

DISEÑO DE UN SISTEMA DE INDICADORES PARA LA GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS (GIRH) EN LA CUENCA DEL ARROYO LUDUEÑA, SANTA FE

DESIGN OF AN INDICATOR SYSTEM FOR INTEGRATED WATER RESOURCES MANAGEMENT (IWRM) IN THE LUDUEÑA STREAM BASIN, SANTA FE

Lía Martín ^{(1)(*)} y Sergio Montico ⁽²⁾

⁽¹⁾ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario. Zavalla, Argentina.

^(*)e-mail: limart742@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5120-0540>.

⁽²⁾ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario. Zavalla, Argentina.

e-mail: smontico@unr.edu.ar. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8053-7734>.

RESUMEN

El presente trabajo seleccionó e integró un conjunto de indicadores que evaluaron 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. Este trabajo constituye un aporte al diagnóstico ambiental integrado y resulta útil como insumo para 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

This essay evaluated 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 work constitutes a contribution to the integrated environmental diagnosis and is useful as an input for Public Organizations that must ensure the conservation of water resources in the Ludueña stream basin.

Keywords: Water Resource, Integrated Management, Indicator, Basin, DPSIR.

INTRODUCCIÓN

La Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) es una posible solución a las problemáticas vinculadas a la administración pública del agua, la cual incorpora diversos sectores actuando en conjunto con los organismos encargados de resolver los conflictos desde el ordenamiento territorial. 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.

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 el país, existen numerosas normativas que regulan y sirven de apoyo a la administración pública para la gestión de los recursos hídricos. Santa Fe tiene una gran cantidad de normativas vigentes que abordan dicha gestión y el cuidado del ambiente, las cuales responden a las normativas nacionales.

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).

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).

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.

Las cuencas hidrográficas son consideradas como unidades básicas para la planificación y gestión de los recursos hídricos, la cual facilita la interacción entre diferentes actores y el análisis del territorio (Montico, 2011; Ordoñez Gálvez, 2011; GWP, 2013).

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.

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).

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).

Existen esquemas abordados como el Método GEO y el Modelo FPEIR que pueden ser 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).

OBJETIVO

Este trabajo propone elaborar un sistema de indicadores para la gestión hídrica de la cuenca del arroyo Ludueña (Santa Fe, Argentina) y aplicarlos en tres distritos (Ibarlucea, Roldán y Zavalla) con el propósito de evaluar su estado actual, y definir algunos lineamientos que contemplen el gerenciamiento del agua orientados al desarrollo sustentable.

METODOLOGÍA

Sitio de estudio

Se seleccionó la cuenca del arroyo Ludueña de la provincia de Santa Fe, República Argentina. Está ubicada al sureste de la provincia (32° 45' y 33° 08' S; 61° 04' y 60° 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 (Zimmermann *et al.*, 2001; Montico *et al.*, 2020).

La cuenca se ubica dentro de la ecorregión Delta e Islas del Paraná y de la Pampa Húmeda (Morello *et al.*, 2012).

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 1, 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.

En la cuenca hay quince 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). Los tres distritos que se evaluaron por el sistema de indicadores fueron: Ibarlucea, Roldán y Zavalla (Figura 2). Estos representan ambientes hidrológicos contrastantes, como así también diferentes esquemas de urbanización, demografía y desarrollo agroindustrial.

Método GEO (GIRH) FPEIR

Para la identificación de los indicadores, 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. 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. Los interrogantes del método GEO corresponden a cada aspecto del modelo FPEIR [Fuerzas Motrices (F) - Presión (P) - Estado (E) - Impacto (I) - Respuesta (R)]. El FPEIR es un sistema de indicadores de mediana a alta complejidad dentro de los propuestos para evaluar el desarrollo sustentable de un territorio y posibilita identificar aspectos críticos a tomar en cuenta en un territorio dado (Guttman Sterimberg *et al.*, 2004; Polanco, 2006) (Tabla 1). 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. 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).

Relevamiento de información

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). 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 un relevamiento exhaustivo 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.

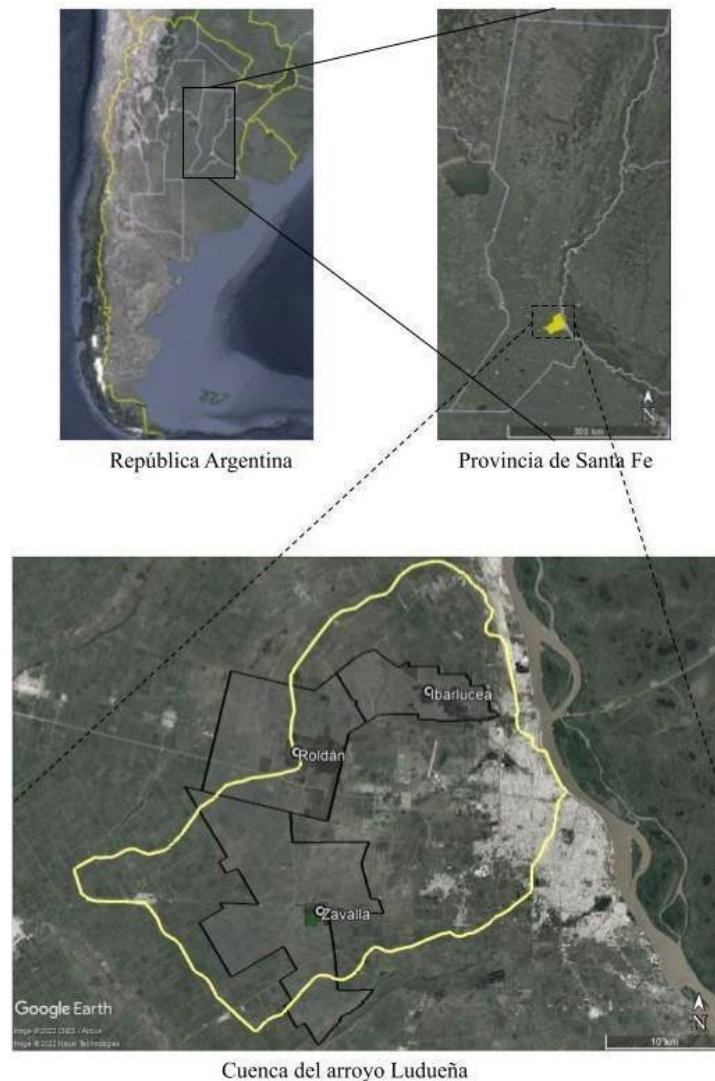


Figura 1: Ubicación de la cuenca del arroyo Ludueña y los tres distritos en estudio.

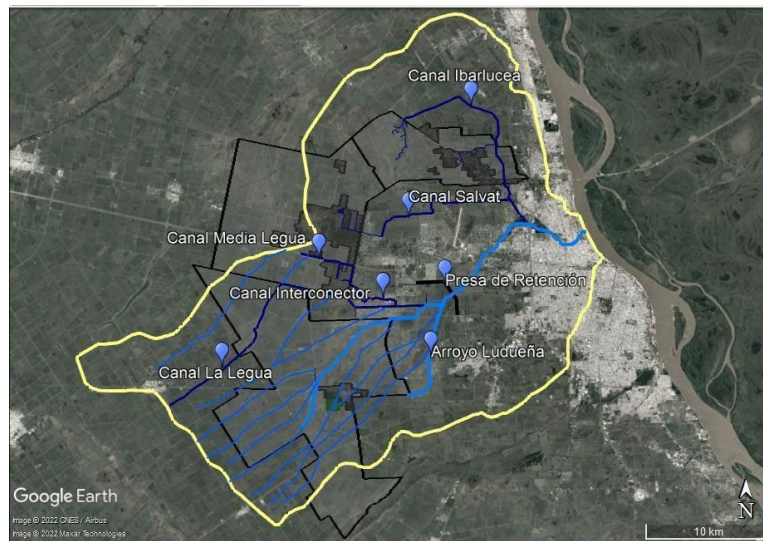


Figura 2: Ubicación de la red hídrica, sus principales tributarios y la Presa de Retención de Crecidas del arroyo Ludueña y de los tres distritos en estudio.

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

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.

RESULTADOS

Sistema de indicadores GEO (GIRH) FPEIR

El diseño del sistema de indicadores GEO (GIRH) FPEIR, se concretó en una Hoja Metodológica (Quiroga Martínez, 2009), según: Nombre, Descripción, Pertinencia, Tendencia, Direccionalidad, Alcance, Limitaciones, Fórmula, Definición de variables, Escala y Periodicidad.

Cada aspecto FPEIR se compone de ejes que

comprenden dimensiones y estas, a su vez, a los indicadores. Los ejes y dimensiones se muestran en la Figura 3. El sistema de indicadores es multidisciplinar, focalizado en sistemas complejos, multiscalar y cuantitativo.

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).

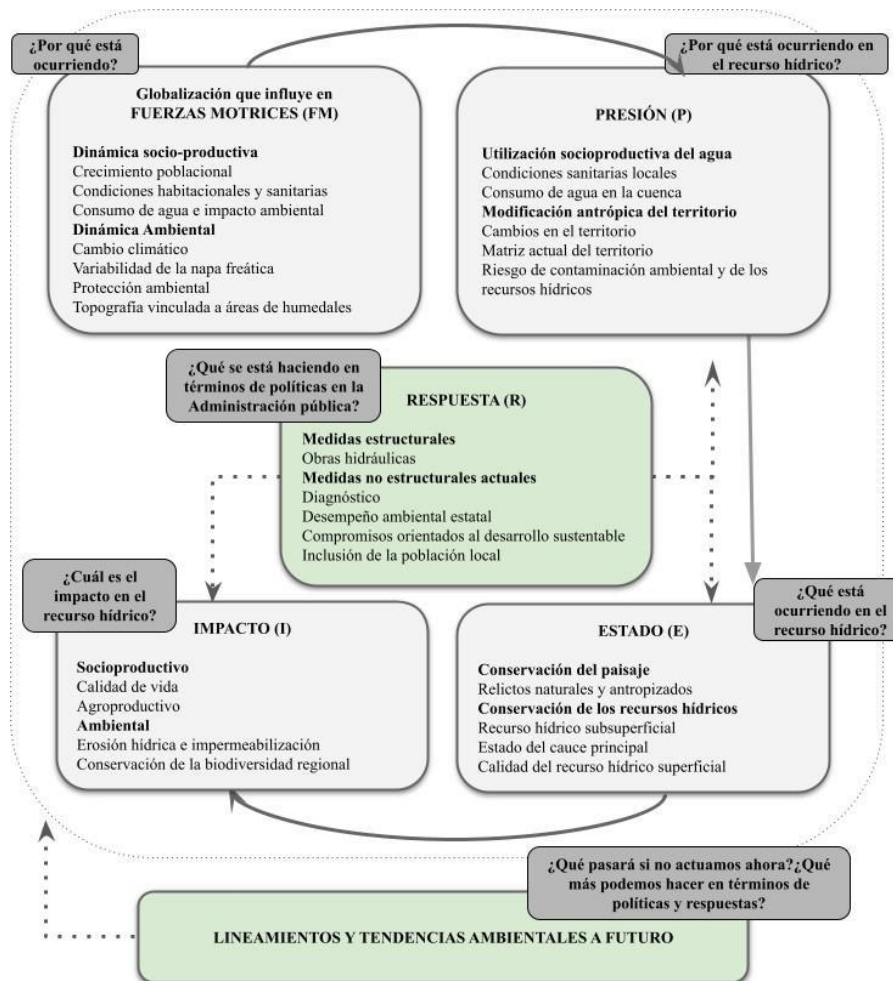


Figura 3: Esquema conceptual de los ejes y dimensiones propuesto para el sistema de indicadores GEO (GIRH) FPEIR ajustado a cuencas de llanura.

Dado que los indicadores 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 asignó un valor para su medición, los cuales se encuentran en la Tabla 3. 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.

Para el análisis e identificación de los puntos críticos más simple, se implementó la estandarización de los valores de los indicadores, según la ecuación (1):

$$Pn = \frac{(Vp - Vmin)}{(Vmax - Vmin)} \quad (1)$$

donde el Parámetro normalizado (Pn) es igual al cociente entre la diferencia entre el Valor del indicador relevado (Vp) y Valor mínimo del indicador (Vmin n), y la diferencia entre el Valor máximo (Vmax n) y Valor mínimo de dicho indicador (Vmin n). 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). 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.

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

FUERZAS MOTRICES (F)				
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) -Porcentaje de hogares provinciales con acceso agua de red -Porcentaje de hogares provinciales con cloacas -Cantidad promedio de agua potable consumida <i>per cápita</i> en la región	Pr Pr Re	cuant. cuant. cuant.
	Consumo de agua e impacto ambiental de la producción	-Cantidad promedio de agua consumida por sector en la región ⁽¹⁾ -Porcentaje de la superficie provincial con uso de suelo agropecuario -Indicador de Impacto Relativo (IIR) industrial provincial	Re Pr Pr	- cuant. cuant.
Dinámica ambiental	Cambio climático	-Aumento de la cantidad de las precipitaciones anuales en la región -Aumento de la concentración de las lluvias en la región	Re Re	cuant. 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 -Existencia de áreas hídricas protegidas aledañas	Ec Re	cuant. cualit.
	Topografía vinculada a áreas de humedales	-Pendiente media de la cuenca en estudio	C	cuant.

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

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 -Porcentaje de hogares de cada localidad con acceso a cloaca -Porcentaje de hogares de cada localidad sin acceso a agua de red, cloaca ni pozo séptico	L L L	cuant. cuant. cuant.
	Consumo de agua en la cuenca	-Cantidad promedio de agua potable consumida <i>per cápita</i> por localidad -Cantidad promedio de agua consumida por sector por localidad ⁽¹⁾	L L	cuant. -
Modificación antrópica del territorio	Cambios en el territorio	-Cambio de la cobertura vegetal natural -Índice de Presión Demográfica (IPD) local -Expansión urbana-industrial local	C L L	cuant. cuant. cuant.
	Matriz actual del territorio	-Porcentaje de superficie local con uso de suelo agrícola -Porcentaje de superficie local con uso de suelo urbano e industrial -Densidad de infraestructura de transporte local -Intervención del escurrimiento natural por obras hídricas regulares -Cantidad de asentamientos irregulares locales en zonas inundables -Cantidad de canales irregulares locales	L L L L L L	cuant. cuant. cuant. cualit. 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 -Riesgo de contaminación ambiental local por cantidad de tambos locales -Cantidad de industrias no agrícolas locales con riesgo alto y medio de contaminación ambiental -Riesgo de contaminación del Recurso Hídrico Superficial (RHS) por efluentes cloacales urbanos -Riesgo de contaminación del Recurso Hídrico Superficial (RHS) por disposición final de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) -Riesgo de contaminación del Recurso Hídrico Superficial (RHS) por existencia de basurales a cielo abierto	L L L L L L	cualit. cuant. cuant. cualit. cualit. cualit.

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

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.
		-Espacios verdes locales proporcionales al área urbanizada	L	cualit.
Conservación de los Recursos Hídricos	Recurso hídrico subsuperficial	-Índice de Vegetación Remanente (IVR) actual	C	cuant.
		-Índice de Calidad de la Ribera Pampeana (ICAP) ⁽²⁾	C	cuant.
	Estado del cauce principal	-Variación histórica de la altura de la napa freática ⁽¹⁾	C	-
		-Existencia de nitratos de origen antrópico en la napa freática ⁽¹⁾	C	-
	Calidad del recurso hídrico superficial	-Variación hidrológica del cauce principal ⁽¹⁾	C	-
		-Exceso de metales pesados en sedimentos del cauce principal ⁽¹⁾	C	-
		-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	-		
-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 enfermedades transmitidas por el agua	L	cualit.
		-Calidad de agua superficial local para uso recreativo, turístico y deportivo	L	cualit.
Agroproductiva	-Cantidad de eventos que declaren emergencia agropecuaria por excesos hídricos	D	cuant.	
	-Cantidad de áreas rurales impermeabilizadas	C	cualit.	
Ambiental	Erosión hídrica e impermeabilización antrópica	-Pérdidas anuales de suelo estimadas por erosión superficial	C	cuant.
		-Existencia de registros de cambio en el escurrimiento hídrico superficial asociado a la impermeabilización del suelo	C	cuant.
	Conservación de la biodiversidad regional	-Índice de Calidad de Agua (ICA) ⁽²⁾	C	-
		-Existencia de especies de peces amenazados en la región	Re	cualit.
-Existencia de especies amenazadas de anfibios, reptiles, aves y mamíferos asociados a ecosistemas húmedos en la región	Re	cualit.		

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

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
-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 -Respuesta de Organismos públicos a problemáticas de índole hídrica	L L	cualit. cualit.
	Compromisos orientados al desarrollo sustentable	-Presupuesto actual destinado a la mejora del recurso hídrico -Respuesta de Organismos públicos a problemáticas de índole hídrica	L L	cualit. 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 3. Valores que pueden tomar los indicadores GEO (GIRH) FPEIR relevados.

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

Sistema de indicadores GEO (GIRH) FPEIR en los tres distritos pertenecientes a la cuenca del arroyo Ludueña

A continuación, se muestra la aplicación del sistema de indicadores GEO (GIRH) FPEIR en los tres distritos pertenecientes a la cuenca del arroyo Ludueña. Se asumió el riesgo de perder precisión a nivel de cuenca al considerar sólo esos tres distritos, la cual será robusta cuando se disponga de la información de los quince que la conforman. 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). 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 cuanto 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 los 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. 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 periodo de relevamiento (No Disponible, N/D).

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

Nº	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
Nº indicadores relevados		2/2	6/6	4/4	1/1	13/13

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

N°	Indicadores de Presión	D1	D2	D3	C	Promedio 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 insuficientes
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 Insuficientes
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

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).

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 físico-químicos, hidrocarburos totales, Coliformes Totales y Fecales, y *Escherichia coli*).

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

Nº	Indicadores de Estado	D1	D2	D3	C	Promedio 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 Insuficientes
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
Nº indicadores relevados		0/1	1/1	1/1	8/8	8/9

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

Nº	Indicadores de Impacto	D1	D2	D3	C	Promedio I
1	Cantidad de inundaciones por localidad en zonas urbanas	N/D	N/D	0.5	N/C	Datos Insuficientes
2	Cantidad de casos locales asociadas a enfermedades relacionadas con el agua	N/D	N/D	1	N/C	Datos Insuficientes
3	Cantidad de casos locales asociadas a enfermedades transmitidas por el agua	N/D	N/D	1	N/C	Datos Insuficientes
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 Insuficientes	Datos Insuficientes
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 8. Valores de los indicadores del aspecto Respuesta para los distritos y para la cuenca del arroyo Ludueña.

N°	INDICADORES RESPUESTA	D1	D2	D3	C	Promedio 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 Insuficientes
7	Respuesta de Organismos públicos a problemáticas hídricas	N/D	N/D	0.5	N/C	Datos Insuficientes
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 Insuficientes
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

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.

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".

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.

Organismos públicos vinculados a la gestión de los recursos hídricos de la cuenca del arroyo Ludueña

En relación a la Red de actores de la administración

pública involucrados en la gestión del agua del arroyo Ludueña y sus tributarios, en la Tabla 9 se indica el Organismo público del cual se obtuvo información y sus funciones específicas para la gestión del recurso hídrico y su contaminación. Se destaca la dificultad de acceso a la misma.

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

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

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

Funciones específicas	Escala	Organismo/s público/s	Normativa
Mantenimiento de Obras hídricas (desagües pluviocloacales, 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
Desagote de pozos sépticos y negros (barrios y/o distritos s/cloacas)*	Ibarlucea Roldán Zavalla	Los usuarios residenciales, y las industrias que estén habilitadas para el volcamiento de efluentes en la disposición final. (* no pertenece a la administración pública)	Res. Provincial N° 145/07
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

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

Funciones específicas	Escala	Organismo/s público/s	Normativa
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 actores de carácter ambiental	Provincial Cuenca	ENRESS MAyCC Municipios y Comunas Prestadores	Ley prov. N° 13.060

DISCUSIÓN

Contexto pampeano y de la provincia Santa Fe (Fuerzas motrices)

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 (Maguna y Montico, 2013; Sarandón y Flores, 2014; IPEC, 2019; SAyDS, 2019). 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 para los subsuperficiales (INDEC, 2010).

En relación a la variabilidad climática regional, deben ser tenidas en cuenta prácticas agropecuarias que sean hidrológica y ecológicamente viables a largo plazo, contemplando una posible redistribución de las lluvias anuales, y los cambios de las especies adaptadas a estos y otros factores climáticos, trayendo aparejadas modificaciones en su ecología ya que se ha detectado mayores intensidades de las lluvias y un incremento leve de las precipitaciones anuales (IPCC, 2014; Barros *et al.*, 2015; Chesini, 2015; Uribe Botero, 2015; Vera, 2016; Ferrelli *et al.*, 2021).

Las superficies destinadas a las áreas protegidas son muy escasas para las dos ecorregiones donde se ubica la cuenca en estudio, aunque hay tendencias al incremento en los últimos años, la misma es insuficiente, y estas áreas están 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 (APN-FVSA, 2007; SAyDS, 2019). Esto pone en riesgo la supervivencia de las especies ya que estos espacios son hábitat, refugio y lugar para alimentación y reproducción.

Por último, 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 (Fuschini Mejía, 1994; Kruse y Zimmermann, 2002; Biasatti *et al.*, 2016). 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.

Procesos antrópicos influyentes en el arroyo Ludueña y sus tributarios (Presiones)

Las dinámicas de ocupación del espacio son determinantes al momento de entender estos procesos, donde la vegetación natural de la cuenca disminuyó en un 42.5%, y puede observarse dos etapas clave: (1) entre 1970 y 2000, la vegetación natural disminuye por la expansión de la agricultura y se la confina a relictos; y (2) entre 2000 y 2020, se avanza sobre estos relictos a escala local (sin dejar de avanzar desde la actividad agrícola), y produciéndose el desmonte de áreas naturales cercanas a las urbanas para loteos e industrias. 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 de ribera del arroyo y de sus tributarios. Esta disminución pone en riesgo las funciones y los servicios ecosistémicos brindados por dicha cobertura, entre los que se encuentran la provisión de hábitat para las especies y la retención (regulación) hídrica en épocas húmedas.

Por otro lado, en la etapa (1), se cambia el modelo de producción de rotación agrícola-ganadero a la netamente agrícola, la cual es predominante hasta la actualidad, y fue esencial para el aumento del caudal

del arroyo Ludueña en épocas de crecida, y conllevaron a la impermeabilización del suelo potenciando el escurrimiento de agua, trayendo aparejado anegamientos, inundaciones y un cambio en el balance hídrico (Zimmerman *et al.*, 2001; Biasatti *et al.*, 2019; Bragos *et al.*, 2019; Montico *et al.*, 2019). Asimismo, en la etapa (2), se cuantificó una expansión urbana-industrial entre 2009 y 2020, de 59.6% (Ibarlucea), 54.1% (Roldán) y 49.5% (Zavalla), respectivamente. Esto último, trayendo aparejado una “expansión de la impermeabilización local”, así como también del aumento de la demanda de consumo de los recursos naturales y de la generación de efluentes y residuos domésticos.

Como la cuenca se ubica en un área de llanura y es propensa a los anegamientos, se desencadenan conflictos sociales por las inundaciones y pérdidas económicas por anegamientos en el sector rural, donde la ubicación de los distritos tiene implicancia no sólo en la regulación de los caudales, sino también a nivel de depuración del agua ya que lugares ubicados en cotas altas afectan a distritos aguas abajo.

Aquí se puede mencionar, como medidas de apaleamiento, la construcción de la Presa de Retención, el entubamiento del tramo final del arroyo (Rosario), y la construcción de los Canales La Legua, Media Legua, y el Canal Ibarlucea-Salvat, entre muchos otros, siendo estos últimos los principales tributarios del arroyo Ludueña (ECOM, 2017; Manavella, 2017; Mosconi Frey, 2018). Sin embargo, se pueden cuantificar canales irregulares en el área rural que drenan el agua, 19 canales en Ibarlucea, 13 en Zavalla, y 6 en Roldán, dejando sin efectividad las obras hídricas, y por otro lado, la construcción de reservorios en áreas urbanas para retener el agua, uno (parcial) en Zavalla, y al menos tres en Roldán, esto último por la aplicación de la Ley Prov. N° 13.246 *Estabilización de aportes del arroyo Ludueña*.

Con respecto a los conflictos sociales, en Roldán y en Zavalla, los mismos son derivados de la ocupación del espacio entre áreas urbanas y periurbanas con la rural. Estos involucran la calidad de vida humana y de los ecosistemas en ambos distritos: las inundaciones y la utilización de los agroquímicos. Asimismo, 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, donde es muy alto el riesgo sanitario para las familias, y de contaminación de los recursos hídricos, por la posible inexistencia de pozos sépticos. La misma es común a los tres distritos.

En Zavalla existen pocos asentamientos ya que se ubica en una zona topográficamente alta y los anegamientos mayormente se dan en las zonas agrícolas, y los sectores afectados provienen del barrio Bione, Primavera y del oeste de Punta Chacra, este último por no haberse concretado la construcción del reservorio previsto (ECOM, 2017; Manavella, 2017; ECOM, 2019; Ministerio de Desarrollo Social, 2022). 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 a la calidad de los recursos hídricos de la cuenca, los permisos de volcamiento de efluentes tanto industriales como domésticos en los cuerpos de agua, están regulados por el Decreto provincial N° 1.082/02 (Ley Prov. N° 11.220 *Regulación de Servicios Sanitarios*). Asimismo, se encuentra vigente el Decreto reglamentario N° 101/03 (Ley Prov. N° 11.717 - *Ley de ambiente*), la cual establece que cada industria tenga su Evaluación de Impacto Ambiental que categorice su riesgo de contaminación hacia los ecosistemas provinciales.

De lo dicho anteriormente, sumado a que la cobertura cloacal local en los tres distritos es muy baja, se desprende que los recursos hídricos de la cuenca del arroyo Ludueña presentan un alto riesgo de contaminación por efluentes domésticos. Además, 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 y la periodicidad de las descargas de los camiones atmosféricos, los cuales son necesarios para establecer medidas de control y/o manejo.

Asimismo, el mayor riesgo de impacto ambiental industrial para la cuenca lo aporta Roldán ya que posee un complejo industrial, y el sector productivo se aboca a la metalmecánica. Esto no quiere decir que esté contaminando en la actualidad pero se debe tener en cuenta que, estas actividades conllevan un riesgo para el ambiente. Asimismo, el aporte de los tres distritos en la región es de bajo riesgo de impacto ambiental, ya que otros distritos de la cuenca en estudio forman parte del Complejo Industrial al Norte de Rosario (Pouey, 2008). Se deberá profundizar en este tipo de indicador general.

En la actualidad, la superficie agrícola de Ibarlucea,

Roldán y Zavalla es de 81%, 67.1% y 96.7%, respectivamente, y todas tienen producción de forma convencional. 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 (Montico y Di Leo, 2015; ECOM, 2017, 2019). Las mismas deberán ser resguardadas por prácticas como las agroecológicas, o bien, estar bajo estricto control por los Organismos públicos correspondientes, entre ellos, el MAyCC, debido a su carácter de extrema vulnerabilidad.

Asimismo, en la cuenca, los herbicidas son los más móviles y representan más probabilidad de contaminar los cuerpos de agua superficiales y subsuperficiales que los insecticidas y los fungicidas (Montico *et al.*, 2017; Montico y Di Leo, 2021). 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.

En síntesis, 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.

Situación del arroyo Ludueña, sus tributarios y los relictos de vegetación (Estado)

Los trabajos recopilados dan cuenta que los parámetros medidos muestran cierto grado de contaminación por efluentes domésticos (carga orgánica) para el arroyo y sus principales tributarios, y los sedimentos del tramo principal por cobre y zinc del tramo principal, y por ende, estarían en riesgo tanto los roles ecológicos como los servicios ecosistémicos brindados (Informe Oficial solicitado al MAyCC para el 2010; Tufo *et al.*, 2015; Martínez Bilesio, 2018; Martínez Bilesio *et al.*, 2019). Por otro lado, se desconoce si hay presencia de agroquímicos, y 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.

En concordancia con lo evaluado e informado por Montico *et al.* (2019), estos trabajos, 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.

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). 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.

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:

1. 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).
2. 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.
3. 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).
4. 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).

5. El arroyo Ludueña, y sus márgenes a 100 metros de cada lado, estuvieron protegidos por la Ley Prov. N.º 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 (2021), 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.

6. Infraestructura verde y/o espacios verdes locales, como: arbolado público, parques, plazas, jardines, campings y terrenos baldíos. Esta 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 (WWAP, 2018; Zimmermann y Bracalenti, 2019).

Los espacios ribereños del arroyo, 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. Estos beneficios se modifican según su pulso hídrico natural 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. Por otro lado, el bajo caudal medio que presenta el arroyo Ludueña puede ser un factor que podría ser limitante para la depuración de la carga orgánica que presenta (Escobar, 2002; Kandus *et al.*, 2011; Tufo *et al.*, 2015). 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.

En síntesis, y en concordancia con Pouey (2008), Volpedo y Fernández Cirelli (2011) 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: desde el arroyo Ludueña, sus tributarios y sus riberas, en conjunto con las planicies de inundación, unificadas a lo largo del curso principal.

Algunos servicios ecosistémicos afectados de la cuenca del arroyo Ludueña (Impactos)

En la región ocurren muchos eventos que desencadenan alta cantidad de emergencias hídricas en épocas húmedas. Con motivo de ejemplificar, se toma en cuenta el período de agosto a octubre de 2012, donde se registraron una serie de eventos que provocaron anegamientos en el sector rural (desencadenantes del Dec, prov. N° 186/13 *Emergencia Agropecuaria*) e inundaciones en el sector urbano y se registró el desborde y el colapso de las obras hídricas. Este último, 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. En Roldán y en Zavalla este evento provocó daños agrícolas muy importantes, y en Ibarlucea, resultó en un desborde de los Canales Ibarlucea-Salvat y pérdidas agrícolas totales (MAHySF, s/f; MPyTN, 2019).

Con respecto a la salud humana en la cuenca, las enfermedades hídricas se manifiestan principalmente por la ingesta de agua contaminada y por una alteración en la calidad ambiental e hídrica (McJunkin, 1988; Chesini *et al.*, 2019). En nuestra región, esto se da a través de las inundaciones y se da 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 (Pouey, 2008). En Zavalla, 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 existe amplia cobertura de agua potable, o poco contacto con el agua superficial y a campañas de fumigación en zonas urbanas para mitigar y controlar la etapa adulta de la especie *Aedes aegyptis* en los períodos estivales, reduciendo la probabilidad de transmisión de enfermedades por dicho vector.

Desde el sector agrícola, la impermeabilización y el drenado de, al menos, 38 lagunas temporarias, junto con la impermeabilización urbana actual, muestran un desbalance en los flujos superficiales de agua en toda la cuenca del arroyo Ludueña, debiéndose mantener todos los espacios con vegetación posible e incrementar su superficie, para conservar los cuerpos de agua y sus comunidades acuáticas (Zimmermann y Bracalenti, 2019; Montico *et al.*, 2019).

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, y se estiman pérdidas por erosión hídrica entre 20 a 70 toneladas de suelo por hectárea por año, y los mayores impactos son atribuidos al sistema productivo soja/soja, donde existe erosión de moderada a alta; y a su vez, en el 7% del área agrícola existen niveles de erosión hídrica graves a muy graves (Denoia *et al.*, s/f; Di Leo *et al.*, 2020).

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. 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. En este sentido, la heterogeneidad espacial en 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, donde las especies son parte del territorio y es inevitable su exclusión (Gherza y León, 2002; Garay y Fernández, 2013; Biasatti *et al.*, 2019).

Con respecto a los efectos en las especies de la macrofauna nativa, existe muy poca información acerca de su situación en esta cuenca, donde se remarca la importancia del mantenimiento de áreas naturales como el Parque J.F. Villarino (Zavalla), como hábitat y refugio en distritos pertenecientes a la cuenca, declarado como área de interés para la conservación de los murciélagos (Di Doménica, 2019). Por otro lado, se registró 11 mamíferos nativos en el corredor biológico de la Autopista AP-01, 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 (Cabrera, 2017). Actualmente, no se dispone de información de las especies de la fauna ictícola del arroyo Ludueña.

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.

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

Hasta el momento no se conoce un monitoreo de la calidad del agua del arroyo Ludueña y sus tributarios, como tampoco se identificó algún registro de monitoreo de la biota acuática (comunidades planctónicas, bentónicas e ictícolas). En la actualidad, existe el *Programa de Recuperación de la Calidad de los Cuerpos de Agua Superficiales, tanto Lóticos como Lénticos*, vigentes por el Decreto provincial N° 1.470/21 *Control de Efluentes y Saneamiento de cursos superficiales*; y el Decreto Nacional N° 831/93 *Valores guía de calidad de agua dulce para protección de vida acuática*, los cuales podrían aplicarse para este arroyo y sus principales afluentes. Por último, 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 mismos deberán ser monitoreados por el ENRESS (Ente Regulador de Servicios Sanitarios), donde solamente existen en Roldán, y se deberán realizar en todos los distritos de la cuenca.

En relación a la periodicidad con que deben actualizarse las obras hídricas, estas son bastante frecuentes, dado que en alrededor de 20 años dejan de cumplir su objetivo, donde la impermeabilización, el aumento de canales irregulares y la variabilidad de las precipitaciones, son los motivos principales (MAHySF, s/f). Estos son factores a considerar ya que son necesarias inversiones e investigaciones acordes a la funcionalidad ecosistémica a escala de paisaje, como la retención del agua naturales en los valles de inundación y el rol del cambio climático (Escobar, 2002; Garay y Fernández, 2013; Mosconi Frey, 2018).

Con respecto a las respuestas a las problemáticas hídricas, en Roldán y en Zavalla, se observa que los conflictos sociales son desencadenados por las inundaciones y por la aplicación de agroquímicos en áreas periurbanas. 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. Por otro lado, en concordancia con los reclamos sociales, la disminución de los pesticidas aplicados también implicaría una menor probabilidad de ingreso a los cursos de agua.

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). El Comité estaba conformado por miembros de Municipios y Comunas y del sector agrícola, excluyendo la participación ciudadana, como la población vulnerable de la cuenca o profesionales vinculados al área de ambiente. La gestión participativa como la construcción de un comité interdisciplinario para la toma de decisiones de los recursos hídricos, son finalidades de la GIRH (Martín y Justo, 2015). 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.

En relación al presupuesto, para 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. Las inversiones para la infraestructura cloacal son costos inviables, por lo que se financia su construcción a corto-mediano plazo, construyendo piletones para el tratamiento de lagunas de estabilización, para la descarga de los pocos desagües y de los camiones atmosféricos. Esto constituye una línea de acción de saneamiento y restauración ecológica 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. Por otro lado, Ibarlucea no posee piletas de tratamiento para efluentes domésticos y se vuelcan al curso de agua. Estos forman parte del 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.

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. Hasta febrero del 2020, Roldán no lo integraba, a raíz de un posicionamiento respecto a sus objetivos, donde estos se asumen, tendrían a beneficiar a Rosario. Esto es un punto a tener en cuenta ya que, si se desea establecer consensos, los posicionamientos y las percepciones deben ser consideradas. 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 la reorganización de los bordes de los Canales Ibarlucea y Urquiza, donde se propone un corredor de biodiversidad (ECOM, 2017). Esto aún no ha sido aplicado. Por otro lado, en Zavalla 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, entre otras obras. Esto es fundamental, ya que estas propuestas tienen estudios que contemplan los movimientos hídricos a escala de cuenca (ECOM, 2019).

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 estas normativas fueron aplicadas.

En línea con lo anterior, 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 (Volpedo y Cirelli Fernández, 2011; Molina, 2013; Porto *et al.*, 2019; González Arriagada, 2021). Por último, 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.

CONCLUSIONES

La cuenca hidrográfica es una opción para la GIRH ya que se abordan las entradas y salidas de agua de las actividades antrópicas locales. Asimismo, el abordaje sistémico, multidisciplinar y multiescalar puede permitir encontrar y unificar lineamientos de gestión en el territorio.

La dificultad de acceso y la escasa información pertinente disponible y en algunos casos la hostilidad de algunas fuentes, resultaron determinantes para definir el diagnóstico y los indicadores con mayor precisión y certeza.

Las Fuerzas motrices (F) del área ambiental son las Áreas Protegidas, la Geomorfología y el Cambio Climático.

Las Presiones (P) más importantes son: el saneamiento, la cobertura vegetal, el crecimiento poblacional, las obras hídricas, la superficie agrícola y las áreas con riesgo por pesticidas. Otras a considerar son: los asentamientos en zonas inundables, la expansión urbana-industrial, y la disposición de los RSU.

El Estado (E) es crítico. Los cursos de agua presentan excesos de carga orgánica desde su naciente, condicionando la supervivencia de las comunidades biológicas. Además, el paisaje es netamente agrícola-urbano, con parches de vegetación que pueden prestar solo servicios que le sirven a la población humana, como desagüe de desechos, y los espacios verdes como retardador de inundaciones y recreación, sin contemplar las interacciones biológicas.

Los Impactos (I) están escasamente documentados. Se deberán investigar las enfermedades relacionadas con la contaminación hídrica, la fragmentación del territorio, las especies amenazadas y las potenciales invasoras. Se registran niveles de erosión hídrica de moderada a alta, una altísima impermeabilización urbana y rural, y únicamente la construcción de obras hídricas como mitigadoras de inundaciones.

Las Respuestas (R) son insuficientes. Falta contemplar la dimensión ambiental y a la población local en la toma de decisiones. Los Organismos

públicos a la GIRH son muchos y podrían estar descoordinados. Se observa un reemplazo del Comité de Cuenca por el del ECOM. Por otro lado, existe una visión común con eje en el ordenamiento territorial pero no es abordada, y donde tampoco está contemplado el monitoreo biológico.

La Ley Prov. N° 13.740 *Ley de aguas*, no es aplicada hasta el momento para la dimensión ambiental. 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*, muy escasamente aplicadas y deficientes en materia ambiental.

Es muy deficiente el monitoreo ecológico y se desconocen sanciones ambientales de índole hídrica en la cuenca, conllevando a un alto grado de incertidumbre sobre el destino de los recursos hídricos.

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.

Desde el área ambiental, se sugiere el esquema de restauración ecológica del sistema hídrico del Ludueña y sus humedales, con el abordaje en distritos de cotas topográficas altas y/o que posean nacientes de afluentes de aporte significativo al arroyo principal.

AGRADECIMIENTOS

A la Lic. Claudia Torres, al Ing. Agr. Javier Giampaoli, al Ing. Agr. Néstor Di Leo, al Ing. Agr. José Berardi, a la Ing. Civ. Ana Ma. Ingallinella, al Ing. Civ. (Dr.) Erik Zimmermann, a la Ing. Amb. Marina Santinelli, a la Lic. (Dra.) Ma. Florencia Gutiérrez, al Lic. (Mg.) Ricardo Biasatti, al Ing. Civ. Miguel Siryi, a la Lic. Violeta Di Doménica, a la Lic. Lara Cabrera, a la Lic. Bárbara Delgado, a la Ing. Agr. (Mg.) Verónica Anibalini, Macarena Vázquez y Nicolás Hudyma. Al Pte. Comunal de Zavalla (Guillermo Rajmil) y al Sec. de Planeam., Obras y Medioambiente de Roldán (Germán Wirch).

REFERENCIAS

AEMA. (2006). Conjunto básico de indicadores de la

- AEMA. Guía. España. Recuperado de <https://www.miteco.gob.es/>.
- Aguirre, M. (2002). Los sistemas de indicadores ambientales y su papel en la información e integración del medioambiente. Recuperado de <http://www.ingenieroambiental.com/>.
- Alzugaray, C., Feldman, S. R., Bueno, M. S., Müller, D., Sorti, D., Blumenfeld, A., y otros. (2016). *Introducción a los Recursos Naturales* (pp. 12-16). Cuaderno de Cátedra. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario.
- APN-FVSA. (2007). Las Áreas Protegidas de la Argentina. Herramienta superior para la conservación de nuestro patrimonio natural y cultural. Recuperado de <https://sib.gob.ar/>.
- Auge, M. (2004). Hidrogeología Ambiental I. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/>.
- Auge, M. (2009). Hidrogeología de llanuras. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/>.
- Barros, V., Vera, C., Agosta, E., Araneo, D., Camilloni, I., Carril, A., y otros. (2015). Capítulo 5: Cambios Climáticos en la Región Húmeda. Cambio Climático en Argentina: tendencias y proyecciones. Recuperado de <http://3cn.cima.fcen.uba.ar>.
- Biasatti, N. R., Rozzatti, J. C., Fandiño, B., Pautaso, A., Mosso, .E., Marteleur, G., y otros. (2016). Las ecorregiones: su conservación y las áreas naturales protegidas de la provincia de Santa Fe. Recuperado de <https://www.santafe.gov.ar/>.
- Biasatti, N. R., 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. Recuperado de <https://www.academia.edu/>.
- Biasatti, N. R., Rimoldi, P., Cabrera, L. (2019). Desafíos de la Conservación Biológica en el Espinal y la Pampa Húmeda santafesina. Recuperado de <https://www.academia.edu/>.
- Bragos, O., Latour, M., Mazzano, P., Ochoa, A. (2019). Expansión, suburbanización y dispersión en la región Metropolitana de Rosario. En Cicutti, B., González, E., Valderrama, A. M., (1era. Ed) *A&P Investigaciones. Perspectivas sobre el componente natural en el espacio urbano* (pp. 165-166). Rosario, Argentina: UNR Editora.
- Cabrera, L. (2017). *Diversidad de mamíferos nativos medianos y grandes del corredor biológico AP-01 Rosario-Santa Fe*. Facultad de Ciencias Agrarias, Zavalla, Argentina.
- Cap-Net. (2005). Planes de gestión integrada del recurso hídrico. Manual de capacitación y Guía operacional. Recuperado de <https://www.gwp.org/>.
- Chesini, F. (2015). Enfermedades de origen hídrico:

- Nuevos escenarios debido a la variabilidad y el Cambio climático. Recuperado de <https://www.researchgate.net/>.
- Chesini, F., Brunstein, L., Perrone, M., Orman, M., Gazia, M. V., Gómez, A., y otros. (2019). Clima y Salud en la Argentina: Diagnóstico de Situación. 2018. Recuperado de <http://repositorio.smn.gob.ar/>.
- 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. Recuperado de <https://unr.edu.ar/>.
- Di Doménica, V. (2019). *Diversidad de murciélagos (Mammalia, Chiroptera) en áreas arboladas y cultivadas de la Facultad de Ciencias Agrarias, Zavalla, Santa Fe, Argentina*. Facultad de Ciencias Agrarias, Zavalla, Argentina.
- Di Leo, N., Montico, S., Berardi, J. (2020). Evaluación del potencial de erosión hídrica de tipo carcávica 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, M. A. (2012). GEO Cuencas: adaptación metódica para la evaluación ambiental integral. Recuperado de <http://servicio.bc.uc.edu.ve/>.
- Dourojeanni, A., Jouravlev, A., Chávez, G. (2002). Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica. Recuperado de <https://repositorio.cepal.org/>.
- ECOM. (2017). 26 estrategias locales para un plan metropolitano. Ibarlucea. Recuperado de <https://ecomrosario.gob.ar/>.
- ECOM. (2019). 26 estrategias locales para un plan metropolitano. Zavalla. Recuperado de <https://ecomrosario.gob.ar/>.
- 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. Recuperado de <https://archivo.cepal.org/>.
- Ferrelli, F., Brendel, A. S., Piccolo, M. C., Perillo, G. M. (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/>.
- Fuschini Mejía, M. C. (1994). El agua en las llanuras. Recuperado de <https://unesdoc.unesco.org/>.
- Garay, D., Fernández, L. (2013). Biodiversidad Urbana. Apuntes para un sistema de Áreas verdes en la región metropolitana de Buenos Aires. Recuperado de <https://ediciones.ungs.edu.ar/>.
- Ghersa, C. M., León, R. J. (2002). Capítulo 6. Ecología del Paisaje Pampeano. Consideraciones para su manejo y conservación. En Naveh, Z., Lieberman, A. S., (1era. Ed.) *Ecología de Paisajes* (pp. 511). Buenos Aires, Argentina: Orientación Gráfica Editora S.R.L.
- González Arriagada, K. G. (2021). Aplicación de un modelo conceptual DPSIR para la gestión ambiental de lagos en la cuenca del Río Valdivia. Recuperado de <http://repositorio.udec.cl/>.
- Guttman Sterimberg, E., Zorro Sánchez, C., Cuervo de Forero, A., Ramírez, J. C. (2004). Diseño de un sistema de indicadores socio ambientales para el Distrito Capital de Bogotá. Recuperado de <https://repositorio.cepal.org/>.
- GWP. (2011). ¿Qué es la GIRH? Recuperado de <https://www.gwp.org/es/>.
- GWP. (2013). Guía para la aplicación de la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH) a nivel municipal. Recuperado de <https://www.gwp.org/>.
- IDESF. (2021). Visualizador. Recuperado de <https://www.santafe.gob.ar/idesf/visualizador/>.
- INDEC. (2010). Indicadores demográficos de la Argentina. Recuperado de <https://www.indec.gob.ar/>.
- IPCC. (2014). Cambio climático 2014: Impactos Adaptación y vulnerabilidad. Capítulo 11. Salud Humana: impactos, adaptación y co-beneficios. Recuperado de <http://www.ipcc.ch/>.
- IPEC. (2019). Explotaciones y superficies agropecuarias. Censo Nacional Agropecuario 2018. Resultados preliminares. Noviembre de 2019. Oleaginosas. Recuperado de <http://www.estadisticasantafe.gob.ar/>.
- Jobbágy, E. G. (2011). Capítulo 7. Servicios hídricos de los ecosistemas y su relación con el uso de la tierra en la llanura Chaco-Pampeana. Recuperado de <https://inta.gob.ar/>.
- Kandus, P., Quintana, R. D., Minotti, P. G., Oddi, J. P., 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. Recuperado de <https://inta.gob.ar/>.
- Kruse, E., Zimmermann, E. D. (2002). Hidrogeología de grandes llanuras. Particularidades en la llanura pampeana (Argentina). Recuperado de <https://www.fceia.unr.edu.ar/>.
- Maguna, M. E., Montico, S. (2013). Capítulo IV. Política y Ordenamiento Territorial en Santa Fe. En (1era Ed.) *Los planes de ordenamiento: una herramienta clave para la transformación del territorio* (pp. 58-68). Rosario, Argentina: Colegio de Ingenieros Agrónomos II Circunscripción.
- MAHySF. (s/f). 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. Recuperado de <https://www.santafe.gov.ar/>.
- Manavella R. J. (2017). Plan Manejo Hídrico Roldán. Informe Final. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/>.
- Martín, L., Justo, J. B. (2015). Análisis, prevención y resolución de conflictos por el agua en América Latina y el Caribe. Recuperado de <https://www.cepal.org/>.
- Martínez Bilesio, A. R. (2018). Herramientas Quimiométricas para analizar conjuntamente datos de orden cero, primero y segundo aplicadas a bases de datos de monitoreo ambiental. Recuperado de <http://hdl.handle.net/>.
- Martínez Bilesio, A. R., Batistelli, M., García-Reiriz, A. G. (2019). Fusing data of different orders for environmental monitoring. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2019.08.005/>.
- McJunkin F. E. (1988). Agua y salud humana. Recuperado de <https://www.iris.paho.org/>.
- Ministerio de Desarrollo Social. (2022). Registro Nacional de Barrios Populares (ReNaBaP). Mapa de Barrios Populares. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/>.
- Molina F. A. S. (2013). Gestión Integrada de la subcuenca del arroyo León-Hondo en el occidente del suelo urbano del distrito de Barranquilla, Colombia. Recuperado de <https://www.researchgate.net/>.
- Montico, S. (2004). El manejo del agua en el sector rural de la región Pampeana argentina. Recuperado de <http://revista-theomai.unq.edu.ar/>.
- 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* (pp. 197-211). CABA, Argentina: Ediciones INTA.
- Montico, S., Di Leo, N. (2015). Riesgo ambiental por pesticidas en una cuenca al sur de la provincia de Santa Fe, Argentina. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/>.
- Montico, S., Di Leo, N. (2021). Risk of contamination of phreatic aquifer with pesticides in the basin of Ludueña stream, Argentina. Recuperado de <https://www.researchgate.net/>.
- Montico, S., Pouey, N. (2001). *Cuencas rurales. Pautas y criterios para su ordenamiento* (pp. 167). Santa Fe, Argentina: Ed. U.N.R.
- 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. Recuperado de <https://rephip.unr.edu.ar/>.
- 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. Recuperado de <https://cei.unr.edu.ar/>.
- 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. Recuperado de <https://cuadernosdelcuriham.unr.edu.ar/>.
- Morello, J., Matteucci, S. D., Rodríguez, A. F., Silva, M., de Haro, J. C. (2012). Ecorregiones y Complejos Ecosistémicos Argentinos. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Recuperado de <https://www.researchgate.net/>.
- Mosconi Frey, C. M. (2018). Figuras de protección urbano-rural. Aportes para la interpretación de áreas periurbanas inundables: el caso de Nuevo Alberdi Oeste Rural, Rosario- Argentina. Recuperado de <http://repositorio.ucv.cl/>.
- MPyTN. (2019). Plan de Gestión Integrada de Riesgos en el Sector Agropecuario de la Provincia de Santa Fe (GIRSAR). Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/>.
- OCDE. (1993). OECD Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews. A synthesis report by the group on the State of the Environment. Recuperado de <http://www.oecd.org/>.
- OECD. (2020). Gobernanza del agua en Argentina. Recuperado de <https://www.oecd-ilibrary.org/>.
- Ordoñez Gálvez, J. J. (2011). ¿Qué es una cuenca hidrológica? Cartilla Técnica. Contribuyendo al desarrollo de una cultura del agua y la gestión integral del recurso hídrico. Recuperado de <https://www.academia.edu/>.
- Paruelo, J. M., Guerschman, J. P., Verón, S. R. (2005). Expansión agrícola y cambios en el uso del suelo. *Revista Ciencia Hoy*. 15(87):14-23.
- PNUMA. (2002). Metodología para la elaboración de informes Geo Ciudades. Manual de Aplicación. Recuperado de <http://www.pnuma.org/>.
- PNUMA. (2009). Manual de Capacitación para Evaluaciones Ambientales Integrales y elaboración de informes. Winnipeg, Manitoba. Recuperado de <http://www.pnuma.org/>.
- Polanco, C. (2006). Indicadores ambientales y modelos internacionales para toma de decisiones. Gestión y Ambiente. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. Colombia. Recuperado de <https://www.redalyc.org/>.
- Porto, D., Basso, L., Strohaecker, T. (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/>.
- Pouey, N. (2008). Geo Área Metropolitana Rosario: perspectivas del medio ambiente urbano. Recuperado de <http://www.pnuma.org/>.
- Quiroga Martínez, R. (2009). Guía Metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe. Recuperado de <https://www.cepal.org/>.
- Sarandón, S. J., Flores, C. C. (2014). Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/>.
- SAYDS. 2019. Informe Nacional Ambiente y Áreas Protegidas de la Argentina 2008-2018. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/>.
- Tufo, A. E., Graziano, M., Almada, P. S., Curuchet, G., Lombardo, R., dos Santos Afonso, M. (2015). Niveles de metales en aguas y sedimentos superficiales de la cuenca inferior del río Paraná. Recuperado de <http://www.sacyta.com.ar/>.
- Uribe Botero, E. (2015). El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina. Recuperado de <https://repositorio.cepal.org/>.
- Vera, C. (2016). Tendencias del clima en la Argentina. Recuperado de <https://cienciahoy.org.ar/>.
- 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, A. V., 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. Recuperado de <https://ri.conicet.gov.ar/>.
- WWAP. (2018). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. Soluciones basadas en la Naturaleza para la Gestión del Agua. Recuperado de <https://unesdoc.unesco.org/>.
- Zimmermann, E. D., Bracalenti, L. (2019). Suelo y su cobertura vegetal como retardador del escurrimiento superficial. En Cicutti, B., González, E., Valderrama, A. M., (1era. Ed.) *A&P Investigaciones. Perspectivas sobre el componente natural en el espacio urbano* (pp. 54-55). Rosario, Argentina: UNR Editora.
- Zimmermann, E. D., Basile, P.A., Riccardi, G. A. (2001). Análisis de la modificación en la respuesta hidrológica del sistema arroyo Ludueña provocados por cambios de uso del suelo. Recuperado de <https://www.fceia.unr.edu.ar/>.

Tipo de Publicación: ARTICULO.

Trabajo recibido el 29/12/2022 y aprobado para su publicación el 09/03/2023.

COMO CITAR

Martin, L. y Montico, S. (2023) Diseño de un sistema de indicadores para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) en la cuenca del arroyo Ludueña, Santa Fe. *Cuadernos del CURIHAM*, 29:e190. <https://doi.org/10.35305/curiham.v29i.190>

ROLES DE AUTORÍA

LM y SM contribuyeron a la conceptualización, la metodología y al análisis formal. LM contribuyó a la investigación, la redacción y la visualización. SM contribuyó a la supervisión y la edición del artículo. La autora y el autor aprobaron la versión para ser publicada y son capaces de responder respecto a todos los aspectos del manuscrito.

Este es un artículo de acceso abierto bajo licencia: Creative Commons Atribución -No Comercial -Compartir Igual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>)

