas de diagnóstico de la biodiversidad), tres (3) para Zavalla (monitoreo de vertimiento de efluentes domiciliarios, presupuesto actual destinado a la mejora del recurso hídrico y políticas de diagnóstico de la biodiversidad), y por último, cinco (5) para la cuenca en general (monitoreo de la calidad de agua, de los efluentes domiciliarios, de la biota acuática, frecuencia de actualización de las obras hidráulicas y políticas de diagnóstico de la biodiversidad), y su valor se ubicó por debajo de 0,33, indicando “no sustentabilidad o crítico”.

N°	INDICADORES RESPUESTA	D1	D2	D3	C	Valor R
1	Existencia de monitoreo de la calidad de agua superficial	N/C	N/C	N/C	0	0
2	Existencia de monitoreo de aguas de red de distribución en las localidades	1	1	1	N/C	1
3	Existencia de monitoreo del punto de vertimiento de los efluentes cloacales urbanos	0	1	0	N/C	0,33
4	Existencia de monitoreo de la biota acuática	N/C	N/C	N/C	0	0
5	Frecuencia de actualización de obras hidráulicas	N/C	N/C	N/C	0	0
6	Presupuesto actual destinado a la mejora del recurso hídrico	N/D	N/D	0,25	N/C	Datos insuf.
7	Respuesta de Organismos públicos a problemáticas hídricas	N/D	N/D	0,5	N/C	Datos insuf.
8	Políticas ambientales locales orientadas al desarrollo sustentable	0,5	0,5	0,5	N/C	0,5
9	Políticas orientadas a la mejora del recurso hídrico	0,5	0,5	0,5	N/C	0,5
10	Políticas locales de concientización ambiental	N/D	0,5	0,5	N/C	Datos insuf.
11	Políticas de diagnóstico de las comunidades biológicas	0	0	0	N/C	0
12	Participación de actores intervinientes en la temática hídrica local	N/A	N/A	N/A	N/C	N/A
Promedio indicadores		0,4	0,58	0,4	N/C	0,29
N° indicadores relevados		5/9	5/9	8/9	3/3	8/12

Tabla 8. Valores de los indicadores del aspecto Respuesta para los distritos y para la cuenca del arroyo Ludueña.

En los distritos Ibarlucea, Roldán y Zavalla existen once (11), ocho (8) y nueve (9) puntos críticos del sistema de indicadores, respectivamente, pertenecientes a Presión y Respuesta (la mayoría corresponde a Presión). Asimismo, para ambos aspectos, los indicadores señalan que están en condición de “sustentabilidad media” en cada distrito e influyen fuertemente los aspectos Estado e Impacto.

Por otro lado, los aspectos Fuerzas motrices y Presión se encuentran influyendo los recursos hídricos de la cuenca desde una condición de “sustentabilidad media” y los aspectos Estado, Impacto y Respuesta, en una condición “no sustentable o crítica”. Asimismo, se encontraron para la cuenca en general, veintiséis (26) puntos críticos del sistema de indicadores. Estos últimos se muestran en la Figura 4, los cuales deberán ser tenidos en cuenta en la gestión territorial enmarcada en la GIRH. Asimismo, es necesario aclarar que estos procesos “críticos o no sustentables”, no están interactuando solo entre ellos, sino que también los conforman los indicadores “sustentables” y con “sustentabilidad media”.

Por último, se muestran en la Figura 5, los sitios que de manera directa están vinculados con la protección del arroyo Ludueña y sus tributarios: los márgenes del arroyo Ludueña y sus tributarios permanentes del Canal Salvat-Ibarlucea, la Reserva Ecológica San Jorge (Funes) y el Bosque de los Constituyentes (Rosario). Los últimos, pertenecientes a los distritos de Funes y Rosario se encuentran por fuera de los abordados por el presente trabajo.

4.1.2. Vacíos de información e indicadores no relevados

Los indicadores con vacíos de información (N/D), en su mayoría, son pertenecientes a Ibarlucea: cantidad promedio de agua potable consumida *per cápita* por localidad y riesgo de contaminación del RHS por existencia de basurales a cielo abierto locales (Presión) y espacios verdes locales proporcionales al área urbanizada (Estado). Asimismo, tanto para Ibarlucea como Roldán: cantidad de inundaciones por localidad en zonas urbanas, cantidad de casos locales asociadas a enfermedades relacionadas con el agua, cantidad de casos locales asociadas a enfermedades transmitidas por el agua; y para los tres distritos: porcentaje de áreas rurales impermeabilizadas, (Impacto). Por último, Ibarlucea y Roldán: presupuesto actual destinado a la mejora del recurso hídrico, respuesta de Organismos públicos a problemáticas hídricas y políticas locales de concientización ambiental (Respuesta).

Por último, los indicadores no relevados (N/A) fueron muy complejos y dificultosos al momento de establecer una categorización en poco tiempo, donde es requerido una mayor participación de un campo multidisciplinar y un período de relevamiento más extendido. Estos indicadores son: calidad de agua superficial local para uso recreativo, turístico y deportivo, existencia de especies de peces amenazados en la región, existencia de especies amenazadas de anfibios, reptiles, aves y mamíferos asociados a ecosistemas húmedos en la región (Impacto), y por último, el indicador: participación de actores intervinientes en la temática hídrica local (Respuesta).

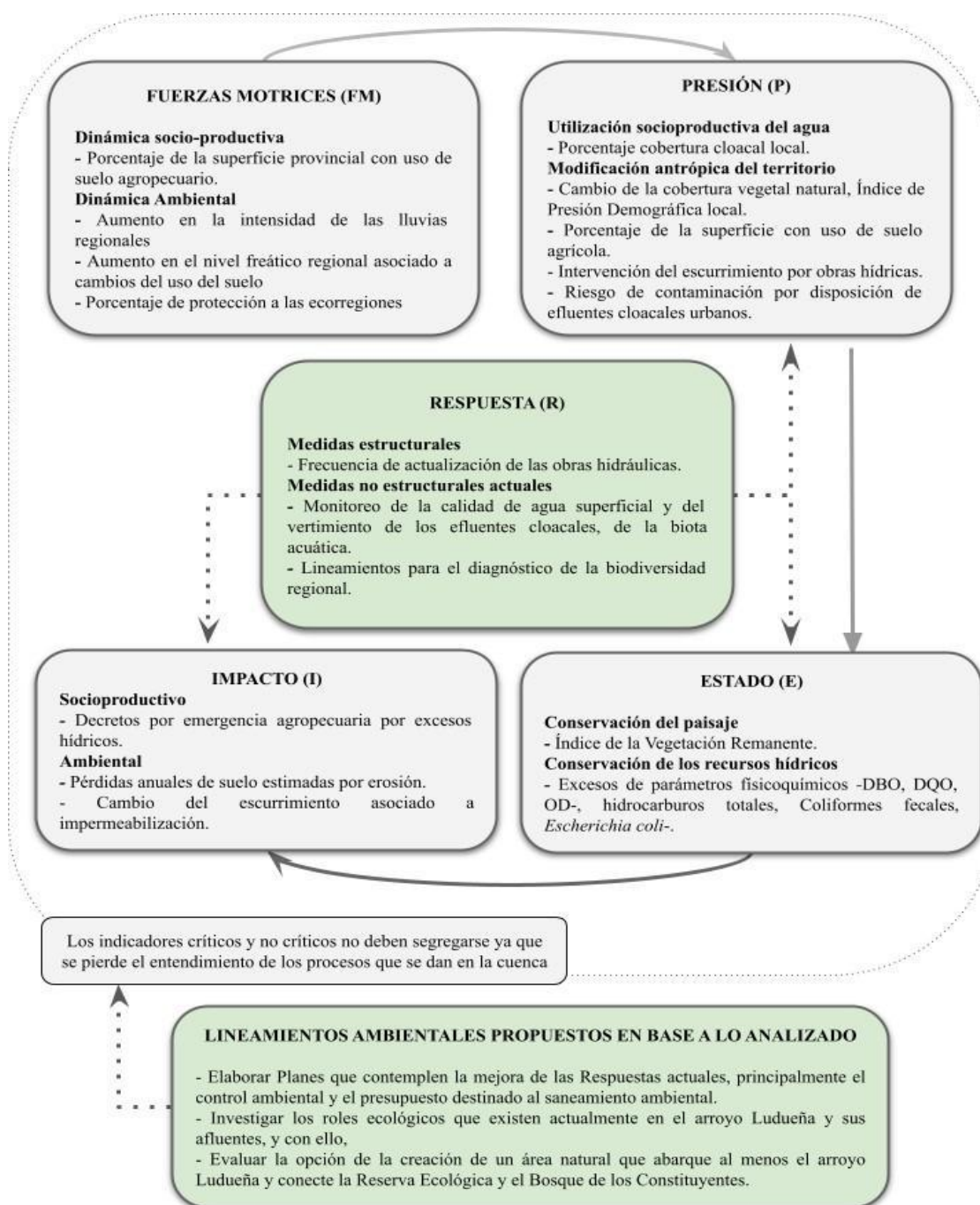


Figura 4. Esquema conceptual de los procesos críticos del sistema de indicadores identificados para la cuenca del arroyo Ludueña.

4.3. Red de actores de la administración pública involucrados en la gestión del agua del arroyo Ludueña y sus tributarios

Se muestra en la Tabla 9, el Organismo público del cual se obtuvo información (a diciembre de 2021) y sus funciones específicas para la gestión del recurso hídrico y su contaminación. Se destaca la dificultad de acceso a la misma.

Funciones específicas	Escala	Organismo/s público/s	Normativa
Financiamiento de obras hídricas	Provincial Cuenca	Ministerio de Economía Ministerio de Infraestructura, Servicios Públicos y Hábitat	Ley Prov. de Ministerios N° 13.920
Lineamientos de preservación del ambiente y saneamiento	Provincia Cuenca	Ministerio de Ambiente y Cambio Climático Ministerio de Salud Comunas y Municipios	Ley Prov. de Ministerios N° 13.920 Ley Prov. N° 13.246 (Dec. regl. N° 4841/13)
Lineamientos de Ordenamiento Territorial	Provincial Cuenca	Ministerio de Infraestructura, Servicios Públicos y Hábitat Ministerio de Ambiente y Cambio Climático Comunas y Municipios	Ley Prov. de Ministerios N° 13.920 Ley Prov. N° 13.246 (Dec. regl. N° 4841/13)
Construcción de obras hídricas	Provincial Cuenca	Ministerio de Infraestructura, Servicios Públicos y Hábitat Secretaría de Recursos Hídricos Ministerio de Ambiente y Cambio Climático Comunas y Municipios	Ley Prov. de Ministerios N° 13.920 Ley Prov. N° 13.246 (Dec. regl. N° 4841/13)
Lineamientos de intervención en el AMR	Departamental Cuenca	Ente de Coordinación Metropolitana del Área Metropolitana de Rosario (ECOM)	Ley Prov. N° 13.532 (2016)
Construcción de obras menores y de mantenimiento. Reporte de problemáticas	Cuenca	Comité de Cuenca del arroyo Ludueña (Disuelto)	Ley prov. N° 9.830 Dec. prov. N° 2.375/10
	Provincial Cuenca	Ministerio de Infraestructura, Servicios Públicos y Hábitat Ministerio de Ambiente y Cambio Climático Comunas y Municipios	Ley Prov. de Ministerios N° 13.920 Ley Prov. N° 13.246 (Dec. regl. N° 4841/13)
	Cuenca - tramo desembocadura	S/D	S/D
Mantenimiento de Obras hídricas (desagües pluvio-cloacales, cordones cunetas, canales regulares, pozos)	Cuenca - tramo desembocadura	S/D	S/D
	Ibarlucea	S/D	S/D
	Roldán	Secretaría de Obras Hídricas (construcción) y COPROL (mantenimiento y administración, una vez construida, hay bajo porcentaje de cloacas, por ello la distinción)	Inf. Pers. Sec.Obr. Púb. Ord. N° 670/10. Concesión hasta el 2040.
	Zavalla	Comuna	Inf. Pers. Pte. Comunal
	Ibarlucea Roldán Zavalla	Los usuarios residenciales, y las industrias que estén habilitadas para el volcamiento de efluentes en	Res. Provincial N° 145/07

...continuación de la Tabla 9

		la disposición final. (*) no pertenece a la administración pública	
Transporte y disposición final de efluentes cloacales por camiones atmosféricos (aquellos distritos s/cloacas)	Provincial/Cuenca	Comunas y Municipios	Res. Provincial N° 145/07
	Ibarlucea	S/D	S/D
	Roldán	S/D	S/D
	Zavalla	S/D	S/D
Monitoreo en la calidad del agua superficial	Provincial/Cuenca	Ministerio de Ambiente y Cambio Climático	Ley Prov. de Ministerios N° 13.920
Monitoreos en la calidad de los efluentes líquidos industriales*(Usuarios no residenciales)	Cuenca- tramo desembocadura	Aguas Santafesinas S.A.	Dec. prov. N° 1.358/07
	Ibarlucea Roldán Zavalla	Industrias emplazadas en los tres distritos que no desechen sus efluentes líquidos en desagües/lagunas cloacales (*) no pertenece a la administración pública	Res. N° 1.572/17. Dec. N° 1.089/82
Monitoreos de calidad de agua de efluentes cloacales o biosólidos para agua superficial	Provincial Cuenca	Gerencia de Control de Calidad (Ente Regulador de Servicios Sanitarios)	Res. ENRESS N° 324/11
	Cuenca – tramo desembocadura	Aguas Santafesinas S.A.	Dec. prov. N° 1.358/07
	Ibarlucea	S/D. Prestador no identificado.	Res. ENRESS N° 324/11
	Roldán	Cooperativa de Agua Potable y Obras Públicas Ltda. (COPROL)	Res. ENRESS N° 324/11
	Zavalla	S/D. Prestador no identificado.	Res. ENRESS N° 324/11
Monitoreo de potabilidad de agua (calidad superficial y/o sub- superficial para consumo humano)	Provincial Cuenca	Ente Regulador de Servicios Sanitarios	Res. ENRESS 508/17 Y 325/11
	Cuenca- tramo desembocadura	Aguas Santafesinas S.A.	Dec. prov. N° 1.358/07
	Ibarlucea	Comuna	Res. ENRESS 508/17 Apartado iv y Res. 325/11
	Roldán	Cooperativa de Agua Potable y Obras Públicas Ltda. (COPROL)	Res. ENRESS 325/11
	Zavalla	Cooperativa Juan Silva Ltda.	Res. ENRESS 325/11
Restauración y recuperación de ambientes contaminados	Provincial Cuenca	Ministerio de Ambiente y Cambio Climático	Ley Prov. de Ministerios N° 13.920
Sanciones administrativas a		ENRESS MAyCC	Ley prov. N° 13.060

actores de carácter ambiental	Provincial Cuenca	Municipios y Comunas Prestadores	
-------------------------------	----------------------	-------------------------------------	--

Tabla 9. Organismos públicos vinculados con la gestión del recurso hídrico de la cuenca del arroyo Ludueña.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De manera similar a lo expuesto por Salomón *et al.* (2008), Collins *et al.* (2016) y Porto *et al.* (2019), este trabajo se encontró con la escasez, la desactualización y la falta de sistematicidad de información y, en algunos casos, con su complejidad y dificultad de acceso. Estos inconvenientes, fueron determinantes para definir el diagnóstico y los indicadores en la cuenca del arroyo Ludueña. Estos indicadores deben integrarse y manejarse de forma asertiva y cuidadosa ya que resultan ser sensibles, y sin estas cualidades, pueden originarse conflictos severos debido a interpretaciones erróneas. Por otro lado, es conveniente mencionar que, se advirtió algún tipo de hostilidad por parte de tres Organismos públicos que dificultaron la colecta y el relevamiento de la información. Sin embargo, el “sistema multiescala” permitió compensar algunos vacíos de información y entender la situación a nivel de cuenca.

5.1. Contexto pampeano y de la provincia Santa Fe (Fuerzas Motrices)

5.1.1. Presión demográfica y hogares con vulnerabilidad

En los datos proyectados para 2020 (actualmente se están procesando los del Censo 2022), basados en el INDEC (2010), puede apreciarse de manera desactualizada la presión demográfica provincial, la cual indica un leve incremento de la población santafesina. Según Monti (2009), esta presión demográfica ejerce un mantenimiento constante del consumo y utilización de los recursos naturales e hídricos en la provincia de Santa Fe.

Asimismo, según el INDEC (2010), existen muy baja cantidad de hogares con condiciones mínimas de subsistencia (6,4%), es decir, con Necesidades Básicas Insatisfechas. Esta “cantidad” son familias que tienen una baja calidad de vida y corren riesgo de vida, tanto por el derrumbe de sus casas por falta de material idóneo para la construcción, como por el aspecto sanitario y conforman la población vulnerable santafesina.

Tal como menciona la Resolución 64/292 de la ONU, el acceso al agua potable y al saneamiento son derechos humanos básicos. En línea con esto, según el INDEC (2010), existe una alta cobertura provincial del servicio de agua de red en los hogares (83,6%), pero pocos de ellos cuentan con cobertura cloacal (45,9%).

Con respecto al acceso al agua potable y al consumo de agua de red, los hogares que no posean un servicio de agua de red pública se abastecen de agua con una conexión particular a la napa subsuperficial o cuando el agua no sea potable. El Ente Nacional

Regulador de Servicios Sanitarios (ENRESS) fija un abastecimiento obligatorio para los Prestadores de cinco litros por habitante por día, según las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Res. ENRESS N° 711/15). Es así que, la OMS indica que un consumo de 100-200 litros por habitante por día es el rango óptimo, el cual asegura la ingesta, el aseo, la limpieza y desinfección del hogar, la ropa y los alimentos, que mantengan la calidad de la salud humana (WHO, 2011). Aquí, cabe destacar el alto consumo de agua potable por agua de red de grandes urbes (500 litros por habitante por día) y el consumo óptimo recomendado por la OMS en los distritos más pequeños (200 litros por habitante por día) (Inf.Pers. ex-Dir. CIS-FCEIA). Estos son obtenidos de los recursos hídricos de fuentes superficiales y subsuperficiales de la provincia de Santa Fe y deben ser contemplados para el abastecimiento futuro de la población.

El consumo de agua de red está relacionado indirectamente con el consumo de agua de la población ya que en realidad es una medida de la eficiencia de las empresas abastecedoras de agua, donde un mayor consumo puede significar pérdidas y conexiones irregulares, y un menor consumo puede relacionarse con una inadecuada estructura abastecedora. En concordancia con esto, en la región se da un suministro óptimo y en la ciudad de Rosario, se da un consumo superior (500 litros por habitante por día). Parte de este consumo podría originarse por pérdidas en algunos sectores, representando un riesgo de eficiencia de utilización de los recursos hídricos como fuentes de agua potable, como lo es el río Paraná.

Con respecto al saneamiento, el INDEC (2010) indica una baja cobertura cloacal provincial, la cual representa un riesgo de contaminación a los recursos hídricos santafesinos ya que a falta de estos existen pozos sépticos o negros. Estos pueden ser muy antiguos, mal utilizados y pueden requerir mantenimiento particular, y posteriormente, el contenido ser vertido a lagunas de estabilización o a cuerpos de agua sin tratamiento, contaminando todos los cuerpos de agua.

En síntesis, el desconocimiento del consumo de agua de distritos provinciales por estar conectados al agua subsuperficial de modo particular (pozo y/o aljibe), trae aparejado un desconocimiento en la extracción de los recursos hídricos subsuperficiales en la región. Esto constituye una limitante para la gestión de los recursos hídricos debido a que es necesario cuantificar los requerimientos de agua y estimar medidas futuras. Asimismo, la escasa cobertura cloacal expone a un riesgo de contaminación de origen fecal a gran escala en Santa Fe, tanto para los recursos hídricos superficiales como subsuperficiales.

5.1.2. Riesgo de impacto ambiental por actividades industriales

Tal como indican Pouey (2008), Segura *et al.* (2012), Maguna y Montico (2013) y la SAyDS (2019b), las actividades industriales son importantes en la economía de la provincia de Santa Fe, la cual se ubica entre las primeras provincias del país con actividades agropecuarias e industriales, denominadas sector primario y secundario, respectivamente, como la producción de carne, la industria láctea y la industria metalmecánica y automotriz. Estas últimas ubicadas en la cuenca en estudio y en las aledañas.

Según el IPEC (2018), una alta proporción de la superficie provincial está destinada al uso agropecuario con diversas formas de manejo (72,2%) y a la producción de cultivos agrícolas (29,7%). Según Sarandón y Flores (2014), esto último no son sistemas de producción sustentables ya que simplifica los ecosistemas y son dependientes de insumos externos, como: semillas, pesticidas y fertilizantes (agroquímicos) y maquinaria agrícola (dependiente de combustibles fósiles). A su vez, existe una práctica de manejo productivo ligada a estos agroecosistemas, donde el territorio está sin cubierta vegetal (barbecho desnudo) y la misma con frecuencia se da en el período invernal donde puede o no haber aplicación de agroquímicos. Esta última puede generarse a comienzos del período estival por el desarrollo de especies consideradas perjudiciales para los cultivos. Esta actividad agroindustrial tiene riesgos de impacto ambiental, por erosión eólica e hídrica del suelo y por contaminación del agua, tanto superficial como subsuperficial (Inf.Pers. Cát.Manejo de Tierras-FCA).

Según la SAyDS (2019b), exceptuando el sector agrícola, las actividades industriales más importantes en Santa Fe son: la elaboración de alimentos y bebidas (procesamiento de carne bovina, la elaboración de leche, quesos, de harinas y aceites), la elaboración de biodiesel y de productos químicos y la fabricación de automotores y autopartes. Todas ellas conllevan un riesgo de impacto ambiental a niveles generales, donde los aspectos ambientales evaluados son: recursos, residuos, efluentes, emisiones y productos para cada actividad. El impacto potencial para el ambiente santafesino es intermedio y para el aspecto efluentes es muy alto, siendo las industrias de elaboración de alimentos y bebidas, las que más contribuyen a un potencial detrimento de la calidad de los recursos hídricos santafesinos.

En síntesis, los riesgos de contaminación para los recursos hídricos y los ecosistemas acuáticos por actividad industrial en la provincia y en la región son muy altos, principalmente los provenientes de: efluentes pecuarios, agroquímicos, efluentes

industriales de procesamiento de carnes y lácteos. Así como también, confiere riesgos de alteración por la concentración de partículas devenidas de la erosión hídrica del suelo.

5.1.3. Variabilidad en las precipitaciones y en la provisión del agua subterránea

Se describen de modo general, las problemáticas asociadas al territorio y al cambio climático, con la finalidad de especular sobre la dinámica futura de los recursos hídricos.

Con respecto a la variabilidad de las precipitaciones, según Barros *et al.* (2015), Dickie y Coronel (2016), Vera (2016) y Ferrelli *et al.* (2021), en la región húmeda entre 1960 y 2018, hubo un incremento de 100,1 milímetros anuales en las precipitaciones medias anuales y un aumento de las precipitaciones extremas para Santa Fe. Asimismo, tal como afirma Vera (2016), las primeras no serían muy relevantes ya que no superarían el 10%, aunque sí existe una tendencia al incremento de las segundas, trayendo aparejado un “mayor riesgo de inundaciones”, donde se impone, entre otros, el cambio de las prácticas agropecuarias, la necesidad del ordenamiento territorial y del aumento de la cooperación de todos los sectores hacia un aprendizaje adaptativo del manejo del riesgo de desastres. A modo de ejemplo, en una localidad aledaña a la cuenca de estudio, Martínez (2014) atribuye los mayores anegamientos en los sistemas agropecuarios principalmente a la intensidad de las lluvias, a la baja infiltración natural de los suelos de la región y a la explotación del monocultivo de soja, indicando que debería considerarse un manejo integral de los recursos naturales.

Según el IPCC (2014) y Chesini (2015), las especies modificarían aspectos de su ciclo biológico como respuesta a estos cambios, algunas de ellas pueden ser de interés sanitario que indiquen condiciones favorables para extender su longevidad, tal como el mosquito *Aedes aegyptis*, agente transmisor de varias enfermedades humanas, obligando a un cambio en los Organismos públicos encargados de tomar medidas de control para erradicar o mitigar su propagación. Así también, Uribe Botero (2015) documenta para la gestión del riesgo consecuencias en la región de América Latina impactos en la biodiversidad tales como el desplazamiento y extinción local de especies y de ecosistemas.

Con respecto a la napa subsuperficial, en una región no muy lejana a la estudiada, Bertram y Chiacchiera (2013) y Bollati *et al.* (2017) observaron que en 40 años, el nivel freático pasó de 11 metros de profundidad a menos de un metro. Las cuales trajeron aparejadas la pérdida de rendimiento y áreas improductivas por anegamientos y por ascenso capilar de sales de origen natural. Ambos trabajos asocian este incremento a un

manejo no integrado del balance hidrológico de los sistemas productivos por el cambio del uso del suelo y la intensificación de la agricultura, las que reemplazaron el consumo de la ganadería (2.000-1.500 milímetros por año) por un consumo estrictamente agrícola (800-500 milímetros por año) que incrementó en un 66% la cantidad de agua en el suelo acumulada por año.

En síntesis, por lo expuesto, y en relación a la GIRH, deben ser tenidas en cuenta prácticas agropecuarias que sean hidrológica y ecológicamente viables a largo plazo, contemplando una posible redistribución de las lluvias anuales en la región, y los cambios de las especies adaptadas a estos y otros factores climáticos, trayendo aparejadas modificaciones en su ecología. Por último, deben contemplarse el involucramiento e intervención de diversas disciplinas y actores/actrices del territorio a la búsqueda de soluciones conjuntas.

5.1.4. Protección de paisajes

Según el Artículo 2 de la Convención sobre la Diversidad Biológica (aprobada por Ley Nacional N° 24.375), las áreas protegidas se definen como: *un área definida geográficamente que ha sido designada y regulada, y es administrada a fin de alcanzar objetivos específicos de conservación*. Las mismas poseen diferentes categorías que determinan el uso de estos espacios, según el MAySD (2022), donde se contemplan de manera directa o indirecta la protección del paisaje y sus recursos hídricos. Aunque existen otras categorías con áreas muy pequeñas a nivel provincial, sólo se consideran las que figuran en el Informe SAyDS (2019a).

Según Dinerstein *et al.* (1995), la región pampeana se clasifica como “En peligro” debido principalmente a la “conversión de hábitats naturales para agricultura [...]”, donde las “comunidades remanentes también están amenazadas por quemadas y drenajes”, las cuales tienen una alta prioridad a nivel regional de conservación. A su vez, APN-FVSA (2007) y la SAyDS (2019a) indican que aunque hay tendencias al incremento de la protección de las áreas protegidas en los últimos años, la misma está muy por debajo de la superficie mínima que deben ser preservadas (15%), dado que se estima que el porcentaje de protección actual es de 0,01% y de 0,21% para las ecorregiones Pampa y Delta e Islas del Paraná, respectivamente. Es decir que, 3.040 de 39.710.692 hectáreas pampeanas y 11.904 de 5.625.406 hectáreas del Delta, en la actualidad se encuentran con algún grado de conservación de los procesos ecosistémicos que históricamente existían, las cuales fueron diezmadas.

Por su parte, como indican Giraut *et al.* (2007), las cuencas aledañas al sitio de estudio, son: la del Río Carcarañá y la del arroyo San Lorenzo al Norte, la cuenca del arroyo Saladillo, del arroyo Frías, del arroyo Seco y del arroyo Sauce-Pavón al Sur, de las cuales cuatro están protegidas por la Ley Prov. N° 12.175 y son Reservas Hídricas Naturales (RHN):

- RHN Provincial Río Carcarañá (Dec. Prov. N° 1.579/12),
- RHN A° Sauce-Pavón (Dec. Prov. N° 2.143/15),
- RHN A° Saladillo (Dec. Prov. N° 2.143/15).
- RHN A° Sauce-Pavón (Dec. Prov. N° 2.143/15).

La cuenca del arroyo San Lorenzo, la del arroyo Frías y la del arroyo Seco no se encuentran protegidas.

En síntesis, las superficies destinadas a las áreas protegidas son muy escasas para las dos ecorregiones donde se ubica la cuenca en estudio. Esto pone en riesgo la supervivencia de las especies ya que estos espacios son hábitat, refugio y lugar para alimentación y reproducción. Por otro lado, se desconoce la eficiencia de gestión de las áreas protegidas y de las RHN. En el Informe emitido por la SAyDS (2019a), antes mencionado, se concluye que es necesario un aumento del presupuesto. En este sentido, las mismas pueden tener objetivos loables, sin embargo, un presupuesto inadecuado para la gestión pone en riesgo dichos objetivos de conservación.

5.1.5. Características de la cuenca del arroyo Ludueña

Según el CIC (2016a) y la Municipalidad de Rosario (2020a), la cuenca del arroyo Ludueña es uno de los tipos de humedales que integran el corredor fluvial de la cuenca del Bajo Paraná, perteneciente a la Cuenca del Plata. Como se mencionó en el ítem 3.1, posee el arroyo principal con sus tributarios permanentes y temporarios. Estos últimos se forman en épocas húmedas y contribuyen a aumentar el caudal del arroyo, el cual conforma un sistema hídrico de tipo lótico.

Según Fuschini Mejía (1994), Usunoff *et al.* (2000), Kruse y Zimmermann (2002) y Biasatti *et al.* (2016), la misma es una cuenca de llanura aluvial que tiene una dinámica diferente al ciclo hidrológico típico de otras zonas con mayor pendiente (0,1%), es por ello que el movimiento horizontal del agua es muy lento donde la evapotranspiración tiene un rol preponderante en el mismo.

La cuenca tiene una forma arriñonada y es exorreica, es decir, que el entramado de

los tributarios hacia el arroyo principal marca una menor velocidad y escurre hacia un punto final, el Río Paraná (Inf.Pers. CET-FCA). Tal como afirma Riccardi *et al.* (2010), posee una extensa superficie que tiene probabilidades de anegarse con frecuencia en épocas muy húmedas (11,4%), considerando que está en una zona geomorfológica de planicie. Estas planicies de inundación están actualmente protegidas por la Ley Prov. N.º 11.730 *Régimen provincial de Bienes Hídricos Inundables*. Su Decreto reglamentario N.º 3.695/03 establece tres áreas de zonificación (Área I, II y III) donde las Áreas II y III, son las que ocupan el suelo y las que amortiguan los anegamientos en épocas de crecidas. Ambas son riesgosas ya que se anegan, pero la III, con menos frecuencia que la II. A su vez, la cuenca cuenta con la Ley Prov. N.º 13.246 (2012) y su Decreto reglamentario N.º 4.841/13, la cual expresa que debe haber medidas estructurales (obras) y no estructurales (lineamientos) para estabilizar el caudal del arroyo y de sus tributarios, contemplando y protegiendo las zonas inundables aledañas. En este sentido, Zimmerman y Bracalenti (2012) y Mosconi Frey (2018), afirman que, en Rosario, las mismas han sufrido modificaciones en su protección dando lugar a normativas “móviles” que redujeron el área de estas planicies, dejándolas libres para la ocupación inmobiliaria, incrementándose el caudal del arroyo Ludueña por impermeabilización urbana.

Por otro lado, tal como afirman Rentería *et al.* (2009) y Scuderi *et al.* (2015), como respuesta a las problemáticas de las inundaciones y de los anegamientos de la cuenca, en 2007 se ha instalado un sistema de alerta temprana de monitoreo de su caudal y de las precipitaciones, sin embargo, dicho sistema actualmente no está en funcionamiento. Se deberá profundizar la búsqueda de los motivos ya que desde la perspectiva ambiental y sanitaria, esto representa una pérdida valiosa de información sobre el monitoreo de los recursos hídricos de la cuenca y proyecciones para alertar a la población en épocas de crecidas.

Por último, tal como aseveran Pouey (2008) y Montico *et al.* (2020), otros factores sociales forzantes en la región son los conflictos de uso del territorio devenidos principalmente del sector agrícola y negocios inmobiliarios, y la desigualdad que existe en la región pudiendo aumentar la contaminación y la exposición de las familias a condiciones de extrema vulnerabilidad.

En síntesis, la cuenca del arroyo Ludueña es propensa a anegarse con frecuencia no sólo por la región climática donde se encuentra sino también por su geomorfología. Por otro lado, se desconoce la cantidad exacta de lagunas temporarias que existen en épocas húmedas. Esto constituye un gran desconocimiento de la hidrología de la cuenca

ya que es un humedal, donde estas dinámicas son naturales y se desarrollan las actividades humanas. Asimismo, es un área propensa a desarrollar conflictos sociales, como las desencadenadas por los fitosanitarios y los desarrolladores inmobiliarios en el periurbano de Roldán, tal como señalan Rosenstein *et al.* (2017, 2020), involucrando a funcionarios, productores, especialistas, comunidad y organizaciones ambientalistas; y como menciona, Mosconi Frey (2018), en las inundaciones desencadenadas en octubre de 2012, descritas en el ítem 5.4.1. Por último, existe infraestructura, equipos y protocolos que podrían monitorear los recursos hídricos de la cuenca pero los mismos se encuentran inactivos.

5.2. Procesos antrópicos influyentes en el arroyo Ludueña y sus tributarios (Presión)

5.2.1. Procesos influyentes en la ocupación territorial actual

En un estudio reciente, Montico *et al.* (2019) exponen la drástica disminución de la cobertura vegetal en los últimos 40 años (42,5%). La misma explica la ocupación del espacio actual en la cuenca del arroyo Ludueña. Esta disminución es un proceso de disturbio donde se pierden ecosistemas naturales y con ello, en línea con Biasatti *et al.* (2019), se desplazan y/o se extinguen las especies que originariamente allí habitaban, las cuales en 1976 lo hacían en 18.652 hectáreas y en el 2015, en 7.933 hectáreas.

Una de las causas de esta disminución es la ocupación por la actividad agrícola donde el cambio y la expansión de las actividades agropecuarias cambiaron a las exclusivamente agrícolas, intensificando su utilización hasta llegar al confinamiento de las áreas naturales, las cuales en su mayoría están en los márgenes del curso de agua principal y sus tributarios, y en los márgenes de las rutas y en terrenos baldíos (Inf.Pers. ex-Dir. prov. Gestión Amb.).

Según Montico y Di Leo (2015), el ECOM (2017), Manavella (2017) y el ECOM (2019), a nivel local, Ibarlucea y Zavalla poseen una alta ocupación de la cuenca destinadas al uso agrícola (81% y 96,7%, respectivamente). Asimismo, Roldán tiene una cantidad intermedia destinadas a dicha actividad (67,1%) donde la mayor parte está ubicada en la cuenca del arroyo San Lorenzo. Principalmente con las especies: soja (*G. max*), maíz (*Z. mays*), trigo (*T. aestivum*) y sorgo (*Sorghum bicolor*) (Inf. Pers. Cát. Manejo de Tierras-FCA).

Otra causa de la disminución es la expansión urbana-industrial, tal como afirman Manavella (2017) y Bragos *et al.* (2019) a partir del 2000, existe un avance inmobiliario hacia zonas con riesgo de anegamientos y periurbanas, generando nuevos conflictos sociales.

La expansión urbana-industrial es muy alta, Ibarlucea (59,6%), Roldán (54,1%) y Zavalla (49,5%). En diez años, se ha duplicado la superficie urbana-industrial a través de loteos, construcciones de viviendas e instalación de industrias, en detrimento de áreas naturales y generación de nuevos conflictos sociales por el uso del territorio. Tal como se muestra en la Figura 6, los distritos se incrementaron de 2009 a 2020: Ibarlucea de 263,7 a 652 hectáreas, Roldán de 958,8 a 2.088 hectáreas, y Zavalla de 199 a 394 hectáreas.

Según el ECOM (2017), Manavella (2017) y el ECOM (2019), a nivel distrital, la ocupación actual por áreas urbanas e industriales para Ibarlucea y Zavalla es baja (16,5% y 3,2%, respectivamente). Por otro lado, Roldán cuenta con una proporción del área urbana sobre su área total muy alta (32,9%) y posee un grado de impermeabilización de la cuenca por urbanización más alto que los demás distritos, atenuando los efectos de las lluvias y épocas de crecidas a través de la construcción de obras hídricas y expulsión del agua a partir de cinco bombas de extracción (Inf.Pers. Secr. Obr.Publ.).

Esta expansión ha generado mayores oportunidades para la instalación de familias, donde se incrementa la presión demográfica en los tres distritos. Esto tiene como consecuencia, el incremento de la demanda de recursos naturales y de la generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y de efluentes domésticos. Según el INDEC (2010) para Ibarlucea, Roldán y Zavalla, en 2020 la presión demográfica fue: excesivamente creciente, creciente y constante, respectivamente. Para Zavalla, estos están muy desactualizados y la presión demográfica es mayor (Inf.Pers. Pte.Comunal).

En síntesis, en los últimos 60 años, a escala de cuenca puede observarse dos etapas: en los primeros 40 años (1970 a 2000), la vegetación natural disminuye por la expansión de la agricultura y se la confina a relictos. La segunda etapa, en los últimos 20 años (2000 a 2020), se avanza sobre estos relictos a escala local (sin dejar de avanzar desde la actividad agrícola), se produce el desmonte de áreas naturales cercanas a las urbanas para loteos e industrias (tales como los emprendimientos inmobiliarios: Tierra de Sueños en Roldán y Punta Chacra en Zavalla). En consecuencia, se observa un proceso que lentamente, y sin pausa, está extinguiendo los ecosistemas nativos locales de la cuenca, quedando muy confinados a ecosistemas riparios (las zonas de ribera del arroyo y tributarios) y las alledañas a las rutas.

Con respecto a los conflictos sociales locales, tanto el Secretario de Medioambiente de Roldán como el Presidente Comunal de Zavalla, han explicado que existen conflictos sociales derivados de la ocupación del espacio por el incremento de

áreas urbanas y periurbanas con la zona agrícola. Estos conflictos involucran la calidad de vida humana y de los ecosistemas en ambos distritos: las inundaciones y la utilización de los agroquímicos (fitosanitarios y fertilizantes).

Estas problemáticas socio-ambientales vinculadas con los recursos hídricos se describen a continuación, donde se dividen en cantidad y calidad de agua.

5.2.2. Procesos influyentes en la cantidad de agua actual

La problemática de los excesos hídricos, es un tema en común en los tres distritos donde interviene la impermeabilización, principalmente rural y urbana, y la infraestructura hídrica, es muy compleja y se abordó de forma general.

Tal como afirman, Zimmerman *et al.* (2001), el cambio de las actividades agrícolas- ganaderas a la agricultura y expansión de esta última en 50 años, conllevaron a la impermeabilización del suelo de la cuenca potenciando el escurrimiento de agua, trayendo aparejado anegamientos, inundaciones y un cambio en el balance hídrico por un incremento del escurrimiento del agua superficial. El cambio del manejo productivo utilizado en las décadas del 70' a 90' del spp, que es predominante hasta la actualidad, fue de forma extensa y sincronizada en toda el área agrícola, fue esencial para el aumento del caudal del sistema hídrico del arroyo Ludueña en épocas de crecida.

Tal como expresa Mosconi Frey (2018), otra práctica habitual en la producción agrícola es la realización de canales irregulares para aumentar, a corto plazo, las condiciones de drenaje en épocas húmedas evitando una potencial pérdida de rendimiento y/o incrementando áreas productivas en dicho sector. Estos no siguen una lógica topográfica ni contemplan el movimiento hídrico a escala de cuenca, y no tienen aval de ninguna entidad gubernamental, como el Ministerio de Infraestructura y Transporte de Santa Fe.

En la cuenca del arroyo Ludueña, en la actualidad, existen gran cantidad de canales irregulares en Ibarlucea (19) y en Zavalla (13) y baja cantidad en Roldan (6), tal como se muestra en la Figura 7. La mayoría se conectan a los afluentes permanentes del arroyo Ludueña, en donde los aportes de caudal de Ibarlucea y de Zavalla comprometen la funcionalidad de las obras hídricas regulares en épocas húmedas. A nivel de cuenca, estos sectores drenados conformaban temporariamente un reservorio natural, y al mismo tiempo, un sistema hídrico interconectado al arroyo Ludueña y sus tributarios, constituyendo un paisaje con pequeñas lagunas, las cuales ya han sido extintas. Se deberá analizar en mayor profundidad en cada distrito las implicancias sociales y ecológicas, a nivel local y de cuenca, que pueden traer aparejados la construcción de estos canales. A su

vez, se deberá contemplar que la cuenca posee más localidades que las analizadas, las cuales también pueden tener presencia de los mismos y contribuir al incremento del caudal.

Dado todas estas evidencias, la extensión que ocupa la actividad agrícola y la expansión, principalmente urbana desde hace 20 años, el tipo de manejo agrícola del suelo, y posteriormente, la expansión urbana-industrial, explican la forma de uso de las tierras en la cuenca. Podría encontrarse una posible erradicación y/o mitigación de los daños al ambiente de la cuenca del arroyo Ludueña, donde si no se protegen o se aumentan las áreas verdes nativas, los ecosistemas de la cuenca pueden verse extintos localmente.

Con respecto a la intervención antrópica en el arroyo Ludueña, en líneas generales, es necesario reconocer el alto grado de intervención por las obras hídricas en toda la cuenca. Las cuales “contienen” y regulan el caudal del arroyo Ludueña y sus afluentes. Según el ECOM (2017), Mosconi Frey (2018) y la Municipalidad de Rosario (2020b), existen obras de gran calibre como: el entubamiento J.B. Justo, el Aliviador I Olivé, el Aliviador II, la Presa de Retención de Crecidas, el Canal Ibarlucea, y recientemente el Aliviador III. Así mismo existen terraplenes y cauces artificiales, como: el terraplén de las vías del Ferrocarril General Manuel Belgrano, ubicado en el cruce de las Ruta Nacional 34 y A012 en Ibarlucea y el Emisario 10 en Rosario. Tal como afirman Schnack *et al.* (2000) y Escobar (2002), estas modificaciones tienen un efecto muy importante no sólo en la regulación del caudal sino también en la concentración y distribución de los contaminantes y en la creación de nuevos hábitats disponibles.

El MAHySF (s/f) divide la cuenca en tres subcuencas, las cuales tienen algún grado de intervención: el arroyo Ludueña, el Canal Ibarlucea y el Canal Salvat. La subcuenca del arroyo Ludueña tiene un área de aporte de 484 km² y está compuesta por el arroyo principal y es regulada por la Presa de Retención de Crecidas. Esta última está ubicada en el límite de los distritos de Funes y de Rosario, y regula el 53% del caudal de la cuenca desde 1996. El Canal Ibarlucea cuenta con un área de aporte de 163 km² y es la subcuenca que le sigue en importancia de caudal y contribuye a la primera desde 2000.

Tal como se menciona en el ítem 3.1, los Canales La Legua y Media Legua, y los Canales Ibarlucea y Salvat son los principales tributarios del arroyo Ludueña aguas arriba y abajo de la Presa de Retención. Todas estas infraestructuras son determinantes para la regulación del caudal de los tres distritos estudiados. Según Manavella (2017), el Canal La Legua comienza en Pujato y en su recorrido “conecta” los caudales de Zavalla y

Roldán, y posteriormente, descarga su caudal aguas arriba de la Presa de Retención. Este Canal recibe agua del Interconector, ubicado al Sur del distrito de Roldán, y el cual tributa al Canal Media Legua. El Interconector Sur fue ensanchado recientemente por problemas de desborde.

Por otro lado, Manavella (2017) afirma que aguas abajo de la presa de retención se encuentran los aportes del Canal Ibarlucea, el cual recibe la descarga del Canal Salvat que se origina en Funes. El Canal Ibarlucea a su vez, recibe los aportes del Bajo Coromiras (NE del área urbana) y el Canal Urquiza (en el NE del área urbana), ubicados en Roldán y en Ibarlucea, respectivamente, y el Canal Salvat recibe los aportes de las cunetas de ambos lados de las vías del ferrocarril y de la Ruta Nacional 9 al este de Roldán.

Por último, el tramo final del arroyo Ludueña se encuentra entubado desde Empalme Graneros (ciudad de Rosario) y vierte su caudal al río Paraná en su desembocadura natural al noreste de la ciudad, formando parte del tramo sur del Delta e Islas del Paraná. Allí confluyen seis conductos que vierten el caudal a cielo abierto: dos del entubamiento del arroyo, uno del Aliviador I, dos Aliviador II, y uno del Aliviador III. Anteriormente, el Emisario 9 ubicado más al sur, descargaba su caudal al tramo final del arroyo, el cual transporta material pluviocloacal, el mismo pertenece a otra cuenca, aunque en la actualidad descarga directo al río Paraná (Inf. Pers. CURIHAM-FCEIA).

Manavella (2017) y el ECOM (2019), afirman que en Roldán y en Zavalla existen reservorios de agua con la finalidad de amortiguar los caudales de aporte al sistema hídrico en épocas húmedas, contribuyendo a crear condiciones de anegamientos “controlados”, por aplicación de la Ley Prov. N° 13.246, tal como se muestra la Figura 7, y en mayor detalle en las Figuras 9, 10 y 11. Éstos junto con la Presa de Retención y el terraplén al norte de Ibarlucea generan condiciones de anegamiento temporario, marcando una mayor oferta hídrica antes de su construcción, alterando el ambiente y creando nuevos hábitats a colonizar por vectores o especies de la región también, en línea con lo expresado por Schnack *et al.* (2000). Se desconoce si existe información sobre las condiciones ecológicas en dichos lugares.

Tal como recomiendan Collins y Abedaño (2016), para mitigar los problemas a corto y a largo plazo las inundaciones del Gran Rosario, se deberían regular los caudales desde las zonas altas y medias a través de la construcción de reservorios (en lugares específicos) en esta cuenca y en la del arroyo San Lorenzo. Esta es una de las soluciones más factibles desde la eficiencia e integralidad de la cuenca hídrica y más económica a diferencia de la construcción de conductos de descarga hacia el río. A su vez,

recomiendan la sanción de medidas normativas que acompañen la regulación del uso del suelo.

En lo que respecta a los contaminantes, en acuerdo con lo postulado por Schnack *et al.* (2000) y Collins y Abedaño (2016), debería existir un estudio integral de la dinámica de los contaminantes y oportunidad de nichos vacíos en zonas de reservorio y su interacción con el entorno, en la cuenca del arroyo Ludueña y en sus principales afluentes.

En síntesis, se reconoce la construcción de un reservorio antrópico (concretado parcialmente) de agua en Zavalla y, al menos, tres en Roldán, en áreas urbanas, en contraposición, a áreas agrícolas donde estos reservorios naturales son drenados. De igual manera, ocurre con la disminución de la cobertura vegetal de la cuenca para la implantación de áreas agrícolas y áreas urbanas-industriales. Es por ello que, todo el territorio está sujeto exclusivamente al interés antrópico sin contemplar el ambiente y la escala de paisaje.

Con respecto a la infraestructura vial, la misma es un aspecto clave y complejo para entender las dinámicas urbanas y rurales y su influencia en el territorio donde actualmente coexisten.

La cuenca del arroyo Ludueña está ubicada en una zona estratégica, Segura *et al.* (2012) expresa que es uno de los aglomerados más grandes del país, la cual abarca Rosario y el Gran Rosario. Asimismo, es un área portuaria para la exportación internacional, principalmente de cereales y oleaginosas provenientes de todo el país, a través del río Paraná.

En su estudio, Montico *et al.* (2020) describen que la misma se ve atravesada por cinco rutas nacionales (RN 33, RN 11, RN 9 y RN 34), una provincial (RP 34-S), tres autopistas (AP- 01, A012 y 9), alrededor de ocho vías ferroviarias (Ferrocarril Gral. B. Mitre y Gral. M. Belgrano) y una red de caminos rurales, algunos pavimentados, y estos son los que atraviesan los distritos estudiados. Las primeras sirven para la conexión de los distintos distritos y otros movimientos logísticos, y las líneas ferroviarias conectan los puertos con estos distritos.

Tal como señalan Biasatti *et al.* (2019), la infraestructura vial contribuye a la fragmentación del paisaje, la cual es una de las principales causas de mortandad, extinción y/o desplazamiento de especies nativas e introducción de especies exóticas. Así como también, Hernández *et al.* (2003) indican que la misma es causante de la impermeabilización del suelo y modificación del escurrimiento natural, por ejemplo, a

través de la construcción de terraplenes que lo interrumpen. El mantenimiento y la expansión de esta infraestructura contribuyen a dichos impactos, los cuales pueden observarse en términos generales en la densidad de la infraestructura vial actual.

Según Serrano Martínez (2003), la densidad de transporte es un indicador de difícil comparación ya que deben ser entendidos a cada realidad territorial. A nivel local, hay una alta densidad de infraestructura donde Roldán (0,50 kilómetros por kilómetro cuadrado) e Ibarlucea (0,43 kilómetros por kilómetro cuadrado) tienen una alta densidad de infraestructura local y Zavalla (0,24 kilómetros por kilómetro cuadrado) baja densidad. Las mismas también pueden explicarse ya que Ibarlucea y Roldán están ubicadas en la cercanía de Rosario a diferencia de Zavalla. Es por ello que, estas necesitan mayor cantidad de conexiones viales para poder conectar otras localidades con dicha ciudad. Asimismo, se puede advertir que Roldán e Ibarlucea son los que mayor densidad de infraestructura vial poseen, esto puede significar una mayor incidencia en la fragmentación local, sumada a la existencia de las áreas urbanas existentes. Se deberán profundizar los estudios a escala de cuenca donde se evalúen cuáles de los distritos pudieron y pueden tener una mayor influencia en dicho proceso.

Tanto el Secretario de Obras Públicas de Roldán como el ECOM (2019) afirman que las condiciones naturales de escurrimiento en la cuenca se ven alteradas de forma significativa por la presencia de la Autopista A012 y la Ruta Nacional 33. Ambas impiden el libre escurrimiento de las aguas y aumentan el ancho de desborde de los canales aledaños. Por otro lado, se observa un solapamiento de la infraestructura hídrica y la infraestructura vial en Ibarlucea ya que existe un terraplén construido al norte del distrito, el pertenece a las vías del Ferrocarril Gral. M. Belgrano, ubicado en el cruce de la Ruta Nacional 34 y la Autopista A012.

Como se mencionó en párrafos anteriores, la vegetación nativa se encuentra confinada a los márgenes de todas las conexiones viales y en áreas inundables naturales y antrópicas, como sobre la presa de retención y/o terraplenes y lagunas temporarias, tal como se muestra en la Figura 5. Representan una oportunidad para los estudios ecológicos y para la conservación en cuencas hídricas con alto grado de alteración, siendo ecosistemas de pastizal y acuáticos poco alterados. Como proponen Cabrera (2017), Biasatti *et al.* (2016, 2019) y Rimoldi y Biasatti (2019), estos lugares podrían ser claves para la conservación de la biodiversidad ya que existen procesos que demuestran un cierto grado de resiliencia, como los márgenes de la Ruta Nacional 11.

5.2.3. Procesos influyentes en la calidad del agua

Como se mencionara anteriormente, los hogares que no cuentan con acceso a agua de red pública, ni cloaca ni pozos sépticos forman parte de los hogares con Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI). Además, poseen deficiencia en la calidad de los materiales y accesos a servicios de electricidad y gas, trayendo aparejado no sólo la salud sino el riesgo de vida.

Según el IPEC (2010b), varios hogares de Ibarlucea (15,4%), Roldán (12,9%) y Zavalla (6,9%), atraviesan condiciones de vulnerabilidad social. Como se dijo, estos hogares son familias.

Las áreas propensas a anegarse pueden también contener asentamientos irregulares, esta es una problemática doble: tanto social como ambiental. Estos hogares se ubican en sectores inundables constituyendo así la población más vulnerable de la cuenca. Aquí es muy alto el riesgo sanitario para las familias, y de contaminación de los recursos hídricos, por la posible inexistencia de pozos sépticos.

Según el ECOM (2017), Manavella (2017), el ECOM (2019) y el Ministerio de Desarrollo Social (2022) en Ibarlucea existen dos zonas de asentamientos irregulares de cinco identificadas que se ubican en zonas inundables, barrios Autostrada (121 familias) y Josefina Andino. En Roldán, los sectores más comprometidos son todos los aledaños a los canales a La Legua, La Media Legua e Interconector, nudo A012, y en los barrios El Charquito, Posta 16 (64 familias) y Villa Flores (110 familias), estos últimos pertenecen a la cuenca del arroyo San Lorenzo. Por último, en Zavalla existen pocos asentamientos ya que se ubica en una zona topográficamente alta y los anegamientos mayormente se dan en las zonas agrícolas, donde los sectores afectados provienen del barrio Bione, Primavera y el sector oeste de Punta Chacra, este último por no haberse concretado la construcción del reservorio previsto. En resumen, se aprecia que los asentamientos en Roldán y en Zavalla, sean irregulares o no, se encuentran en las inmediaciones de las obras hídricas. Los barrios y áreas afectadas se muestran en las Figuras 9, 10 y 11.

La problemática desde el aspecto social es crítica y es común a los tres distritos, donde podrían compartirse experiencias y encauzarse en la búsqueda de soluciones. Este indicador es delicado y complejo: las familias requieren un hogar y habitan aquellos que les son posibles adquirir. Esto significa que tienen una dignidad y costumbres que deben ser contempladas a la hora de planificar el territorio ya que son parte del mismo.

Con respecto al riesgo de contaminación ambiental con pesticidas, tal como afirma Somoza (2021), el mismo merece una especial atención ya que es una práctica que se

extiende prácticamente en toda el área agrícola. La contaminación en un área es de tipo no localizada, es decir no se reconoce su lugar exacto. Estas son más vulnerables a la contaminación del suelo y del agua, donde estos contaminantes pueden moverse y depositarse en otros distritos, a través de los cuerpos de agua superficiales. Como ejemplo, en diciembre de 2020, en el río Salado en Santa Fe, sucedió un caso que tuvo alta repercusión, y donde la causa principal de la muerte de miles de peces fue la falta de oxígeno, se detectó la presencia de residuos del insecticida clorpirifos en concentraciones entre 30 a 80 microgramos por kilogramo en tejidos de algunos peces (Aire Digital, 2021), y presencia de tres herbicidas y de un fungicida. A su vez, también se detectó el herbicida 2-4 D en las branquias e hígado de sábalos (*Prochilodus lineatus*), la cual, según Somoza (2021), es una especie que ingiere la población santafesina.

Por otro lado, Montico y Di Leo (2015) estimaron en la cuenca el Índice de Riesgo Ambiental (IRA), el cual considera el tipo de suelo y agua local, las unidades de tierra y las dosis media de pesticidas más frecuentes, donde se halló que el 8,1% de la superficie de la cuenca del arroyo Ludueña posee alto riesgo de contaminación ambiental por “las prácticas asociadas al uso de agroquímicos (herbicidas)” para la producción. Dicho trabajo resalta la importancia de su gestión enmarcados en el ordenamiento territorial de la cuenca.

En Ibarlucea (814 hectáreas agrícolas) y en Zavalla (1.408,8 hectáreas agrícolas) existe un alto riesgo de contaminación ambiental, el cual está asociado a sectores inundables y con baja velocidad de escurrimiento, tal como se muestra en la Figura 7. En la actualidad, existe producción agrícola de forma convencional, sin embargo, estas áreas deben ser resguardadas por prácticas que no dañen el ambiente, como las agroecológicas, o bien, estar bajo estricto control por los Organismos públicos correspondientes, entre ellos, el MAyCC, debido su carácter de extrema vulnerabilidad. Los tres distritos tienen áreas agrícolas con riesgo medio de contaminación ambiental que están clasificadas como las menos productivas o improproductivas, son esenciales, como mínimo en el mantenimiento y la depuración de los recursos hídricos superficiales.

Asimismo, Montico *et al.* (2017) y Montico y Di Leo (2021) concluyen que el riesgo por contaminación ambiental del agua subterránea de la cuenca del arroyo Ludueña es independiente de la pendiente, tipo de suelo y velocidad de escurrimiento, donde los herbicidas son los más móviles y representan más probabilidad de contaminar los cuerpos superficiales que los insecticidas y los fungicidas. Se hace necesario recordar aquí el alto grado de impermeabilización de la cuenca y el aumento de canales irregulares que ponen

en producción zonas inundables en áreas agrícolas. Más allá que exista un movimiento “vertical” del agua, el mismo puede verse reducido e incrementado el “horizontal”, trayendo aparejado un incremento de pesticidas en el agua superficial en épocas húmedas. En este sentido, Auge (2004, 2009) señala que existe una conexión entre las capas superficiales y la freática donde en algún momento intercambian partículas disueltas, llegando a un “equilibrio” aparente.

Con respecto al riesgo de contaminación por existencia de tambos, en la cuenca es bajo ya que existen muy pocos. En este caso, solamente es considerado el riesgo ambiental por la presencia de estas actividades ya que un mal manejo de los efluentes puede alterar la carga orgánica en los cuerpos de agua. En líneas generales, estas están confinadas a zonas de ribera y terrenos inundables. Según IDESF (2015), Roldán tiene la mayor cantidad de tambos de los tres distritos (11). En Ibarlucea y en Zavalla existen muy pocos tambos (seis y uno, respectivamente). Se desconoce verazmente en todos los casos el tipo de manejo de efluentes que poseen, aunque de manera informal se asume que los efluentes no son tratados.

Con respecto al riesgo de contaminación por efluentes cloacales, tal como afirman Auge (2009) y Gallopín y Reborati (2011), un déficit en la cobertura cloacal puede traer aparejado no sólo contaminación a los recursos hídricos subsuperficiales, los que están íntimamente relacionados con la calidad del agua superficial a través del ciclo hidrológico, sino que también una merma en la calidad de vida, ya que las cañerías pueden conectarse directamente a los cordones cuneta, fuera de las viviendas, así como también, los pozos sépticos pueden ser muy antiguos o mal utilizados y su funcionamiento resulte deficiente. Por otro lado, las formas de volcamiento son en crudo y con tratamiento previo a los cursos de agua (Dec. Prov. N° 1.082/02), donde existen parámetros máximos de volcamiento para los cuerpos de agua, en el Anexo B de la Ley Prov. N° 11.220. Sin embargo, el tratamiento previo de las aguas cloacales puede no ser efectivo para reducir a los niveles permitidos de las descargas. A su vez, algunas industrias son muy pequeñas o poco contaminantes las cuales pueden volcar sus aguas residuales al pozo séptico común. En Ibarlucea, los hogares no tienen conexiones cloacales, existe una planta de tratamiento de efluentes cloacales, y se desconoce la localización de las descargas de los efluentes cloacales y/o de los camiones atmosféricos. En Roldán, muy pocos hogares tienen cobertura cloacal, ubicándose en el casco histórico (800 conexiones). La mayor parte tiene pozos sépticos y los mismos son trasladados por el camión atmosférico hasta las piletas de decantación (dos lagunas de estabilización en serie), la cual vuelca sus efluentes en el

Canal San Lorenzo y son conducidos al arroyo (Inf.Pers. Subsec.Ob. Púb.; ENRESS). Estos líquidos vertidos presentaron desvíos en Coliformes Totales y Fecales en junio de 2019, no así el control posterior realizado en marzo de 2021 (Inf. Pers. ENRESS). Este es un punto a considerar ya que no puede haber una adecuada GIRH, excluyendo la realidad local y la situación del arroyo aledaño, por lo que se acuerda con Molina (2013) y González Arriagada (2021) con que debe haber un Manejo Integral de Cuencas (MIC). Por último, en Zavalla, los hogares poseen pozos sépticos, los cuales son conducidos, y posteriormente vertidos, por los camiones atmosféricos en los cuerpos de agua en dicha localidad (ECOM, 2019; Inf.Pers.Pte.Comunal).

Como se mencionó, Zavalla desagua su caudal excedente aguas arriba de la Presa de Retención, la cual en periodos de crecidas ralentiza el escurrimiento del arroyo pudiendo estancarse las aguas con los aportes de origen cloacal en áreas inundables. Asimismo, aguas abajo de la Presa de Retención, donde también descarga Roldán e Ibarlucea se desconoce qué tipo de calidad de agua es volcada.

En síntesis, los recursos hídricos de la cuenca del arroyo Ludueña y la del arroyo San Lorenzo presentan un alto riesgo de contaminación por efluentes domésticos debido al volcamiento de los tres distritos. Este punto es clave, puesto que actualmente es el indicador que está relacionado con la contaminación directa de los recursos hídricos. Asimismo, el ENRESS debe monitorear semestralmente el estado de los líquidos antes del volcamiento al curso de agua, los cuales en Ibarlucea y Zavalla no pueden realizarse debido a que no existen las plantas depuradoras. Por último, se desconoce el volumen de los líquidos cloacales y la periodicidad de las descargas de los camiones atmosféricos en todos los distritos estudiados, los cuales son necesarios para establecer medidas de control y/o manejo.

Con respecto a la disposición final de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), esta es una problemática común, no sólo en los tres distritos, sino en toda la región. Según el ECOM (2017), la misma se aborda de forma individual, y en términos generales, se depositan en basurales, estando muy lejos de cumplimentar la Ley Prov. N° 13.055. La demanda de recursos naturales incentiva estos hábitos en la población, en los cuales la generación de residuos aumenta por el incremento de la cantidad de habitantes en un distrito (Pouey, 2008; Inf.Pers. ex-Dir. prov. RSU).

La disposición de RSU es efectuada por las Comunas y Municipios, y por estos servicios deben destinar una parte del presupuesto comunal y municipal, donde a mayor

número de habitantes aumenta el pago a los establecimientos habilitados. Ello junto con otras problemáticas locales y presupuestales, conlleva a que estos Organismos públicos opten por diversas prácticas que disminuyan la cantidad total enviada a los rellenos sanitarios, como: quemas, generación de basurales a cielo abierto y enterramiento. Por este motivo, desde la Economía Circular existen prácticas sugeridas que disminuyen la cantidad de RSU generados, disminuyendo la generación de Gases de Efecto Invernadero (GEI), la acumulación de RSU en los rellenos sanitarios y la disminución de RSU destinados a los rellenos sanitarios.

En Ibarlucea, la Comuna dispone sus RSU en el relleno sanitario ubicado en Ricardone y otra parte puede quemarse (ECOM, 2017; Inf.Pers.ex-Dir. prov. RSU). Se desconoce si existen basurales, o si existen prácticas de separación de RSU, o qué podría separarse, ya que actualmente hay una planta de reciclado. En Roldán, el Municipio dispone los RSU en el mismo relleno sanitario. Asimismo, existe la separación de residuos orgánicos e inorgánicos, donde los restos de poda se destinan en un depósito verde. Sin embargo, hay basurales pequeños y temporales, y uno grande, en las afueras de la zona urbana (Inf.Pers. Sec.Medio Amb.). En base a lo anterior, podría haber problemas relacionados no sólo con las emisiones gaseosas y contaminación de los cuerpos de agua, sino con intoxicaciones y problemas de salud vinculada a la quema. En Roldán, podrían verse afectados los cuerpos de agua subsuperficiales, y además los cursos de agua superficiales más inmediatos pertenecientes a la cuenca del arroyo San Lorenzo. Estas áreas se muestran en la Figura 7, sin embargo, es necesario obtener mayor información acerca de estos lugares e impactos ambientales actuales, tanto ecológicos como a nivel de contaminación por emisión de GEI o por lixiviación de compuestos contaminantes de diversos orígenes, a los cuerpos de agua.

Por último, en Zavalla, la Comuna dispone la mayor parte de los RSU al relleno sanitario Séptima Región en Pérez. A semejanza de Roldán, también se separan los restos de poda de los espacios públicos y de particulares, y se destinan a la Eco Granja Zavalla para su posterior utilización en dicho lugar. Asimismo, se implementan prácticas de separación de cartón y maderas de forma particular. Por otro lado, en algunos loteos que quedan fuera del casco histórico, la deposición se da en el entorno inmediato (Inf. Pers. Pte. Comunal). Por último, antiguamente existía un basural a cielo abierto permanente, el cual se removió y en la actualidad se destina a otra actividad. Esto último, conlleva a la erradicación de un foco contaminante, en el cual ya no existe la generación de lixiviados ni generación de GEI por basurales. Asimismo, se desconoce si existe un monitoreo de los

recursos hídricos subsuperficiales más inmediatos.

En síntesis, en la cuenca se presentan tres modos diferentes de disposición, ya que por un lado, el relleno sanitario es un alivio actual, pero la Economía Circular se abre paso a alternativas de separación convirtiéndose en materia prima, aliviándose la carga del relleno sanitario. Por otro lado, existen prácticas que son peligrosas tanto para el ambiente como la salud humana.

Con respecto al impacto ambiental industrial, en el presente trabajo se consideran las actividades no agrícolas. Todas las industrias pueden generar impactos ambientales, sin embargo, esto no significa que estén contaminando en la actualidad. Las industrias vuelcan sus desechos en cursos de agua con ciertos niveles de permisibilidad de su calidad, el cual es fijado por las mismas normativas que los efluentes domésticos.

La Ley Prov. N° 11.717 establece que cada actividad debe presentar un Estudio de Impacto Ambiental que determine los riesgos que significan para el ambiente, en el cual está contemplado un Plan de Contingencia por accidentes y/o derrames. El decreto reglamentario N° 101/03 clasifica estas industrias en alto, medio y bajo riesgo de impacto ambiental a partir de tres Standars y tres Categorías. Se desconoce si las industrias presentan procesos internos donde vuelquen líquidos residuales a los cursos de agua pertenecientes a la cuenca (Inf. Pers. CET- FCA).

En Ibarlucea existen 11 industrias de las cuales seis son Standar II (Categoría II o III), considerándose los riesgos de las actividades industriales de dicha localidad, como riesgo de impacto ambiental medio. Asimismo, existen cuatro industrias que poseen Standar I (Categoría I) con bajo riesgo. Por último, existe sólo una industria Standar III (Categoría III) con alto riesgo (fábrica de mezcla asfáltica). Los procesos productivos que podrían llevar a la contaminación del recurso hídrico son bajos, como el lavadero de autos y lubricantes para automotor. En Roldán existe un complejo industrial ubicado a cinco kilómetros de la zona urbana el cual está catalogado como Standar III (Categoría III) y conlleva un riesgo alto de impacto ambiental. Aquí existen diez industrias destinadas a la producción de máquinas frigoríficas y químicos y un depósito de agroquímicos. Por otro lado, existen tres industrias con Standar III (fábrica de remolques y de pintura, metalúrgica) y 42 industrias con Standar II (Categoría II o III). Por último, en Zavalla hay alrededor de 18 fábricas con Standar II (Categoría II o III), las cuales son industrias de diversos rubros como: lavaderos, aberturas de aluminio, carpinterías metálicas y de madera, fábricas de muebles, y acopiadoras de granos. El riesgo de contaminación es

medio ya que es incierta la categorización de las industrias.

Actualmente, está vigente la Resolución ENRESS N° 1.572/17 que permite tener un registro de industrias que vuelcan a colectora de cada localidad por fuera del ámbito de Aguas Santafesinas S.A. (ASSA). Los tres distritos están por fuera del servicio ASSA, y se encuentran regidos por esta normativa, la cual se relevó en primera instancia, pero dicha información no existía. De esa manera se hubiese podido ajustar el indicador al “riesgo de impacto ambiental por vertimiento de desagües industriales a los recursos hídricos” u otro similar.

De lo dicho se desprende que el mayor riesgo de impacto ambiental industrial para la cuenca lo aporta Roldán. Asimismo, el aporte de los tres distritos en la región es de bajo riesgo de impacto ambiental, ya que se tiene en consideración que otros distritos integrantes de la cuenca forman parte del Complejo Industrial al Norte de Rosario. Sin embargo, sobre estos últimos se desconoce si sus efluentes líquidos son vertidos en los cursos de agua del arroyo Ludueña o del arroyo San Lorenzo, o si son vertidos directamente al río Paraná. Este indicador fue desarrollado de forma preliminar, pero ha servido de forma general para entender las actividades que pueden conllevar un daño al ambiente y sus recursos hídricos si se produce un derrame. Se deberían desarrollar indicadores que reflejen el riesgo de contaminación ambiental por las industrias y el indicador debería mantenerse a escala local.

5.2.4. Observaciones de los procesos influyentes

Las dinámicas de ocupación del espacio son determinantes al momento de entender los procesos incidentes en la cuenca del arroyo Ludueña, donde la disminución de la cubierta vegetal de la cuenca ha decrecido paulatinamente, en especial por la ocupación mayoritaria del espacio de la agricultura que predomina en la actualidad, hasta quedar confinada en poca superficie, reduciendo la calidad de los servicios ecosistémicos de la cuenca. Asimismo, desde 2000, acentuado desde 2010, los movimientos migratorios en el Área Metropolitana de Rosario requieren de espacios nuevos (loteos) y otras formas de disposición urbana, como modelos de ciudad dispersa que impactan en la impermeabilización del suelo y reducen la vegetación remanente. No sólo deben ser contemplados la ocupación del espacio actual, sino que además debe ser entendida en el tiempo, para proponer soluciones acordes al contexto, hábitos y cultura de la población. Es por ello, que debe ser contemplado desde el aspecto multidisciplinar.

Es conveniente afirmar aquí que, no existe un indicador para evaluar el riesgo en

conjunto de los impactos ambientales locales como sí ocurre en las fuerzas motrices, las cuales lo hacen desde el impacto social y ambiental. Es por ello, que en el sistema de indicadores propuesto, se tuvo que realizar el proceso inverso debido a que no se pudo detectar una bibliografía acorde para evaluar riesgos de contaminación ambiental y de los recursos hídricos en un distrito. Asimismo, los procesos de descarga mínimas permitidos para cada industria podrían estar interactuando en forma sinérgica (o no) a lo largo de las zonas de descarga conjuntamente con los efluentes cloacales, y residuos de agroquímicos en el arroyo Ludueña y sus afluentes, sedimentos del cauce, riberas, y en sus valles de inundación.

El riesgo de contaminación por efluentes cloacales y la cobertura cloacal están estrechamente relacionados, ya que la falta de sistemas de desagüe cloacal o pluvio-cloacal, donde se centralizan los desechos cloacales (y se vuelcan en un punto en común), refleja las alternativas de volcamiento de efluentes en cada distrito, donde se diversifican y vuelcan en diferentes sitios de la cuenca. La ubicación del distrito (o del punto de volcamiento descentralizado) tiene implicancias a nivel de depuración del agua ya que lugares ubicados en cotas altas pueden afectar a distritos aguas abajo. Volpedo y Fernández Cirelli (2001) advierten sobre esta problemática, y aseveran que, de mantenerse estos vertimientos, podrían verse alteradas las funciones ecosistémicas y causar un daño irreversible al ecosistema acuático.

5.3. Situación del arroyo Ludueña, sus tributarios y los relictos vegetales (Estado)

Los datos expresados a continuación son limitados por dificultades en la accesibilidad a la información y no reflejan estrictamente la actualidad de la calidad ambiental del arroyo Ludueña, pero pueden ser fuente de un soporte base y dar cuenta de cuál es la situación posible en la que se puede encontrar actualmente (Inf.Pers. INALI-UNL).

5.3.1. Calidad del agua y de los sedimentos

Según el Informe Oficial solicitado al M^AyCC, perteneciente al año 2010, los parámetros de calidad que se mencionan se relacionan con el volcamiento de los desagües pluviocloacales. En concordancia con lo establecido por la normativa vigente, el arroyo Ludueña aguas abajo de la Presa de Retención (Funes) junto con los Canales Ibarlucea-Salvat a lo largo del año, presentaron excesos de: DBO y Coliformes fecales. Asimismo, en el mismo período, en el Canal Salvat (Ibarlucea-Funes) se detectó el exceso de hidrocarburos totales hasta la desembocadura del arroyo en el río Paraná. En el período

invernal, además se detectaron en la mayoría de los muestreos, excesos de: pH, DQO y Oxígeno Disuelto. Por otro lado, en ninguna de las muestras se registró un exceso de los límites de los metales pesados evaluados (mercurio, plomo, cromo, cadmio, zinc y cobre). Posteriormente, Tufo *et al.* (2015) analizaron la calidad del arroyo Ludueña y otros arroyos del tramo sur del río Paraná, y concluyeron que existió carga orgánica de Oxígeno Disuelto, Demanda Química de Oxígeno y pH, el bajo caudal del arroyo Ludueña pudiendo haber influido en su concentración. Este trabajo no atribuyó a las actividades humanas la alta cantidad de carga orgánica, sino, como se dijo, al bajo caudal del arroyo, sin embargo, posteriormente resalta la contaminación (de origen antrópico) por metales pesados en los sedimentos del Ludueña.

Asimismo, Martínez Bilesio *et al.* (2019) y Martínez Bilesio (2018) pudieron explicar el comportamiento antrópico y natural de la calidad de agua del arroyo Ludueña y sus tributarios, clasificándolas en cinco grupos, a través de la evaluación de ocho variables integradas en el algoritmo MCR ALS-PARAFAC (por sus siglas, MCR: resolución de curvas multivariantes, ALS: cuadrados mínimos alternantes; PARAFAC: análisis de factores paralelos). Dos grupos estuvieron relacionados directamente con actividades antropogénicas de origen pluvio-cloacal en el Canal Ibarlucea y en áreas cercanas a este (cerca del relleno sanitario de Ricardone), y en Zavalla, en áreas con actividad agrícola. También podría existir actividad algal que favorezca la eutrofización de algunos tramos del arroyo Ludueña y sus afluentes, aunque esta pueda ser de origen natural. Por último, Ardissono y Molteni (1987) identificaron contaminación de origen bacteriano en esta cuenca, donde existía presencia de: *Escherichia coli*, *Streptococos*, *Pseudomonas* y *Salmonellas*.

Con respecto a los sedimentos del cauce, Tufo *et al.* (2015) analizaron metales pesados en el arroyo Ludueña y en otras localidades del Bajo Paraná, e identificaron contaminación leve con zinc y cobre en las dos muestras colectadas, superando los valores de los niveles guía *Guía de calidad de agua dulce para protección de vida acuática* (Dec. reglamentario N° 831/93 - Ley Nac. N° 24.051). Concluyen que la movilidad del cobre es independiente del caudal de los arroyos principales (y su posterior efecto dilución) pudiendo incidir la descarga de efluentes contaminados y procesos geológicos naturales en su movilidad.

En concordancia con lo evaluado e informado por Montico *et al.* (2019), estos muestreos, con el objetivo común de estudiar la situación de los recursos hídricos de la cuenca, marcan un uso de los mismos como meros receptores de desechos.

Por otro lado, no se dispone de la taxonomía ni de la dinámica de las comunidades acuáticas del arroyo Ludueña, por lo que no es posible diagnosticar su caudal ecológico y proponer lineamientos de conservación. Aun así, los trabajos citados dan cuenta que los parámetros medidos muestran cierto grado de contaminación, y por ende, estarían en riesgo tanto los roles ecológicos como los servicios ecosistémicos brindados.

Asimismo, la remediación ambiental del cauce y los sedimentos, de los metales pesados, son muy difíciles de implementar y altamente costosos, a comparación de la remediación por carga orgánica (DQO, DBO, OD) (Inf.Pers. CET-FCA). Sin embargo, es necesario tener en consideración que este ecosistema acuático ha sido sometido durante los períodos descritos a alta carga orgánica desde el inicio del arroyo y sus principales afluentes. Tal como indica Benedito *et al.* (2014), es necesario asegurar el mantenimiento de la calidad del agua, la estructura de los sistemas ecológicos y evitar la pérdida de hábitat para el mantenimiento de los ecosistemas nativos. Esto debe ser tomado en consideración ya que, es posible que las interacciones ecológicas acuáticas deban ser restauradas, aunque no se disponga actualmente de un registro. Por ello, deberán existir investigaciones abocadas a este último y decidir sobre el destino de este arroyo y sus tributarios.

Por último, es necesario remarcar que no se evaluó la presencia y concentración de pesticidas, a diferencia de otros pertenecientes a la provincia de Santa Fe, como se menciona posteriormente en el ítem 5.5.1.

Dadas las evidencias, se hace indispensable remarcar la necesidad de desarrollar un estudio interdisciplinario con los/las actores/actrices del territorio y especialistas en el área de: las Ciencias Ambientales, la Bioquímica y la Agronomía, que definan los compuestos a monitorear y dónde hacerlo.

5.3.2. Remanentes de vegetación

En su estudio, Montico *et al.* (2019) indican que los remanentes de vegetación más importantes a nivel hídrico y ecológico en la cuenca del arroyo Ludueña, son monte (3 hectáreas) y pastizal (7.933 hectáreas) junto con las pasturas artificiales (770 hectáreas) y plantaciones forestales (2 hectáreas). Tanto las pasturas como las plantaciones poseen especies exóticas, tales como: alfalfa (*Medicago sativa*), eucaliptus (*Eucalyptus sp.*), pinos (*Pinus sp.*) y álamos (*Populus sp.*), las cuales no necesariamente pueden favorecer interacciones ecológicas naturales. De igual forma, dentro de la matriz agrícola, todos estos ecosistemas son esenciales en la captación y purificación del agua de la cuenca, a

través de la retención de agua y contaminantes y la evapotranspiración, donde solamente el 11% de su superficie pertenecen a áreas con vegetación nativa, las cuales se consideran como vestigiales.

Tal como afirman Biasatti *et al.* (2017), se hace necesario poner en valor y repensar la conservación de todos estos sitios, no solamente como hábitat de la biodiversidad nativa y atractivo estético, sino como potenciales aportes a la diversificación del paisaje y fuente de variabilidad dentro de la matriz agrícola. Éstos pueden encontrarse en áreas que tienen algún grado de protección como:

- El Corredor Biológico de la autopista AP-01 Rosario-Santa Fe, atraviesa, en forma de “C” a la cuenca del arroyo Ludueña y abarca 100 metros a cada lado de la autopista Rosario-Santa Fe, abarcando las ecorregiones Pampa y Espinal, con sus zonas de transición (Dec. Regl. N.º 1.723/14).
- El Bosque de los Constituyentes, donde es considerado como “una reserva de uso comunitario” y es considerada como “Espacio Temático Ambiental” en la Ciudad de Rosario (Dec. Mun. N.º 41.509/14). El mismo se ubica en la zona de captación del Canal La Legua en Roldán.
- La Reserva Ecológica San Jorge, en la Ciudad de Funes en el límite con Roldán, es una cañada que se ubica inmediatamente aguas arriba de la presa de retención del arroyo Ludueña (Ord. Mun. N.º 996/15).
- El Parque José Félix Villarino en Zavalla. Este último, es un Área Protegida del Paisaje Cultural (Res.CD. N.º 459/11 Facultad Ciencias Agrarias UNR), y se encuentra en la zona lindante a la zona urbana. Asimismo, este lugar fue declarado como un lugar de importancia para la conservación de los murciélagos, uno de los tres en la provincia de Santa Fe (PCMA).

Tal como afirman Biasatti *et al.* (2019) y Rimoldi y Bisatti (2019), el corredor biológico AP- 01 es un conector que atraviesa los paisajes pampeano y espinal, y el mismo resulta ser un espacio resiliente que conserva características ecológicas de ambas ecorregiones y sirve de paso, refugio y lugar de alimentación para mamíferos nativos (abordado en el ítem 5.4.2.).

El Bosque de los Constituyentes y la Reserva Ecológica San Jorge son áreas naturales sujetas a períodos húmedos y secos, y podrían estar cumpliendo un rol excepcional en la cuenca del arroyo Ludueña, diluyendo los contaminantes del arroyo principal. Sin embargo, como afirman Escobar (2002) y Kandus *et al.* (2011), estos

beneficios pueden verse modificados, primeramente, por la dinámica estacional donde el período seco tiende a concentrar los contaminantes, y los períodos húmedos a diluirlos y a captarlos en sus sedimentos, y en segundo lugar, por las alteraciones en la dinámica de la cuenca, cauces y cuerpos de agua, influyendo en su poder natural de absorción. Asimismo, es necesario destacar el bajo caudal medio que presenta el arroyo Ludueña, como indican Tufo *et al.* (2015), el cual es un factor que podría ser limitante para la depuración de la carga orgánica que presenta. Sin embargo, contar con estos espacios podría contribuir a disminuir el aporte de contaminantes del arroyo, a su depuración y al mantenimiento de las interacciones ecológicas nativas dentro de una matriz netamente urbanizada y agrícola. Se desconocen los efectos de las interacciones entre ambos lugares y el arroyo Ludueña, tanto ecológicos como limnológicos, y sus efectos a escala de cuenca, los cuales son necesarios para establecer lineamientos de protección en la misma. En línea con lo antes mencionado, tal como afirman Franceschi y Boccanelli (2013), Boccanelli *et al.* (2015) y Montico *et al.* (2019), el Parque J.F. Villarino tiene un paisaje no representativo de la ecorregión pampeana, sin embargo, el 80% de su superficie tiene árboles nativos implantados, derivados de la ecorregión del Espinal, los cuales presentan un rol de captación y de retención del agua de lluvia a escala local, así como también a escala de cuenca por su matriz lindante agrícola-urbana.

El arroyo Ludueña, y sus márgenes a 100 metros de cada lado, estuvieron protegidos por la Ley Prov. N° 13.372 *Ordenamiento Territorial Bosques Nativos* (OTBN), y fueron contemplados como “zonas de alto valor de conservación”, los cuales no podían ser transformados. Sin embargo, según el IDESF (2015), los mismos se excluyen en el 2019 ya que no se reconocen las riberas del curso principal como zonas boscosas nativas. Esta exclusión es atribuida a errores por imprecisiones de los programas informáticos y por categorías de clasificación.

Por otra parte, Zavalla se ubica en la parte topográfica más alta de la cuenca, donde la zona urbana se localiza en el sector de mayor cota y los espacios verdes resultan insuficientes desde el punto de vista recreacional. Asimismo, tanto Roldán como Ibarlucea están ubicados en una zona deprimida o de menor cota, por lo que estos espacios verdes contribuyen a la absorción y amortiguación de las inundaciones locales, tal como se observa en la Figura 8 (Inf.Pers. Sec. MedioAmb; Pte. Comunal).

Con respecto a los espacios verdes locales, tal como afirman Garay y Fernández (2013), WWAP (2018) y Zimmermann y Bracalenti (2018), estos son: arbolado público, parques y plazas, jardines, campings y terrenos baldíos, y son considerados como

infraestructura verde, donde esta última es reemplazada por infraestructura gris, la cual no puede suplir el funcionamiento y la relativa estabilidad que posee un ecosistema no antropizado, que amortigua los excesos hídricos y tienen un rol “compensador” en las áreas urbanas. Como afirman Frassón *et al.* (2021), también es necesario contemplar las interacciones ecológicas que existen en estos espacios, las cuales podrían promoverse si existen árboles nativos fomentando redes ecológicas nativas, donde una alternativa puede ser la forestación con algarrobo blanco (*Prosopis albus*).

En concordancia con Pouey (2008) y Mosconi Frey (2018) es necesario que se contemplen las funciones ecosistémicas de la cuenca desde el punto de vista ambiental, donde se ven involucradas interacciones ecológicas y roles que no se suplen por la infraestructura gris, a partir de la conservación de los cuerpos de agua desde la perspectiva de cuenca hidrológica. Volpedo y Cirelli Fernández (2011) recomiendan conservar los pastizales aledaños a las lagunas pampásicas, las cuales pueden jugar el rol de retención y depurador.

Otro punto a tener en cuenta, como se mencionó en el ítem 5.2.2., si se crean reservorios con la finalidad de atenuar los efectos de las inundaciones, cercanos o no, a áreas urbanas, deberían establecerse investigaciones en los reservorios creados que involucren aspectos multidisciplinarios, como las áreas de Salud y Ciencias Ambientales.

En síntesis, para mejorar y garantizar a futuro la calidad del agua de la cuenca junto con sus funciones y redes ecológicas y sus servicios ecosistémicos, es fundamental que se contemple la protección integral de todo el sistema hídrico: el arroyo Ludueña, sus tributarios y sus riberas, en conjunto con las planicies de inundación, unificadas a lo largo del curso principal, como parcialmente había sido contemplada hasta el 2019 en el mapa de OTBN. La existencia individual, del Bosque de los Constituyentes por un lado, y de la Reserva Ecológica San Jorge, por otro, no da cuenta de la integralidad y funcionalidad de los recursos hídricos a escala de cuenca.

5.4. Algunos servicios ecosistémicos afectados de la cuenca del arroyo Ludueña (Impacto)

5.4.1. Pérdidas en el sector agrícola y reducción de la calidad de vida humana por anegamientos

Con respecto a las pérdidas en el sector productivo por anegamientos, el MPyTN (2019) recopiló los eventos climáticos que desencadenaron situaciones de emergencia, los cuales contemplan periodos de tiempo durante los cuales son subsidiados por el Estado. A escala

departamental, los eventos por excesos hídricos de Rosario y San Lorenzo, son muchos ya que existieron 20 en los periodos de 1998 a 2018. Esta información no da cuenta de la situación local pero brinda una idea de los efectos de los eventos extremos vinculados principalmente a la variabilidad climática de la cuenca.

Con el propósito de ejemplificar la alta cantidad de emergencias hídricas, en el período de agosto a octubre de 2012, se registraron una serie de eventos que implicaron vientos huracanados y caída de granizo, y para el día 21 de octubre se registró un evento de precipitaciones intensas de 180 milímetros en un día en la región, con un pico de 158 milímetros en nueve horas en la zona de la cuenca del arroyo Ludueña. Todos ellos, desencadenaron el dictado del Decreto provincial N° 186/13 de emergencia agropecuaria, que consistió en un período de seis meses de exención de impuestos provinciales (Impuesto Inmobiliario Rural). Tal como indica el MPyTN (2019), este evento trajo como consecuencia en Roldán y en Zavalla daños agrícolas muy importantes, y en Ibarlucea, resultó en un desborde de los Canales Ibarlucea-Salvat y pérdidas agrícolas totales.

A su vez, según el MAHySF (s/f), en este periodo, hubo inundaciones en el sector urbano y se registró el desborde y el colapso de las obras hídricas. El mismo fue atribuido principalmente, al sinergismo de la concentración de dichas lluvias en la región y al grado de impermeabilización del suelo en la cuenca del arroyo Ludueña que originó graves inconvenientes en varios distritos. Tal como indica el ECOM (2017), en Ibarlucea existen inundaciones recurrentes y de relevancia para este distrito, provenientes de los Canales Ibarlucea y Urquiza. Asimismo, Roldán posee toda la zona urbana en un sector topográficamente bajo, donde la Autopista y los Canales junto con las bombas de extracción, ayudan a drenar el agua de los barrios (Inf.Pers. Sec. Ob.Púb). Por último, las inundaciones en Zavalla están confinadas a los barrios Bione, Primavera y al oeste de Punta Chacra, el cual no ha concretado la construcción del reservorio previsto, y se inundan de forma reiterada en época de períodos húmedos (Inf. Pers Pte. Comunal).

Con respecto a la salud humana en la cuenca, tal como afirman McJunking (1988) y Chesini *et al.* (2019), las enfermedades hídricas se manifiestan principalmente por la ingesta de agua contaminada y por una alteración en la calidad ambiental e hídrica. En este sentido, el contacto directo con el agua contaminada, ocurre a través de las inundaciones y en personas en situación de extrema vulnerabilidad, con viviendas de baja calidad material o en zonas de riesgo de inundación como también, con escasa cobertura de agua potable y cloacas, las cuales pueden contraer enfermedades e incluso resultar mortales, y la ingesta de agua puede ser provenientes de fuentes de agua no tratadas. Estos

trabajos definen a las “enfermedades de transmisión por el agua” como aquellas que están relacionadas al contacto directo con la misma, las cuales poseen organismos que causan diversos tipos de enfermedades, tales como: leptospirosis (gén. *Leptospira*), diarrea (*E. coli*), cólera (gén. *Vibrio*) y enfermedades neurológicas (asociada a presencia de algas tóxicas). En cambio, las “enfermedades relacionadas con el agua” son aquellas que están asociadas a las cercanías al curso de agua y a la proliferación y posterior movilidad de los vectores transmisores de enfermedades, como los géneros de mosquito *Aedes*, transmisores del virus del dengue y del zika (gén. *Flavivirus*) y del chikungunya (gén. *Alphavirus*); y por último, mosquitos del género *Anopheles*, transmisores de bacterias causantes de la malaria o paludismo (gén. *Plasmodium*).

En línea con el párrafo anterior, Pouey (2008) indica que en el territorio en estudio pueden encontrarse enfermedades diarreicas y parasitarias en lugares precarios. Estas enfermedades son de origen cloacal y se relacionan con la cobertura de saneamiento y los asentamientos irregulares. Es por esto que, todos los hogares con NBI y los asentamientos precarios en áreas inundables de los tres distritos, puntualmente en Ibarlucea, merecen especial atención.

Para la recopilación de las enfermedades en la cuenca del arroyo Ludueña, sólo se ha podido realizar en un distrito. En Zavalla, el Presidente Comunal indica que en la localidad, las enfermedades de transmisión y las relacionadas con el agua o las de origen entéricas, no existen o hay muy pocos casos, pero no relacionados a la contaminación hídrica. Esto se debe a que existen campañas de fumigación en zonas urbanas para mitigar y controlar la etapa adulta de la especie *A. aegyptis* en los períodos estivales, reduciendo la probabilidad de transmisión de enfermedades por dicho vector.

Otra explicación se orienta a que la mayoría del área urbana se encuentra alejada de las zonas inundables por lo tanto no existiría riesgo de infección, exceptuando los barrios cercanos a cuerpos de agua permanentes como los últimos lotes de Punta Chacra y al sur de la zona urbana. Asimismo, los tributarios ubicados en este distrito, aunque con un leve caudal siempre están en movimiento por ser lóticos donde, la proliferación del *A. aegyptis* puede verse reducida a comparación de los cuerpos de agua lénticos. Asimismo, puede deberse a que no existan prácticas de inmersión en estos cuerpos superficiales, o, como afirma Pouey (2008), que las personas enfermas pueden derivarse a centros de salud en Rosario, no contando con registros locales.

Por último, hay que considerar la variabilidad climática, no sólo del aumento y la distribución de las lluvias sino en su conjunto, con la humedad relativa del aire y las

temperaturas medias, tanto en la región como en la cuenca del arroyo Ludueña. Estos cambios podrían modificar la ecología de las especies, como el período de vida de la etapa adulta y las épocas de reproducción del mosquito, las cuales podrían aumentar el riesgo de contraer enfermedades en diferentes épocas del año.

5.4.2. Efectos en el suelo, el paisaje y la macrofauna nativa

Los impactos en la cuenca y en el arroyo Ludueña y sus tributarios no son lineales ya que se combinan en tiempo y espacio.

Con respecto a los efectos en el ecosistema edáfico, las pérdidas de suelo por año por erosión hídrica en la cuenca están desactualizadas y son imprecisas. Denoia *et al.* (s/f) estimaron las pérdidas de suelo por erosión hídrica en esta cuenca y atribuyen los mayores impactos a los sistemas productivos soja/soja, donde las pérdidas indican erosión de leve a moderada en estos sistemas, cuyas estimaciones oscilan entre 20 a 70 toneladas de suelo por hectárea por año, y resaltan la importancia de la planificación agrícola. En concordancia, Di Leo *et al.* (2020) estimaron que el 7% del área destinada al uso agrícola en la cuenca tiene niveles de erosión hídrica graves a muy graves. Las pérdidas de suelo provenientes de la erosión hídrica contienen materia orgánica y nutrientes, y son depositados aguas abajo o escurridas al río Paraná siendo las pérdidas irre recuperables.

Como se ha mencionado a lo largo del trabajo, la existencia de cambios del escurrimiento superficial, incrementa el caudal del arroyo. En este sentido, la impermeabilización rural y urbana actual, y el drenado, de al menos, 38 lagunas temporarias por el sector agrícola, muestran un desbalance en los flujos superficiales de agua en toda la cuenca del arroyo Ludueña. Para conservar los cuerpos de agua y sus comunidades acuáticas, tal como afirman Zimmermann y Bracalenti (2018) y Montico *et al.* (2019), se deben mantener todos los espacios con vegetación posible e incrementar su superficie.

Es evidente que en los últimos años la matriz del paisaje está muy lejos de mostrar una región de pastizal como lo ha sido hace más de 100 años la Región Pampeana, como documentan Gherza y León (2002). Tal es así, que la cuenca se encuentra homogeneizada y fragmentada principalmente por la actividad agrícola, las conexiones viales y ferroviarias y por el sector urbano-industrial. En este sentido, Garay y Fernández (2013) afirman que la heterogeneidad espacial en estos ambientes urbanos y periurbanos es esencial para garantizar la supervivencia de las especies en los relictos naturales. Esta diversidad es necesaria para albergar mayor cantidad de especies, y aumentar las oportunidades de refugio, alimento y reproducción. Asimismo, como señalan Biasatti *et al.* (2019), las especies son parte del territorio y es inevitable su exclusión del paisaje.

Por ello, tal como afirman Cabrera (2017), Biasatti *et al.* (2019), Rimoldi y Biasatti (2019), la pérdida de hábitat ha sido un factor fundamental para el desplazamiento y extinción local de la fauna en esta región, ya sea por la actividad agropecuaria o por la urbanización, y la información es escasa. La macrofauna terrestre está presente en parches dentro de una matriz agrícola-urbana donde estos pueden estar cumpliendo un rol esencial en el mantenimiento de las especies nativas, como reservorios de biodiversidad. Estos grupos, en algunos casos, pueden ser considerados como "especies clave" ya que son consumidores dentro de estas redes tróficas, trayendo aparejado una relativa estabilidad en estos ecosistemas. Tal como afirman Biasatti *et al.* (2019) y Gómez *et al.* (2020), tanto la fauna ictícola como los grandes mamíferos pueden indicar la salud de los ecosistemas acuáticos y terrestres, respectivamente. Aun así, no se ha establecido una relación de especies y sus parches ya que no existen estudios a nivel de cuenca en: el arroyo Ludueña, sus tributarios y sus riberas, la Reserva Ecológica San Jorge, el Bosque de los Constituyentes y su desembocadura.

No se dispone actualmente de información de las especies de la fauna ictícola del arroyo Ludueña, pero sí del Bajo Paraná, donde se encuentra la zona con mayor rareza de especies de la Cuenca del Plata. Según el CIC (2016b), en esta área existen grandes presiones por: pérdida de ecosistemas, urbanización y cultivo de especies exóticas. Aquí se registra un bajo grado de amenaza (13 especies) en las que se encuentran: la anchoíta (*Acrobrycon tarijae*), la tachuela o pirá-itá (*Corydoras carlae*) y el pez pulmonado (*Lepidosiren paradoxa*), y un alto grado de invasión (siete especies exóticas), las de mayor riesgo son: la carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*), la carpa común (*Cyprinus carpio*), la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) y la tilapia (*Tilapia rendalli*). Por tratarse de una escala poco detallada, a escala regional o de cuenca, el grado de amenaza y las especies invasoras pueden variar, es por ello que, se debería contemplar el estudio de estos parámetros a nivel de cuenca o de la región, con la presencia de especies nativas y exóticas (Inf.Pers. INALI-UNL).

Con respecto a los efectos en las especies de la macrofauna nativa, existe muy poca información acerca de su situación en esta cuenca. Molinaro (2016) y Di Doménica (2019) realizaron relevamientos sobre la presencia de especies de mamíferos (murciélagos) y aves en el Parque J.F. Villarino (Zavalla), los cuales remarcen la importancia del mantenimiento de este espacio como hábitat y refugio en distritos pertenecientes a la cuenca, declarándose como área de interés para la conservación de los murciélagos. Asimismo, Cabrera (2017) registró 11 mamíferos nativos en el corredor

biológico de la Autopista AP-01, que atraviesa la cuenca del Ludueña, donde el aguará popé (*Procyon cancrivorus*) y el lobito de río (*Lontra longicaudis*) están clasificadas en el país como Vulnerable (VU) y En Peligro (EN), respectivamente.

En síntesis, se acuerda con Montico *et al.* (2019) donde se valoran los relictos de vegetación y los recursos hídricos como los que mayores servicios ecosistémicos brindan en la cuenca del arroyo Ludueña. Sin embargo, sólo se observa su rol de receptores de desechos urbanos, agrícolas e industriales, despreciándose los roles ecológicos de la cobertura vegetal, ya que es imprescindible como espacio remanente de hábitat para la macrofauna y las especies en general, y contribuyendo escasamente como retardadora de inundaciones, y por último, desvalorizándose las oportunidades culturales regionales, como el sentido de pertenencia y el espacio recreativo de sus riberas de este arroyo urbano y de sus tributarios.

5.5. Medidas ecológicas no estructurales respecto a la cuenca del arroyo Ludueña (Respuesta)

5.5.1. Seguimiento de los recursos hídricos y de la biota acuática

Desde 2008, en Santa Fe existe el *Programa de Recuperación de la Calidad de los Cuerpos de Agua Superficiales, tanto Lóticos como Lénticos*, y actualmente están vigentes por el Decreto provincial N° 1.470/21 *Control de Efluentes y Saneamiento de cursos superficiales*, en el marco del cual, Collins *et al.* (2016), han monitoreado la cuenca del arroyo Saladillo. Hasta el momento no se conoce un monitoreo de la calidad del agua del arroyo Ludueña y sus tributarios. En este sentido, la prioridad es identificar lo que puede estar sucediendo en otros cuerpos de agua en la provincia de Santa Fe (Inf. Pers. Sec.Rec.Hid.).

Los monitoreos de la potabilidad del agua son realizados tanto por la Comuna de Ibarlucea, la Cooperativa Agua Potable y Obras Públicas de Roldán (COPROL) y la Cooperativa de Agua Potable Juan Silva Ltda. de Zavalla, y por último el ENRESS. El agua provista se encuentra en los niveles permitidos para el consumo humano (Inf.Pers. ENRESS). Cabe mencionar que Ibarlucea no cuenta con agua de red pública, pero tiene una canilla pública, y Zavalla, además de contar con el suministro de agua de red, cuenta con una Planta de Tratamiento de Ósmosis Inversa (POI). En ambos distritos, se asegura la provisión mínima de cinco litros por habitante por día (Inf.Pers. ENRESS). Dado que es un derecho humano, es imprescindible contar con estos monitoreos periódicos para la seguridad de la salud humana, entendiendo los parámetros mínimos y máximos para su ingesta.

Asimismo, existe el derecho humano al saneamiento, el cual incluye la cobertura cloacal o la deposición de los efluentes domésticos en lugares sanitaria y ambientalmente seguros. Es por ello, que los monitoreos también deben ser realizados por ENRESS, donde solamente existen en Roldán, y se deberán realizar en todos los distritos integrantes de la cuenca, la cual asegura el monitoreo de los sistemas aguas arriba y abajo de la cuenca, tratando de no alterar este ecosistema acuático. Tal como se mencionó anteriormente, es de suma relevancia el Manejo Integrado de Cuencas. En acuerdo con Volpedo y Cirelli Fernández (2011), Molina (2013) y Porto *et al.* (2019) debe haber una mejora en la infraestructura de saneamiento.

Por otro lado, no se identificó algún registro o protocolo de monitoreo de la biota acuática en los cursos de agua del arroyo Ludueña que de cuenta del estado actual de las comunidades planctónicas, bentónicas e ictícolas. Como se dijo, en la actualidad, existe el Decreto nacional N° 831/93 *Valores guía de calidad de agua dulce para protección de vida acuática*, el cual podría asegurar niveles mínimos para este arroyo y sus principales afluentes. Domínguez *et al.* (2020) y Tagliaferro (2020) proponen indicadores de salud ecosistémica de los cuerpos de agua que evalúen, por ejemplo, las dinámicas de las comunidades tróficas nativas.

5.5.2. Concientización ambiental

Se desconocen campañas de concientización de índole ambiental en la Comuna de Ibarlucea. En Zavalla, actualmente existe un convenio con la Red Nacional de Municipios y Comunidades que fomentan la Agroecología Argentina (RENAMA) y se destina una franja periurbana para producciones agroecológicas (Inf.Pers. Pte. Comunal). A corto plazo, se busca desarrollar una aplicación de separación de residuos. Otra meta de especial importancia es dejar de desechar a los cursos de agua los efluentes cloacales. Por otro lado, a largo plazo busca proteger espacios hídricamente vulnerables.

En Roldán, el Municipio estableció pruebas piloto en zonas periurbanas agroecológicas que disminuirían la utilización de agroquímicos y los conflictos en estos espacios. Además, contempla la plantación de 30 mil árboles para 2030 para las zonas urbanas nuevas que no tienen.

En la Municipalidad de Roldán existían campañas de separación de RSU en escuelas. Actualmente, hay un *impasse* por la pandemia COVID-19. En la Comuna de Zavalla existen campañas para concientizar el mosquito transmisor de enfermedades (*A. aegyptis*), así como también para la separación de residuos orgánicos e inorgánicos. La disposición final de los RSU es considerada una problemática para ambos distritos, así

como también para toda la región AMR.

5.5.3. Planificación actual y futura hacia la GIRH

Con respecto a la periodicidad con que se deben actualizar las obras hídricas, estas son bastante frecuentes en la cuenca, dado que en alrededor de 20 años dejan de cumplir su objetivo (Inf.Pers. CURIHAM-FCEIA). Según el MAHySF (s/f), los motivos de la desactualización son variables en el tiempo, como la impermeabilización rural y urbana, el aumento de canales irregulares y la variabilidad de las precipitaciones. Tal como señalan Escobar (2002), Garay y Fernández (2013) y Mosconi Frey (2018), estos son factores a considerar ya que son necesarias inversiones e investigaciones acordes a la funcionalidad ecosistémica de la retención del agua, por parte del suelo, cañadas y valles de inundación, como así también la participación del cambio climático en la región (temperatura, precipitaciones, humedad relativa). Por ello, se recomienda que el rol de las obras hídricas debe ser complementado con la funcionalidad ecosistémica a escala de paisaje.

Los tres distritos en estudio son integrantes del Ente de Coordinación del Área Metropolitana de Rosario (ECOM) donde se estudia el territorio de forma local y regional con la finalidad de proponer planes de Ordenamiento Territorial que tiendan a la sustentabilidad. Hasta febrero del 2020, Roldán no lo integraba, a raíz de un posicionamiento respecto a sus objetivos, donde estos se asumían, tendían a beneficiar a Rosario (Inf.Pers. Secr.MedioAmb.). Esto es un punto a tener en cuenta ya que, si se desea establecer consensos, los posicionamientos y las percepciones deben ser consideradas.

Según el ECOM (2017), en Ibarlucea, las problemáticas de origen hídrico toman una gran relevancia a futuro, ya que se acordó investigar espacios para instalar presas de retención y protección de espacios hídricos vulnerables, como la reorganización de los bordes de los Canales Ibarlucea y Urquiza que atraviesan y proponer un corredor de biodiversidad. Esto aún no ha sido aplicado.

Manavella (2017) sugiere que en Roldán se realicen dos canalizaciones y un reservorio previo a la descarga en el Bajo Corominas y nueve canalizaciones aguas arriba de la Presa de Retención. Se desconoce si se contemplan los aspectos ecológicos, más allá de los Estudios de Impacto Ambiental ya que no existe alguna propuesta sobre la integración de investigaciones ecológicas de las obras civiles.

Según el ECOM (2019), la Comuna de Zavalla tiene como objetivos la ejecución

de los piletones de descargas de efluentes cloacales. Por otro lado, a través de convenios con la Provincia de Santa Fe y el Instituto Nacional del Agua (INA), se proponen obras de retención para regular el sistema hídrico que tendrían efectos atenuantes en Roldán y Funes, la Presa de Retención, y en el propio distrito, favoreciendo el escurrimiento del Canal La Legua en épocas húmedas. Por otra parte, al sur del distrito se remarca la importancia de la construcción de una alcantarilla en Pérez para el desagüe de estos terrenos. Esto es fundamental, ya que estas propuestas tienen estudios que contemplan los movimientos hídricos a escala de cuenca.

5.5.4. Gestión de la administración pública

Con respecto a las respuestas a las problemáticas hídricas, en Roldán y en Zavalla, el principal reclamo del sector agrícola es el anegamiento y las pérdidas económicas. Asimismo, se observa que los conflictos sociales son desencadenados por esta problemática y por la aplicación de agroquímicos en áreas periurbana. Sin embargo, para el Municipio y la Comuna no se registran reclamos relacionados al saneamiento, como la cobertura cloacal o la construcción de lagunas de estabilización y su correcto funcionamiento y control, las cuales podrían asegurar una gran disminución de la carga orgánica contaminante. Por otro lado, en concordancia con los reclamos sociales, la disminución de los pesticidas aplicados también aseguraría una menor probabilidad de ingreso de los mismos a los cursos de agua tanto superficiales como subsuperficiales de la cuenca.

Asimismo, otras problemáticas devienen de la conformación y posterior disolución (sin documentar) del Comité de Cuenca del arroyo Ludueña creado en 2010 (Dec. Prov. N° 2.375/10) y su funcionamiento real a partir del 2014. Dos de sus objetivos eran la ejecución de obras hídricas menores y el reporte de las problemáticas que existían en dicho territorio (Ley Prov. N° 9.830). Como indican Pochat (2005) y Martín y Justo (2015), tanto la gestión participativa como la construcción de un comité interdisciplinario para la toma de decisiones acerca del destino de los recursos hídricos de una cuenca, son finalidades de la GIRH. En este caso, los conformaron miembros de Municipios y Comunas y de la producción agrícola. Tanto para Porto *et al.* (2019), González Arriagada (2021) y Montico *et al.* (2020), esto puede ser una solución en la búsqueda de soluciones conjuntas a las problemáticas hídricas y su aplicación al territorio. En contraposición, la Comuna de Zavalla manifestó que esta conformación se disolvió ya que no representó ni un avance ni una mejora en la situación de sus recursos hídricos (Inf.Pers. Pte. Comunal). En línea con lo expresado anteriormente, González Arriagada (2021) propone la inclusión

de personal capacitado en temáticas ambientales para su coordinación y su gestión. Se debería evaluar el funcionamiento del Comité de Cuenca del arroyo Ludueña y compararse con los demás en la provincia de Santa Fe para que no ocurran los mismos errores en el futuro.

En relación a lo anterior, puede afirmarse que solamente el Comité estaba conformado por el sector agrícola, excluyendo la población civil o a los/las actores/actrices del territorio, como la población vulnerable.

Por otro lado, en Zavalla, las respuestas de los Organismos públicos provinciales son deficientes y están asociadas a la falta y/o demora del presupuesto y a la ejecución de infraestructuras de distinta envergadura.

Con respecto al presupuesto, las inversiones para la construcción de la infraestructura cloacal para el volcamiento de los efluentes domésticos en Zavalla, son costos inviables para su presupuesto total, por lo que se financia la construcción a corto-mediano plazo la primera parte de la misma, construyendo piletones para el tratamiento de lagunas de estabilización, para la descarga de los pocos desagües y los camiones atmosféricos (Inf.Pers.Pte. Comunal). Esto constituye una línea de acción de saneamiento de suma importancia ya que se encuentra en el punto topográfico más alto dentro de la cuenca, donde los principales tributarios del arroyo Ludueña nacen y escurren hacia Rosario. En línea con Collins y Abedaño (2016), los cuales proponen la regulación de la cantidad de agua desde la parte alta y media de la cuenca, la descarga de los camiones y de los desagües cloacales, estos piletones disminuirían drásticamente la carga orgánica, los cuales podrían sanearse desde su nacimiento, contribuyendo a la restauración ecosistémica acuática y ribereña local aguas arriba de la presa de retención, sector donde se ubica la Reserva Ecológica San Jorge (Funes).

Ibarlucea no posee piletas de tratamiento para efluentes domésticos y se vuelcan al curso de agua. En los Canales Ibarlucea-Salvat en 2010, se produjo exceso de contaminantes orgánicos e hidrocarburos. Estos Canales conforman el segundo subsistema de gran importancia en la cuenca y en el tramo final del arroyo Ludueña, el cual descarga su caudal al río Paraná. De la misma manera que para Zavalla, se hace necesario repensar el saneamiento a partir de esta localidad aguas arriba, donde nace el Canal Ibarlucea que incide en el estado del recurso hídrico y su espacio ribereño.

Cabe resaltar la importancia de chequear de forma particular el estado de los pozos sépticos de cada distrito. Tal como indica Auge (2009) y Gallopín y Reboratti (2011), la antigüedad y el uso periódico son factores que deterioran la infraestructura, y debe ser

necesarios para que exista un correcto funcionamiento y no haya riesgos de contaminación de la napa superficial, las cuales interaccionan con los cursos de agua superficiales.

Por último, las sanciones administrativas por contaminación ambiental son otorgadas al MAyCC y aquellos Municipios y Comunas que tengan convenios con este. Los actores que infrinjan la Ley Prov. N° 11.717, modificatoria N° 13.060, y la Ley N° 13.246 y otras de carácter ambiental podrán ser sancionados administrativamente con apercibimiento, multa, suspensión o caducidad de la concesión, clausuras y decomisos, entre otras. Asimismo, las sanciones a los prestadores locales están regidas por la Resolución ENRESS N° 896/12 y otras modificatorias. Se desconoce si esta normativa fue aplicada en alguno de los distritos de estudio.

En síntesis, desde el área ambiental es ineficiente la gestión de los recursos hídricos ya que existen varios Organismos públicos que no coordinan los monitoreos de la calidad del arroyo y de la calidad de los efluentes domésticos, así como tampoco, la provisión de un presupuesto adecuado y la ejecución de obras para el tratamiento de efluentes, a nivel provincial, lo cual es esencial para garantizar la calidad de agua para las comunidades acuáticas y la provisión de servicios ecosistémicos a la población. Así como también, la identificación (y sanción) de obras irregulares que condicionan las situaciones de colapso de obras regulares, perjudicando otras áreas o localidades. A su vez, a nivel general, los conflictos sociales donde se involucra la ciudadanía, se encuentran en torno a las problemáticas vinculadas a las inundaciones y a las pulverizaciones, no encontrándose un eje en el saneamiento. Por otro lado, se evidencia un reemplazo del Comité de Cuenca por el del ECOM en la cuenca del arroyo Ludueña desde la perspectiva del ordenamiento territorial. En acuerdo con Volpedo y Cirelli Fernández (2011), Molina (2013), Porto *et al.* (2019) y González Arriagada (2021), debe existir un diseño de esquemas de organización y normativa donde no haya una superposición de entidades ambientales en las cuencas, un estricto control y cumplimiento ambiental con la participación de la población local en la gestión hídrica de la cuenca, como: acuerdos voluntarios y rediseño de los instrumentos de planificación, control con la utilización de la tecnología y educación ambiental. Así como también, debe existir el tratamiento del agua contaminada para la restauración de los ecosistemas acuáticos.

Por último, a diferencia de los trabajos mencionados anteriormente, no se encontró solapamiento de funciones ambientales entre Organismos públicos, sino la falta de control y presupuesto tendiente a la GIRH de la cuenca del arroyo Ludueña. Sin embargo, debido

al escaso acceso a la información será necesario seguir profundizando en este análisis.

6. CONCLUSIONES

- El método GEO con especificidad en la GIRH, y el modelo FPEIR permitieron identificar puntos críticos y puntos a reforzar en el territorio para la GIRH.
- La cuenca hídrica en áreas de llanura puede ser una opción para la GIRH tendiente al Ordenamiento Territorial y el desarrollo sustentable, así como también el Manejo Integral de Cuencas dado que se abordan las actividades de un distrito a través de una coordinación y cooperación del territorio desde una zonificación del mismo entre áreas de diferentes atributos, reconociendo las entradas y salidas de agua, flujos antrópicos del territorio, en relación a las cuencas aledañas.
- Los abordajes sistémicos, multidisciplinar y multiescalar, deben ser tenidos en cuenta a nivel de cuenca, para analizar e interpretar el paisaje ya que permiten encontrar lineamientos específicos para los distritos que integran la cuenca y unificar objetivos de gestión, contemplándose las visiones de los/las actores/actrices locales.
- La dificultad de acceso y la escasa información pertinente disponible de la cuenca del arroyo Ludueña y en algunos casos la complejidad de la misma y la hostilidad de algunas fuentes, resultaron determinantes para definir el diagnóstico y los indicadores con mayor precisión y certeza.
- Las fuerzas motrices (F) y las presiones (P) y la respuesta (R) de los Organismos públicos en la cuenca del arroyo Ludueña, condicionan el estado actual (E) y el impacto (I) de la cuenca y de sus recursos hídricos. A su vez las respuestas condicionan las presiones.
- Los condicionantes o fuerzas motrices (F) determinantes del área ambiental están relacionadas con las Áreas Protegidas, la Hidrogeología, la Topografía y el Cambio Climático, aspectos que son esenciales para analizar desde la disciplina Ecología del Paisaje. Asimismo, otras provienen de las Ciencias Sociales, como la Historia, Sociología y Economía, por lo que no comprender que la multidisciplinaria es necesaria para interpretar las dinámicas impulsoras, es no dar cuenta de la problemática global, y sería descontextualizar la realidad del territorio de la cuenca.

- Los procesos o presiones (P) más apremiantes en la cuenca del arroyo Ludueña se relacionan con el saneamiento, el cambio de cobertura vegetal, el crecimiento poblacional local, la intervención por obras hídricas, la superficie destinada a la agricultura y la existencia de áreas con alto riesgo de contaminación ambiental por pesticidas. Asimismo, otros procesos a considerar se relacionan con: la existencia de asentamientos irregulares en zonas inundables, la expansión urbana-industrial, y la disposición final de los residuos sólidos urbanos.
- Las presiones o procesos (P) más críticos identificados para Ibarlucea son: la cobertura con agua de red, la presión demográfica, la cantidad de canales irregulares y la superficie destinada a la agricultura; para Roldán: la cantidad de industrias con alto y medio riesgo de impacto ambiental y el riesgo de contaminación por existencia de basurales, y para Zavalla: la superficie destinada a agricultura, la cantidad de canales irregulares y la existencia de áreas con alto riesgo de contaminación ambiental por pesticidas.
- La situación actual o estado (E) de la cuenca, en relación a sus principales cursos de agua es crítica, debido a que se presentan excesos de carga orgánica a lo largo del curso principal y sus principales tributarios desde su nacimiento, lo que conlleva a una disminución de la calidad del ambiente que condiciona la supervivencia de las comunidades biológicas locales. Además, la cuenca se encuentra inmersa en un paisaje netamente agrícola-urbano/industrial, con parches de vegetación que pueden no estar cumpliendo su rol ecológico, y sólo prestar servicios que le sirven casi exclusivamente a la población humana, tal como desagüe de desechos, y los espacios de vegetación como retardador de inundaciones y recreación, sin contemplar las interacciones biológicas en estos ambientes.
- Las consecuencias sociales y ecológicas o impactos (I) en la cuenca no están suficientemente documentadas. Existe escasa información de las enfermedades relacionadas con la contaminación hídrica y de la fragmentación del territorio, tampoco para el registro de las especies amenazadas o potenciales especies invasoras. Sin embargo, se datan eventos históricos que desencadenan construcciones de obras hídricas destinadas a drenar el excedente de agua en épocas húmedas, evitando los anegamientos en el sector agropecuario y las inundaciones en el sector urbano. Asimismo, se registra en un nivel alarmante la

erosión hídrica de la cuenca junto con la impermeabilización tanto del sector agrícola como urbano. Por otro lado, se registran estudios actuales de mamíferos y aves en el Parque J.F. Villarino (Zavalla), aunque no se documentan para otros espacios en los distritos relevados

- La gestión o respuestas (R) para una adecuada GIRH, en la cuenca es insuficiente, falta contemplar la dimensión ambiental real y la inclusión de la población local en la toma de decisiones del ámbito hídrico. No obstante, son visibles y evidentes los esfuerzos para contrarrestar las problemáticas que incumben a la salud y calidad de vida humana en la cuenca: el mantenimiento y extensión de la provisión de agua potable y servicio de desagües hasta la mitigación de las inundaciones y anegamientos en varios distritos, sin embargo, los mismos, al momento, son poco efectivos. Por otra parte, los Organismos públicos vinculados a la GIRH en la cuenca son muchos y podrían estar descoordinados o ser ineficientes en el control ambiental.
- En relación a la administración de la cuenca, se observa un reemplazo del Comité de Cuenca por el del ECOM. A su vez, existe en los tres distritos una visión común a futuro con eje en el ordenamiento territorial, no obstante, actualmente no es abordada, y por otro lado, en dicha visión no es tomada en cuenta el monitoreo de las comunidades biológicas de la cuenca.
- En relación a la gestión de los recursos hídricos, la Ley Prov. N° 13.740 *Ley de aguas*, no es aplicada hasta el momento para la dimensión ambiental. Por otro lado, se destacan las Leyes Prov. N° 11.220 *Prestación y regulación de los servicios sanitarios*, la N° 11.730 *Régimen de bienes inundables* y la N° 13.246 *Estabilización de los aportes del Ludueña*, estas últimas deficientes en materia ambiental ya que no existe información sobre los efluentes domésticos en dos de los distritos relevados, y son “móviles” para loteos inmobiliarios ejerciendo presiones de contaminación en los cursos de agua y un riesgo de inundación para la población. Es por ello que, es deficiente el monitoreo ecológico y se desconocen sanciones ambientales de índole hídrica en la cuenca. Esto conlleva a un alto grado de incertidumbre sobre el destino de una posible remediación y conservación de este ecosistema acuático, sus tributarios y sus riberas.
- En relación a la GIRH, la misma debe ser participativa, es decir que incluya a la

población en la toma de decisiones ya que se trata de un bien colectivo y los Estados no siempre están presentes puntualmente en cada localidad. Esto, hasta el momento, no existe, sin embargo, es preciso visibilizar el rol de este arroyo urbano y los servicios ecosistémicos brindados, mediante la concientización ambiental en toda la población y en los sectores involucrados en la utilización del agua. Esto generará oportunidades para reclamar, controlar, y cooperar en la gestión hídrica de la cuenca.

- Desde el área ambiental, con el enfoque en la Ecología de Paisajes, se sugiere el esquema de saneamiento, mitigación y/o restauración ecológica de la calidad del agua de la red hídrica y su ribera, con el abordaje en distritos de cotas topográficas altas y distritos que posean nacientes de afluentes de aporte hídrico significativo al arroyo principal.

7. LÍNEAS DE ACCIÓN

A continuación, se mencionan las acciones que deberían incorporarse a la agenda de políticas públicas para su mejor gobernanza y para una gestión sustentable del territorio. Las mismas deben ser tenidas en cuenta en su conjunto ya que las problemáticas son integrales y el abordaje, por lo tanto, de tipo holístico:

- Completar en todos los distritos el sistema de indicadores propuesto.
- Revisar y ajustar el sistema de indicadores propuesto.
- Monitorear la calidad de los efluentes domésticos de todos los distritos, del arroyo Ludueña y sus tributarios.
- Relevar la taxonomía de las especies en los espacios protegidos identificados y en los márgenes del arroyo y sus tributarios.
- Establecer el caudal ecológico y su/s indicador/es del arroyo Ludueña y sus tributarios.
- Investigar los roles ecosistémicos que pueden estar cumpliendo actualmente los parches de vegetación, como: riberas, Reserva Ecológica San Jorge y el Bosque de los Constituyentes, a nivel local y a escala de paisaje (cuenca).
- Proponer y seleccionar indicadores que den cuenta de las interacciones de las comunidades acuáticas del sistema hídrico del Ludueña, tales como: relaciones tróficas, comunidades palustres, planctónicas, bentónicas e ictícolas.
- Elaborar estrategias de saneamiento ambiental en conjunto, entre los Organismos públicos y la población ciudadana.
- Incentivar a que el saneamiento sea integral y comience por las zonas más altas, o los principales aportantes de agua cuenca abajo.
- Proponer pautas ecológicas para la creación de normativas que protejan de forma integral la vera del curso principal, riberas, y planicies de inundación de la cuenca.
- Explorar la posibilidad de crear un sistema de indicadores socio-ecológicos que integren la evaluación de la biodiversidad local, contemplando la población socio- económicamente vulnerable.

- Recopilar y trabajar en conjunto las problemáticas ambientales locales que resulten de mayor preocupación para la ciudadanía.
- Concientizar a la población de su rol como actores/actrices locales mediante la búsqueda de contenido y su participación e involucramiento.
- Recopilar y relacionar los anegamientos e inundaciones con casos de enfermedades hídricas locales.
- Difundir el rol vertebrador del arroyo Ludueña y sus tributarios, en conjunto con los relictos de vegetación.
- Revalorizar la importancia de los arroyos urbanos y sus planicies de inundación, tanto en la dimensión ecológica como socio-productiva.
- Promover sistemas de producción agrícolas alternativos que incluya la agroecología.
- Promover interacciones ecológicas nativas en los espacios públicos.
- Repensar y discutir el rol de la forestación, tanto de especies nativas como exóticas, en el paisaje típico pampeano y de transición.
- Discutir el rol del cambio climático en la región respecto a las interacciones y la posibilidad de su transformación en múltiples dimensiones.
- Asesorar a los Organismos públicos y sectores que estén interesados y/o que deban velar por la protección ambiental.
- Recopilar normativas actuales locales que velen por la protección ambiental.
- Asegurar el cumplimiento de las normativas provinciales (y locales) de la calidad hídrica y ecológica, principalmente la N° 13.740 y la N° 13.932.
- Desarrollar propuestas para un ordenamiento territorial a escala local, y a nivel de cuenca.
- Incluir la conservación de los ecosistemas acuáticos en la agenda pública en Organismos públicos que tengan injerencia en los recursos hídricos.
- Incluir la Ecología de Paisajes y el Manejo Integrado de Cuencas en la agenda pública ambiental en Organismos públicos que tengan injerencia en los recursos hídricos.

8. BIBLIOGRAFÍA

- AEMA. 2006. Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA). Conjunto básico de indicadores de la AEMA. Guía. España. https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/ConjuntoBasicoIndicadores_tcm30-185692.pdf. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- Aguirre M. 2002. Los sistemas de indicadores ambientales y su papel en la información e integración del medioambiente. <http://www.ingenieroambiental.com/2060/sistemas%20de%20indicadores%20ambientales.pdf>. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- AIC. 2011. Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los Ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC). Índices de Calidad del Agua y Síntesis de la Situación Ambiental de la Cuenca. <http://www.aic.gob.ar/sitio/archivos/201702/ica%20-%20indices%20de%20calidad%20del%20agua.pdf>. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- Aire Digital. 2021. Río Salado: un informe confirmó la presencia de glifosato y otros potentes agroquímicos en agua y peces. <https://www.airedesantafe.com.ar/ambiente/rio-salado-un-informe-confirio-la-presencia-glifosato-y-otros-potentes-agroquimicos-agua-y-peces-n187552>. Acceso: 30 de julio de 2022.
- Albanesi R. 2016. Técnicas de recolección de datos en Ciencias Sociales. Taller de Integración I: La investigación en las Ciencias Naturales y en las Ciencias Sociales.
- Alvarez AMT, Trento AE. 2004. Transporte de metales pesados en cursos fluviales. Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas. Universidad Nacional del Litoral. <https://amcaonline.org.ar/ojs/index.php/mc/article/viewFile/314/301>. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- Alzugaray C, Feldman SR, Bueno MS, Müller D, Sorti D, Blumendfeld A, Vázquez M, Navas D, Gariglio P. 2016. Introducción a los Recursos Naturales. Cuaderno de Cátedra. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario. p. 12-16.
- Anibalini V, Constanzo M, Coronel A, Fernández E. s/f. Relación estadística entre la napa freática y las precipitaciones en Zavalla y Marcos Juárez. (Cortesía Ing. Agr. Verónica Anibalini).

- APN-FVSA. 2007. Administración de Parques Nacionales (APN). Fundación Vida Silvestre Argentina (FVSA). Las Áreas Protegidas de la Argentina. Herramienta superior para la conservación de nuestro patrimonio natural y cultural. https://sib.gob.ar/archivos/APs_Argentina_APN2007.pdf. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- Ardissono J, Molteni OA. 1987. Estudio bacteriológico de la cuenca hídrica de la ciudad de Rosario: cuenca del arroyo Ludueña. Revista Facultad Ciencias Médicas. Universidad Nacional de Cuyo. p. 9-16.
- ATALC. 2016. Amigos de la Tierra. América Latina y el Caribe (ATALC). Informe: Estado del Agua de América Latina y el Caribe. <https://www.atalc.org/wp-content/uploads/2017/03/Informe-del-agua-LQ.pdf>. Acceso: 14 de mayo de 2022.
- Audersik T, Audesirk G, Byers BE. 2013. Capítulo 2. ¿Por qué el agua es tan importante para la vida? En: Biología. La vida en la Tierra. Con fisiología. Ed. Pearson. 9na Ed. México. p. 28-34.
- Auge M. 2004. Hidrogeología Ambiental I. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/15910/Hidrogeolog%C3%ADa_ambiental_I.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- Auge M. 2006. Agua subterránea, deterioro de calidad y reserva. Cátedra de Hidrogeología. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Buenos Aires. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/15908>. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- Auge M. 2009. Hidrogeología de llanuras. <http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/15907/Hidrogeolog%EDa+de+llanuras+reducido.pdf;jsessionid=A11676AE3D8740C6A057C06AFBC36DB5?sequence=3>. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- Avilés Flores M, Sánchez Zarza M, Ramírez Salinas N. 2015. Proyecto “Métodos analíticos para determinación de compuestos emergentes en agua”. Informe Final. México. <http://repositorio.imta.mx/bitstream/handle/20.500.12013/1778/TC-1502.1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- Barros V, Vera C, Agosta E, Araneo D, Camilloni I, Carril A, Doyle M, Frumento O, Nuñez M, Ortiz de Zárate M, Penalba O, Rusticucci M, Saulo C, Solman S. 2015.

- Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA). Capítulo 5: Cambios Climáticos en la Región Húmeda. Cambio Climático en Argentina: tendencias y proyecciones. http://3cn.cima.fcen.uba.ar/informe/ModClim_Cap5.pdf. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- Basilico GO, De Cabo L, Faggi A. 2015. Adaptación de índices de calidad de agua y de riberas para la evaluación ambiental en los arroyos de la llanura Pampeana. https://www.researchgate.net/publication/295704443_Adaptacion_de_indices_de_calidad_de_agua_y_de_riberas_para_la_evaluacion_ambiental_en_dos_arroyos_de_la_llanura_Pampeana. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- Benedito V, Fernández L, Volpedo A, Buitrago J, Rada González MJ, Pérez-Sabino F, Oliva B, Callicó Fortunato R, Benavent J, Linares V, Labrada M. 2014. Experiencias en la aplicación de indicadores PEIR para la comparación de ecosistemas acuáticos funcionalmente diferentes. https://www.researchgate.net/publication/341709896_Experiencias_en_la_aplicacion_de_indicadores_PEIR_para_la_comparacion_de_ecosistemas_acuaticos_funcionalmente_diferentes. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- Bertram N, Chiacchiera S. 2013. Ascenso de napas en la Región Pampeana: ¿Consecuencia de los cambios en el uso de la tierra. Informe Técnico. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_napas_mjz_13.pdf. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- Biasatti NR, Rozzatti JC, Fandiño B, Pautaso A, Mosso E, Marteleur G, Algarañaz N, Giraudo A, Chiarulli C, Romano M, Ramírez Llorens P, Vallejos L. 2016. “Las ecoregiones: su conservación y las áreas naturales protegidas de la provincia de Santa Fe”. Secretaría de Medio Ambiente. MASPyMA. https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/download/229660/1202209/file/LI_BRO%20ECOREGIONES_web.pdf. Acceso: 25 de junio de 2022.
- Biasatti NR, Marc L, Rimoldi P, Spiaggi E. 2017. “Los valores ambientales de ecosistemas relictuales en la pampa húmeda: caso de “El Espinillo” y el tramo medio del río Carcarañá en Santa Fe”. https://www.academia.edu/37786857/Valores_ambientales_de_ecosistemas_relictuales_pdf. Acceso: 31 de mayo de 2022.

- Biasatti NR, Rimoldi P, Cabrera L. 2019. Desafíos de la Conservación Biológica en el Espinal y la Pampa Húmeda santafesina. https://www.academia.edu/40337065/DESAFIOS_DE_LA_CONSERVACION_BIOLÓGICA_EN_EL_ESPINAL_Y_LA_PAMPA_HUMEDA_SANTAFESINA. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- Boccanelli S, Franceschi EA, Perigo C, Bueno, MS, Alzugaray C. 2015. El parque Villarino (Zavalla, Santa Fe, Argentina): un lugar a conservar para la biodiversidad, la recreación y la educación. <http://hdl.handle.net/2133/13397>. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- Bollati P, Bodrero M, Escolá F. 2017. INTA Agencia de Extensión Rural Marcos Juárez. ¡Atención! Napas altas: el desafío de actuar en conjunto. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_mj_napas_17_2.pdf. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- Bonel BA, Montico S, Di Leo N, Denoia JA, Vilche MS. 2005. Análisis energético de las unidades de tierra en una cuenca rural. https://www.researchgate.net/publication/314733685_Analisis_Energetico_de_las_Unidades_de_Tierra_en_una_Cuenca_Rural. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- Bragos O, Latour M, Mazzano P, Ochoa A. 2019. Expansión, suburbanización y dispersión en la región Metropolitana de Rosario. En: A&P Investigaciones. Perspectivas sobre el componente natural en el espacio urbano. 1er. Ed. UNR Editora. p. 165-166.
- Cabrera AL. 1976. Regiones Fitogeográficas Argentinas. Fascículo 1. <https://archive.org/details/RegionesFitogeograficasArgentinasACabreraEncArgDeAgrYJardFas1T2ACME1976/page/n23/mode/1up?view=theater>. Acceso: 02 de junio de 2022.
- Cabrera L. 2017. Diversidad de mamíferos nativos medianos y grandes del corredor biológico AP-01 Rosario-Santa Fe. Tesina de Grado. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario (Cortesía Lic. Lara Cabrera).
- Calcagno A, Mendiburo N, Gallo Novillo M. 2000. Informe sobre la gestión del agua en la República Argentina. <http://www.protectora.org.ar/wp-content/2010/10/Informe-Nacional-sobre-la-Gestio%CC%81n-del-Agua-en-Argentina.pdf>. Acceso: 14 de

mayo de 2022.

- Cap-Net. 2005. Red Internacional para el Desarrollo de Capacidades en la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (Cap-Net). Planes de gestión integrada del recurso hídrico. Manual de capacitación y Guía operacional. https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/manual-planegirh.pdf. Acceso: 14 de mayo de 2022.
- CEPA. 2002. Canadian Environmental Protection Act (CEPA). Guidelines and objectives. Canadian Water Quality Guidelines for the protection of aquatic life. <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/canadian-environmental-protection-act-registry/guidelines-objectives-codes-practice/guidelines-objectives.html#toc4>. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- Chesini F. 2015. Enfermedades de origen hídrico: Nuevos escenarios debido a la variabilidad y el Cambio climático. https://www.researchgate.net/publication/328518541_ENFERMEDADES_DE_ORIGEN_HIDRICO_NUEVOS_ESCENARIOS_DEBIDO_A_LA_VARIABILIDAD_Y_EL_CAMBIO_CLIMATICO. Acceso: 18 de enero de 2022.
- Chesini F, Brunstein L, Perrone M, Orman M, Gazia MV, Gómez A, Cattaneo V, Geffner L, Cardone K, Ríos E, Cañete C, Tenisi P, Sandá C, Baró C, Domínguez D, Di Pietro Paolo L, del Castillo S, Michemberg X, Del Valle Peralta M. 2019. Clima y Salud en la Argentina: Diagnóstico de Situación. 2018. <http://repositorio.smn.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12160/1223/0034CL2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acceso: 18 de enero de 2022.
- CIC. 2016a. Comité Intergubernamental de la Cuenca del Plata (CIC). Inventario de regiones de humedales de la Cuenca del Plata. <http://cicplata.org/wp-content/uploads/2016/12/inventario-de-regiones-de-humedales-de-la-cuenca-del-plata.pdf>. Acceso: 30 de abril de 2022.
- CIC. 2016b. Comité Intergubernamental de la Cuenca del Plata (CIC). Ecosistemas acuáticos de la Cuenca del Plata. Informe Preliminar. <https://cicplata.org/wp-content/uploads/2016/12/ecosistemas-acuaticos-en-la-cuenca-del-plata.pdf>. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- Cifuentes M, Izurieta A, De Faria H. 2000. Medición de la Efectividad del Manejo de Áreas Protegidas. http://awsassets.panda.org/downloads/wwfca_measuring_es.pdf. Acceso: 18 de enero de 2022.

- Cisneros JM, Gil HA, De Prada JD, Degioanni AJ, Cantero CG, Giayetto O, Ioele JP, Madoery OA, Masino A, Rosa J. 2014. Estado actual, pronósticos y propuestas de control de inundaciones en centro-este de la provincia de Córdoba.
http://www.todoagro.com.ar/documentos/2014/Informe_Inundacion_SeCyOT_2014.pdf. Acceso: 18 de enero de 2022.
- CMMAD. 1987. Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo (CMMAD). Nuestro Futuro Común. Informe de la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo.
https://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf. Acceso: de junio de 2022.
- Collins J, Abedaño G. 2016. Estudio de alternativas de medidas de regulación de las cuencas media y alta de los arroyos Ludueña y San Lorenzo.
https://www.ina.gob.ar/ifrh-2016/trabajos/IFRH_2016_paper_81.pdf. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- Collins E, Castro S, Felizia A, Collins J. 2016. Estudio de calidad ambiental en la Cuenca del Arroyo Saladillo, Provincia de Santa Fe – Hacia la obtención de una herramienta de evaluación de calidad. https://www.ina.gob.ar/ifrh-2016/trabajos/IFRH_2016_paper_91.pdf. Acceso: 30 de abril de 2022.
- Cook BR, Spray CJ. 2012. Ecosystem services and integrated water resource management: Different paths to the same end? https://www.researchgate.net/publication/225373905_Ecosystem_services_and_integrated_water_resource_management_Different_paths_to_the_same_end. Acceso: 19 de junio de 2022.
- Corrales L, Artavia G. 2016. Herramientas para la evaluación de la efectividad de manejo de las áreas silvestres protegidas de Costa Rica.
https://www.researchgate.net/publication/316917609_Herramientas_para_la_evaluacion_de_la_efectividad_de_manejo_de_las_areas_silvestres_protegidas_de_Costa_Rica. Acceso: 18 de enero de 2022.
- Def. Prov. de Buenos Aires. 2019. Informe Técnico. Basurales a Cielo Abierto. La problemática en la Provincia de Buenos Aires.
<https://www.defensorba.org.ar/pdfs/informes-tecnicos-upload-2019/informe-basurales.pdf>. Acceso: 09 de enero de 2022.

- DeGioanni. 2013. Contaminación difusa con nitrógeno. Implicancias territoriales. Región Centro Argentina. Bases conceptuales y metodológicas para el OT en el medio rural. p. 200.
- Denoia J, Montico S, Di Leo N, Bonel B. S/f. Erosión hídrica actual y potencial en sistemas de producción de la cuenca del arroyo Ludueña, Santa Fe. <https://m.unr.edu.ar/descargar.php?id=20210>. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- Dickie MJ, Coronel A. 2016. Cambio climático, breve historia y tendencias en la Región Húmeda. <https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-27.cambio-climatico-historia-y-tendencias-en-la-region-humeda.pdf>. Acceso: 07 de junio de 2022.
- Di Doménica V. 2019. Diversidad de murciélagos (Mammalia, Chiroptera) en áreas arboladas y cultivadas de la Facultad de Ciencias Agrarias, Zavalla, Santa Fe, Argentina. Tesina de Grado. (Cortesía Lic. Violeta Di Doménica).
- Di Leo N, Montico S y Berardi J. 2020. Evaluación del potencial de erosión hídrica de tipo carcávida mediante Google Earth en la cuenca del arroyo Ludueña, Santa Fe. XIV Jornadas de Ciencias, Tecnologías e Innovación. CONICET. IICAR. UNR.
- Díaz E, Romero A, Ayala J, Aranguren J, Chacón Y, Flores MA. 2012. GEO Cuencas: adaptación metódica para la evaluación ambiental integral. http://servicio.bc.uc.edu.ve/multidisciplinarias/estudios_culturales/num10/art20.pdf. Acceso: 24 de septiembre de 2021.
- Dinerstein E, Olson DM, Graham DJ, Webster AL, Primm SA, Bookbinder MP, Ledec G. 1995. Una Evaluación del Estado de Conservación de las Eco-regiones Terrestres de América Latina y el Caribe. https://documents1.worldbank.org/curated/en/917091468269687252/pdf/14996010spa_nish.pdf. Acceso: 22 de junio de 2022.
- DNAPyS. 2017. Dirección Nacional de Agua Potable y Saneamiento (DNAPyS). Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento. Cobertura Universal y Sostenibilidad de los Servicios. Lineamientos y Principales Acciones. Segunda Versión. Junio de 2017. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/interior_agua_plan_agua_saneamiento.pdf. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- Dodds WK, Jones JR, Welch EB. 1998. Suggested classification of stream trophic state: distributions of temperate stream types by chlorophyll, total nitrogen and phosphorus. https://www.owrb.ok.gov/quality/standards/pdf_standards/scenicrivers/Dodds%20

- [Jon es%20Welch%201998.PDF](#). Acceso: 15 de abril de 2022.
- Domínguez E, Giorgi A, Gómez N. (comps.). 2020. La bioindicación en el monitoreo y evaluación de los sistemas fluviales de la Argentina. Bases para el análisis de la integridad ecológica.
<https://remaqua.conicet.gov.ar/wp-content/uploads/sites/138/2020/11/Libro-Parte-I-p%C3%A1ginas-1-98.pdf>. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- Dorsi L. 2016. Procesos de expansión urbana e instrumentos de regulación ambiental sobre cuencas hídricas. Caso cuenca del Arroyo "El Pescado". Trabajo Final.
<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/66516>. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- Dourojeanni A. 2001. GIRH otra meta teórica.
https://www.academia.edu/5311623/GIRH_OTRA_META_TE%C3%93RICA. Acceso: 14 de mayo de 2022.
- Dourojeanni A, Jouravlev A, Chávez G. 2002. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica.
https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6407/1/S028593_es.pdf. Acceso: 14 de mayo de 2022.
- DPDyR. 2016. Dirección Provincial de Drenajes y Retenciones (DPDyR). Provincia de Santa Fe. Santa Fe Avanza.
<http://www.creazonacentro.com.ar/JATAGRICOLA2016/Files/5-Presentacion%20Comites%20de%20Cuenca.pdf>. Acceso: 19 de junio de 2022.
- ECOM. 2017. ECOM Ibarlucea. Ente de Coordinación Metropolitana de Rosario (ECOM). 26 estrategias locales para un plan metropolitano.
<https://ecomrosario.gob.ar/web/uploads/ordenamiento/30/IBARLUCEA.%20Diagn%C3%B3stico%20y%20propuestas%20preliminares%20Plan%20Urbano%20Local.pdf?1553102195>. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- ECOM. 2019. ECOM Zavalla. Ente de Coordinación Metropolitana de Rosario (ECOM). 26 estrategias locales para un plan metropolitano.
[https://ecomrosario.gob.ar/web/uploads/ordenamiento/40/ECOM_ZV-Cuadernillo-01\[web\].pdf?1589170725](https://ecomrosario.gob.ar/web/uploads/ordenamiento/40/ECOM_ZV-Cuadernillo-01[web].pdf?1589170725). Acceso: 31 de mayo de 2022.
- ECOM. 2021. Ente de Coordinación Metropolitana de Rosario (ECOM). Ordenamiento

- Territorial. 26 estrategias locales, un plan metropolitano. <https://ecomrosario.gob.ar/26-estrategias-locales-un-plan-metropolitano>. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- Escobar J. 2002. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. <https://archivo.cepal.org/pdfs/Waterguide/LCL1799S.PDF>. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- FAO. 1992. Food and Agriculture Organization of The United Nations (FAO). Predicción de la erosión hídrica y eólica del suelo. <https://www.fao.org/3/t2351s/T2351S03.htm#Tema%20%20Predicci%C3%B3n%20de%20la%20erosi%C3%B3n%20de%20suelos>. Acceso: 10 de junio de 2022.
- FAO. 1997. Food and Agriculture Organization of The United Nations (FAO). Capítulo 1. Contaminación agrícola de los recursos hídricos: Introducción. En: Lucha contra la Contaminación Agrícola de los Recursos Hídricos. <https://www.fao.org/3/w2598s/w2598s03.htm#clases%20de%20fuentes%20no%20aloc alizadas>. Acceso: 18 de enero de 2022.
- FAO. 2016. Food and Agriculture Organization of The United Nations (FAO). El riego en América del Sur, Centroamérica y Caribe en cifras. Encuesta AQUASTAT 2015. <https://www.fao.org/publications/card/es/c/CA3580ES/>. Acceso: 02 de junio de 2022.
- Fernández-Jáuregui CA. 1999. El agua como fuente de conflictos: repaso de los focos de conflicto en el mundo. Programa Hidrológico Internacional. https://www.cidob.org/es/articulos/revista_cidob_d_afers_internacionals/el_agua_com_o_fuente_de_conflictos_repaso_de_los_focos_de_conflictos_en_el_mundo. Acceso: 18 de enero de 2022.
- Fernández-Jáuregui CA, Hidalgo García MM, Blanco y de la Torre F, Valle Melendo J, Crespo Milliet A, Sánchez de Rojas Díaz E. 2017. Instituto Español de Estudios Estratégicos (IEEE). Cuadernos de estrategia 186. El agua: ¿Fuente de conflictos o de cooperación? https://www.ieee.es/Galerias/fichero/cuadernos/CE-186_Agua.pdf. Acceso: 18 de mayo de 2022.
- Ferrelli F, Brendel AS, Piccolo MC, Perillo GME. 2021. Evaluación de la tendencia de la

- precipitación en la región pampeana (Argentina) durante el período 1960-2018. <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v51i0.69962>. Acceso: 07 de junio de 2022.
- Franceschi F, Boccanelli S. 2013. Análisis florístico-estructural de los núcleos boscosos espontáneos del parque J. F. Villarino (Zavalla, Santa Fe, Argentina). http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1851-23722013000200011&script=sci_arttext&tlng=pt. Acceso: 15 de mayo de 2022.
- Frassón P, Craviotto M, Fernández A, Battistelli E, Alzugaray C, Massi C, Ferlini S. 2021. Plantas nativas en el arbolado urbano: El algarrobo blanco. <https://fcagr.unr.edu.ar/wp-content/uploads/2021/08/06AM60.pdf>. Acceso: 06 de abril de 2022.
- Fuschini Mejía MC. 1994. El agua en las llanuras. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000159361>. Acceso: 20 de junio de 2022.
- Gallopín G, Reboratti C. 2011. La cuestión del agua. <http://www.unsam.edu.ar/institucional/colegio/LA%20CUESTION%20DEL%20AGU A.pdf>. Acceso: 14 de mayo de 2022.
- Garay D, Fernández L. 2013. Biodiversidad Urbana. Apuntes para un sistema de Áreas verdes en la región metropolitana de Buenos Aires. <https://ediciones.ungs.edu.ar/wp-content/uploads/2021/06/9789876301480-completo.pdf>. Acceso: 30 de abril de 2022.
- García PE, Badano ND, Menéndez AN, Bert F, García G, Podestá G, Rovere S, Verdin A, Rajagopalan B, Arora P. 2018. Influencia de los cambios en el uso del suelo y la precipitación sobre la dinámica hídrica de una cuenca de llanura extensa. Caso de estudio: cuenca del Río Salado, Buenos Aires, Argentina.
- Gaspari FJ, Senisterra GE, Denegri GA, Delgado MI, Rodríguez Vagaría A, Díaz Gómez AR. 2016. Valoración de servicios ambientales para el ordenamiento agrohidrológico en cuencas hidrográficas. <https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/view/545/495/1780-1>. Acceso: 26 de abril de 2022.
- Geissen V, Molb H, Klumpp E, Umlaufd G, Nadale M, van der Ploega M, van de Zee S, Ritsemaa CJ. 2015. Emerging pollutants in the environment: A challenge for water, resource management. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2015.03.002>. Acceso: 15 de noviembre de 2021.

- Ghersa CM, León RJC. 2002. Capítulo 6. Ecología del Paisaje Pampeano. Consideraciones para su manejo y conservación. En: Ecología de Paisajes. 1era.Ed. Orientación Gráfica Editora S.R.L. Buenos Aires, Argentina. p. 511.
- Giacobbe MS, Moscoloni N. 1999. Entrevistas. Capítulo IV: Técnicas cualitativas. Aprender Investigando Ciencias Sociales. Rosario. Cerider. p. 64-67.
- Giraut MA, Lupano CF, Soldano A, Rey CA. 2007. Cartografía hídrica superficial digital. Prov. Sta Fe. vencia-de-santa-fe-miguel-a-giraut-1-carla-f-lupano-1-alvaro-soldano-2-carmen-a.html. Acceso: 06 de enero de 2022.
- Gómez N, Rodrigues Capítulo A, Colautti D, Mariñelarena A, Licursi M, Cocherio J, Armendariz L, Maroñas M, Donadelli J, Jensen R, García de Souza J, Maiztegui T, García I, Sathicq MB, Suarez JC, Cortese B. 2015. La puesta en valor de los servicios ecosistémicos que ofrecen los arroyos de llanura como una medida de mitigación de las inundaciones: el caso del a° del Gato en el partido de La Plata. <http://docplayer.es/9792168-Cartografia-hidrica-superficial-digital-de-la-provincia-de-santa-fe-miguel-a-giraut-1-carla-f-lupano-1-alvaro-soldano-2-carmen-a.html>. Acceso: 06 de junio de 2022.
- Gómez N, Domínguez E, Rodrigues Capítulo A, Fernández HR. 2020. Los indicadores biológicos. <https://remaqua.conicet.gov.ar/wp-content/uploads/sites/138/2020/11/Libro-Parte-I-p%C3%A1ginas-1-98.pdf>. Acceso: 06 de enero de 2022.
- González Arriagada KG. 2021. Aplicación de un modelo conceptual DPSIR para la gestión ambiental de lagos en la cuenca del Río Valdivia. <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/9203>. Acceso: 14 de mayo de 2022.
- Guttman Sterimberg E, Zorro Sánchez C, Cuervo de Forero A, Ramírez JC. 2004. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Diseño de un sistema de indicadores socio ambientales para el Distrito Capital de Bogotá. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4800/1/S044210_es.pdf. Acceso: 14 de mayo de 2022.
- GWP. 2011. Global Water Partnership South America. ¿Qué es la GIRH? <https://www.gwp.org/es/GWP-Sud-America/ACERCA/por-que/PRINCIPALES-DESAFIOS/Que-es-la-GIRH/>. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- GWP. 2013. Global Water Partnership Centroamérica (GWP). Guía para la aplicación de

la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH) a nivel municipal.

https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/guia-girh-a-escala-municipal.pdf. Acceso: 14 de mayo de 2022.

GWP-INBO. 2009. Global Water Partnership (GWP). International Network of Basin Organizations (INBO). Manual para la Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Cuencas. https://www.rioc.org/IMG/pdf/RIOC_GWP_Manual_para_la_gestion_integrada.pdf. Acceso: 31 de mayo de 2022.

Hernández MA, González N, Cabral MG, Giménez JE, Hurtado M. 2003. Inundaciones de la región pampeana. Importancia de la caracterización física del riesgo hídrico en la llanura húmeda. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/26709>. Acceso: 06 de enero de 2022.

Herzer N. 2005. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Documentos de proyectos. Situación del hábitat de los municipios del Área metropolitana de Rosario en materia de suelo y vivienda. <http://rephip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/13229/1AM45.pdf?sequence=2>. Acceso: 06 de enero de 2022.

IDEAM. 2018. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Protocolo Monitoreo de Aguas. Colombia. http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023773/PROTOCOLO_MONITOREO_AGUA_IDEAM.pdf. Acceso: 18 de abril de 2022.

IDESF. 2015. Infraestructura de Datos Espaciales de la Provincia de Santa Fe (IDESF). Visualizador. <https://www.santafe.gob.ar/idesf/visualizador/>. Acceso: 18 de abril de 2022.

INDEC. 2010. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC). Indicadores demográficos de la Argentina. <https://www.indec.gob.ar/indec/web/Institucional-Indec-IndicadoresDemograficos>. Acceso: 31 de mayo de 2022.

INDEC. 2012. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC). Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Censo del Bicentenario. Resultados definitivos. Serie B N° 2. Tomo 1. https://www.indec.gob.ar/ftp/cuadros/poblacion/censo2010_tomo1.pdf. Acceso: 18 de abril de 2022.

- IPCC. 2008. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). Sección 3: Vínculos entre el Cambio climático y los recursos hídricos: impactos y respuestas. El cambio climático y el agua. <https://archive.ipcc.ch/pdf/technical-papers/ccw/climate-change-water-sp.pdf>. Acceso: 18 de abril de 2022.
- IPCC. 2014. Panel Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático. Cambio climático 2014: Impactos Adaptación y vulnerabilidad. Capítulo 11. Salud Humana: impactos, adaptación y co-beneficios. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-Chap11_FINAL.pdf. Acceso: 18 de abril de 2022.
- IPEC. 2007. Instituto Provincial de Estadísticas y Censos (IPEC). Estadísticas Mensuales. Provincia de Santa Fe. https://www.santafe.gob.ar/index.php/web/content/download/37503/191357/file/boletin_abril.pdf. Acceso: 18 de abril de 2022.
- IPEC. 2010a. Instituto Provincial de Estadísticas y Censos (IPEC). Censo Nacional de Poblaciones y Hogares 2010. Aclaraciones. <https://ipec.santafe.gov.ar/poblacion/pagina/nota.php>. Acceso: 18 de abril de 2022.
- IPEC. 2010b. Instituto Provincial de Estadísticas y Censos (IPEC). Censo Nacional de Poblaciones y Hogares 2010. Mapas dinámicos. La provincia. <https://ipec.santafe.gov.ar/poblacion/pagina/inicio.php>. Acceso: 18 de abril de 2022.
- IPEC. 2018. Instituto Provincial de Estadísticas y Censos (IPEC). Explotaciones y superficies agropecuarias. Censo Nacional Agropecuario 2018. Resultados preliminares. Noviembre de 2019. Oleaginosas. <http://www.estadisticasantafe.gob.ar/wp-content/uploads/sites/24/2020/08/CNA-18-resultados-preliminares-agricultura-SF-1.pdf>. Acceso: 18 de abril de 2022.
- ISWA. 2015. International Solid Waste Association (ISWA). El caso trágico de los basurales. Una amenaza para la salud. <http://ars.org.ar/documentos-download/Informe%20ISWA%20El%20Caso%20trágico%20de%20los%20Basurales.pdf>. Acceso: 06 de enero de 2022.
- Izurieta Valery A. 1997. Validación de una metodología para evaluar la eficiencia del manejo de áreas protegidas aplicada a un subsistema y sus zonas de influencia. <http://bco.catie.ac.cr:8087/portal-revistas/index.php/RRNA/article/view/1146>.

- Acceso: 15 de noviembre de 2021.
- Jobbágy EG. 2011. Capítulo 7. Servicios hídricos de los ecosistemas y su relación con el uso de la tierra en la llanura Chaco-Pampeana. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_valoracion_de_servicios_ecosistemicos.pdf. Acceso: 14 de mayo de 2022.
- Kandus P, Quintana RD, Minotti PG, Oddi JP, Baigún C, González Trilla G, Ceballos D. 2011. Ecosistemas de humedal y una perspectiva hidrogeomórfica como marco para la valoración ecológica de sus bienes y servicios. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_valoracion_de_servicios_ecosistemicos.pdf. Acceso: 14 de mayo de 2022.
- Kruse E, Zimmermann ED. 2002. Hidrogeología de grandes llanuras. Particularidades en la llanura pampeana (Argentina). https://www.fceja.unr.edu.ar/curiham/es/wp-content/uploads/2018/10/WORKSH_1.pdf. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- Kullock D, Isarriá A, Civelli H, Jager M, Meitín G, Forte C. 2004. PNUMA-SAyDS. GEO Argentina 2004. Perspectivas del Medio Ambiente de la Argentina. https://www.unida.org.ar/Virtuales/Problemas%20Ambientales/M2/Geo_Argentina_2004.pdf. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- Lewis JP. 2001. Capítulo 4. Ecosistemas de agua dulce. En: La biosfera y sus ecosistemas: Una introducción a la ecología. Ed. Centro de Investigaciones en Biodiversidad y Ambiente. ECOSUR. 2da. Ed. p. 89-108.
- Maguna ME, Montico S. 2013. Capítulo IV. Política y Ordenamiento Territorial en Santa Fe. En: Los planes de ordenamiento: una herramienta clave para la transformación del territorio. Rosario, Santa Fe, Argentina. Colegio de Ingenieros Agrónomos II Circunscripción. 1era. Ed. p. 58-68.
- MAHySF. s/f. Ministerio de Asuntos Hídricos de la Provincia de Santa Fe (MAHySF). Control de Crecidas del Sistema Hídrico Arroyo Ludueña. Ejecución de la embocadura del a° Ludueña y obras de arte sobre el a° Ludueña, Ibarlucea y Salvat, y ejecución de canalizaciones parciales. https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/download/12198/61367/file/decarg_ar. Acceso: 18 de abril de 2021.
- Manavella. 2017. Plan Manejo Hídrico Roldán. Informe Final. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/plan_manejo_hidrico_rolan.pdf. Acceso: 31 de mayo de 2022.

- Márquez Calle G. 2000. Vegetación, Población y Huella Ecológica como indicadores de sostenibilidad en Colombia. <https://idea.unal.edu.co/publica/docs/veg-pob-huella-eco.pdf>. Acceso: 15 de enero de 2022.
- Martí LS. 2014. Impactos ambientales en un tambo de tamaño mediano en Tandil, provincia de Buenos Aires. http://www.usal.edu.ar/archivos/di/lucia_marti.pdf. Acceso: 06 de enero de 2022.
- Martín L, Justo JB. 2015. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Análisis, prevención y resolución de conflictos por el agua en América Latina y el Caribe. https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/analisis_prevenccion_y_resolucion_de_conflictos_por_el_agua_en_america_latina_y_el_caribe_se_ruega_no_circular.pdf. Acceso: 14 de mayo de 2022.
- Martínez Bilesio AR. 2018. Herramientas Quimiométricas para analizar conjuntamente datos de orden cero, primero y segundo aplicadas a bases de datos de monitoreo ambiental. <http://hdl.handle.net/2133/16637>. Acceso: 06 de junio de 2022.
- Martínez Bilesio AR, Batistelli M, García-Reiriz AG. 2019. Fusing data of different orders for environmental monitoring. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2019.08.005>. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- Martínez F. 2014. AER INTA Casilda. Problemática de los excesos hídricos para la agricultura en el sur de Santa Fe. Propuestas técnicas para disminuir el impacto de las inundaciones en la provincia de Santa Fe. <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-excesos-hdricos-sur-santa-fe.pdf>. Acceso: 15 de marzo de 2022.
- Martínez Valdés Y, Villallejo García VM. 2018. A 10 años de la declaración de Brisbane: mirada a los caudales ecológicos y ambientales. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382018000200002. Acceso: 17 de mayo de 2022.
- Martorell MS. 2015. Estudio de calidad de aguas del Arroyo Maldonado, Partido de La Plata – Incidencia de la contaminación en eventos de inundación. Trabajo Final. <http://omlp.sedici.unlp.edu.ar/dataset/6660c466-9c3a-4aa8-b5ab-cb969261dd15/resource/a6953826-b723-4615-8138-aadbcefc98d/download/06-capitulo-6.-exactas-anexo-6.a.pdf-pdf.pdf>. Acceso: 06 de enero de 2022.
- MAYSD. 2021. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable (MAYDS). Basurales a

- cielo abierto: situación socioambiental y propuestas de solución integral.
<https://www.argentina.gob.ar/ambiente/contenidos/basurales>. Acceso: 06 de enero de 2022.
- MAySD. 2022. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable (MAyDS). Áreas Protegidas. <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/areas-protegidas>. Acceso: 22 de junio de 2022.
- McJunking FE. 1988. Organización Panamericana de la Salud (OPS). Agua y Salud Humana. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/3099>. Acceso: 15 de mayo de 2022.
- MEA. 2005a. Millennium Ecosystem Assessment (MEA). Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>. Acceso: 06 de junio de 2022.
- MEA. 2005b. Millennium Ecosystem Assessment (MEA). Ecosystems and Human Well-being: Wetlands and Water. Synthesis. <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.358.aspx.pdf>. Acceso: 19 de junio de 2022.
- Mena Y, Artavia G. 2003. Hacia la administración eficiente de las Áreas Protegidas: Políticas e indicadores para su monitoreo. Ministerio del Ambiente y Energía. Sistema Nacional de Áreas de Conservación. <http://www.bio-nica.info/biblioteca/Mena-AreasProtegidas.pdf>. Acceso: 15 de mayo de 2022.
- Ministerio de Desarrollo Social. 2022. Registro Nacional de Barrios Populares (ReNaBaP). Mapa de Barrios Populares. <https://www.argentina.gob.ar/desarrollosocial/renabap/mapa>. Acceso: 29 de noviembre de 2022.
- Molina FAS. 2013. Gestión Integrada de la subcuenca del arroyo León-Hondo en el occidente del suelo urbano del distrito de Barranquilla, Colombia. https://www.researchgate.net/publication/273902743_Gestion_integrada_de_La_subcuenca_del_Arroyo_Leon_-_Hondo_En_El_Occidente_Del_suelo_urbano_del_distrito_de_Barranquilla_Colombia. Acceso: 15 de mayo de 2022.
- Molinaro G. 2016. El efecto antrópico sobre la composición de la avifauna del Parque Villarino.

Tesina de Grado. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario.

Monti M. 2009. Identificación de Áreas de riesgo y vulnerabilidad para el ordenamiento sustentable del uso del paisaje en la cuenca La Salada, Santa Fe, Argentina.

https://www.researchgate.net/publication/323443698_IDENTIFICACION_DE_AREAS_DE_RIESGO_Y_VULNERABILIDAD_PARA_EL_ORDENAMIENTO_SUSTENTABLE_DEL_USO_DEL_PAISAJE_EN_LA_CUENCA_LA_SALADA_SANTA_FE_ARGENTINA. Acceso: 15 de mayo de 2022.

Montico S. 2001. Identificación de unidades ambientales en una cuenca rural. Revista FAVE 15(1): 35-44.

Montico S. 2004. El manejo del agua en el sector rural de la región Pampeana argentina.

<http://revista-theomai.unq.edu.ar/numespecial2004/artmonticonumesp2004.htm>. Acceso: 10 de junio de 2022.

Montico S. 2011. Cuestiones asociadas a la gestión del agua en el sector rural de la región pampeana norte. En: Estudios sociales del riego en la agricultura argentina. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Ediciones INTA. p. 197-211.

Montico S, Di Leo N. 2007. Cambio de la sostenibilidad biofísica en cuencas hidrográficas: tres décadas de reemplazo de pastizales naturales por agricultura.

<https://doi.org/10.35305/curiham.v13i0.78>. Acceso: 06 de junio de 2022.

Montico S, Di Leo N. 2015. Riesgo ambiental por pesticidas en una cuenca al sur de la provincia de Santa Fe, Argentina.

<http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v31n2/v31n2a6.pdf>. Acceso: 31 de mayo de 2022.

Montico S, Di Leo N. 2021. Risk of contamination of phreatic aquifer with pesticides in the basin of Ludueña stream, Argentina.

https://www.researchgate.net/publication/352710072_Risk_of_contamination_of_phreatic_aquifer_with_pesticides_in_the_basin_of_Ludueña_stream_Argentina_Articulo_cientifico. Acceso: 31 de mayo de 2022.

Montico S, Pouey N. 2001. Cuencas rurales. Pautas y criterios para su ordenamiento. Santa Fe, Argentina. Ed. U.N.R. p. 167.

Montico S, Di Leo N, Bonel B, Denoia J. 2017. Riesgo ambiental por el uso de fitosanitarios en cultivos anuales de la cuenca del arroyo Ludueña, Santa Fe.

https://rehip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/14718/Montico_Riesgo%20Ambienta.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Acceso: 31 de mayo de 2022.

- Montico S, Bonel B, Di Leo N, Denoia J. 2006. Flujos de energía en sistemas agrícolas de una cuenca de la región centro de Argentina. Cuadernos del CURIHAM 2: 7-14.
- Montico S, Bonel B, Di Leo N, Denoia J. 2020. La cuenca del arroyo Ludueña (Santa Fe): un ambiente complejo y con múltiples impactos ambientales. Adaptado de “La aplicación del método GEO en la cuenca del arroyo Ludueña, Santa Fe. 2013.”. https://cei.unr.edu.ar/wp-content/uploads/2020/11/Documento-diagnostico-sobre-la-cuenca-del-Ao-Ludueña_SF.pdf. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- Montico S, Di Leo N, Bonel B, Denoia J. 2019. Cambios del uso de la tierra en la cuenca del arroyo Ludueña, Santa Fe: Impacto en la sostenibilidad y en los servicios ecosistémicos. <https://cuadernosdelcuriham.unr.edu.ar/index.php/CURIHAM/articloe/view/115>. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- Moreira S, Guevara P. s/f. Análisis de hidrocarburos de petróleo en agua mediante cromatografía de gases. Ingeniería Geográfica y de Medio Ambiente. Escuela Politécnica del Ejército. Ecuador. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4655/2/T-ESPE-032766-A.pdf>. Acceso: 15 de mayo de 2022.
- Morello J, Matteucci SD, Rodríguez AF, Silva M, de Haro JC. 2012. Ecorregiones y Complejos Ecosistémicos Argentinos. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. https://www.researchgate.net/publication/268447092_Ecorregiones_y_complejos_eco_sistemicos_Argentinos. Acceso: 06 de enero de 2022.
- Mosconi Frey CM. 2018. Figuras de protección urbano-rural. Aportes para la interpretación de áreas periurbanas inundables: el caso de Nuevo Alberdi Oeste Rural, Rosario- Argentina. <http://repositorio.ucv.cl/handle/10.4151/71370>. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- MPyTN. 2019. Ministerio de Producción y Trabajo de la Nación Argentina (MPyTN). Secretaría de Agroindustria. Plan de Gestión Integrada de Riesgos en el Sector Agropecuario de la Provincia de Santa Fe (GIRSAR). https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/girsar_-_santa_fe_-_ppgira_ago19_compressed.pdf. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- Municipalidad de Rosario 2020a. Cuaderno de educación ambiental. Rosario y sus humedales. https://www.rosario.gob.ar/web/sites/default/files/manual_humedales_rosario_2020.pdf. Acceso: 15 de mayo de 2022.

- Municipalidad de Rosario. 2020b. Plan Local de Acción Climática. Rosario 2030.
<https://www.rosario.gob.ar/inicio/sites/default/files/2021-08/plan-local-de-accion-a-l-cambio-climatico-2020.pdf>. Acceso: 15 de mayo de 2022.
- Naser MC, Speltini C, Fidalgo MM. s/f. Caracterización de sedimentos del cauce del arroyo Sarandí en el tramo rectificado a cielo abierto.
<https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/5102/NASER%2C%20Mar%20C3%20ADa%20del%20Carmen%2C%20et%20al.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acceso: 05 de enero de 2022.
- Naveh Z, Lieberman AS, Sarmiento FO, Ghera CM, León RJC. 2001. Ecología de Paisajes. Ed: Facultad de Agronomía. p. 135-136.
- Naveh Z, Lieberman AS. 2001. Ecología de Paisajes. Ed: Facultad de Agronomía. p. 19, 96, 99, 116.
- Norton BG. 1994. Toward unity among environmentalists. Oxford University Press.
- OCDE. 1993. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). OECD Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews. A synthesis report by the group on the State of the Environment.
<http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=OCDE/GD%2893%29179&docLanguage=En>. Acceso: 30 de abril de 2022.
- OEA. 1993. Organización de Estados Americanos (OEA). Capítulo 8. Definición de llanura de inundación y evaluación del peligro de inundaciones. Manual sobre el manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el desarrollo regional integrado.
<http://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea65s/ch13.htm#capitulo%208.%20definici%C3%B3n%20de%20llanura%20de%20inundaci%C3%B3n%20y%20evaluaci%C3%B3n>. Acceso: 05 de enero de 2022.
- OECD. 2020. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). Gobernanza del agua en Argentina. <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/c0c9e9f1-es/index.html?itemId=/content/component/c0c9e9f1-es>. Acceso: 18 de mayo de 2022.
- Oficina Científica de Asesoramiento Legislativo. 2021. Argentina. Los humedales y sus servicios ecosistémicos. Contexto nacional e internacional. La importancia de contar con un marco regulatorio para compatibilizar producción y cuidado.

- https://www4.hcdn.gob.ar/archivos/observatorio-ocal/informes/Informe_humedales.pdf. Acceso: 29 de noviembre de 2022.
- Ordoñez Gálvez JJ. 2011. GWP Perú. ¿Qué es una cuenca hidrológica? Cartilla Técnica. Contribuyendo al desarrollo de una cultura del agua y la gestión integral del recurso hídrico. https://www.academia.edu/38569747/Contribuyendo_al_desarrollo_de_una_Cultura_del_Agua_y_la_Gesti%C3%B3n_Integral_del_Recurso_H%C3%ADrico_QU%C3%89_ES_CUENCA_HIDR%C3%93LOGICA_QU%C3%89_ES_CUENCA_HIDR%C3%93LOGICA. Acceso: 15 de marzo de 2022.
- Palacio-Prieto JL, Sánchez-Salazar MT, Casado Izquierdo JM, Propin Frejomil E, Delgado Campos J, Velázquez Montes A, Chías Becerril L, Ortiz Álvarez MI, González Sánchez J, Negrete Fernández G, Gabriel Morales J, Márquez Huitzil R. 2004. Indicadores para la caracterización y ordenamiento del territorio. México. https://www.researchgate.net/publication/288840782Indicadores_para_la_Caracterizaci%C3%B3n_y_Ordenamiento_del_Territorio. Acceso: 23 de enero de 2022.
- Paruelo JM, Guerschman JP, Verón SR. 2005. Expansión agrícola y cambios en el uso del suelo. Revista Ciencia Hoy. 15(87):14-23.
- PNUMA. 2002. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Metodología para la elaboración de informes Geo Ciudades. Manual de Aplicación. <http://www.pnuma.org/deat1/pdf/metodologiageociudadesv3.pdf>. Acceso: 24 de mayo de 2022.
- PNUMA. 2009. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Manual de Capacitación para Evaluaciones Ambientales Integrales y elaboración de informes. Winnipeg, Manitoba. <http://www.pnuma.org/deat1/pdf/Manual%20EAI-completo%20BR.pdf>. Acceso: 24 de mayo de 2022.
- PNUMA. 2010. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Perspectivas del Medio Ambiente: América Latina y el Caribe. GEO ALC 3. <https://wedocs.unep.org/rest/bitstreams/13194/retrieve>. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- Pochat V. 2005. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Entidades de gestión del agua a nivel de cuencas: experiencias de Argentina. <https://www.cepal.org/pt-br/node/22623>. Acceso: 14 de mayo de 2022.
- Polanco C. 2006. Indicadores ambientales y modelos internacionales para toma de

- decisiones. Gestión y Ambiente. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. Colombia. <https://www.redalyc.org/pdf/1694/169420986007.pdf>. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- Porto DT, Basso LA, Strohaecker. 2019. Diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do Rio Mampituba, Região sul do Brasil, utilizando a matriz FPEIR. Geosul, Florianópolis. <http://doi.org/10.5007/1982-5153.2019v34n72p28>. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- Pouey N. 2008. Geo Área Metropolitana Rosario: perspectivas del medio ambiente urbano. <http://www.pnuma.org/deat1/pdf/2008GEORosario.pdf>. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- Puig A, Olguín Salinas H, Castro A. 2016. Alteraciones del régimen hidrológico fluvial y consideraciones sobre caudales ambientales. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/47730/CONICET_Digital_Nro.3e091_ed6-1ae4-43a6-a304-abc263937cfe_D-4-36.pdf?sequence=8&isAllowed=y. Acceso: 10 de mayo de 2022.
- Quijano Pinzón MA. 2016. Análisis del índice del Estado actual de las coberturas vegetales para la cuenca del Río Guacavía ubicada entre los municipios Restrepo y Cumaral (Meta), Paratebueno y Medina (Cudinamarca). https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/15472/QuijanoPinzonMari_aAlejandra2016.pdf?sequence=2&isAllowed=y. Acceso: 06 de enero de 2022.
- Quiroga Martínez R. 2009. Guía Metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe. https://www.cepal.org/sites/default/files/courses/files/8_manual-61-cepal_formato_serie_color.pdf. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- Rentería JP, García P, Riccardi G, Zimmermann ED, Stenta H, Scuderi C, Basile P. 2009. Software de pronóstico de alerta contra inundaciones en las cuencas de los arroyos Ludueña y Saladillo (Santa Fe, Argentina). <https://www.fceia.unr.edu.ar/curiham/es/wp-content/uploads/2018/11/22009-Renteria-et-al-CNA2009.pdf>. Acceso: 29 de noviembre de 2022.
- Riccardi G, Zimmerman E, Basile P, Stenta H, Scuderi C, Rentería J. 2010. Experiencias de simulación físicamente basada de escurrimiento superficial en cuencas de llanura en ambientes rurales y

urbanos.

https://rephip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/17700/A_RiccardiGerardo1.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Acceso: 06 de enero de 2022.

Rimoldi PG, Biasatti NR. 2019. Las especies de fauna como indicio de resiliencia en corredores biológicos del pastizal pampeano.

https://www.academia.edu/44114896/LAS_ESPECIES_DE_FAUNA_COMO_INDICIO_DE_RESILIENCIA_EN_CORREDORES_BIOL%C3%93GICOS_DEL_PASTIZAL_PAMPEANO *Wildlife species as a sign of resilience in the biological corridors grassland of the Pampas*. Acceso: 31 de mayo de 2022.

RIPyDA. 2003. Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración de Agua (RIPyDA). Capítulo 20: Indicadores de contaminación fecal en aguas. http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo_20.pdf. Acceso: 06 de enero de 2022.

Rosenstein S, Campos V, Murray RE, Duré L. 2017. Conflicto urbano-rurales: Múltiples miradas. <http://rephip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/13190/4AM47.pdf?sequence=2>. Acceso: 25 de junio de 2022.

Rosenstein S, Campos V, Murray RE. 2020. La dinámica de las relaciones sociales en los territorios periurbanos. El caso de la localidad de Roldán (provincia de Santa Fe, República Argentina). <https://revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/proyeccion/article/view/3492/2691>. Acceso: 25 de junio de 2022.

Rozzi R, Feinsinger P, Massardo F, Primack R. 2006. Capítulo 2 ¿Qué es la diversidad biológica? En: Fundamentos de la conservación biológica. Perspectivas latinoamericanas. Fondo de Cultura Económica. 1era. Reimpresión. Distrito Federal, México. p. 59-97.

Salomón M, Guaman Ríos C, Rubio C, Galárraga R, Abraham E. 2008. Indicadores de uso del agua en una zona de los Andes centrales de Ecuador. Estudio de la cuenca del Río Ambato. <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=528>. Acceso: 23 de enero de 2022.

SAM. s/f. Secretaría de Asuntos Municipales (SAM). Ministerio del Interior y Transporte de la Nación. Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos. https://www.mininterior.gov.ar/municipios/pdfs/SAM_03_residuos_solidos.pdf. Acceso: 31 de mayo de 2022.

- SAPyG. 1995. Secretaría de Agricultura, Pesca y Ganadería (SAPyG). Consejo Federal Agropecuario. El Deterioro de las Tierras en la República Argentina. Ed. Alerta Amarillo. Bs. As. Argentina.
- Sarandón SJ, Flores CC. 2014. Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/37280>. Acceso: 21 de mayo de 2022.
- SAyDS. 2019a. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (SAyDS). Informe Nacional Ambiente y Áreas Protegidas de la Argentina 2008-2018. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe_ambiente_y_ap_final_0.pdf. Acceso: 15 de marzo de 2022.
- SAyDS. 2019b. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (SAyDS). Desarrollo productivo industrial y su potencial impacto ambiental. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/20190822_sayds-desarrollo_productivo_impacto_ambiental-version_web.pdf. Acceso: 15 de marzo de 2022.
- Schnack JA, De Francesco FO, Colado UR, Novoa ML, Schnack EJ. 2000. Humedales antrópicos: su contribución para la conservación de la biodiversidad en los dominios subtropical y pampásico de la Argentina. http://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia_Austral/article/view/1599. Acceso: 15 de marzo de 2022.
- Scuderi CM, Riccardi GA, Zimmermann ED. 2015. Aplicación de un modelo distribuido físicamente basado al pronóstico de niveles para un curso de llanura del sur de Santa Fe. https://www.fceja.unr.edu.ar/curiham/es/wp-content/uploads/2018/12/Carlos-Scuderi_CNA-2015.pdf. Acceso: 29 de noviembre de 2022.
- Segura M, Caila MM, Torchia N, Gaviño Novillo M, Galván D. 2012. Capítulo 7. Los proyectos y planes sinérgicos con el PIV SF. [https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/download/205256/1061595/file/To mo%20-%20Primera%20parte.pdf](https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/download/205256/1061595/file/To%20mo%20-%20Primera%20parte.pdf). Acceso: 15 de marzo de 2022.
- Serrano Martínez M. 2003. La fragmentación del paisaje causada por la red de carreteras en Navarra. Propuestas de estudio a escala regional desde la ecología del paisaje. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=57103>. Acceso: 31 de marzo de 2022.

- Shiklomanov LA. 1993. World Freshwater Resources. En: Water in Crisis: A Guide to World's Freshwater Resources. Ed: Oxford University. 1era Ed. New York. p. 13-24.
- Somoza SE. 2021. Capítulo 3. Impacto de la Agricultura Industrial. En: Ambiente, agrotóxicos y salud. Una mirada desde la complejidad. 1era Ed. Serie Tesis. Ed. Universidad Nacional de Formosa. Formosa, Argentina. p. 116-117.
- Swistock B. 2020. ¿Qué son las bacterias coliformes? <https://extension.psu.edu/bacterias-coliformes>. Acceso: 05 de enero de 2022.
- Tagliaferro M. 2020. Uso de peces y macrófitas como indicadores. En: La bioindicación en el monitoreo y evaluación de los sistemas fluviales de la Argentina Bases para el análisis de la integridad ecológica. https://www.researchgate.net/publication/346296347_Uso_de_peces_y_macrofitas_co_mo_indicadores. Acceso: 21 de mayo de 2022.
- Tufo AE, Graziano M, Almada PS, Curuchet G, Lombardo R, dos Santos Afonso M. 2015. Niveles de metales en aguas y sedimentos superficiales de la cuenca inferior del río Paraná. <http://www.sacyta.com.ar/LibroenfoquesInterdisciplinariosparaLaSustentabilidaddelAmbiente2015.pdf>. Acceso: 31 de mayo de 2022.
- UICN. 2017. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Red List. Directrices de uso de las Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN. Versión 13. http://cmsdocs.s3.amazonaws.com/keydocuments/RedListGuidelines_SP.pdf. Acceso: 05 de enero de 2022.
- UNESCO. 2003. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). WATER FOR PEOPLE, WATER FOR LIFE. Executive Summary of the UN World Water Development Report. <https://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/water/WWDR-spanish-129556s.pdf>. Acceso: 14 de mayo de 2022.
- Uribe Botero E. 2015. El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39855/S1501295_en.pdf?sequence=1. Acceso: 07 de junio de 2022.
- Usunoff E, Peluso F, González Castelain J, Miranda M. 2000. Hacia la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en la provincia de Buenos Aires, Argentina. https://digital.cic.gba.gob.ar/bitstream/handle/11746/4113/Aspectos_hidrogeol_en

- [la llanura pampeana.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](#). Acceso: 14 de mayo de 2022.
- Vera C. 2016. Tendencias del clima en la Argentina. <https://cienciahoy.org.ar/wp-content/uploads/Tendencias-del-clima.pdf>. Acceso: 07 de junio de 2022.
- Vidal C, Romero H. 2010. Efectos ambientales de la urbanización de las cuencas de los Ríos Bío-Bío y Andalién sobre los riesgos de inundación y anegamiento de la ciudad de Concepción. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/118084/EfectosAmbientalesde.pdf?sequence=1>. Acceso: 06 de enero de 2022.
- Vitta J, Fernández J, Guillen M, Romano M, Spiaggi E, Montico S. 2001. La visión del desarrollo sustentable en el agro de nuestra región: bases para la discusión. Revista Ambiental UNR 4(4):24-47.
- Volpedo AV, Fernández Cirelli A. 2011. Aplicación del Modelo GEO (FMPEIR) a los ecosistemas acuáticos pampeanos (Argentina). Experiencias en la aplicación del enfoque GEO en la evaluación de ecosistemas degradados de Iberoamérica. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/137262/CONICET_Digital_Nro.b13e74ca-b7c7-428c-afc2-6e04a249903e_A.pdf?sequence=2. Acceso: 14 de mayo de 2022.
- WHO. 2011. World Health Organization (WHO). Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?ua=1>. Acceso: 23 de enero de 2022.
- WWAP. 2018. Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. Soluciones basadas en la Naturaleza para la Gestión del Agua. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261605_spa/PDF/261494spa.pdf.multi.nameddest=261605. Acceso: 18 de mayo de 2022.
- WWF. 2010. World Wildlife Fund (WWF). Caudal ecológico. Salud al ambiente, agua para la gente. http://awsassets.panda.org/downloads/fs_caudal_ecologico.pdf. Acceso: 17 de mayo de 2022
- Zimmermann ED, Bracalenti L. 2012. Escorrentías pluviales y regulación del suelo hídrico en Rosario. VI Jornadas de Ciencia y Tecnología 2012. Secretaría de Ciencia y Tecnología. Universidad Nacional de Rosario.

- Zimmermann ED, Bracalenti L. 2018. Servicios ambientales de los espacios verdes. En: A&P Investigaciones. Perspectivas sobre el componente natural en el espacio urbano. UNR Editora. p. 36.
- Zimmermann ED, Bracalenti L. 2019. Suelo y su cobertura vegetal como retardador del escurrimiento superficial. A&P Investigaciones. Perspectivas sobre el componente natural en el espacio urbano. Ed. UNR Editora. 1era ed. Santa Fe, Argentina. p. 54 y 55.
- Zimmermann ED, Basile PA, Riccardi GA. 2001. Análisis de la modificación en la respuesta hidrológica del sistema arroyo Ludueña provocados por cambios de uso del suelo.
<https://www.fceia.unr.edu.ar/curiham/es/wp-content/uploads/2018/10/SIMIC02Tmodif.pdf>. Acceso: 31 de mayo de 2022.

9. ANEXOS

Anexo I. Cuestionarios guía

Las respuestas de estos cuestionarios por parte de los entrevistados fueron incluidas en el texto de este trabajo, como argumentos y aseveraciones que fortalecieron las explicaciones de las diferentes dimensiones abordadas.

Para entrevistas semiestructuradas a especialistas:

1. ¿Dónde desarrolla sus actividades?
2. ¿Desde hace cuánto tiempo trabaja en su área? ¿En qué zonas?
3. ¿Qué le motivó a dedicarse a esta temática?
4. ¿Cree que en la región se hace una GIRH? ¿Por qué?
5. ¿Cuáles fuentes potenciales de contaminación le parece que existen?
6. Otras preguntas específicas para cada profesional, acerca de: obras hídricas, problemática de contaminación ambiental e hídrica, consumo de agua, consumo de agua subsuperficial, conservación, entre otras.

Para las entrevistas semiestructuradas a las Autoridades comunales y municipales:

1. ¿Cuáles son las principales actividades productivas en la localidad?
2. ¿El agua de red es potable? De qué fuente de agua es el agua que se consume: subterránea o superficial? ¿El consumo de agua potable es mucho o poco? ¿podría mencionar cuánto?
3. ¿Cómo y dónde se eliminan los efluentes de la población de la localidad? ¿Cuántos camiones atmosféricos están habilitados? ¿Cuántas industrias existen categorizadas como 2 y 3 según la Ley Prov. N° 11.717 de medio ambiente en la localidad?
4. ¿Cuáles son las problemáticas ambientales que más preocupan a esta localidad? ¿Existe alguna relacionada a los recursos hídricos? ¿Hubo inundaciones en su localidad? Si es así, ¿cuántas y en qué años? ¿Hubo pérdidas económicas/productivas?
5. ¿Existen basurales en la localidad? ¿Cuántos? ¿Por qué sucede esto?
6. Con respecto a los espacios verdes. ¿Cuántos existen en la actualidad? ¿Cómo diría Ud. que se distribuyen con respecto a la urbanización? ¿Son suficientes?
7. ¿Qué tipo de obras hídricas existen en la localidad? ¿Son suficientes? ¿Qué porcentaje del presupuesto comunal representa el mantenimiento o la ejecución de obras? ¿Existen proyectos en ejecución y/o metas para contemplar el aspecto hídrico?
8. ¿Qué potestad tiene la Comuna con respecto a la utilización de las aguas en la localidad?
9. ¿Con cuántos Organismos públicos se comunican por los asuntos hídricos? ¿Cuáles con aquellos con los que tengan mayor frecuencia de comunicación, por qué asuntos en general?

Anexo II. Hoja Metodológica de presentación de los indicadores.

Modificado de Quiroga Martínez (2009).

Nombre del indicador	Se debe poner un nombre lo más claro, conciso y amistoso al usuario (“Intensidad energética de la producción”) que defina exactamente lo que muestra el indicador.
Descripción	Se debe realizar una descripción corta de lo que muestra el indicador, sobre todo cuando éste recibe un nombre más bien científico o técnico; utilizando un lenguaje claro y simple que termine por ubicar al usuario respecto del indicador en cuestión.
Pertinencia	Se debe especificar la importancia que tiene el indicador propuesto en la evaluación sobre el medio ambiente o respecto de la sostenibilidad. En esencia, se trata de conectar los contenidos del indicador con los problemas y desafíos de la sostenibilidad en el territorio concreto que abarque. Esto implica definir la variable o las variables que componen el indicador, vinculándola con los problemas ambientales o de desarrollo sostenible que puede percibir o entender el usuario.
Tendencia	[...] se puede elaborar un breve párrafo donde se transmita al usuario las implicancias y desafíos que muestra el comportamiento del indicador.
Direccionalidad	Se trata de aclarar, explícitamente, cuál es la interpretación de cambios (aumentos o disminuciones) en el indicador. Prepara la interpretación del indicador, en el contexto de la sostenibilidad ambiental o del desarrollo.
Alcance	Se debe especificar que dinámicas son las que “captura” o “muestra” el indicador. Mostrar exactamente que cosas nos estaría diciendo el indicador en cuestión.
Limitaciones	Se debe aclarar que otras dimensiones y dinámicas no pueden ser capturadas o vistas a partir del indicador, y que el usuario menos experto pudiese dar por contenidas.
Fórmula	Debe especificar las operaciones y procesamientos de las variables que son necesarios para obtener el valor del indicador en cada punto de observación (territorial, histórica, etc.). Así, debe quedar perfectamente estipulada la unidad de medida en que se expresará el indicador.
Definición de variables	Cada una de las variables que componen el indicador deben ser definidas con detalle, de forma que no que de lugar a “interpretaciones”. Se utiliza comúnmente adoptar la definición de la institución que produce el dato, por ejemplo: “Se utiliza el concepto de fragmentación de ecosistemas del Instituto de Conservación de la Biodiversidad del Ministerio tal”.
Escala	La cobertura del indicador puede comprender distintas escalas, o incluso combinar varias de éstas, en todo caso debe quedar bien especificado considerando a su vez la cobertura de las variables que lo componen. Ejemplos: comunal, provincial, departamental, ecoregional, cuenca, nacional.
Periodicidad	Se debe especificar la periodicidad para cada variable que compone el indicador. Esta se entiende como el periodo de tiempo en que se actualiza el dato. Por ejemplo: “Cada cuatro años”, “anual”, “bimensual”, etc. Cuando corresponda, especificar la periodicidad de levantamiento, registro y publicación del dato.

Anexo III. Hoja Metodológica de los indicadores GEO (GIRH) FPEIR.

Indicadores de Fuerzas Motrices (F)

Índice de Presión Demográfica (IPD) provincial	
Descripción	Expresa cuantitativamente el incremento de la densidad poblacional provincial en un período de diez años.
Pertinencia	El crecimiento de la población humana a lo largo del tiempo es relevante a la hora de planificar y gestionar el territorio. En la sociedad occidental, las mismas tienen un requerimiento o una demanda ambiental que implica una amplia gama de recursos naturales, a través del consumo y la generación de desechos. Estas presiones tienen como consecuencia un impacto negativo tanto en los ecosistemas como en el paisaje (Márquez Calle, 2000).
Tendencia	Aumento
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Valor 4 [Excesivamente creciente. >100]; Valor 3 [Creciente. 100-10]; Valor 2 [Constante. 10-1]; Valor 1 [Expulsión. <1]. Criterio de evaluación establecido por Monti (2009).
Limitaciones	Se asume que “mayor densidad implica mayor demanda ambiental y mayor presión sobre los ecosistemas y sus funciones.” (Márquez Calle, 2000).
Fórmula	$IPD = DP_{AÑO\ INICIAL} * r$
Definición de variables	Indicador establecido por Márquez Calle (2009). IPD= Índice de Presión Demográfica $DP_{AÑO\ INICIAL}$ = Densidad poblacional del año inicial c/100 hectáreas. r= Tasa de crecimiento en el período intercensal (o 10 años).
Escala	Provincial
Periodicidad	5 años

Porcentaje de hogares provinciales con Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)	
Descripción	Expresa cuantitativamente los hogares provinciales con calidad de infraestructura deficiente.
Pertinencia	Dentro del marco de la GIRH no puede haber un manejo sostenible sin considerar el bienestar de toda la población, y la población más vulnerable debe ser tenida en cuenta como sujetos prioritarios para el desarrollo de políticas públicas. La calidad de vida es entendida como un conjunto de aspectos esenciales para una vida digna, como: la alimentación y el acceso a una infraestructura adecuada de vivienda, salud, educación y trabajo, ingresos, junto con otros bienes y servicios que no pueden ser divisibles y/o reemplazados (INDEC, 2012; GWP, 2013).
Tendencia	Descenso
Direccionalidad	Descenso
Alcance	Valor 5 [20%-15,1% de hogares con NBI]; Valor 4 [15%-10,1% de hogares con NBI]; Valor 2 [10%-5,1% de hogares con NBI]; Valor 1 [5%-0% de hogares con NBI]. Criterio de evaluación establecido por INDEC (2012).
Limitaciones	“Se identifican dimensiones de privación absoluta y se enfoca la pobreza como el resultado de un cúmulo de privaciones materiales esenciales.” (INDEC, 2012).
Fórmula	$\% \text{ Hogares c/NBI} = (N^{\circ} \text{ Hogares con NBI de la provincia de Santa Fe} / \text{Total de hogares de la provincia de Santa Fe}) * 100$
Definición de variables	Indicador establecido por el INDEC (2012). Se definen cinco categorías para un hogar con NBI, y la condición es que haya al menos una de ellas, en base a: Vivienda (1), Condiciones sanitarias (2); Hacinamiento (3), Asistencia escolar (4) y Capacidad de subsistencia (5). “Hogar: es la persona o grupo de personas, parientes o no, que viven bajo un mismo techo y comparten los gastos de alimentación. Las personas solas también constituyen un hogar.” 1: “es el tipo de vivienda que habitan los hogares que moran en habitaciones de inquilinato, hotel o pensión, viviendas no destinadas a fines habitacionales, viviendas precarias y otro tipo de vivienda. Se excluye a las viviendas tipo casa, departamento y rancho. 2: “incluye a los hogares que no poseen retrete” 3: “es la relación entre la cantidad total de miembros del hogar y la cantidad de habitaciones de uso exclusivo del hogar. Operacionalmente se considera que existe hacinamiento crítico cuando en el hogar hay más de tres personas por cuarto. “ 4: “hogares que tienen al menos un niño en edad escolar (6 a 12 años) que no asiste a la escuela.” 5: incluye a los hogares que tienen cuatro o más personas por miembro ocupado y que tienen

	un jefe que no ha completado el tercer grado de escolaridad primaria.” (INDEC, 2012).
Escala	Provincial
Periodicidad	5 años

Porcentaje de hogares provinciales con acceso a agua de red	
Descripción	Expresa cuantitativamente los hogares provinciales con cobertura de agua de red de distribución.
Pertinencia	El acceso al agua es un derecho humano desde el 2010, el mismo debe asegurar la cantidad y potabilidad para consumo personal e higiene y aseo personal tanto de la población como de los hogares y alimentos. En algunos distritos también puede asociarse indirectamente a la extracción del recurso hídrico ya que desde esa fuente es su provisión (WHO, 2011; INDEC, 2012).
Tendencia	Aumento
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Valor 5 [100%-90,1%]; Valor 3 [90%-80,1%]; Valor 1 [80%-70%]. Criterio de evaluación establecido por INDEC (2012).
Limitaciones	No revela la potabilidad del agua en las viviendas, ni indica la fuente de origen del agua (superficial o subterránea).
Fórmula	$\% \text{ Hogares c/red} = (\text{N}^\circ \text{ de hogares con acceso a agua de red de la provincia de Santa Fe} / \text{Total de hogares de la provincia de Santa Fe}) * 100.$
Definición de variables	Indicador establecido por INDEC (2012). “Hogar: es la persona o grupo de personas, parientes o no, que viven bajo un mismo techo y comparten los gastos de alimentación. Las personas solas también constituyen un hogar.” “Red pública (agua de red): sistema de captación, tratamiento y distribución de agua mediante una red de tuberías comunal sometida a inspección y control por las autoridades públicas. El sistema puede estar a cargo de un Organismo público, cooperativa o empresa privada.” INDEC (2012).
Escala	Provincial
Periodicidad	5 años

Porcentaje de hogares provinciales con acceso a cloacas	
Descripción	Expresa cuantitativamente los hogares provinciales que cuentan con desagüe cloacal.
Pertinencia	El acceso al saneamiento es un derecho humano universal, el mismo puede ser centralizado y depositado en áreas lejanas a la población humana donde también asegura un menor riesgo de contaminación de cuerpos de agua, suelos y/o napas. (INDEC, 2012).
Tendencia	Aumento
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Valor 5 [100%-80,1%]; Valor 4 [80%-60,1%]; Valor 3 [60%-40,1%]; Valor 2 [40%-20,1%]; Valor 1 [20%-15%]. Criterio de evaluación establecido por INDEC (2012).
Limitaciones	-
Fórmula	$\% \text{ Hogares con cloacas} = (\text{N}^\circ \text{ de hogares con cloacas en la provincia} / \text{Total de hogares de la provincia de Santa Fe}) * 100.$
Definición de variables	Indicador establecido por INDEC (2012). “Hogar: es la persona o grupo de personas, parientes o no, que viven bajo un mismo techo y comparten los gastos de alimentación. Las personas solas también constituyen un hogar.” “Desagüe a red pública: sistema de cañerías interno que enlaza con una red de tuberías comunal.” INDEC (2012).
Escala	Provincial
Periodicidad	5 años

Cantidad promedio de agua consumida por sector en la región ⁽¹⁾	
Descripción	-
Pertinencia	Es necesario cuantificar los consumos de las actividades tanto productivas como humanas para establecer (o no) medidas de acción en cada sector orientados a la gestión del recurso hídrico tendientes a conservar los cuerpos de agua. En la Argentina y en el mundo los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, en un 70% son destinados a la agricultura de riego, y los porcentajes restantes son por las actividades industriales y el consumo humano (IPEC, 2007; GWP, 2013).
Tendencia	-

Direccionalidad	-
Alcance	No ha sido propuesto.
Limitaciones	-
Fórmula	-
Definición de variables	-
Escala	Regional/Provincial
Periodicidad	-

Cantidad promedio de agua consumida <i>per cápita</i> en la región	
Descripción	Expresa cuantitativamente el agua consumida por la red de distribución de la región.
Pertinencia	Para la GIRH, los cuerpos de agua superficiales y subterráneos deben mantenerse en niveles que puedan utilizarse para las generaciones futuras por lo tanto deben fijarse metas de consumo que puedan ser cumplidas por los distritos y la región de forma coordinada. Para ello, debe conocerse la cantidad de agua que consume la población a fin de reconocer sus usos en las actividades cotidianas, tendientes a utilizarlos de manera sustentable (IPEC, 2007; GWP, 2013).
Tendencia	-
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Valor 5 [Muy alta. >450 litros/habitante/día], Valor 4 [Alta. 450-350 litros/habitante/día]; Valor 3 [Media. 350-250 litros/habitante/día]; Valor 2 [Baja. 250-150 litros/habitante/día]; Valor 1 [Muy baja. <150 litros/habitante/día]. Criterio de evaluación propuesto basado en WHO (2011), DNAPyS (2017) e información provista por especialista en la temática.
Limitaciones	No es una medida estricta del consumo de la población, ya que incluye las conexiones irregulares, las pérdidas en el sistema y las comerciales. Cuando el consumo sea menor a 150 lts/hab/día no significa que sea “bueno” desde el punto de vista de salud pública, sino que puede deberse a una menor extracción de los cuerpos de agua o a un problema en el suministro del servicio. (DNAPyS, 2017).
Fórmula	-
Definición de variables	Indicador propuesto basado en WHO (2011), DNAPyS (2017) e información provista por especialista en la temática. Valoración del <i>Alcance</i> a partir de entrevistas con actores/actrices clave. No se dispone de fórmulas oficiales adoptadas por Prestadores. Sin embargo, se entiende que es un cálculo donde intervienen los costos de producción y el costo total facturado.
Escala	Provincial
Periodicidad	Anual

Porcentaje de la superficie provincial con uso de suelo agropecuario	
Descripción	Expresa cuantitativamente el espacio provincial destinado a la producción agropecuaria.
Pertinencia	Las actividades agropecuarias, como toda una actividad productiva, puede traer aparejado impactos negativos por contaminación y alteración en el paisaje, en detrimento del ecosistema y sus funciones. A lo largo del tiempo, se adoptan y adoptaron diversas estrategias de manejo y tecnologías asociadas que, en nuestra región pampeana, tendieron a la agricultura y al reemplazo de maquinarias con insumos químicos, con la finalidad de aumentar los rendimientos (Palacio-Prieto <i>et al.</i> , 2004; Sarandón y Flores, 2014).
Tendencia	Aumento
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Valor 5 [Muy alta. >80% de la superficie provincial con superficie agrícola]; Valor 4 [Alta 80%-70% de la superficie provincial con superficie agrícola]; Valor 3 [Media 70%-60% de la superficie provincial con superficie agrícola]; Valor 2 [Baja 60%-50% de la superficie provincial con superficie agrícola]; Valor 1 [Muy baja <50% de la superficie provincial con superficie agrícola]. Criterio de evaluación propuesto establecido en conjunto con especialista en la temática.
Limitaciones	-

Fórmula	$\% \text{ Superficie con uso de suelo agropecuario provincial (o ecorregional)} = (\text{Superficie con uso de suelo agropecuario provincial (o ecorregional)} / \text{Superficie provincial (o ecorregional)}) * 100.$
Definición de variables	Indicador establecido por Palacio-Prieto <i>et al.</i> (2004). <i>Superficie con uso de suelo agropecuario</i> : superficie destinada a cultivos agrícolas y forrajes, y la superficie estimada para producción animal.
Escala	Provincial
Periodicidad	5 años

Indicador de Impacto Relativo (IIR) industrial provincial	
Descripción	Expresa cuantitativamente el impacto ambiental potencial del sector industrial provincial.
Pertinencia	Las diversas actividades productivas que contribuyen a la economía provincial pueden implicar un riesgo de contaminación con los ecosistemas y el paisaje. Establecer sectores con mayores impactos negativos puede contribuir a determinar medidas de reducción o erradicación, compatibles con los plazos ecológicos a nivel provincial (SAyDS, 2019b).
Tendencia	-
Direccionalidad	Descenso
Alcance	Valor 5 [$IIR > 7$]; Valor 3 [$7 > IIR > 5$]; Valor 1 [$5 < IIR$]. Criterio de evaluación establecido por SAyDS (2019b).
Limitaciones	“La información disponible no permite diseñar indicadores de carácter absoluto, dado que no se cuenta con una base de datos sólida en términos estadísticos de impactos ambientales a nivel provincial, actualizada y con criterios uniformes, y mucho menos aún que provean un mínimo de información que permitiera la desagregación de los impactos respecto a las distintas actividades manufactureras y menos a nivel de la gestión ambiental que realiza cada empresa.” (SAyDS, 2019b).
Fórmula	$\sum IIR_{Total} = \sum IIR_{C/AspAmb} = \sum (\%VPI_{C/sector} * IIE_{C/sector}).$
Definición de variables	Indicador establecido por SAyDS (2019b). IIR = Indicador de Impacto Relativo % VPI = (% del Valor de producción para cada actividad y para cada subrama)/Valor Total de Producción provincial. IIE = Indicador de Impacto Específico: “Valores de 1, 5 o 10 correspondiente a cada Índice de Impacto Ambiental (1, 2 o 3) y para cada uno de los cinco aspectos ambientales significativos considerados (Recursos, Residuos, Efluentes, Emisiones y Productos).” SAyDS (2019b).
Escala	Provincial
Periodicidad	5 años

Aumento de la cantidad anual de las precipitaciones en la región	
Descripción	Expresa cuantitativamente la evolución de las precipitaciones anuales en los últimos 20 años en la ecorregión pampeana.
Pertinencia	La variabilidad climática en la región es un fenómeno que es necesario contemplar a la hora de gestionar el territorio. En la región pampeana, el aumento de las precipitaciones (anuales) es uno de los componentes atmosféricos que pueden vincularse al cambio climático, así como también a través del aumento de eventos relacionados a fenómenos extremos como sequías y/o excesos hídricos. Esto último está estrechamente asociado al aumento del ingreso de agua en un sitio y trae aparejado consecuencias a nivel hídrico, ecosistémico y productivo. En los últimos decenios, en áreas de llanura estos cambios pueden conllevar al aumento o disminución de las cosechas en la región, así como también aumentar la superficie de anegamientos temporarios u ocasionar desbordes en canales y/o arroyos, provocando desastres tanto ambientales, como productivos y sociales (IPCC, 2008; Barros <i>et al.</i> , 2015; Chesini <i>et al.</i> , 2019; MPyTN, 2019).
Tendencia	Aumento
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Valor 5 [$> 65\%$ aumento en la cantidad de las precipitaciones anuales en la ecorregión pampeana en 20 años]; Valor 4 [$65\%-45\%$ aumento en la cantidad de las precipitaciones anuales en la ecorregión pampeana en 20 años]; Valor 3 [$45\%-25\%$ aumento en la cantidad de las precipitaciones anuales en la ecorregión pampeana en 20 años]; Valor 2 [$25\%-5\%$ aumento en la cantidad de las precipitaciones anuales en la ecorregión pampeana en 20 años]; Valor 1 [$< 5\%$ aumento en la cantidad de las precipitaciones anuales en la ecorregión pampeana en 20 años]. Criterio de evaluación establecido por especialista en la temática.
Limitaciones	Los registros pueden o no estar asociados al cambio climático.

Fórmula	-
Definición de variables	Indicador propuesto consultado con especialista en la temática. Existencia de registros formales (académicos u oficiales) de datos climáticos y/o estadísticas climáticas asociadas a la variabilidad climática y/o al cambio climático.
Escala	Local/regional/ecorregional
Periodicidad	Anual

Aumento en la intensidad de lluvias en la región	
Descripción	Expresa cuantitativamente la evolución de la intensidad de las grandes lluvias en los últimos 20 años en la ecorregión pampeana.
Pertinencia	Ver indicador <i>Aumento de la cantidad anual de las precipitaciones en la región</i> .
Tendencia	Aumento
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Valor 5 [>65% aumento en la intensidad de grandes lluvias en la ecorregión pampeana en 20 años]; Valor 4 [65%-45% aumento en la intensidad de grandes lluvias en la ecorregión pampeana en 20 años]; Valor 3 [45%-25% aumento en la intensidad de grandes lluvias en la ecorregión pampeana en 20 años]; Valor 2 [25%-5% aumento en la intensidad de grandes lluvias en la ecorregión pampeana en 20 años]; Valor 1 [<5% aumento en la intensidad de grandes lluvias en la ecorregión pampeana en 20 años]. Criterio de evaluación establecido por especialista en la temática.
Limitaciones	Los registros pueden o no estar asociados al cambio climático.
Fórmula	-
Definición de variables	Indicador propuesto consultado con especialista en la temática. Existencia de registros formales (académicos u oficiales) de datos climáticos y/o estadísticas climáticas asociadas a la variabilidad climática y/o al cambio climático.
Escala	Local/regional/ecorregional
Periodicidad	Anual

Aumento del nivel freático regional asociado a cambios del uso del suelo	
Descripción	Expresa cualitativamente el aumento del nivel freático asociado al cambio del uso del suelo en la ecorregión pampeana en los últimos 10 años.
Pertinencia	Los cambios en el nivel freático en territorios llanos pueden vincularse a las inundaciones y anegamientos temporarios. A su vez, estos cambios en el nivel freático pueden estar asociados a los cambios en el uso antrópico, devenidos de la intensificación de la agricultura en la ecorregión pampeana y trajeron aparejado consecuencias en anegamientos e inundaciones para la población, e interrupciones en puntos de recarga en el acuífero ({Deluchi <i>et al.</i> (2005)} en Anibalini <i>et al.</i> , s/f; Cisneros <i>et al.</i> , 2014; García <i>et al.</i> , 2018).
Tendencia	Aumento
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Valor 5 [Existencia de al menos un registro]; Valor 1 [Inexistencia de registros]. Criterio de evaluación propuesto, consultado con especialista en la temática.
Limitaciones	-
Fórmula	-
Definición de variables	Indicador propuesto consultado, con especialista en la temática. Existencia de al menos un registro formal (académicos u oficiales) de datos de aumento en alguna localidad y/o integrante de la ecorregión pampeana, asociada al aumento del nivel freático en los últimos 10 años.
Valor	Local/regional/ecorregional
Periodicidad	5 años

Porcentaje de protección de la/s ecorregión/es de la cuenca en estudio	
Descripción	Expresa cuantitativamente el espacio que está declarado como Áreas Protegidas de las ecorregiones que abarcan la cuenca en estudio.
Pertinencia	La representación de la ecorregión en áreas protegidas donde se encuentra inmersa la cuenca en estudio, está íntimamente ligada a la conservación ya que un mayor porcentaje de representación significa una mayor probabilidad y/o capacidad de mantener las funciones ecológicas asociadas a sus servicios ecosistémicos, incluido entre ellos el rol ecológico de los cuerpos de agua (Palacio-Prieto <i>et al.</i> , 2004; APN-FVSA, 2007).
Tendencia	Aumento
Direccionalidad	Aumento

Alcance	Valor 5 [Representatividad satisfactoria. >15% de la ecorregión protegida]; Valor 3 [Representatividad Insuficiente. 15%-3% de la ecorregión protegida]; Valor 1 [Representatividad pobre. <3% de la ecorregión protegida]. Criterio de evaluación establecido por APN-FVSA (2007).
Limitaciones	Se asume que las áreas protegidas funcionan de forma adecuada. Es “[...] grosero e incompleto a la hora de evaluar la calidad de la protección ejercida sobre la biodiversidad. No pondera sesgos debidos a problemas de forma, tamaño, aislamiento o distribución en la ecorregión, de las AP comprendidas, y menos aún, la efectividad de su manejo y la situación de su entorno.” (APN-FVSA, 2007).
Fórmula	$\% \text{ Representatividad} = \left[\frac{\sum \text{Áreas Protegidas de la ecorregión pampeana}}{\text{Área total de la ecorregión pampeana}} \right] * 100$.
Definición de variables	Indicador establecido por APN-FVSA (2007). Se entiende a Áreas Protegidas a aquellas que se encuentren Registradas en la Base de Datos del SIFAP y que pertenezcan a las ecorregiones definidas por Morello <i>et al.</i> (2012).
Valor	Ecorregional
Periodicidad	3 años

Existencia de cuerpos de agua aledaños protegidos	
Descripción	Expresa cualitativamente la protección de cuerpos de agua aledaños a la cuenca en estudio.
Pertinencia	Según la Ley Provincial N° 12.175, las RHN son entendidas como áreas que poseen cuencas de captación o reservorios hídricos, insertos en ambientes silvestres, que califique su especial significación ecológica y/o turística, y/o, b) que sean declaradas como tales. La existencia de áreas hídricas protegidas otorga un marco de protección legal, sentando un precedente importante en el territorio, ya que se contempla la decisión de conservar los cuerpos de agua a las generaciones futuras. Estos son el soporte vital de los ecosistemas acuáticos, ribereños y de los humedales, y a su vez proveen servicios ecosistémicos a la población (GWP, 2013; Dorsi, 2016; Domínguez <i>et al.</i> , 2020).
Tendencia	-
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Valor 5 [Inexistencia de al menos una RHN u otra normativa que declare en forma explícita la protección de los cuerpos de agua superficiales, en cuencas hídricas aledañas]; Valor 1 [Existencia de RHN o de normativas que protejan los cuerpos de agua superficiales en cuencas hídricas aledañas]. Criterio de evaluación propuesto basado en normativa vigente.
Limitaciones	Se asume que el término <i>aledaño</i> es el espacio externo al sitio de estudio, pudiendo ser otra localidad o cuenca. No explicita cuántos cuerpos de agua están protegidos. No asegura la eficacia de protección ambiental ni su gestión.
Fórmula	-
Definición de variables	Indicador propuesto basado en normativa vigente. Existencia o no de Reservas Hídricas Naturales (RHN) o humedales u otra normativa que considere la protección de los cuerpos de agua, en Santa Fe, en concordancia con los Arts. 48 y 49 de las Leyes prov. N° 12.175 y N° 13.932.
Escala	Regional
Periodicidad	Anual

Pendiente media de la cuenca en estudio	
Descripción	Expresa cuantitativamente el tipo de pendiente por el cual el agua superficial fluye en la cuenca en estudio.
Pertinencia	Permite contemplar en líneas generales la vulnerabilidad de la cuenca a pulsos de anegamientos o inundaciones. Estas pueden constituir los valles de inundación, los cuales “son áreas de superficie adyacentes a ríos o riachuelos, sujetas a inundaciones recurrentes.”. Así, estas planicies son zonas de captación hídrica y constituyen reservorios de agua temporarios en épocas de creciente y la misma es una función ecosistémica clave en espacios altamente ocupados por la población humana. También son consideradas áreas de máximo riesgo hídrico ya que son espacios que presentan un conflicto territorial por su utilización y riesgo de contaminación; éstas son las planicies de los ríos y arroyos, lagos, lagunas y zonas bajas (OEA, 1993; Hernández <i>et al.</i> , 2003; Monti, 2009).
Tendencia	-
Direccionalidad	-
Alcance	Valor 5 [Pendiente ligera. <0,99%]; Valor 3 [Pendiente moderada. 1,99%-1,00%]; Valor 1 [Pendiente fuerte. >2,00%]. Criterio de evaluación utilizado por Monti (2009).
Limitaciones	Se asume que a mayores pendientes el agua superficial fluye y sería menos probable que se anegue la cuenca. Esto debe relacionarse como una descripción de un paisaje en la cual

	existe actividad humana permanente.
Fórmula	$S = \sum (L_i * \Delta h_i) / A_i$
Definición de variables	Indicador utilizado por Monti (2009). “S= Pendiente media L _i = Longitud de la curva de nivel Δh _i = diferencia de altura entre dos curvas de nivel contiguas. A _i = Área de la cuenca en estudio.” (Monti, 2009).
Escala	Cuenca
Periodicidad	Única

Indicadores de Presión (P)

Porcentaje de hogares de cada localidad con acceso a agua de red	
Descripción	Expresa cuantitativamente los hogares de cada localidad que tienen agua de red de distribución.
Pertinencia	Ver Indicador <i>Porcentaje de hogares provinciales con acceso a agua de red</i> .
Tendencia	Aumento
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Ver Indicador <i>Porcentaje de hogares provinciales con acceso a agua de red</i> .
Limitaciones	No revela la potabilidad del agua en las viviendas.
Fórmula	% Hogares c/red = (N° de hogares con red de distribución de la localidad/ Total de hogares de la localidad)*100.
Definición de variables	Ver Indicador <i>Porcentaje de hogares provinciales con acceso a agua de red</i> .
Escala	Local
Periodicidad	Cada año

Porcentaje de hogares de cada localidad con acceso a cloaca	
Descripción	Expresa cuantitativamente los hogares locales que tienen desagüe cloacal.
Pertinencia	Ver Indicador <i>Porcentaje de hogares provinciales con cloacas</i> .
Tendencia	Aumento
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Ver Indicador <i>Porcentaje de hogares provinciales con cloacas</i> .
Limitaciones	-
Fórmula	% Hogares con cloacas = (N° de hogares con cloacas localidad/ Total de hogares de la localidad)*100.
Definición de variables	Ver Indicador <i>Porcentaje de hogares provinciales con cloacas</i> .
Escala	Local
Periodicidad	Anual

Porcentaje de hogares de cada localidad sin acceso a agua de red, cloaca y/o pozo séptico	
Descripción	Expresa cuantitativamente los hogares locales con deficiencias en el servicio de agua potable y saneamiento.
Pertinencia	Es un indicador de la calidad de construcción de la vivienda, y del déficit de agua potable y saneamiento que poseen los hogares de las localidades. No solo puede reflejar el grado de contaminación con los efluentes líquidos generados sino también, el riesgo de las familias a sufrir algún accidente y/o contraer enfermedades por exposiciones por las condiciones edilicias precarias, así como también, por la falta de higiene y de acceso agua de red (IPEC, 2010a; INDEC, 2012).
Tendencia	Descenso
Direccionalidad	Descenso
Alcance	Valor 5 [100%-90,1%]; Valor 4 [90%-60,1%]; Valor 3 [60%-30,1%]; Valor 2 [30%-10,1%]; Valor 1 [10%-0%]. Criterio de evaluación establecido por IPEC (2010a).
Limitaciones	-
Fórmula	% Hogares s/ acceso a agua de red, cloaca y/o pozo séptico = (N° de Hogares con calidad constructiva insuficiente de una localidad/N° Total Hogares de la localidad)*100.
Definición de	Indicador establecido por IPEC (2010a). “Los conceptos de calidad de la vivienda considerados son Calidad satisfactoria: refiere a las viviendas que disponen de agua a red pública y desagüe cloacal. Calidad básica: describe la

variables	situación de aquellas viviendas que disponen de agua de red pública y el desagüe a pozo con cámara séptica. Calidad insuficiente: engloba a las viviendas que no cumplen ninguna de las 2 condiciones anteriores.”.
Escala	Local
Periodicidad	5 años

Cantidad promedio de agua potable consumida <i>per cápita</i> por localidad	
Descripción	Expresa cuantitativamente el consumo local de agua de la red de distribución.
Pertinencia	Ver Indicador <i>Cantidad promedio de agua potable consumida per cápita en la región.</i>
Tendencia	-
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Ver Indicador <i>Cantidad promedio de agua potable consumida per cápita en la región.</i>
Limitaciones	Ver Indicador <i>Cantidad promedio de agua potable consumida per cápita en la región.</i>
Fórmula	-
Definición de variables	Ver Indicador <i>Cantidad promedio de agua potable consumida per cápita en la región.</i>
Escala	Local
Periodicidad	Anual

Cantidad promedio de agua consumida por sector por localidad ⁽¹⁾	
Descripción	-
Pertinencia	Ver Indicador <i>Cantidad promedio de agua potable consumida por sector en la región.</i>
Tendencia	-
Direccionalidad	-
Alcance	No ha sido propuesto.
Limitaciones	-
Fórmula	-
Definición de variables	-
Escala	Local/Regional
Periodicidad	-

Cambio en la cobertura vegetal natural	
Descripción	Expresa cuantitativamente la evolución de la cobertura vegetal natural en un período de 50 años de la cuenca en estudio.
Pertinencia	A lo largo del tiempo, el avance de las actividades agrícolas y de la urbanización en el paisaje modificó gradualmente la cobertura vegetal natural y con ello sus interacciones ecológicas. La cobertura vegetal es el principal soporte de las comunidades biológicas terrestres, la cual es proveedora de alimentos, de refugio y lugar de reproducción. Además, la misma aporta a la evapotranspiración de un paisaje y de los ecosistemas terrestres cumpliendo un rol de relevancia en el balance hídrico en áreas con poca pendiente, y a su vez, las comunidades vegetales pueden jugar un papel esencial en la retención de contaminantes. Su reducción implica la pérdida de hábitat, la principal causa del desplazamiento y/o extinción local de las especies, así como también implica un detrimento de los servicios ecosistémicos asociados al mantenimiento de la calidad y la cantidad de los cuerpos de agua (Palacio-Prieto <i>et al.</i> , 2004; Quijano Pinzón, 2016).
Tendencia	Aumento
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Valor 5 [Muy alta. > 40%]; Valor 4 [Alta. 40%-31%]; Valor 3 [Medianamente alta. 30%-21%]; Valor 2 [Media. 20%-11%]; Valor 1 [Baja. <10%]. Criterio de evaluación establecido por Quijano Pinzón (2016).
Limitaciones	Es un estimador general donde no se aprecian las especies nativas y exóticas, por lo que es inexacto en términos ecológicos.
Fórmula	$C = [(T2-T1)/n - 1] * 100\%$
	Indicador establecido por Palacio-Prieto <i>et al.</i> (2004). C = tasa de cambio de la vegetación T1= Cobertura del año de inicio T2: Cobertura de año más reciente n = número de años entre T1 y T2

Definición de variables	<i>Vegetación Degradada</i> : “Cantidad de superficie que presentó cambios en el uso del suelo, pérdida de cobertura vegetal no arbórea (otros tipos de vegetación, vegetación hidrófila, matorral y pastizales naturales), por pastizales inducidos y cultivados, cultivos y otras coberturas” (Palacio-Prieto <i>et al.</i> , 2004)
Escala	Cuenca
Periodicidad	Cada 5 años

Índice de Presión Demográfica (IPD) local	
Descripción	Expresa cuantitativamente el incremento de la densidad poblacional local en un período de diez años.
Pertinencia	Ver Indicador <i>Índice de Presión Demográfica provincial</i> .
Tendencia	Aumento
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Ver Indicador <i>Índice de Presión Demográfica provincial</i> .
Limitaciones	-
Fórmula	$IPD = DP_{AÑO INICIAL} * r$.
Definición de variables	Indicador establecido por Márquez Calle (2000). Ver Indicador <i>Índice de Presión Demográfica provincial</i> .
Escala	Local
Periodicidad	5 años

Expansión urbana-industrial local	
Descripción	Expresa cualitativamente la expansión local destinada a espacios urbanos e industriales en los últimos 10 años.
Pertinencia	El cambio del uso del espacio para urbanización y actividades industriales reemplaza la vegetación nativa y puede alterar servicios ecosistémicos clave, como la retención de agua y la infiltración de agua a Valor local, influyendo en la “densidad, longitud y sinuosidad de los cursos de aguas naturales”, así como también, puede indicar un corrimiento de las zonas periurbanas, pudiendo generar nuevos conflictos por sus usos. (Palacio-Prieto <i>et al.</i> , 2004; Vidal y Romero, 2010).
Tendencia	Aumento
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Valor 4 [100%-75% de aumento en la superficie local]; Valor 3 [75%-50% de aumento en la superficie local]; Valor 2 [50%-25% de aumento en la superficie local]; Valor 1 [25%-0% de aumento en la superficie local]. Criterio de evaluación establecido por Dorsi (2016).
Limitaciones	-
Fórmula	$\% \text{ Expansión urbana local} = \frac{[\text{Superficie de usos de suelo urbano e industrial local final (10 años después)} - \text{Superficie uso del suelo urbano e industrial local inicial (10 años antes)}]}{\text{superficie urbana e industrial local inicial (10 años antes)}} * 100$.
Definición de variables	Indicador adaptado de Dorsi (2016). Se adopta la definición de <i>uso del suelo urbano</i> según Dorsi (2016), exceptuando los usos del suelo destinado a actividades agropecuarias. <i>Usos de suelo urbano e industrial</i> : “Residencial, Residencial extraurbano, Comercial, Equipamiento, Recreativo, Industrial, Cavas (La cava puede llegar a afectar la calidad del recurso hídrico subterráneo), Uso específico y Manzanas vacantes (manzanas que no cuentan con ningún tipo de uso)”.
Escala	Local
Periodicidad	5 años

Porcentaje de superficie local con uso de suelo agrícola	
Descripción	Expresa cuantitativamente el espacio que se destina a actividades agrícolas locales con cultivos extensivos anuales.
Pertinencia	“Es una expresión específica de la presión de las actividades agropecuarias sobre coberturas de terreno naturales y permite la detección espacial de áreas particularmente dinámicas que reflejan cambio de cobertura natural” (Palacio-Prieto <i>et al.</i> , 2004).
Tendencia	-
Direccionalidad	Aumento

Alcance	Valor 5 [>70% superficie con uso de suelo agrícola en la localidad]; Valor 4 [70%-50% superficie con uso de suelo agrícola en la localidad]; Valor 3 [50%-30% superficie agrícola en la localidad]; Valor 2 [30%-10% superficie con uso de suelo agrícola en la localidad]; Valor 1 [<10% superficie con uso de suelo agrícola en la localidad]. Criterio de evaluación propuesto establecido en conjunto con especialista en la temática.
Limitaciones	-
Fórmula	% superficie con uso de suelo agrícola local = (Superficie con uso de suelo agrícola local actual/ superficie total de la localidad) *100.
Definición de variables	Indicador establecido por Palacio-Prieto <i>et al.</i> (2004). <i>Superficie con uso de suelo agrícola local actual</i> : superficie ocupada por los cultivos extensivos anuales.
Escala	Local
Periodicidad	5 años

Porcentaje de superficie local con uso de suelo urbano e industrial	
Descripción	Expresa cuantitativamente el espacio local con uso de suelo urbano e industrial.
Pertinencia	Ver Indicador <i>Expansión urbana-industrial local</i> .
Tendencia	Aumento
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Valor 5 [>55% de la superficie c/ uso de suelo urbano e industrial local]; Valor 4 [55%-40% de la superficie c/ uso de suelo urbano e industrial local]; Valor 3 [40%-25% de la superficie c/ uso de suelo urbano e industrial local]; Valor 2 [25%-10% de la superficie c/ uso de suelo urbano e industrial local]; Valor 1 [<10% de la superficie c/ uso de suelo urbano e industrial local]. Criterio de evaluación propuesto establecido en conjunto con especialista en la temática.
Limitaciones	-
Fórmula	% uso de suelo urbano e industrial local = (Superficie con uso de suelo urbano e industrial local actual/ superficie total de la localidad) *100.
Definición de variables	Ver <i>Usos de suelo urbano e industrial</i> en Dorsi (2016).
Escala	Local
Periodicidad	Cada año

Densidad de la infraestructura de transporte local actual	
Descripción	Expresa cuantitativamente las conexiones viales en relación a la localidad.
Pertinencia	“Los usos urbanos y la red de transporte, intervienen y en ocasiones reemplazan los cursos naturales de agua, afectando la geometría de la red de drenaje. Así, se superponen redes viales u otros espacios de características impermeables en lugar de redes de drenaje natural, lo que altera seriamente el sistema hídrico de la cuenca, incrementando el escurrimiento superficial del agua” (Vidal y Romero, 2010).
Tendencia	Aumento
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Valor 5 [Alta densidad por localidad. >0,66 km/km ²]; Valor 3 [Densidad media por localidad. 0,66 - 0,33 km/km ²]; Valor 1 [Baja densidad por localidad. <0,33 km/km ²]. Criterio de evaluación propuesto basado en Serrano Martínez (2003).
Limitaciones	No cuantifica caminos irregulares o no pavimentados, ni calles pavimentadas dentro de la zona urbana.
Fórmula	Densidad de infraestructura de transporte local = $\sum$ (Longitud Infraestructura transporte local) / Superficie total de la localidad. Criterio propuesto.
Definición de variables	Indicador propuesto basado en Serrano Martínez (2003). <i>Infraestructura de transporte</i> : Calles principales, Rutas nacionales, rutas provinciales, vías férreas.
Escala	Local
Periodicidad	2 años

Intervención del escurrimiento natural por obras hídricas regulares	
Descripción	Expresa cualitativamente la intervención de las obras hídricas de la cuenca en estudio.

Pertinencia	Las modificaciones antrópicas influyen y modifican el movimiento natural del agua. Son avaladas por los Organismos públicos y tienen como función garantizar el bienestar de la población evitando anegamientos e inundaciones en las zonas urbanas y vías de conexión entre localidades. Cada una posee un impacto de diferentes dimensiones dentro de una cuenca. Esto trae aparejado como consecuencia modificaciones hidrológicas dentro de los pequeños ecosistemas que se desarrollaban antiguamente impactando en ellos (Zimmerman <i>et al.</i> , 2001; Hernández <i>et al.</i> , 2003; Biasatti <i>et al.</i> , 2016).
Tendencia	Aumento
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Valor 5 [Muy intervenido: Las obras hídricas son muchas y/o tienen alto impacto sobre el movimiento global natural del curso de agua superficial]; Valor 3 [Medianamente intervenido: las obras hídricas son varias y/o tienen impacto intermedio sobre el movimiento natural global del curso de agua superficial]; Valor 1 [No intervenido o escasamente intervenido: Las obras hídricas son pocas o tienen bajo impacto global sobre el movimiento natural de los cursos de agua superficiales]. Criterio de evaluación propuesto basado en Hernández <i>et al.</i> (2003) y consultado a especialistas en la temática.
Limitaciones	-
Fórmula	-
Definición de variables	Indicador propuesto basado en normativas vigentes y en Hernández <i>et al.</i> (2003) y consultado a especialistas en la temática. Valoración del <i>Alcance</i> a partir de entrevistas a actor/es clave/s. <i>Obras hídricas regulares</i> : Aquellas que estén aprobadas por la Autoridad Competente, según Ley prov. N° 13.740. Estas pueden ser: presas de retención, entubamientos, canales de desagüe pluvio-cloacales, cordones-cuneta, terraplenes, zanjeos, entre otros.
Escala	Cuenca
Periodicidad	3 años

Existencia de asentamientos irregulares locales en zonas inundables	
Descripción	Expresa cualitativamente la existencia de asentamientos irregulares en áreas inundables locales.
Pertinencia	Las planicies de inundación están en las inmediaciones de cursos de agua superficiales y zonas de napas cercanas a la superficie; las mismas confieren un riesgo sanitario, y de contaminación en nuestra región. El avance urbano implica el negocio inmobiliario y el asentamiento de casas precarias, ocupando el espacio en estas zonas. Esto último es de extremo interés para tomar medidas de protección integrales al bienestar humano y el ambiente ya que las familias carecen de recursos económicos, estableciéndose en lugares marginales, poco seguros y sin condiciones sanitarias adecuadas, pudiendo implicar contaminación de los cuerpos de agua por residuos y efluentes domésticos (Hernández <i>et al.</i> , 2003; Herzer, 2005; INDEC, 2012).
Tendencia	Aumento
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Valor 5 [Existencia]; Valor 1 [Inexistencia]. Criterio de evaluación propuesto.
Limitaciones	-
Fórmula	-
Definición de variables	Indicador propuesto basado en Hernández <i>et al.</i> (2003) y Herzer (2005). Valoración del <i>Alcance</i> con entrevistas a actor/es clave/s. <i>Asentamientos irregulares locales</i> : aquellas viviendas que no poseen una aprobación de construcción por los Organismos públicos competentes.
Escala	Local
Periodicidad	2 años

Cantidad de canales irregulares locales	
Descripción	Expresa cuantitativamente los reservorios temporales de agua local que son drenados de los cursos de agua asociadas a la actividad agrícola.
Pertinencia	Los canales irregulares son intervenciones humanas particulares sin ningún tipo de aval formal que se utilizan para drenar pequeños humedales temporarios, y son provenientes, generalmente, de lotes agrícolas que aumentan la superficie a sembrar y evitan el anegamiento temporario de sus lotes en épocas lluviosas. Sin embargo, este alivio puntual, trae como consecuencia un aumento de caudal mayor aguas abajo, provocando anegamientos y un aumento del caudal de los cursos de agua (Hernández <i>et al.</i> , 2003; Mosconi Frey, 2018).
Tendencia	Aumento

Direccionalidad	Aumento
Alcance	Valor 5 [>40 - 30 canales irregulares/localidad]; Valor 4 [30-20 canales irregulares/localidad]; Valor 3 [20-10 canales irregulares/localidad]; Valor 2 [10-0 canales irregulares/localidad]; Valor 1 [No existen canales irregulares/localidad]. Criterio de evaluación propuesto establecido en conjunto con especialista en la temática.
Limitaciones	Se asume que a mayor número de canales irregulares existe un aumento de probabilidad de escorrentía y esto último tenga como consecuencia, anegamiento/o inundaciones urbanas.
Fórmula	-
Definición de variables	Indicador propuesto establecido en conjunto con especialista en la temática. <i>Canales irregulares</i> : aquellos canales que no posean una autorización por la Autoridad de aplicación, que no sigan un patrón de infraestructura lógica y que, además, desemboquen en los cuerpos de agua.
Escala	Local
Periodicidad	2 años

Existencia de áreas agrícolas local con riesgo alto de impacto ambiental por agroquímicos	
Descripción	Expresa cualitativamente la existencia de espacios agrícolas locales con alto riesgo de impacto en el ambiente con agroquímicos.
Pertinencia	En la región pampeana, la tecnología de insumos estuvo aparejada con un modelo de uso del suelo, derivado de la Revolución Verde, el cual predomina en la actualidad. Los agroquímicos pueden dividirse funcionalmente en pesticidas y fertilizantes. Éstos pueden deteriorar la calidad del agua trayendo aparejado un cambio de diversidad de especies críticas como especies planctónicas (bases tróficas alimentarias de peces en ríos y arroyos), disminuyendo la conservación del sistema hídrico. Esta actividad productiva es que es en “extensión”, lo que implica que es dificultoso reconocer el origen de una fuente cuando se produce contaminación, se conoce como fuente no localizada (FAO, 1997; GWP, 2013; {Castoldi <i>et al.</i> , 2007} en Montico <i>et al.</i> , 2017; Domínguez <i>et al.</i> , 2020; Somoza, 2021).
Tendencia	-
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Valor 5 [Alto. Existencia de áreas agrícolas con $IRA > 7$]; Valor 1 [Bajo. Inexistencia de áreas agrícolas con $IRA > 7$]. Criterio de evaluación propuesto.
Limitaciones	Es indirecto ya que no está totalmente relacionado con la contaminación de los cuerpos de agua.
Fórmula	-
Definición de variables	Indicador propuesto basado en criterio propuesto por Montico y Di Leo (2015). Se propone pesticidas. Se toma el criterio de evaluación de Montico y Di Leo (2015): Riesgo de contaminación bajo [$IRA > 7$]; Riesgo de contaminación medio [$6 < IRA < 7$]; Riesgo de contaminación alto [$IRA < 6$]. Se asume que en cada unidad productiva “se utilizan los principios activos más utilizados, dosis promedio de cada producto y oportunidad de aplicación más frecuente”. El Índice de Riesgo Ambiental (IRA) “consiste en un programa basado en el Ipest que vincula información de la gestión de uso de plaguicidas y componentes agroambientales (relieve, suelo y agua)” (Montico y Di Leo, 2015).
Escala	Local
Periodicidad	2 años

Riesgo de impacto ambiental local por cantidad de tambos	
Descripción	Expresa cuantitativamente el riesgo de impacto ambiental por presencia de tambos locales.
Pertinencia	Los lixiviados orgánicos provenientes de los efluentes de los animales, pueden generar tanto eutrofización en cuerpos de agua superficiales, como contaminación en los cuerpos subsuperficiales más cercanos. La particularidad de esta actividad productiva es que está asociada a la generación de cavas estercoleras donde se deposita el estiércol ganadero, lo que implica es un mayor riesgo por contaminación para aguas subsuperficiales (FAO, 1997; Martí, 2014; Domínguez <i>et al.</i> , 2020).
Tendencia	-
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Valor 5 [Riesgo alto de impacto. 105 -71 tambos/localidad]; Valor 3 [Riesgo medio de impacto. 70 - 36 tambos/localidad]; Valor 1 [Riesgo bajo de impacto. 35 - 0 tambos/localidad]. Criterio de evaluación establecido en base a IDEF (2015) y consultado a especialista en la temática.
Limitaciones	Se asume que todos los tambos poseen igual número de ganado vacuno, y que a mayor N° de tambos, existe mayor N° o tamaño de las cavas estercoleras que, conlleva un mayor riesgo de

	impacto ambiental por el incremento de la cantidad de efluentes totales dentro de cada tambo.
Fórmula	-
Definición de variables	Indicador propuesto basado en IDESF (2015) y consultado a especialista en la temática.
Escala	Local
Periodicidad	2 años

Cantidad de industrias locales con riesgo alto y medio de impacto ambiental	
Descripción	Expresa cualitativamente el riesgo de alto y medio impacto ambiental de las industrias locales.
Pertinencia	Las industrias tienen diferentes permisos de volcamiento de sus impactos negativos en el ambiente avalados por las normativas vigentes. Pueden clasificarse como fuentes localizadas: “está asociada a las actividades en que el agua residual va a parar directamente a las masas de agua receptoras, por ejemplo, mediante cañerías de descarga, en las que se pueden fácilmente cuantificar y controlar.”. Frente a un mal manejo y/o accidente dentro de sus impactos en los cuerpos de agua pueden generar contaminantes de distintos orígenes que afecten su calidad, y por ende, la estabilidad de las comunidades acuáticas (FAO, 1997; Domínguez <i>et al.</i> , 2020).
Tendencia	-
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Valor 5 [Riesgo alto de impacto ambiental. Existencia de 1 o más complejos industriales o existencia de 2 o más industrias con Categoría III por localidad]; Valor 3 [Riesgo medio de impacto ambiental. Existencia de 1 industria Cat. III y 10 o más industrias Cat. II; o existencia de >20 industrias Cat. II por localidad]; Valor 1 [Riesgo bajo de impacto ambiental. Existencia de menos de 20 industrias Cat. II por localidad]. Criterio de evaluación establecido en conjunto con especialista en la temática.
Limitaciones	Se asume que a mayor número de industrias de Categoría II y III (Dec.prov. N° 101/03) el riesgo de impacto ambiental es mayor; y que las mismas poseen cada una, un Plan de Gestión Ambiental para minimizar su impacto ambiental. Es indirecto ya que estima la probabilidad de contaminación de los cuerpos de agua a través de la generación de efluentes líquidos industriales. No tienen en cuenta las industrias emplazadas en sitios colindantes a la cuenca en estudio que puedan tener influencia en sus cursos de agua o viceversa. No tiene en cuenta las industrias con descarga a colectora de efluentes pluvio-cloacales o cloacales.
Fórmula	-
Definición de variables	Indicador propuesto establecido en conjunto con especialista en la temática. Se toman las Categorías I, II y III del Decreto provincial N° 1089/82 (de la Ley prov. N° 11.220), clasificando a las industrias por el Decreto N° 101/03 (de la Ley prov. N° 11.717).
Escala	Local
Periodicidad	2 años

Riesgo de contaminación del Recurso Hídrico Superficial (RHS) por disposición final de efluentes domésticos	
Descripción	Expresa cualitativamente el riesgo de contaminación de los cursos de agua superficiales por efluentes domésticos locales.
Pertinencia	“En la actualidad, existen urbanizaciones inmensamente mayores que se encuentran mucho más próximas entre sí y en muchos casos desechan sus efluentes en distintos sectores de un mismo río por lo que los sistemas ya no son capaces de procesar adecuadamente los resultantes de tales actividades debido a la gran carga contaminante recibida.”. El tipo de tratamiento y disposición final adoptado para cada localidad es de suma importancia para establecer puntos de contaminación del sistema hídrico, cuando estos se hagan de manera inadecuada. Éstos pueden deteriorar la calidad del agua, tanto aguas arriba como aguas abajo, trayendo aparejado un cambio de diversidad de especies críticas como especies planctónicas, disminuyendo la conservación del sistema hídrico. (Herzer, 2005; Domínguez <i>et al.</i> , 2020).
Tendencia	-
Direccionalidad	Aumento

Alcance	Valor 5 [Riesgo muy alto de contaminación. Efluentes vertidos en cuerpos de agua s/ tratamiento]; Valor 4 [Riesgo alto de contaminación. Efluentes mayoritariamente vertidos en cloacas c/mínimos procesos de tratamientos y otra parte minoritaria a desagües cloacales]; Valor 3 [Riesgo medio de contaminación. Parte equitativa de los efluentes vertidos en cloacas, y la otra parte en planta de tratamientos con mínimos procesos]; Valor 2 [Riesgo bajo de contaminación. Parte mayoritaria de los efluentes volcados a desagües cloacales y parte tratados en planta]; Valor 1 [Riesgo muy bajo de contaminación. Efluentes volcados a desagües cloacales o tratados en planta de tratamiento de efluentes, luego al curso de agua más cercano]. Criterio de evaluación propuesto basado en Herzer (2005) y ECOM (2021) y consultado a especialista en la temática.
Limitaciones	Se asume que a menor tratamiento de líquidos residuales y al volcamiento en crudo, existe una alta probabilidad de que los efluentes domésticos contengan sustancias contaminantes y alta carga orgánica. Se asume que el vertimiento de los efluentes domésticos sin tratamiento en cursos de agua es el máximo riesgo de contaminación, y el volcamiento de efluentes, previamente tratados en piletas de decantación habilitadas, es el menor riesgo de contaminación.
Fórmula	-
Definición de variables	Indicador propuesto basado en Herzer (2005) y ECOM (2021) y consultado a especialista en la temática. <i>Tratamiento previo con lagunas de estabilización</i> : sí o no de los efluentes domésticos. <i>Tipos de vertimiento final</i> : cursos de agua o a canales de desagües cloacales o pluvio- cloacales.
Escala	Local
Periodicidad	Anual

Riesgo de contaminación del Recurso Hídrico Superficial (RHS) por tipo de disposición final de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU)	
Descripción	Expresa cualitativamente el riesgo de contaminación de los cuerpos de agua por la disposición final de los RSU locales.
Pertinencia	<i>Los RSU son aquellos elementos, objetos o sustancias que como consecuencia de los procesos de consumo y desarrollo de actividades humanas, son desechados y/o abandonados</i> (Art. 2. Ley Nac. N° 25.916). En base a la perspectiva de la Economía Circular, donde la separación, el reciclado, la reutilización y el compostaje, son los ejes centrales para reducir los residuos domiciliarios. Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) provienen de distintas fuentes: domésticas, comerciales, institucionales, de la construcción y la demolición, de los servicios municipales, industriales y agrícolas. La disposición final de los RSU es de suma importancia para evitar la contaminación de los cuerpos de agua subsuperficiales y superficiales, a través de la lixiviación con componentes contaminantes (SAM, s/f; MAYDS, 2021).
Tendencia	Descenso
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Valor 5 [Riesgo muy alto de contaminación. RSU quemados, enterrados y/o dispuestos en basurales]; Valor 4 [Riesgo alto de contaminación. RSU parte en basurales y en relleno sanitario]; Valor 3 [Riesgo medio de contaminación. RSU y muy poca cantidad en basurales]; Valor 2 [Riesgo bajo de contaminación. RSU en rellenos sanitarios y plantas de reciclaje]; Valor 1 [Riesgo muy bajo de contaminación. RSU con parte compostada, reciclaje y en rellenos sanitarios]. Criterio de evaluación propuesto basado en Herzer (2005), ECOM (2021) y por consulta a especialista en la temática.
Limitaciones	-
Fórmula	-
Definición de variables	Indicador propuesto basado en Herzer (2005), ECOM (2021) y consultado a especialista en la temática. <i>Tipos de disposición final</i> (de los menos deseados a los más deseados), son: incineración, entierro, deposición en basurales, deposición en rellenos sanitarios, compostaje de elementos orgánicos, deposición de materiales en plantas de separación.
Escala	Local
Periodicidad	Anual

Riesgo de contaminación del Recurso Hídrico Superficial (RHS) por existencia de basurales a cielo abierto locales	
Descripción	Expresa cualitativamente el riesgo de contaminación de los cuerpos de agua por existencia de basurales locales.

Pertinencia	La disposición final de RSU en basurales a cielo abierto se puede dar en algunas localidades, esto puede ser por evitar costes económicos y/o por costumbres de sus habitantes. Esto trae aparejado un riesgo de contaminación ambiental por lixiviación de los residuos domiciliarios e industriales, de cuerpos de agua superficiales y subsuperficiales (SAM, s/f; ISWA, 2015; MAyDS, 2021).
Tendencia	Descenso
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Valor 5 [Riesgo muy alto de contaminación. Existencia de al menos 1 basural a cielo abierto por localidad]; Valor 1 [Riesgo muy bajo de contaminación. Inexistencia de basural a cielo abierto por localidad]. Criterio propuesto basado en consulta a especialista en la temática.
Limitaciones	Se asume que ante la existencia de basurales a cielo abierto existe una muy alta probabilidad que se generen lixiviados que contengan sustancias contaminantes. No contempla la generación per cápita ni diaria, el área estimada, la ubicación ni distancia al municipio, escuela más próxima ni a zona urbana, ni los años de operación (ISWA, 2015; Def. Prov. Bs. As., 2019).
Fórmula	-
Definición de variables	Indicador propuesto basado en consulta a especialista en la temática. <i>Basural a cielo abierto</i> : sitio de área muy variable (pequeño o grande) donde se depositan RSU por un período de al menos un año sin remoción, y que además no cuente con certificado de habilitación ni de renovación por la Autoridad competente.
Escala	Local
Periodicidad	Anual

Indicadores de Estado (E)

Existencia de áreas naturales que protejan cuerpos de agua	
Descripción	Expresa cualitativamente la protección legal de cuerpos de agua de la cuenca en estudio.
Pertinencia	Ver indicador <i>Existencia de áreas hídricas protegidas aledañas</i> . Según el Inventario Nacional de Humedales en el 2016, un humedal es un: “ambiente en el cual la presencia temporaria o permanente de agua superficial o subsuperficial causa flujos biogeoquímicos propios y diferentes a los ambientes terrestres y acuáticos. Rasgos distintivos son la presencia de biota adaptada a estas condiciones, comúnmente plantas hidrófitas, y/o suelos hídricos o sustratos con rasgos de hidromorfismo” (Oficina Científica de Asesoramiento Legislativo, 2021).
Tendencia	-
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Valor 5 [Existencia de al menos una RHN u otra normativa que declare en forma explícita la protección de cuerpos de agua superficiales de la cuenca en estudio]; Valor 1 [Inexistencia de RHN o de normativas que protejan cuerpos de agua superficiales de la cuenca en estudio]. Criterio de evaluación propuesto basado en la Ley prov. N° 12.175.
Limitaciones	No indica la cantidad de áreas naturales protegidas, ni su tamaño, ni ninguna otra característica. No asegura la eficacia de protección ambiental ni la gestión adecuada.
Fórmula	-
Descripción de variables	Indicador propuesto basado en la existencia de normativas vigentes. Ver indicador <i>Existencia de áreas hídricas protegidas aledañas</i> . Existencia de al menos una normativa local o regional que abarque una región del tramo principal y/o de los afluentes principales de los cuerpos de agua lóticos, en base a RHN o humedales en Santa Fe de los Arts. 48 y 49 de la Ley prov. N° 12.175, y de la Ley prov. N° 13.932.
Escala	Local/Cuenca
Periodicidad	Anual

Espacios verdes locales proporcionales al área urbanizada actual	
Descripción	Expresa cualitativamente la suficiencia de espacios verdes que posee el espacio urbano local en la actualidad.
Pertinencia	“Los actuales procesos de urbanización producen una acelerada reducción de la superficie del suelo con cobertura vegetal y el consecuente aumento de los riesgos de anegamiento e inundación debido a la insuficiencia de la red pluvial inexistente.” Dentro de los usos urbanos los espacios verdes tienen un rol hídrico muy importante dentro del territorio, entre ellos el mejoramiento de la infraestructura pluvial y la retención del agua. (WWAP, 2018; Zimmermann y Bracalenti, 2019).

Tendencia	-
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Valor 5 [Existen suficientes espacios verdes por zona urbana por localidad]; Valor 4 [Existen espacios verdes medianamente suficientes por zona urbana por localidad]; Valor 3 [Existen insuficientes espacios verdes por zona urbana por localidad]; Valor 2 [Existen muy pocos por zona urbana por localidad]; Valor 1 [No existen por zona urbana por localidad]. Criterio de evaluación propuesto.
Limitaciones	No clasifica los espacios en públicos y privados, así como tampoco indica su distribución en el área urbana.
Fórmula	-
Definición de variables	Indicador propuesto basado en consulta a actores clave. Valoración del <i>Alcance</i> a partir de entrevistas a actor/es clave/s. <i>Espacios verdes</i> : áreas públicas o privadas, tales como: plazas, parques o sitios recreativos, arbolado urbano público, terrenos sin construir con vegetación permanente, residencias particulares con patios grandes, entre otros. Criterio de definición basado según actor clave.
Escala	Local
Periodicidad	2 años

Índice de Vegetación Remanente (IVR) actual	
Descripción	Expresa cuantitativamente la cobertura vegetal natural actual de la cuenca en estudio.
Pertinencia	“En general el desarrollo económico, el crecimiento demográfico, la expansión humana, el desplazamiento o movimientos internos de la población y el cambio del uso del suelo, han aumentado los procesos de pérdida y degradación de los ecosistemas y con ello las especies allí presentes (Semarnat <i>et al.</i> , 2005, Romero <i>et al.</i> , 2008, Martínez, 2010)” (Quijano Pinzón, 2016).
Tendencia	Descenso
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Valor 5 [Completamente transformado. $10\% < \text{IVR}$]; Valor 4 [Muy transformado. $30\% < \text{IVR} < 50\%$]; Valor 3 [Medianamente transformado. $50\% < \text{IVR} < 70\%$]; Valor 2 [Parcialmente transformado. $70\% < \text{IVR} < 90\%$]; Valor 1 [No transformado o escasamente transformado. $\text{IVR} > 90\%$]. Criterio de evaluación establecido por Quijano Pinzón (2016).
Limitaciones	No precisa si la vegetación es exótica o nativa, o si existen especies vegetales con potencial invasor.
Fórmula	$\text{IVR} = (\sum (\text{Áreas de la cuenca con vegetación natural}) / \text{Área total de la cuenca}) * 100\%$
Definición de variables	Indicador establecido por Quijano Pinzón (2016). IVR = Índice de Vegetación Remanente local
Escala	Cuenca
Periodicidad	2 años

Índice de Calidad de la Ribera Pampeana (ICRP) ⁽²⁾	
Descripción	Expresa cuantitativamente el estado general de los 200 metros de la ribera de los cursos de agua a través de la cobertura de la vegetación nativa y del uso del suelo ribereño y de su terreno adyacente.
Pertinencia	Las riberas integran áreas de humedal y son de suma importancia para el mantenimiento y conservación de los ecosistemas acuáticos. Son zonas de transición que: reciclan y filtran nutrientes y contaminantes, regulan la temperatura y la luz, regulan los pulsos de agua, atenuando el efecto de las inundaciones en áreas colindantes, pueden regular la erosión hídrica, entre muchas funciones mencionadas anteriormente (Basilico <i>et al.</i> , 2015; Domínguez <i>et al.</i> , 2020).
Tendencia	-
Direccionalidad	-
Alcance	Valor 5 [ICRP > 90]; Valor 4 [ICRP 90- mayor a 70]; Valor 3 [ICRP 70- a mayor a 50]; Valor 2 [ICRP 50 a mayor a 25]; Valor 1 [ICRP < 25]. Criterio de evaluación establecido por Basilico <i>et al.</i> (2015).
Limitaciones	Se asume que “[...] a menor pendiente y mayor permeabilidad de los suelos ribereños, la remoción de contaminantes de las aguas de escorrentía es más eficaz.”
Fórmula	$\text{ICRP} = \text{Parte A (Ribera)} + \text{Parte B (Terreno adyacente a la ribera)} = \sum a_A + b_A + c_A + d_A + a_B + b_B + c_B.$
Definición de variables	Indicador establecido por Basilico <i>et al.</i> (2015). ICRP = Índice de Calidad de Riberas Pampeanas. a_A = Grado de cubierta de la zona de ribera; b_A = Estructura de la cubierta; c_A = Calidad de la

	cubierta; d _A = Grado de naturalidad del canal fluvial; a _B = Tipo de suelo y topografía; b _B = Uso del suelo adyacente a la ribera; c _B = Aportes laterales.
Escala	Cuenca
Periodicidad	Cada 5 años

Variación histórica de la altura de la napa freática actual ⁽¹⁾	
Descripción	-
Pertinencia	La interacción entre la napa freática y los cursos superficiales demanda una gran complejidad que involucra el entendimiento del ciclo hidrológico (Auge, 2006). Ver indicador <i>Existencia de registros de aumento del nivel freático regional asociado a cambios del uso del suelo</i> .
Tendencia	-
Direccionalidad	-
Alcance	No ha sido propuesta.
Limitaciones	-
Fórmula	-
Definición de variables	-
Escala	Local/Cuenca.
Periodicidad	-

Existencia de nitratos de origen antrópico en la napa freática ⁽¹⁾	
Descripción	-
Pertinencia	El anión nitrato es la primera causa de contaminación de las aguas subterráneas a nivel mundial en espacios antropizados. Pueden provenir de efluentes domésticos provenientes de pozos ciegos o filtraciones de pozos absorbentes mal impermeabilizados, basurales, o de pérdidas en las cañerías de desagüe cloacal, así como también de fertilizantes provenientes de la actividad agrícola, o de efluentes de origen industrial (Auge, 2006).
Tendencia	Aumento
Direccionalidad	-
Alcance	No ha sido propuesto. Existen criterios propuestos tales como Degioanni (2013), basados en el Código Alimentario Argentino (CAA), otros mencionados en Auge (2006), como los de Environmental Protection Agency (EPA), sin embargo, son criterios de clasificación ajustados a la calidad de agua subterránea para consumo humano (potabilidad).
Limitaciones	-
Fórmula	-
Definición de variables	-
Escala	Local/Cuenca
Periodicidad	-

Excesos de metales pesados en sedimentos del cauce principal ⁽¹⁾	
Descripción	-
Pertinencia	“Los metales pesados se encuentran en forma natural en el agua y pueden aumentar su presencia a través de actividades antrópicas: industriales, agrícolas, municipales.”. Los metales pesados pueden transportarse y acumularse en los ríos y arroyos (cuerpos de agua móviles) a través de partículas arcillosas. La acumulación de los metales pesados como: cromo, mercurio, plomo, entre otros tienen efectos bioacumulativos en las redes tróficas de los ecosistemas acuáticos, como en el bento (Naser <i>et al.</i> , s/f; Álvarez y Trento, 2004).
Tendencia	-
Direccionalidad	-
Alcance	No ha sido propuesto. Existen niveles guía para sedimentos de arroyos y ríos, establecidos por: Nueva Lista Holandesa, EPA, y Environment Canada (CEPA, 2002) y metodologías utilizadas por la Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas en Neuquén y Río Negro (AIC, 2011), entre otros.
Limitaciones	-
Fórmula	-
Definición de variables	-

Escala	Local/Cuenca.
Periodicidad	-

Variación del caudal del cauce principal y sus principales tributarios ⁽¹⁾	
Descripción	-
Pertinencia	La oscilación natural del caudal del cauce principal y de los afluentes son esenciales en el mantenimiento de los ecosistemas acuáticos que conectan zonas altas y bajas y las zonas ribereñas y con el agua subsuperficial (WWF, 2010; Puig <i>et al.</i> , 2016).
Tendencia	-
Direccionalidad	-
Alcance	No ha sido propuesto.
Limitaciones	-
Fórmula	-
Definición de variables	-
Escala	Cuenca
Periodicidad	-

Eutrofización en cursos de agua superficial ⁽²⁾	
Descripción	Expresa el estado de la biomasa de clorofila a y de nitratos y sulfatos del sistema lótico, reflejando si puede existir contaminación.
Pertinencia	La eutrofización es un proceso natural pero que en áreas con actividades urbanas, industriales, o agropecuarias que utilizan el nitrógeno y fósforo y son vertidos en gran cantidad a los cuerpos de agua, provenientes de excretas y fertilizantes, pueden aumentar los nutrientes que se necesitan para desarrollar algas, las cuales consumen el oxígeno de las zonas profundas del cuerpo de agua, afectando las comunidades acuáticas e interfiriendo en los procesos de potabilización de agua (Domínguez <i>et al.</i> , 2020).
Tendencia	Aumento
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Valor 5 [Sistema lótico eutrófico]; Valor 3 [Sistema lótico mesotrófico]; Valor 1 [Sistema lótico oligotrófico]. Criterio de evaluación establecido por Dodds <i>et al.</i> (1998).
Limitaciones	-
Fórmula	Ver Dodds <i>et al.</i> (1998).
Definición de variables	Ver Dodds <i>et al.</i> (1998).
Escala	Cuenca
Periodicidad	-

Excesos de niveles fisicoquímicos en cursos de agua superficial	
Descripción	Expresa el cumplimiento de todos los valores mínimos de: Turbidez, Sólidos en Suspensión (TSS), color, olor y sabor, temperatura, conductividad, en los cursos de agua superficiales (físicos); y pH, Oxígeno Disuelto, DQO, DBO (químicos).
Pertinencia	Las variables fisicoquímicas de los cuerpos de agua son indispensables en la dinámica de las comunidades acuáticas, los sólidos en suspensión aseguran la entrada de luz y afectan la actividad fotosintética algal con lo cual aceleran el desarrollo de las mismas; una variación en temperatura del agua altera la cinética de las reacciones químicas y el desarrollo de las comunidades biológicas; una variación en la cantidad de sales disueltas en agua afecta la interacción entre comunidades acuáticas; el pH afecta las reacciones químicas, y determina la fijación de compuestos químicos en sedimentos. Por otro lado, la materia orgánica puede adsorber y fijar contaminantes en los cuerpos de agua; y tiene un rol fundamental en el contenido de oxígeno; una disminución de éste, provoca anoxia provocando mortandad en comunidades de peces (Martorell, 2015, Domínguez <i>et al.</i> , 2020).
Tendencia	-
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Valor 5 [Excede al menos un límite de algunos de los parámetros estipulados por los Niveles guía adoptados por el Ministerio de Ambiente y Cambio Climático]; Valor 1 [Respeto todos los límites estipulados por la Niveles guía adoptados por el Ministerio de Ambiente y Cambio Climático]. Criterio de evaluación propuesto consultado a especialista en la temática.
Limitaciones	-

Fórmula	-
Definición de variables	Indicador propuesto consultado a especialista en la temática. Excede o no los límites permitidos de la normativa adoptada por el Ministerio de Ambiente y Cambio Climático. Niveles guía de referencia de la Delegación Argentina ante la Comisión de calidad de Aguas del Tratado de la Cuenca del Plata. USO II: Agua para actividades recreativas con contacto directo.
Escala	Cuenca
Periodicidad	Cuatrimestral/Semestral

Exceso de metales pesados en cursos de agua superficial	
Descripción	Expresa cualitativamente el cumplimiento de los valores mínimos en agua superficial de: arsénico, mercurio, cadmio, cromo, cobre, plomo y zinc.
Pertinencia	Los metales se encuentran en el ambiente y son trasladados por los ciclos biogeoquímicos, donde se encuentran presentes en la biota. En el ambiente acuático, su biodisponibilidad puede ser cambiada por las condiciones de temperatura, pH, presencia de otras sustancias, entre otros; con su consecuente absorción de estas moléculas por los organismos. En bajas o en altas concentraciones estos metales como: el arsénico, mercurio, cadmio, cromo, cobre, plomo y zinc, pueden ser letales para las comunidades acuáticas (Domínguez <i>et al.</i> , 2020).
Tendencia	-
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Valor 5 [Excede el límite de los parámetros estipulados por los Niveles guía adoptados por el Ministerio de Ambiente y Cambio Climático]; Valor 1 [Excede el límite estipulado por la normativa adoptada en el Ministerio de Ambiente y Cambio Climático]. Criterio de evaluación propuesto consultado a especialista en la temática.
Limitaciones	-
Fórmula	-
Definición de variables	Indicador propuesto consultado a especialista en la temática. Excede o no, los límites permitidos de la normativa adoptada por el Ministerio de Ambiente y Cambio Climático para arsénico, mercurio, cadmio, cromo, cobre, plomo y zinc. Decreto 831/93. Anexo II Tabla 4. Decreto Reglamentario de la Ley 24.051 sobre régimen de desechos peligrosos. Niveles guía de calidad de agua para protección de vida acuática. Aguas salobres superficiales.
Escala	Cuenca
Periodicidad	Cuatrimestral/Semestral

Exceso de hidrocarburos totales en cursos de agua superficial	
Descripción	Expresa cualitativamente el cumplimiento del valor mínimo de hidrocarburos totales en los cursos de agua superficiales.
Pertinencia	"El término hidrocarburos de petróleo, se usa para describir a un grupo extenso de varios cientos de sustancias químicas derivadas originalmente del petróleo crudo." "Los hidrocarburos interfieren en el intercambio de gases entre el aire y el agua. Esto elimina el abastecimiento de oxígeno para los animales de respiración branquial y obstruye, en muchos casos, la posibilidad de respiración pulmonar de otros animales acuáticos." (Moreira y Guevara, s/f).
Tendencia	-
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Valor 5 [Respeta el nivel guía estipulado por la normativa adoptada por el Ministerio de Ambiente y Cambio Climático]; Valor 1 [Excede el nivel guía estipulado por la normativa adoptada por el Ministerio de Ambiente y Cambio Climático]. Criterio de evaluación propuesto consultado a especialista en la temática.
Limitaciones	-
Fórmula	-
Definición de variables	Indicador propuesto consultado a especialista en la temática. Excede o no los límites permitidos de la normativa adoptada por el Ministerio de Ambiente y Cambio Climático. Anexo I.2.3. Contrato de vinculación ASSA. Provincia de Santa Fe.
Escala	Cuenca
Periodicidad	Cuatrimestral/Semestral

Existencia de sustancias emergentes en cursos de agua superficial ⁽¹⁾	
Descripción	-
Pertinencia	Son todos aquellos compuestos de origen antrópico y aquellos que no se terminan de degradar (residuos químicos) que se encuentran presentes en cuerpos de agua, devenidos de actividades productivas y de residuos del metabolismo humano, principalmente. El avance que ha tenido la detección de estos compuestos emergentes a lo largo del mundo en zonas antropizadas determina que existe un riesgo ambiental para los cuerpos de agua y sus comunidades biológicas. El 95% de los herbicidas y el 98% de los insecticidas se depositan en un ambiente diferente al deseado, se depositan en flora, fauna, aire, agua, sedimentos de mares y ríos. Por otro lado, los fármacos en el ambiente, pueden alterar el sistema endócrino en personas y en especies animales, expuestos aún en bajas concentraciones, pudiendo provocar daños al ambiente, genotoxicidad, y resistencia bacteriana, de esto último como ejemplo se encuentran los antibióticos, tales como: la penicilina, las sulfonamidas y la tetraciclina (Avilés Flores <i>et al.</i> , 2015; Geissen <i>et al.</i> , 2015; Domínguez <i>et al.</i> , 2020).
Tendencia	Aumento
Direccionalidad	-
Alcance	No ha sido propuesto. Se deja explicitado algunos los valores guía (nivel máximo permitido para cursos superficiales de agua), del Anexo II para Calidad de Agua para la Cuenca del Plata, para compuestos organoclorados utilizados principalmente en las actividades agrícolas: Endosulfán 0,001 µgr/lit y Heptacloro epóxido: 0,02 µgr/lit (WHO, 2011).
Limitaciones	-
Fórmula	-
Definición de variables	-
Escala	Cuenca
Periodicidad	-

Exceso de Coliformes totales en cursos de agua superficial	
Descripción	Expresa el cumplimiento del valor mínimo de Coliformes totales en los cursos de agua superficiales.
Pertinencia	Las bacterias Coliformes pertenecen a la familia Enterobacteriaceae (Géneros: <i>Escherichia</i> , <i>Enterobacter</i> , <i>Klebsiella</i> , <i>Serratia</i> , <i>Edwardsiella</i> y <i>Citrobacter</i>), son bacterias que viven como saprófitas independientes o en el tracto intestinal de las personas; normalmente no viven mucho tiempo en el agua debido al estrés fisiológico que ésta causa, por lo que su presencia allí indica que existe contaminación reciente. Estos grupos son de interés sanitario para la población local, en sí no representan un peligro para vida humana, pero una detección en cantidad implica una mayor probabilidad que existan especies perjudiciales para la salud (Martorell, 2015; Swistock, 2020).
Tendencia	-
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Valor 5 [Excede el límite de Coliformes totales estipulado por los Niveles guía adoptados por el Ministerio de Ambiente y Cambio Climático]; Valor 1 [Respeta el límite estipulado por la normativa adoptada en el Ministerio de Ambiente y Cambio Climático]. Criterio de evaluación propuesto consultado a especialista en la temática.
Limitaciones	-
Fórmula	-
Definición de variables	Indicador propuesto consultado a especialista en la temática. Excede o no, los límites permitidos de la normativa adoptada por el Ministerio de Ambiente y Cambio Climático. Niveles guía de referencia de la Delegación Argentina ante la Comisión de Calidad de Aguas del Tratado de la cuenca del Plata. USO I: Agua para consumo humano con tratamiento convencional. DIRECTIVA 2006/7/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, relativa a la gestión de la calidad de las aguas de baño.
Escala	Cuenca
Periodicidad	Cuatrimstral/Semestral

Exceso de Coliformes fecales en cursos de agua superficial	
Descripción	Expresa cualitativamente el cumplimiento del valor mínimo de Coliformes fecales en los cursos de agua superficiales.

Pertinencia	Las Coliformes fecales (termotolerantes) pertenecen al género <i>Escherichia</i> y algunas especies del género <i>Klebsiella</i> , son un subgrupo de Coliformes totales, y se desarrollan a mayor temperatura a diferencia de estas últimas. Se encuentran casi exclusivamente en el tracto intestinal de animales de sangre caliente (incluidas las personas), y su presencia indica que existe contaminación de las aguas con origen fecal. Este grupo resulta de interés sanitario para la población humana, en sí, no representan un peligro para la salud, pero una detección en cantidad implica una mayor probabilidad que existan especies perjudiciales para la salud (RIPyDA, 2003; Swistock, 2020).
Tendencia	-
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Valor 5 [Excede el límite de Coliformes fecales estipulado por los Niveles guía adoptados por el Ministerio de Ambiente y Cambio Climático]; Valor 1 [Respeto el límite estipulado por la normativa adoptada en el Ministerio de Ambiente y Cambio Climático]. Criterio de evaluación propuesto consultado a especialista en la temática.
Limitaciones	-
Fórmula	-
Definición de variables	Indicador propuesto consultado a especialista en la temática. Excede o no, los límites permitidos de la normativa adoptada por el Ministerio de Ambiente y Cambio Climático. Niveles guía de referencia de la Delegación Argentina ante la Comisión de Calidad de Aguas del Tratado de la cuenca del Plata. USO I: Agua para consumo humano con tratamiento convencional. DIRECTIVA 2006/7/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, relativa a la gestión de la calidad de las aguas de baño.
Escala	Cuenca
Periodicidad	Cuatrimstral/Semestral

Exceso de <i>Escherichia coli</i> en cursos de agua superficial	
Descripción	Expresa el cumplimiento del valor mínimo de la especie <i>E. coli</i> en agua superficial.
Pertinencia	<i>E. coli</i> es una especie bacteriana de origen intestinal, termotolerante y puede vivir fuera del tracto intestinal un largo período, si las condiciones ambientales son óptimas. Esta especie es de interés sanitario ya que su detección implica contaminación de aguas, y el contacto con esta última puede generar problemas graves de salud: “pueden ser capaces de generar infecciones oportunistas en el tracto respiratorio superior e inferior, además de infecciones de piel y tejidos blandos, enfermedad diarreica aguda y otras enfermedades severas” (Martorell, 2015).
Tendencia	-
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Valor 5 [Excede el límite de los parámetros estipulados por los Niveles guía adoptados por el Ministerio de Ambiente y Cambio Climático]; Valor 1 [Respeto el límite de los parámetros estipulados por los Niveles guía adoptados por el Ministerio de Ambiente y Cambio Climático]. Criterio de evaluación propuesto consultado a especialista en la temática.
Limitaciones	-
Fórmula	-
Definición de variables	Indicador propuesto consultado a especialista en la temática. Excede o no, los límites permitidos de la normativa adoptada en el Ministerio de Ambiente y Cambio Climático. Niveles guía de referencia de la Delegación Argentina ante la Comisión de Calidad de Aguas del Tratado de la cuenca del Plata. USO I: Agua para consumo humano con tratamiento convencional. DIRECTIVA 2006/7/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, relativa a la gestión de la calidad de las aguas de baño.
Escala	Cuenca
Periodicidad	Cuatrimstral/Semestral

Indicadores de Impacto (I)

Cantidad de inundaciones por localidad en zonas urbanas	
Descripción	Expresa cualitativamente las inundaciones locales más perjudiciales en los últimos cinco años de la cuenca en estudio.

Pertinencia	Es necesario contemplar dentro de la GIRH, las incidencias de inundaciones urbanas en zonas de llanura, las cuales alteran la calidad de vida de la población. Las causas de las inundaciones urbanas son muy complejas y variables, y pueden ser consecuencia de varios factores, así como también, pueden estar interrelacionadas entre sí. Las causas ambientales regionales y locales pueden atribuirse principalmente, al aumento de la intensidad de las precipitaciones a lo largo del año, la baja retención de almacenaje de agua del suelo, y todas las alteraciones de infraestructuras que impliquen el aumento de la escorrentía superficial (o drenaje), tales como: aumento en las canalizaciones, pavimentación, terraplenes, construcciones de viviendas en planicies de inundación, entre otras (Hernández <i>et al.</i> , 2003; GWP, 2013; Mosconi Frey, 2018).
Tendencia	-
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Valor 5 [Muchas inundaciones registradas en zonas urbanas, en relación al último período de tiempo, y en relación a las localidades aledañas]; Valor 3 [Inundaciones regulares registradas en zonas urbanas, en relación al último período de tiempo, y en relación a las localidades aledañas]; Valor 1 [Ninguna o pocas inundaciones registradas en zonas urbanas, en relación al último período de tiempo, y en relación a las localidades aledañas]. Criterio de evaluación propuesto.
Limitaciones	-
Fórmula	-
Definición de variables	Valoración del <i>Alcance</i> a partir de entrevistas a actor/es clave/s. <i>Inundación</i> : Según el Art. 115. Ley prov. N° 13.740, <i>se considera inundación, en áreas urbanas y rurales, a la presencia de agua sobre el terreno en lugares, formas y tiempos que resultan desfavorables para las actividades humanas producto de la ocupación o utilización del medio sin previa planificación y manejo territorial, y que se producen por el desborde de cursos de agua, por el exceso de lluvias en zonas de deficiente escurrimiento superficial o por el ascenso de los niveles freáticos o en forma combinada.</i>
Escala	Local
Periodicidad	Anual

Cantidad de casos locales asociadas a enfermedades relacionadas con el agua	
Descripción	Expresa cualitativamente la cantidad de personas afectadas c/1.000 habitantes de la localidad que tuvo una enfermedad relacionada con el agua.
Pertinencia	“La calidad del agua puede verse afectada por la presencia de agentes infecciosos, productos químicos tóxicos o radiaciones. Pese a la gran variedad de contaminantes que pueden influir sobre la calidad del agua, la gran mayoría de las enfermedades asociadas con el agua son de tipo transmisibles. Ejemplo de la importancia que tiene la calidad del agua sobre la salud humana es que las enfermedades diarreicas representan el 4,3 % de la carga mundial de morbilidad, siendo el 88% de esta carga de enfermedad atribuible al inseguro abastecimiento de agua, el inadecuado saneamiento y la higiene.” (OMS, 2002} en Chesini, 2015). “Para cumplir con las recomendaciones dadas por la Organización Mundial de la Salud y con los compromisos asumidos ante el MERCOSUR es necesario implementar una vigilancia de las enfermedades de origen hídrico sensibles al clima con una doble estrategia de abordaje: vigilancia clínica y vigilancia ambiental. Esto permitirá contar con información oportuna para planificar acciones en salud pública orientadas a reducir los impactos de la variabilidad y el cambio climático.” (Chesini, 2015).
Tendencia	-
Direccionalidad	-
Alcance	Valor 5 [Alta cantidad de N° de enfermedades transmitidas por <i>Aedes aegyptis</i> c/1.000 hab.por año]; Valor 3 [Cantidad intermedia de N° de enfermedades transmitidas por <i>Aedes aegyptis</i> c/1.000 hab. por año]; Valor 1 [Baja o nula cantidad de N° de enfermedades transmitidas por <i>Aedes aegyptis</i> c/1.000 por año]. Criterio de evaluación propuesto.
Limitaciones	-
Fórmula	-
Definición de variables	Valoración del Alcance a partir de entrevistas a actor/es clave/s. “Enfermedades relacionadas con el agua, en este caso el agua sirve de hábitat para el desarrollo de insectos vectores de enfermedades. Generalmente los primeros estadios (huevo y 3 larva) se dan en el medio acuático o en suelos húmedos, mientras que los insectos adultos son quienes ofician de vectores de diversas enfermedades.” (Chesini, 2015).
Escala	Local/Cuenca
Periodicidad	Anual

Cantidad de casos locales asociadas a enfermedades transmitidas por el agua	
Descripción	Expresa cualitativamente la cantidad de personas afectadas c/1.000 habitantes de una localidad que padeció una enfermedad transmitida por el agua.
Pertinencia	Ver indicador <i>Cantidad de casos locales asociadas a enfermedades relacionadas con el agua</i> .
Tendencia	-
Direccionalidad	-
Alcance	Valor 5 [Alta cantidad de N° de enfermedades intestinales c/1.000 hab. por año]; Valor 3 [Cantidad intermedia de N° de enfermedades intestinales c/1.000 por año]; Valor 1 [Nula o baja cantidad de N° de enfermedades intestinales c/1.000 por año].
Limitaciones	-
Fórmula	-
Definición de variables	Valoración del Alcance a partir de entrevistas a actor/es clave/s. “Las Enfermedades transmitidas por el agua, son aquellas en que el agua es el medio físico de transmisión de los agentes causales de la enfermedad (sean estos microorganismos o agentes químicos), generalmente la contaminación es debida la presencia de efluentes que llegan al agua sin tratamiento previo” (Chesini, 2015).
Escala	Local/Cuenca
Periodicidad	Anual

Calidad de agua superficial para uso recreacional, turístico o deportivo local	
Descripción	Expresa cualitativamente la aptitud de las aguas superficiales locales del tramo o la totalidad del curso principal y su ribera, con fines recreativos, turísticos o deportivos.
Pertinencia	Las zonas de riberas planas pueden ser utilizadas para acceder a los cursos de agua, ambos no solamente son paisajes que albergan gran cantidad de diversidad biológica, sino que constituyen una práctica social y cultural local, donde existe el hábito de utilizar estas áreas cercanas para uso recreativo (MEA, 2005b).
Tendencia	-
Direccionalidad	-
Alcance	No ha sido propuesto.
Limitaciones	No tiene en cuenta lugares elegidos por la población local para bañarse.
Fórmula	Ver AIC (2011).
Definición de variables	<i>Aptitud de la calidad del agua superficial</i> : Poseen o no todos los parámetros calidad de agua superficial permitidos para uso recreacional por la Autoridad competente. <i>Uso recreativo, turístico o deportivo</i> : Según Art. 52 de la Ley prov. N° 13.740, <i>el uso de aguas subterráneas, tramos de cursos de aguas, áreas de lagos, lagunas, playas, balnearios e instalaciones para actividades de esparcimiento en general</i> . En el presente trabajo no se contempla el uso del agua subsuperficial con estos fines.
Escala	Cuenca
Periodicidad	Cuatrimestral

Cantidad de eventos que declaren emergencia agropecuaria por excesos hídricos	
Descripción	Expresa cualitativamente las pérdidas económicas por excesos hídricos en el sector agropecuario por departamento en los últimos 20 años.
Pertinencia	Los anegamientos devenidos de precipitaciones extraordinarias en zonas rurales pueden registrarse a través de los decretos de emergencia agropecuaria provinciales. Éstos están directamente relacionados con eventos locales, desencadenados por fenómenos climáticos extremos: exceso de precipitaciones, sequías, heladas, granizo, vientos huracanados y tornados, que conlleva a pérdidas económicas a productores agropecuarios (MPyTN, 2019).
Tendencia	-
Direccionalidad	-
Alcance	Valor 5 [>20 eventos que declaren emergencia agropecuaria por excesos hídricos en los últimos 20 años por departamento]; Valor 3 [20 – 10 eventos que declaren emergencia agropecuaria por excesos hídricos en los últimos 20 años por departamento]; Valor 1 [10 – 1 eventos que declaren emergencia agropecuaria por excesos hídricos en los últimos 20 años por departamento]. Criterio de evaluación propuesto en base a información MPyTN (2019).
Limitaciones	-
Fórmula	-

Definición de variables	Indicador propuesto basado en MPyTN (2019) y consultado a especialista en la temática. N.º de eventos por departamento que se declaren como emergencia agropecuaria (Decretos de emergencia hídrica), reglamentados por la Ley provincial N.º 13.740 <i>Ley de Aguas</i> y la N.º 11.297 <i>Emergencia Agropecuaria</i> .
Escala	Departamental/Regional
Periodicidad	2 años

Índice de Calidad de Agua (ICA) ⁽²⁾	
Descripción	-
Pertinencia	Los valores de la calidad de agua por sí sólo no aseguran que los niveles de carga orgánica e inorgánica sean óptimos para las comunidades acuáticas. Por ello, el ICA representa un análisis a grandes rasgos para evaluar las condiciones óptimas, el cual asegura el desarrollo y supervivencia de las comunidades planctónicas que son las bases tróficas acuáticas en los cuerpos de agua lóticos pampeana, manteniendo las relaciones tróficas de dicho ecosistema (Basilico <i>et al.</i> , 2015; Domínguez <i>et al.</i> , 2020).
Tendencia	-
Direccionalidad	-
Alcance	No ha sido propuesto.
Limitaciones	-
Fórmula	Basilico <i>et al.</i> (2015).
Definición de variables	-
Escala	Cuenca
Periodicidad	Cuatrimestral/Semestral

Existencia de especies de peces amenazados en la región	
Descripción	Expresa cualitativamente la existencia de especies y/o subespecies de peces y anfibios en la región que se encuentran amenazadas.
Pertinencia	La contaminación y el cambio de condiciones en el ambiente hídrico por acción antrópica sin considerar pautas de conservación de los cuerpos de agua afectan a especies acuáticas sensibles a los cambios. Esto resulta en una amenaza de una especie, la cual está relacionada con su riesgo de extinción. Asimismo, cada especie tiene rol ecosistémico, el cual si se ve alterado ha de alterar otros componentes (Kullock <i>et al.</i> , 2004; Rozzi <i>et al.</i> , 2006; UICN, 2017).
Tendencia	-
Direccionalidad	-
Alcance	Valor 5 [Existencia]; Valor 1 [Inexistencia]. Criterio de evaluación propuesto.
Limitaciones	Desactualización e imprecisión de la distribución local de las especies; y la tendencia de las poblaciones desactualizadas y algunas desconocidas. No considera especies ícticas de categorías pertenecientes a Datos Insuficientes (DD) y No Evaluados (NE).
Fórmula	-
Definición de variables	Valoración del <i>Alcance</i> a partir de entrevistas a actor/es clave/s, teniendo en consideración: <i>Peces amenazados</i> . Cantidad de especies/subespecies de peces y/o anfibios que se encuentran en las categorías de amenaza reconocidas por la UICN: Vulnerable (VU), En Peligro (EN) y En Peligro Crítico (CR). <i>Tendencia poblacional decreciente</i> . Se refiere a las tendencias de las poblaciones de las especies/subespecies categorizadas con tendencias decrecientes, reconocida por la UICN (UICN, 2017). <i>Relevancia socio-ecológica regional</i> : especie nativa, especie clave, modificadora de ecosistemas, reconocida como patrimonio natural, monumento natural, y toda otra característica que sea reconocida por los/las actores/actrices clave.
Escala	Cuenca/Regional
Periodicidad	2 años

Existencia de especies de anfibios, reptiles, aves y mamíferos amenazados asociados a ecosistemas húmedos	
Descripción	Expresa la existencia de especies y/o subespecies de anfibios, reptiles, aves y mamíferos asociados a ecosistemas húmedos de la región que se encuentren amenazados.

Pertinencia	Existen especies vertebradas adaptadas a ambientes húmedos. Las desviaciones y la contaminación de los cursos hídricos superficiales causadas por acción antrópica, modifican los hábitats de ribera, modificando la dinámica hídrica o pulsos hídricos locales, por ende, el desarrollo de vegetación de ribera en la calidad de la alimentación, según se alimenten de macrófitas, estas especies pueden modificar su comportamiento en su búsqueda por el alimento o modificar su dieta (MEA, 2005b; Gómez <i>et al.</i> , 2015; UICN, 2017).
Tendencia	-
Direccionalidad	-
Alcance	Valor 5 [Existencia]; Valor 1 [Inexistencia]. Criterio de evaluación propuesto.
Limitaciones	Ver Indicador <i>Existencia de especies de peces amenazados en la región</i> .
Fórmula	-
Definición de variables	Ver Indicador <i>Existencia de especies de peces amenazados en la región</i> .
Escala	Cuenca/Regional.
Periodicidad	2 años

Pérdidas anuales de suelo estimadas por erosión hídrica superficial	
Descripción	Expresa cuantitativamente las pérdidas de suelo que se pierden por erosión superficial de la cuenca en estudio.
Pertinencia	La erosión hídrica superficial es la pérdida de material edáfico de un lugar, por arrastre, y posterior deposición en otro. El arrastre de las partículas de suelo es producido por el flujo hídrico superficial. Las pérdidas de suelo se producen principalmente por una escasa cobertura superficial vegetal y por una baja estabilidad estructural de sus agregados; esto se da mayormente en las zonas rurales. Las partículas de los horizontes superficiales al ser arrastradas por la corriente del agua se transforman en sedimentos, donde no sólo se pierde el suelo que posee los mayores niveles de biodiversidad (micro, meso y macrofauna) a lo largo del perfil edáfico, sino que además son los más fértiles para el sector agropecuario. Esto puede traer como consecuencia la impermeabilización del suelo (zona alta), provocando una disminución de la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo, y se deposita en lugares bajos, pudiendo provocar problemas en obras hídricas (SAPyG, 1995; Zimmermann <i>et al.</i> , 2001).
Tendencia	Aumento
Direccionalidad	-
Alcance	Valor 5 [10-9 Toneladas de suelo/año]; Valor 3 [7-6 Toneladas de suelo/año]; Valor 1 [3-2 Toneladas de suelo/año]. Criterio de evaluación propuesto, consultado a especialista en la temática.
Limitaciones	-
Fórmula	$A = R * K * S * L * C * P$
Definición de variables	Existen varias ecuaciones para la estimación de erosión superficial, una de ellas es la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) ({Wischmeier y Smith, 1978} en FAO, 1992). “A: Pérdida de suelo por unidad de superficie (tn/ha.año). R: Índice de erosión por lluvia (MJ.mm/ha.h). Energía por intensidad horaria, efecto de impacto de gota y turbulencia por escorrentía. K: Factor de erodabilidad del suelo o susceptibilidad a erosión hídrica (tn.ha.h/ha.MJ.mm). Indica que los diferentes suelos se erosionan a distintas tasas aun cuando los factores son los mismos. Depende de textura, estructura y permeabilidad. L: Longitud de pendiente. Distancia entre punto de flujo en superficie y el punto donde la pendiente disminuye lo suficiente para que ocurra la deposición, o donde el escurrimiento entra en un canal definido. S: Gradiente de pendiente. Tiene en cuenta, al igual que L, la topografía del terreno. C: Factor cultivo, ordenación o manejo de cosechas. Relación entre pérdida de suelo en condición específica de cultivo/barbecho con respecto a un estado de barbecho continuo. En suelo sin coberturas ni prácticas conservacionistas, arado a favor de la pendiente y barbecho desnudo a C se le asigna el valor de 1. P: Factor prácticas del cultivo. Proporción de pérdida de suelo mediante alguna técnica de manejo de relieve con respecto a cuando se cultiva en laderas con pendiente de 9%, a favor de pendiente. Incluye cultivos en contorno o curvas de nivel, cultivos en franjas a nivel o terrazas.”
Escala	Cuenca
Periodicidad	Anual

Existencia de registros de cambio en el escurrimiento hídrico superficial asociado a la impermeabilización antrópica del suelo	
Descripción	Expresa cualitativamente la existencia de cambios en el flujo superficial del cauce principal y/o sus afluentes principales, asociados a la impermeabilización del suelo de la cuenca en estudio.
Pertinencia	Ver indicador <i>Pérdidas anuales de suelo estimadas por erosión hídrica superficial</i> . La modificación antrópica del escurrimiento hídrico superficial es un fenómeno complejo de causa-consecuencia a lo largo del tiempo dentro del paisaje, donde es una consecuencia de las intervenciones y actividades humanas como las prácticas de laboreo excesivas en la agricultura a lo largo del tiempo, y la expansión de la urbanización, pueden ser causante de la alteración de las condiciones naturales de ecosistemas terrestres, riparios y acuáticos, implicando un riesgo para la conservación de la biodiversidad regional (Zimmermann <i>et al.</i> , 2001; Dorsi, 2016; Vidal y Romero, 2010; Gómez <i>et al.</i> , 2015).
Tendencia	-
Direccionalidad	-
Alcance	Valor 5 [Existencia de al menos un registro]; Valor 1 [Inexistencia de registros]. Criterio de evaluación propuesto.
Limitaciones	-
Fórmula	-
Definición de variables	Existencia de registros formales (académicos u oficiales) que asocien algún parámetro del movimiento superficial con la actividad agropecuaria.
Escala	Local/Cuenca
Periodicidad	5 años

Cantidad de áreas rurales impermeabilizadas	
Descripción	Expresa cualitativamente las áreas rurales impermeabilizadas en la cuenca en estudio.
Pertinencia	Ver Indicador <i>Pérdidas anuales de suelo estimadas por erosión hídrica superficial</i> . La impermeabilización del territorio es provocada por la reducción del espacio poroso producido por la inestabilidad de los agregados del suelo. Desde un punto de vista productivo, se pierde territorio para producir o se necesita tiempo y la tecnología para recuperar la estructura del suelo dañado (SAPyG, 1995).
Tendencia	Aumento
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Valor 5 [Alta]; Valor 3 [Intermedia]; Valor 1 [Baja]. Criterio de evaluación propuesto.
Limitaciones	-
Fórmula	-
Definición de variables	Valoración del <i>Alcance</i> a partir de entrevistas a actores/actrices clave/s
Escala	Local/Cuenca
Periodicidad	2 años

Indicadores de Respuesta (R)

Frecuencia de actualización de obras hidráulicas	
Descripción	Expresa cualitativamente la frecuencia de reacondicionamiento de las obras hidráulicas para recuperar su funcionalidad original.
Pertinencia	Las obras hidráulicas modifican la dinámica hídrica natural dentro de una cuenca, y resultan una solución para el bienestar de la población, en relación a las inundaciones. En estas últimas se ve implicada una vasta suma de factores acumulados, temporales y espaciales, donde es necesario analizar la problemática local desde una mirada integral, contemplando el rol ecosistémico y restricciones de uso en áreas clave con el fin de garantizar la continuidad de las actividades productivas en el territorio. La acumulación de factores en el tiempo y espacio, pueden resultar en una desactualización de las obras hidráulicas más significativas, estimadas para eventos o situaciones catastróficas mucho menores (Mosconi Frey, 2018).
Tendencia	-
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Valor 5 [Muy frecuentes]; Valor 3 [Frecuencia intermedia]; Valor 1 [Ninguna o poco frecuentes]. Criterio de evaluación propuesto consultado a especialistas en la temática.
Limitaciones	-
Fórmula	-

Definición de variables	Indicador propuesto consultado a especialistas en la temática. Valoración del <i>Alcance</i> a partir de entrevistas a actor/es clave/s. <i>Obra hidráulica</i> : Según el Art. 92 de la Ley prov. N.º 13.740: <i>toda construcción que implique el uso y control de los recursos hídricos y tenga por objeto la captación de aguas superficiales y subterráneas, medición, almacenamiento, regulación, derivación, conducción, obras de paso, alumbramiento, conservación, utilización o descontaminación, del agua o defensa contra sus efectos nocivos.</i>
Escala	Cuenca
Periodicidad	2 años

Existencia de monitoreo de la calidad de los cursos de agua	
Descripción	Expresa cualitativamente la existencia del monitoreo de la calidad del agua superficial de la cuenca en estudio.
Pertinencia	La preservación a lo largo del tiempo de la calidad del agua es uno de los objetivos prioritarios de la GIRH. Las normativas ambientales vigentes son las que demarcan la gestión de la contaminación. El monitoreo por parte de las Autoridades en cuerpos de agua móviles, asegura la continuidad de datos ambientales sobre las condiciones del ambiente acuático, pudiendo identificar puntos de contaminación en dicho cuerpo. Con la información del monitoreo se logran lineamientos de acción para conservar su estado ecológico (Cap-Net-GWP, 2005; GWP-INBO, 2009).
Tendencia	-
Direccionalidad	-
Alcance	Valor 5 [No existe]; Valor 1 [Sí existe]. Criterio de evaluación propuesto basado en consulta a especialista en la temática.
Limitaciones	No revela si hay un protocolo, programa y/o plan de monitoreo mayor. Registros de años anteriores de la calidad del agua no reflejan el impacto en las comunidades biológicas en la actualidad.
Fórmula	-
Definición de variables	Indicador propuesto basado en IDEAM (2018) y por consulta a especialista en la temática. <i>Monitoreo de aguas superficiales</i> : al menos dos registros de muestreos por año de la calidad de agua superficial que representen condiciones ambientales contrastantes a lo largo del año.
Escala	Cuenca
Periodicidad	Cuatrimstral/Semestral

Existencia de monitoreo de cuerpos de agua subsuperficiales no destinadas al consumo humano ⁽¹⁾	
Descripción	-
Pertinencia	La GIRH propone que todos los cuerpos de agua tengan un mínimo de control de calidad. Las capas más subsuperficiales que no son utilizadas en la actualidad son recursos naturales potenciales de suministro de agua. Por otro lado, la napa freática (superficial) no está destinada a consumo humano en la provincia de Santa Fe. Los procesos de monitoreo deben realizarse ya que ante una contaminación proveniente de las actividades humanas podrían estar alterando de manera recurrente la micro y meso biota del suelo, como así también la interacción con las raíces de la vegetación de todo el territorio: vegetación espontánea, cultivos agrícolas y arbolado urbano, y, si es época de afloramiento está en contacto directo con el ambiente, formando humedales en las zonas bajas (GWP-INBO, 2009).
Tendencia	-
Direccionalidad	-
Alcance	No ha sido propuesto.
Limitaciones	-
Fórmula	-
Definición de variables	-
Escala	Local/Cuenca
Periodicidad	-

Existencia de monitoreo de aguas de red de distribución en las localidades	
Descripción	Expresa cualitativamente la existencia del monitoreo local de la calidad del agua de red de distribución.

Pertinencia	La integralidad de la GIRH asegura que debe haber un control y seguimiento al suministro de agua al que tiene contacto la población humana. La misma puede provenir tanto de fuentes superficiales como subsuperficiales. Por otro lado, no toda el agua de la red de distribución es apta para consumo humano (ingesta), pero sí permite el aseo de los hogares y de la higiene personal, contribuyendo al bienestar humano. El monitoreo de los parámetros de calidad de agua para consumo humano es esencial para garantizar la salud y el bienestar de la ciudadanía (WHO, 2012; INDEC, 2012).
Tendencia	-
Direccionalidad	-
Alcance	Valor 5 [No existen datos de monitoreo o el Prestador y el Ente Regulador incumplen frecuencia y tipo de análisis (control de calidad) estipulados en la Ley N° 11.220]; Valor 1 [El Prestador y el Ente Regulador cumplen frecuencia y tipo de análisis (control de calidad) estipulados en la Ley N° 11.220]
Limitaciones	-
Fórmula	-
Definición de variables	Criterio establecido en base al cumplimiento o no de: la Resolución N° 325/11 y el Apartado IV de la Resolución N° 508/17.
Escala	Local
Periodicidad	Cuatrimstral/Semestral (Definido en la normativa)

Existencia de monitoreo de los efluentes domésticos locales	
Descripción	Expresa cualitativamente la existencia del monitoreo de la calidad del efluente doméstico local vertido al curso de agua.
Pertinencia	La preservación a lo largo del tiempo de la calidad del agua es uno de los objetivos prioritarios de la GIRH. Es por ello que el monitoreo del proceso final al volcamiento, asegura la continuidad de los datos ambientales de las condiciones de los efluentes y la eficiencia de tratamiento por parte de las Autoridades (GWP, 2013).
Tendencia	-
Direccionalidad	-
Alcance	Valor 5 [No existen datos de monitoreo o el Prestador y el Ente Regulador incumplen frecuencia y tipo de análisis (control de calidad) estipulados en la Ley N° 11.220.]; Valor 1 [El Prestador y el Ente Regulador cumplen frecuencia y tipo de análisis (control de calidad) estipulados en la Ley N° 11.220].
Limitaciones	No refleja la calidad del efluente doméstico volcado.
Fórmula	-
Definición de variables	Indicador propuesto por normativa vigente. Cumplimiento o no de la Resolución ENRESS N° 324/11 de la Ley provincial N° 11.220.
Escala	Local
Periodicidad	Semestral/Diario (Definido según normativa)

Existencia de monitoreo de especies acuáticas de cuerpos de agua	
Descripción	Expresa cualitativamente la existencia del monitoreo de especies acuáticas pertenecientes al curso de agua de la cuenca en estudio.
Pertinencia	La GIRH tiene como uno de los principales objetivos la conservación de los ecosistemas acuáticos, a través del monitoreo de los caudales ecológicos. Asimismo, las Leyes N° 13.740 y N° 11.717 de la provincia reconocen la adecuación y determinación de estos <i>caudales</i> con el objetivo de asegurar los niveles mínimos para la supervivencia de las especies que allí habitan. Puede haber diversas maneras de monitorear el estado de la biota acuática donde algunos grupos de peces y el fito y zooplancton pueden ser considerados como bioindicadores de calidad dadas sus características ecológicas (GWP, 2013; IDEAM, 2018; Domínguez <i>et al.</i> , 2020).
Tendencia	-
Direccionalidad	-
Alcance	Valor 5 [No existe monitoreo de la biota acuática]; Valor 1 [Sí. Existe monitoreo de al menos la biota acuática]. Criterio de evaluación propuesto basado en consulta a especialista en la temática.
Limitaciones	No aclara qué tipo de índices podrían llegar evaluar, ni qué tipo de especie.
Fórmula	-
Definición de variables	Indicador propuesto basado a consulta a especialista en la temática <i>Especies acuáticas</i> : todo organismos que depende de los ambientes de agua dulce.
Escala	Cuenca
Periodicidad	Cuatrimstral/Semestral

Efectividad de las áreas naturales protegidas⁽¹⁾	
Descripción	-
Pertinencia	Las Áreas Protegidas, tienen el objetivo de mantener y conservar los procesos ecológicos pertenecientes a diferentes ecorregiones. En la mayoría de los casos se encuentran dentro del SIFAP (Sistema Federal de Áreas Protegidas), en muchos casos existen, además otras áreas naturales protegidas no registradas en la base de datos del SIFAP, pero que implican otro tipo de normativas y sistemas de control, contribuyendo a la conservación (Palacio- Prieto <i>et al.</i> , 2004; APN-FVSA, 2007).
Tendencia	-
Direccionalidad	-
Alcance	No ha sido propuesto. Existen varias metodologías para medir la efectividad de las áreas protegidas (como por ej. Corrales y Artavia, 2016; Mena y Artavia, 2003; Cifuentes <i>et al.</i> , 2000; Izurieta Valery, 1997), pero éstas no se ajustan a áreas pequeñas sino a extensas (como los Parques Nacionales); considerando la realidad del territorio santafesino y de la ecorregión pampeana, debería ajustarse a todo tipo de superficie.
Limitaciones	-
Fórmula	-
Definición de variables	-
Escala	Cuenca/Regional/Ecorregional
Periodicidad	-

Presupuesto actual destinado a la mejora a los cuerpos de agua	
Descripción	Expresa cualitativamente la conformidad de los actores/actrices intervinientes en relación al presupuesto destinado a los cuerpos de agua en la cuenca en estudio.
Pertinencia	El presupuesto destinado a la temática hídrica es uno de los principales puntos para el compromiso político ambiental. Sin una asignación de presupuestos adecuados no pueden llevarse a cabo los planes y/o metas de índole ambiental (Cap-Net-GWP, 2005; GWP, 2013).
Tendencia	-
Direccionalidad	-
Alcance	Valor 5 [Muy deficiente]; Valor 4 [Deficiente]; Valor 3 [Regular]; Valor 2 [Adecuado]; Valor 1 [Muy adecuado]. Criterio de evaluación propuesto basado en GWP (2013).
Limitaciones	-
Fórmula	-
Definición de variables	Indicador propuesto basado en GWP (2013). Valoración del Alcance a partir de entrevistas a actor/es clave/s. <i>Mejora de los cuerpos de agua:</i> Saneamiento, protección, obras hídricas, restauración y/o monitoreo ambiental, tanto locales como a nivel de cuenca.
Escala	Local/Cuenca
Periodicidad	Anual

Respuesta de Organismos públicos a problemáticas de índole hídrica	
Descripción	Expresa la conformidad de los actores intervinientes en relación a la solución de las problemáticas sociales y ecológicas que involucren los cuerpos de agua de la cuenca en estudio.
Pertinencia	Los conflictos que involucran los cuerpos del agua con las sociedades son muy diversos, los que pueden mencionarse son: inundaciones, sequías, enfermedades, falta de acceso a agua potable y al saneamiento, instalaciones de viviendas precarias en zonas no autorizadas y la contaminación ambiental. Los mismos pueden estar presentes en un territorio, los cuales requieren que las Entidades públicas encuentren una solución pacífica, rápida, efectiva y definitiva ya que pueden verse afectados de forma directa: la salud, la integridad y el bienestar de los/las habitantes y tener consecuencias negativas en la economía local y regional (GWP-INBO, 2009).
Tendencia	-
Direccionalidad	-
Alcance	Valor 5 [Insatisfactoria]; Valor 3 [Medianamente satisfactoria]; Valor 1 [Satisfactoria]. Criterio de evaluación propuesto.

Limitaciones	No se definen los Organismos públicos implicados. Debe conocerse y reflejarse en detalle la diversidad de actores/actrices intervinientes.
Fórmula	-
Definición de variables	Indicador propuesto. Valoración del <i>Alcance</i> a partir de entrevistas a actor/es clave/s. Se tiene en cuenta la eficacia y la velocidad de respuesta de los Organismos públicos.
Escala	Local/Cuenca
Periodicidad	Anual

Políticas ambientales locales orientadas a prácticas ambientales sustentables	
Descripción	Expresa cualitativamente el compromiso ambiental local por parte de las Autoridades con el desarrollo sustentable a largo plazo (20 años) de la cuenca en estudio.
Pertinencia	La GIRH está en línea con el paradigma del desarrollo sustentable. Éste se manifiesta en forma de Leyes provinciales como las N° 11.717, y N° 13.740, ambas normativas responden a Acuerdos Internacionales, y Leyes nacionales que las ratifican. Todas ellas tienen como finalidad establecer lineamientos para las políticas de desarrollo sustentable dentro de un territorio. Es imperante que las Entidades gubernamentales realicen compromisos a corto, mediano y, a largo plazo fijado como 20 años. Dentro de las metas a largo plazo se ve involucrada la visión común del territorio y se vuelcan las éticas predominantes en la actualidad (Cap-Net-GWP, 2005).
Tendencia	Aumento
Direccionalidad	Aumento
Alcance	Valor 5 [Ninguna política que incluya la mejora de los recursos naturales locales]; Valor 3 [Políticas a mediano y/o largo plazo que incluyan la mejora de los recursos naturales locales]; Valor 1 [Políticas a corto, mediano y largo plazo que incluyan la mejora de los recursos naturales locales]. Criterio de evaluación propuesto basado en Cap-Net-GWP (2005).
Limitaciones	No se aclara sobre qué temática ambiental local se abordará. No se corrobora que se cumplan las metas y/o políticas ambientales locales. Las mismas pueden relacionarse con las temáticas que involucren la reducción de la pérdida de recursos naturales, como ser: la Economía Circular, la producción agroecología o la reducción de consumo de combustibles fósiles, entre otras.
Fórmula	-
Definición de variables	Indicador propuesto basado en Cap-Net-GWP (2005). Valoración del <i>Alcance</i> a partir de entrevistas a actor/es clave/s. <i>Política</i> : (1) “Declaraciones políticas realizadas por miembros del poder ejecutivo. Estas pueden ser de carácter informal, pero a su vez representar un compromiso serio por parte de un político.” (2) “Declaraciones de políticas de carácter formal, típicamente por escrito y que pueden corresponder a documentos formales aprobados por el gobierno.” (3) “La práctica, que es lo que realmente ocurre y que puede diferir de lo anterior y constituir una política de facto.” (Cap-Net-GWP, 2005).
Escala	Local/Cuenca
Periodicidad	Anual

Políticas orientadas a la mejora de los cursos de agua permanentes	
Descripción	Expresa cualitativamente el compromiso general local y/o regional que involucre la mejora de cursos de agua permanentes de la cuenca en estudio.
Pertinencia	El reconocimiento de las problemáticas de índole hídrica puede significar la importancia o la visión conjunta que representa el ambiente en la agenda pública local y/o regional. La mejora de los cursos de agua permanentes significa reconocer y comprometer a distintos actores/actrices a acciones y planes para la restauración de los ecosistemas tanto terrestres como acuáticos, o la reducción o erradicación de las fuentes de contaminación locales (Cap-Net-GWP, 2005; GWP, 2013).
Tendencia	No se corrobora que se cumplan las metas y/o políticas ambientales propuestas.
Direccionalidad	-
Alcance	Valor 5 [Ninguna política que incluya la mejora de los cursos de agua permanentes]; Valor 3 [Políticas a mediano y/o largo plazo que incluyan la mejora de los cursos de agua permanentes]; Valor 1 [Políticas a corto, mediano y largo plazo que incluyan la mejora de los cursos de agua permanentes]. Criterio de evaluación propuesto basado en Cap-Net-GWP (2005).
Limitaciones	-

Fórmula	-
Definición de variables	Indicador propuesto basado en Cap-Net-GWP (2005). Valoración del <i>Alcance</i> a partir de entrevistas a actor/es clave/s. <i>Mejora de los cursos de agua</i> : Saneamiento, protección, obras hídricas, restauración y/o monitoreo ambiental, tanto locales como a nivel de cuenca.
Escala	Local/Cuenca
Periodicidad	Anual

Políticas de diagnóstico de las comunidades biológicas	
Descripción	Expresa cualitativamente el compromiso ambiental sobre la conservación de las especies regionales que se encuentren en la cuenca en estudio.
Pertinencia	Uno de los propósitos de la GIRH es conservar los ecosistemas tanto terrestres como acuáticos de forma integral. Esta visión asume que los impactos antrópicos a lo largo del tiempo en el territorio han causado el desplazamiento y/o la extinción de especies. Es por ello que, para la sustentabilidad del territorio debe entenderse la realidad de las comunidades biológicas en los ecosistemas más dañados y encontrarse una manera de conservar hábitats y áreas propicias esenciales para su supervivencia (GWP, 2013; Biasatti <i>et al.</i> , 2019).
Tendencia	-
Direccionalidad	-
Alcance	Valor 5 [Ningún objetivo que incluya el monitoreo de la diversidad biológica donde se incluya el sitio de estudio]; Valor 3 [Objetivos a corto plazo que incluya al monitoreo de la diversidad biológica donde se incluya el sitio de estudio]; Valor 1 [Objetivos a corto, mediano y largo plazo que incluya al monitoreo de la diversidad biológica donde se incluya el sitio de estudio]. Criterio de evaluación propuesto.
Limitaciones	No corrobora que se cumplan las metas y/o políticas ambientales.
Fórmula	-
Definición de variables	Ver Indicador <i>Políticas ambientales locales orientadas a prácticas ambientales sustentables</i> .
Escala	Cuenca/Región
Periodicidad	Anual

Políticas locales de concientización ambiental	
Descripción	Expresa cualitativamente el compromiso ambiental local que incluya los cuerpos de agua de la cuenca en estudio.
Pertinencia	“La sensibilización sobre la importancia de conservar el agua, el conocimiento de las buenas prácticas para un manejo sostenible de este recurso y el logro de un cambio de actitud, solo se consigue con programas de educación y comunicación.” Asimismo, la educación ambiental conlleva a que las partes interesadas se involucren en los procesos participativos tendientes a la sustentabilidad (GWP, 2013).
Tendencia	-
Direccionalidad	-
Alcance	Valor 5 [Ningún objetivo que incluya la concientización ambiental relacionada directa y/o indirectamente con los cuerpos de agua]; Valor 3 [Objetivo a corto plazo que incluya la concientización ambiental de aspectos relacionados directa e indirectamente con los cuerpos de agua]; Valor 1 [Objetivos a corto, mediano y largo plazo que incluyan la concientización ambiental de aspectos relacionados directa y/o indirectamente con los cuerpos de agua]. Criterio de evaluación propuesto basado en GWP (2013).
Limitaciones	No aclara a qué actores intervinientes está dirigido. Deberá contemplarse la máxima representación de los/as actores/actrices intervinientes.
Fórmula	-
Definición de variables	Ver Indicador <i>Políticas ambientales locales orientadas a prácticas ambientales sustentables</i> .
Escala	Local/Cuenca
Periodicidad	Anual

Participación de actores intervinientes locales en la toma de decisiones sobre los cuerpos de agua	
Descripción	Expresa cualitativamente la participación de los grupos de interés en la toma de decisiones sobre los cuerpos de agua de la cuenca en estudio.

Pertinencia	Para la GIRH, la temática hídrica es transversal a la supervivencia de las comunidades biológicas, la salud pública y el desarrollo económico. Es por ello que, debe existir un enfoque participativo, el cual involucra a los/las actores/actrices intervinientes, no sólo en la consulta, sino también en la toma de decisiones a nivel local. La toma de decisiones es un proceso democrático que lleva a un consenso y un común acuerdo acerca del destino de los cuerpos de agua que son considerados bienes públicos (GWP, 2013).
Tendencia	-
Direccionalidad	-
Alcance	Valor 5 [Los grupos de interés no participan en la planificación ni en el manejo. Las decisiones son centralizadas.]; Valor 4 [Los grupos de interés han manifestado la disponibilidad de participar, por lo cual los administradores consultan.]; Valor 3 [Los grupos de interés participan en algunas actividades de planificación]; Valor 2 [Grupos de interés participan en la planificación y manejo, pero no en la toma de decisiones.]; Valor 1 [Grupos de interés participan completamente en todos los aspectos de la planificación, manejo y toma de decisiones]. Criterio de evaluación propuesto adaptado de Mena y Artavia (2003).
Limitaciones	No se aclara sobre qué temática específica se abordará. No se corrobora que se cumplan las metas y/o políticas ambientales. Deberán estar bien representadas los/as actores/actrices intervinientes.
Fórmula	-
Definición de variables	Indicador propuesto adaptado de Mena y Artavia (2003). <i>Tipos de participación:</i> conformación de comisiones o consejos asesores, revisiones de control ambiental, participación en audiencias públicas, en presupuestos participativos comunales, discusión y posterior aprobación de metas y normativas sobre la GIRH, propuesta de proyectos de ley, gestión para el abastecimiento de agua a pobladores de proyectos locales, o la discusión de tarifas comunales, entre otras. Criterio de evaluación propuesto basado en GWP (2013) y {Reese (2011)} en Dorsi (2016).
Escala	Local/Cuenca
Periodicidad	Anual

Anexo IV. Ubicación de áreas de importancia de la cuenca del arroyo Ludueña para la GIRH

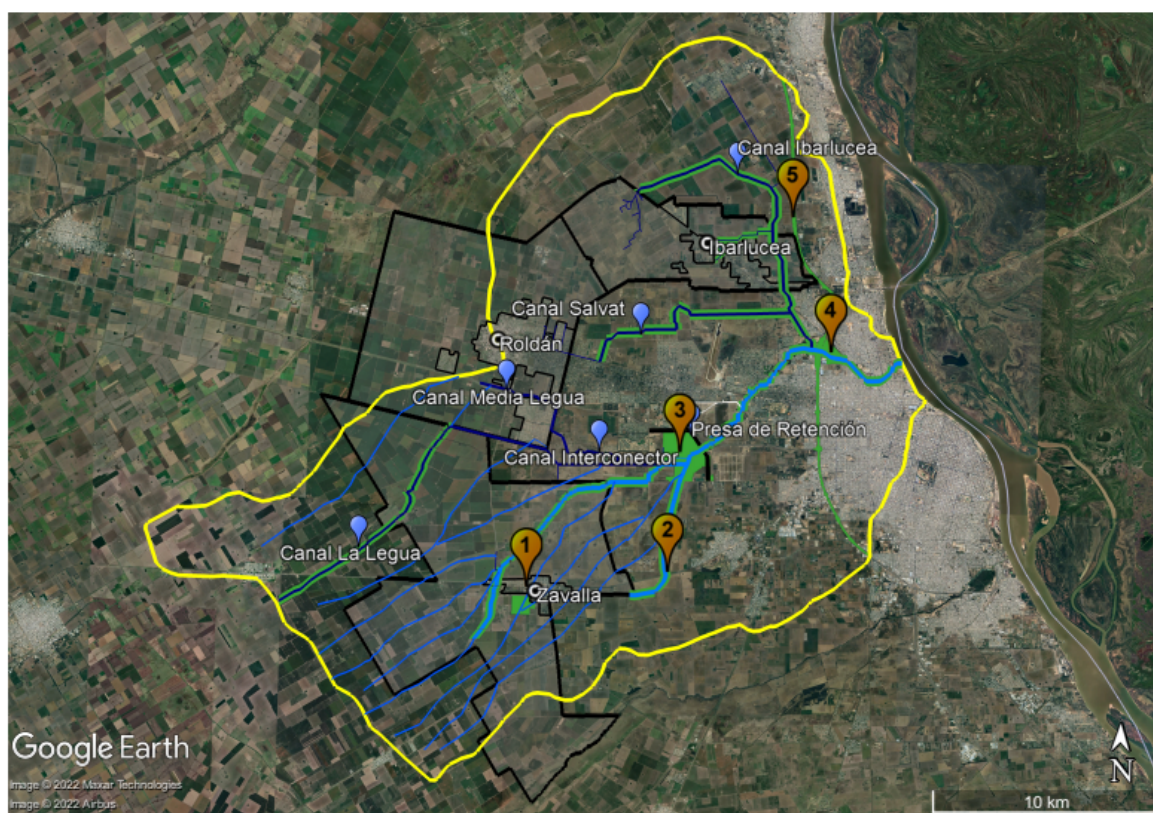


Figura 5. Áreas prioritarias identificadas para la protección del arroyo Ludueña y sus tributarios. Adaptadas de: mapa de OTBN (Ley Prov. N.º 13.372), Zimmermann y Bracalenti (2012), Biasatti et al. (2016), ECOM (2017), Mosconi Frey (2018) y ECOM (2019).

Referencias:

Áreas con algún grado de protección en la cuenca del arroyo Ludueña

- 1- Parque José Félix Villarino (Zavalla)
- 2- Arroyo principal y sus 200 metros de ribera (hasta el 2019)
- 3- Reserva Ecológica San Jorge (Funes)
- 4- Bosque de los Constituyentes (Rosario)
- 5- Corredor Biológico AU AP-01 (Rosario-Santa Fe)

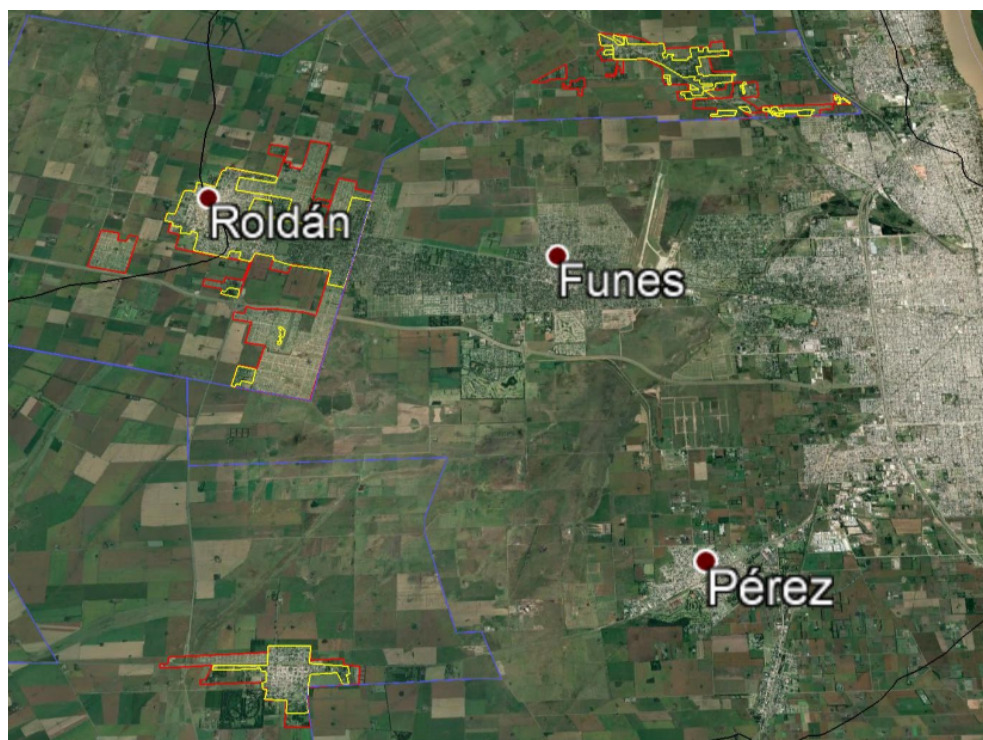


Figura 6. Expansión urbana en los tres distritos estudiados (2009 - 2020). Fuente: Elaboración propia.

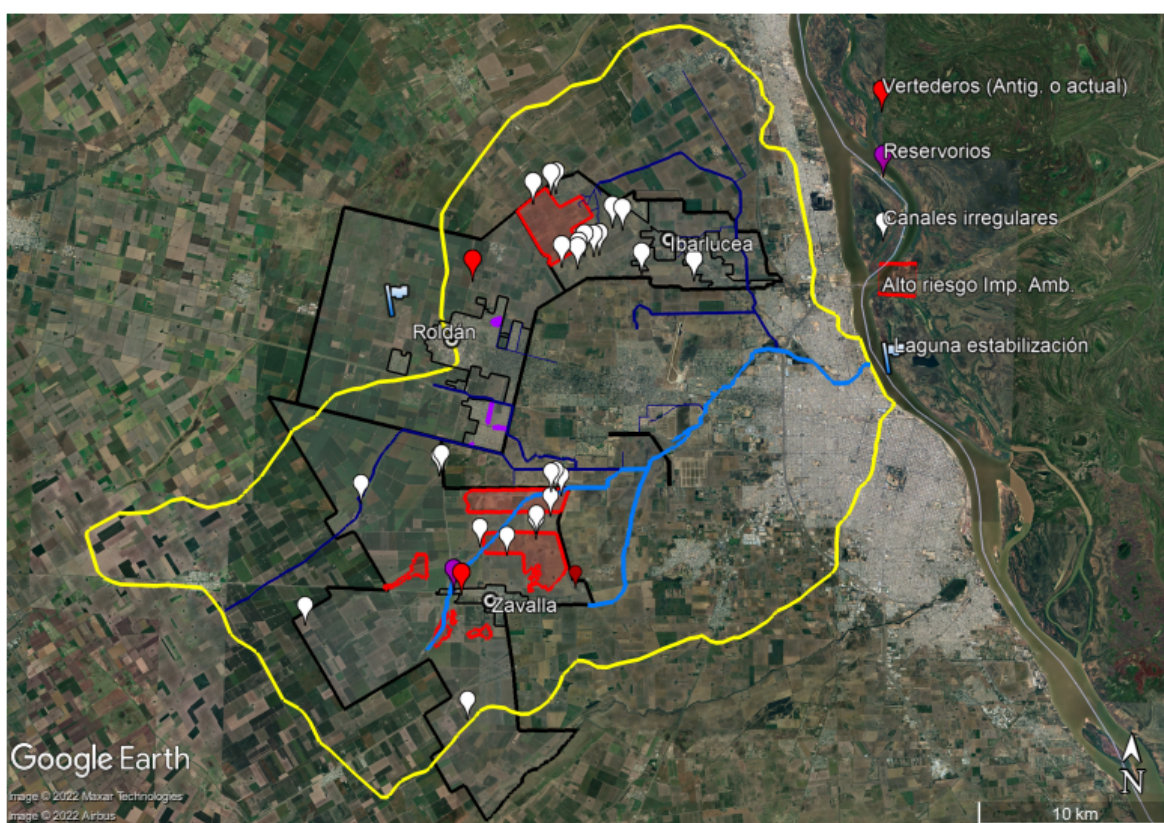


Figura 7. Presiones (P) identificadas para los distritos de Ibarlucea, Roldán, Zavalla y de la cuenca del arroyo Ludueña. Fuente: Elaboración propia.

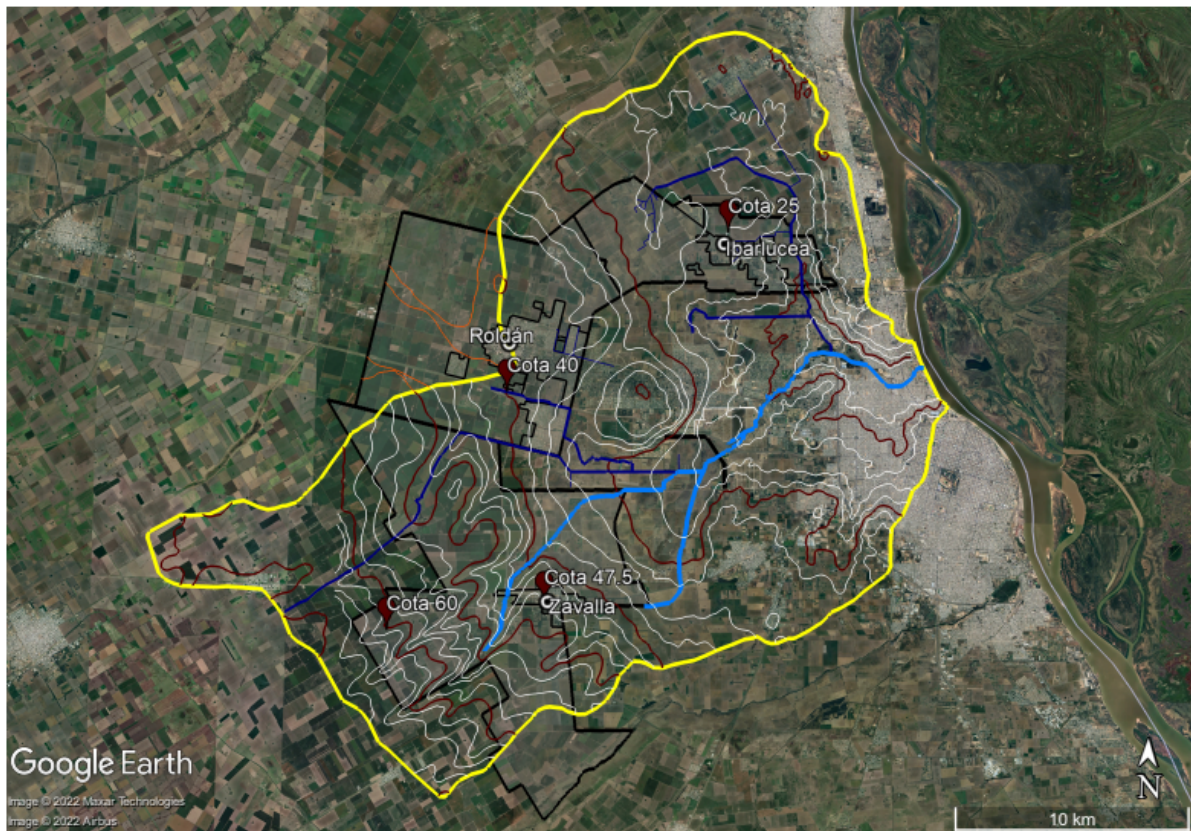


Figura 8. Curvas de nivel para los distritos en estudio, junto con el arroyo principal y sus tributarios. Se muestra en la imagen, las cotas intermedias donde se emplazan los tres distritos, donde Ibarlucea (cota 25) y Roldán (cota 40) son los que se ubican en zonas “más bajas” topográficamente y Zavalla en la zona “más alta” topográficamente de la cuenca (cota 47,5 y cota 60). Modificada de las curvas de nivel del Instituto Nacional Geográfico (IGN), y del CET-FCA.

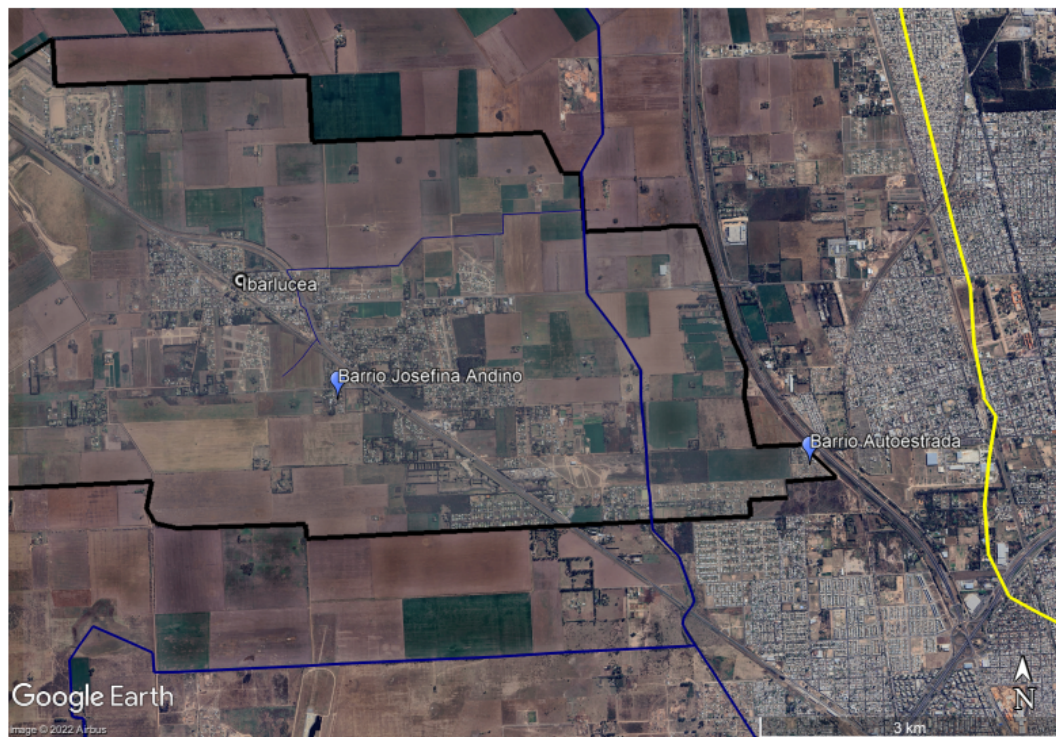


Figura 9. Sectores más comprometidos del distrito Ibarlucea. Basado en ECOM (2017) y Ministerio de

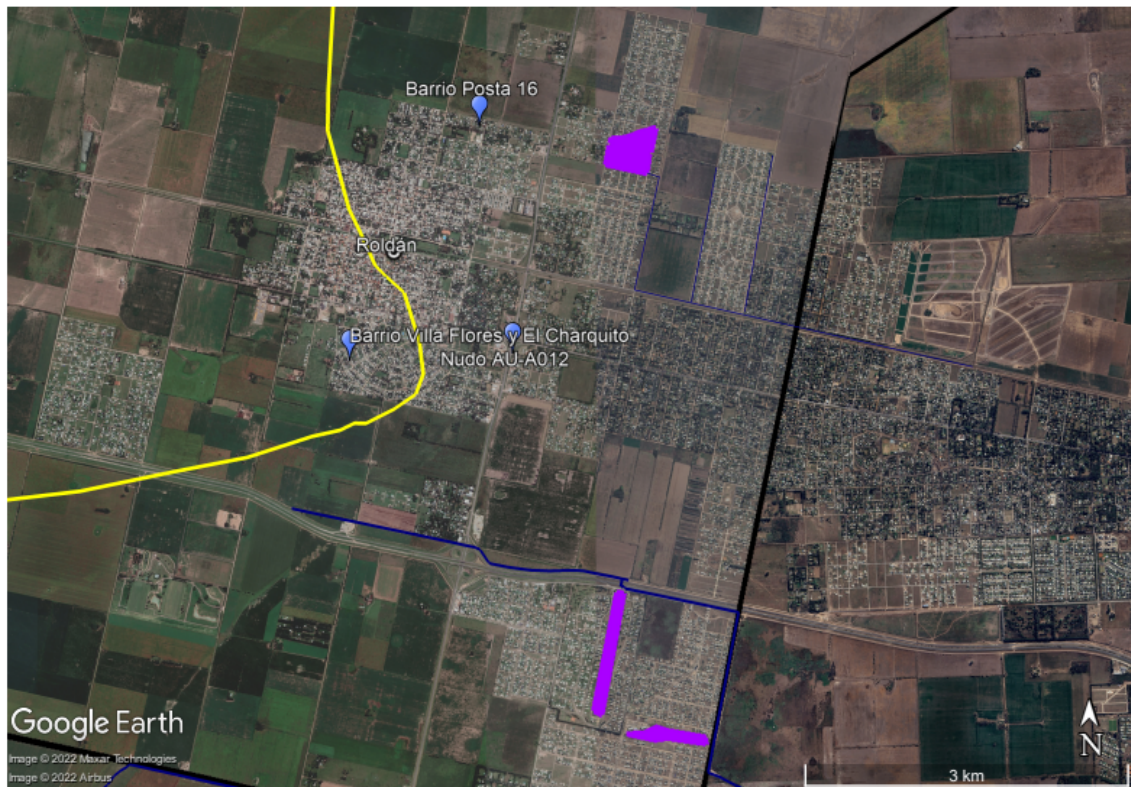


Figura 10. Sectores más comprometidos del distrito Roldán. Basado en: Manavella (2017), Ministerio de Desarrollo Social (2022), e información personal de la Secretaría de Planeamiento, Obras Hídricas y Medio Ambiente de Roldán.

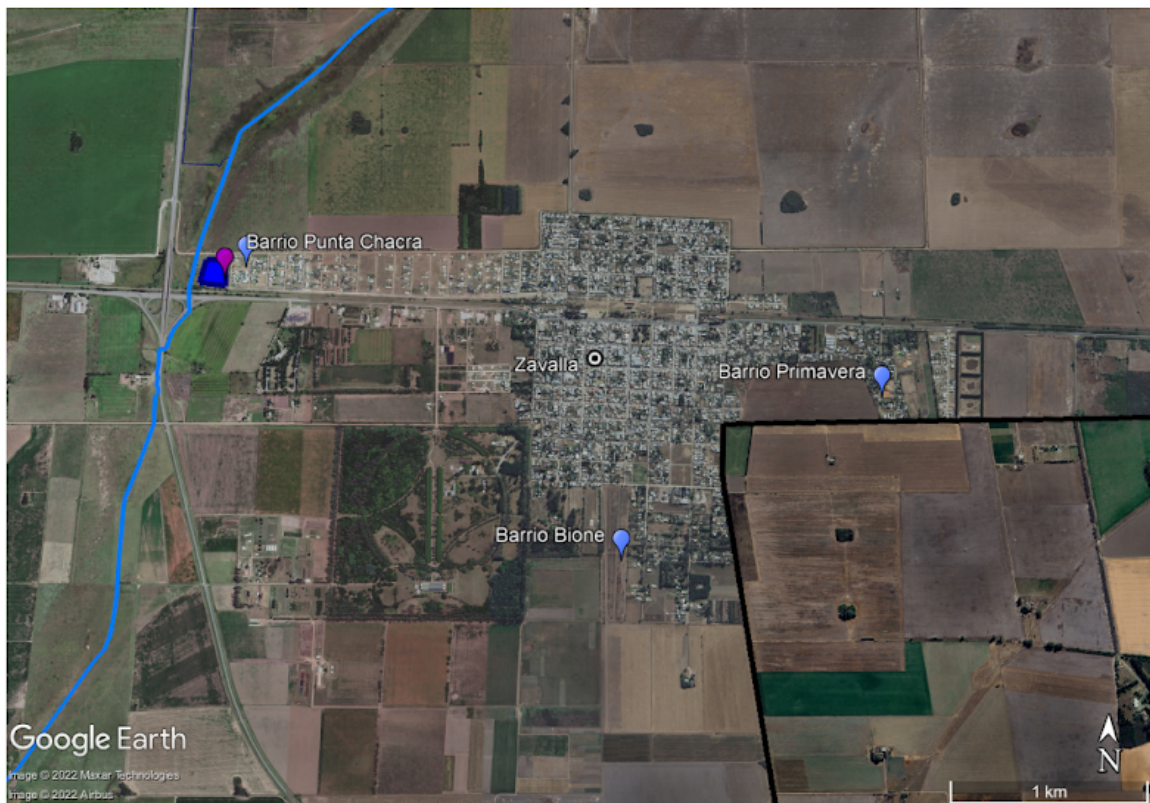


Figura 11. Sectores más comprometidos del distrito Zavalla. Basado en: ECOM (2019) e información personal de la Comuna de Zavalla.