

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL



ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL

TRABAJO FINAL INTEGRADOR

**REUSO DEL AGUA TRATADA PROVENIENTE DE ESTACIÓN DEPURADORA DE EFLUENTES
DOMICILIARIOS PARA RIEGO DE ESPACIOS VERDES.
BARRIO PROCREAR – PARANÁ – ENTRE RÍOS – ARGENTINA**

CARRERA: Especialización en Gestión Ambiental (EGA)

TIPO DE DOCUMENTO: Trabajo Final Integrador (TFI)

TÍTULO A OBTENER: Especialista en Gestión Ambiental

Aspirante:

María Delfina Cáceres

Lic. en Seguridad y Salud Ocupacional

Director: Dr. ENRIQUE PARAVANI (UNER)

Co- Directora: Mag. MARIA DANIELA GARCIA (UNL)

AÑO 2024

“EL RETO ES RECUPERAR LOS CAUCES Y MÁRGENES DE LOS ARROYOS, SANEANDO SUS AGUAS, Y PONERLOS EN VALOR MEDIANTE PARQUES VERDES LINEALES Y CONEXIONES QUE PERMITAN EQUILIBRAR EL TERRITORIO DE LA CIUDAD”.

Plan de acción Paraná emergente y sostenible (2015).

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas

Santa Fe, 16 de abril de 2025

Como miembros del Jurado Evaluador del Trabajo Final Integrador de Especialización en Gestión Ambiental titulado "*Reuso del agua tratada proveniente de estación depuradora de efluentes domiciliarios para riego de espacios verdes. Barrio procrear - Paraná - Entre Ríos - Argentina.*", desarrollado por la Lic. María Delfina CÁCERES, certificamos que hemos evaluado el Trabajo Final Integrador y recomendamos que sea aceptado como parte de los requisitos para la obtención del título de Especialista en Gestión Ambiental. La aprobación final de esta disertación está condicionada a la presentación de la versión digital final del Trabajo Final Integrador ante el Comité Académico de la Especialización en Gestión Ambiental.

Dra. María Laura Fiasconaro_____
Dr. Ulises Reno_____
Dra. Mariana Abrile

Santa Fe, 16 de abril de 2025

Certifico haber leído este Trabajo Final Integrador preparado bajo mi dirección y recomiendo que sea aceptado como parte de los requisitos para la obtención del título de Especialista en Gestión Ambiental.

Dr. Enrique Paravani.
Director de TFI_____
Mg. Ma. Daniela García.
Codirectora de TFIDr. JOSÉ LUIS MACOR
SECRETARIO DE POSGRADO
Facultad de Ingeniería y Cs. HídricasSecretaría de Posgrado
Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas
Ciudad Universitaria - C.C.217
Ruta Nacional 168 - Km 472,4
3000, Santa Fe, Argentina
+54 (0342) 4575233/245/246 int. 103
posgrado@fich.unl.edu.ar

DECLARACIÓN DEL AUTOR

Este Trabajo Final ha sido remitido como parte de los requisitos para la obtención de grado académico “Especialización en Gestión Ambiental” ante la Universidad Nacional del Litoral.

Expreso mi consentimiento para la guarda de mi Trabajo Final, titulado **“REUSO DEL AGUA TRATADA PROVENIENTE DE ESTACIÓN DEPURADORA DE EFLUENTES DOMICILIARIOS PARA RIEGO DE ESPACIOS VERDES. BARRIO PROCREAR – PARANÁ – ENTRE RÍOS – ARGENTINA”**, en el Repositorio Institucional con Acceso Abierto de FICH – RIAA.”

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a la Universidad Nacional del Litoral (UNL), institución que cada año forma grandes profesionales de distintas áreas y en particular a los miembros de la Secretaría de Posgrado de la Facultad de Ciencias Hídricas por estar siempre atentos a los requerimientos de los alumnos y darme la oportunidad de realizar este proyecto final.

Deseo agradecer de todo corazón a todas las personas que han colaborado, directa o indirectamente, para la elaboración de este trabajo.

A mi director Enrique un millón de gracias por el ánimo, el apoyo, la confianza y la orientación.

Sin Enrique y Daniela, este trabajo no hubiera sido posible.

Agradezco a los miembros del Jurado por su dedicación y por la forma tan amable de corregir, enseñando en todo momento cómo se podía mejorar.

A Eduardo, por apoyarme y estar siempre.

A Mati por haber escuchado tantas veces la lectura, y dado tu importante apreciación.

Y por último a mis hijos: Agustina, Santiago, Matías y Laureano por existir y ser la razón que me impide abandonar mis objetivos.

ÍNDICE GENERAL

INDICE GENERAL.....	VI
INDICE DE FIGURAS.....	IX
INDICE DE CUADROS.....	XI
INDICE DE TABLAS.....	XII
RESUMEN.....	XIII
SUMMARY.....	XV
CAPÍTULO1: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Situación en la ciudad de Paraná, Entre Ríos.....	6
1.2 Sistema cloacal de la ciudad de Paraná.....	8
1.3 Alternativas a la falta de sistemas cloacales.....	11
1.4 Tratamiento de efluentes en el Barrio Ecológico Procrear (BEP).....	12
1.5 Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR).....	13
1.6 Arroyo Tuyucúa y Barrio Ecológico Procrear. Antecedentes.....	16
CAPÍTULO 2: OBJETIVO.....	18
2.1 Objetivo general.....	18
2.2 Objetivos específicos.....	18
CAPÍTULO 3: PLANTEO DEL PROBLEMA Y POSIBLE SOLUCIÓN.....	19
3.1 Tratamiento de agua en la ciudad de Paraná, provincia de Entre Ríos.....	22
3.2 Posible uso del agua tratada proveniente del BEP de la EDAR.....	23
3.3 Situación de predios deportivos y espacios verdes cercanos a la EDAR.....	24

3.3.1	Características de los suelos que podrían recibir el líquido tratado.....	26
3.4	El paisaje del arroyo Tuyucúá.....	27
3.5	Cuenca Tuyucúá como Área Natural Protegida.....	32
CAPÍTULO 4: MARCO TEÓRICO.....		35
4.1	Contaminación del agua y su posterior tratamiento.....	35
4.2	Agua residual, un recurso potencial y la economía circular.....	37
4.2 .1	Ejemplos de economía circular. Emprendimientos nacionales, a partir del uso de agua tratada.....	39
4.2 .2	Emprendimientos provinciales. Reutilización de aguas domiciliarias tratadas para el riego forestal en la localidad de Ayuí. Concordia.....	40
CAPÍTULO 5: METODOLOGÍA.....		43
5.1	Fuentes de información y metodología de obtención.....	43
CAPÍTULO 6: MARCO NORMATIVO.....		45
CAPÍTULO 7: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		54
7.1	Calidad del agua residual luego del proceso realizado por la EDAR.....	58
7.1.1	Análisis de parámetros en función del Decreto n.° 2235/02.....	59
7.1.2	Análisis de parámetros: Comparativo del Informe N° 005/23 con la Res. n.° 283/19 ACUMAR.....	62
7.1.3	Beneficios de utilizar el agua residual para riego.....	64
7.1.4	Algunas consideraciones previas al empleo y manipulación del agua tratada.....	65
7.1.5	Exposición de los trabajadores al agua tratada.....	67

7.1.6 Riesgo ambiental de uso del agua tratada para riego de espacios verdes y canchas deportivas.....	68
CAPITULO 8: CONCLUSIONES.....	72
BIBLIOGRAFÍA.....	76

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cuencas de arroyos que atraviesan la ciudad de Paraná, provincia de Entre Ríos. Argentina. Fuente: Secretaría de Planeamiento de la Municipalidad de Paraná, 2016.....	9
Figura 2. Colectores cloacales de la ciudad de Paraná. Entre Ríos, Argentina. Fuente: Plan Director de desagües cloacales y disposición final de la ciudad de Paraná, 2009.....	10
Figura 3. A: Imagen aérea del Barrio Ecológico Procrear con la ubicación de la EDAR. B: Imagen aérea de la EDAR y su entorno, señalización del cauce de arroyo Tuyucuá. Fuente: Google Earth.....	13
Figura 4. Imagen aérea con ubicación de la EDAR, su entorno y señalización del cauce de arroyo Tuyucuá. Fuente: Google Earth. Agosto de 2021	15
Figura 5. Arroyo Tuyucuá. Ancho variable 0,5 cm a 1 m. Profundidad 5 cm. Imágenes tomadas en agosto de 2021, del sector donde luego se realizó el vuelco del líquido tratado.....	19
Figura 6. Arroyo Tuyucuá. A: imagen tomada en agosto de 2021, el arroyo en su estado natural. B: imagen tomada en el mismo lugar en octubre de 2023, que muestra el crecimiento desmedido de vegetación.....	21
Figura 7. Ubicación de la EDAR respecto de espacios verdes, canchas y loteos. Imagen satelital de la zona sudoeste. Fuente: Google Earth.....	24
Figura 8: Vista aérea del Barrio Ecológico Procrear y sus alrededores.....	25

Figura 9: Cantidad de canchas de futbol que podrían regarse diariamente con el agua tratada de la EDAR del BEP.....	26
Figura 10: Imágenes de la Cuenca del arroyo Tuyucuá en su recorrido por el Barrio Ecológico Procrear. Agosto de 2024.....	29
Figura 11: Plantación de olivares en la Patagonia, Las Grutas. Fuente: Diario La Nación, 26/12/2018.....	40
Figura 12: Dibujo perforaciones realizadas en EDAR con aplicación CANVA.....	69

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Cuadro normativo a considerar ante el uso del agua tratada.....	48
Cuadro 2: Resultados fisicoquímicos de muestras de la EDAR: Muestra 1: efluente proveniente del BEP (antes de ingresar a la EDAR del BEP). Muestra 2: agua tratada para ser vertida al arroyo Tuyucúa. Fuente: Informe n.º 005/23 de la EDAR.....	58
Cuadro 3: Comparativo de límites máximos establecidos en el Dto. n.º 2235/02 y el análisis físico químico n.º 005/23 de muestras del efluente de la EDAR.....	59
Cuadro 4: Peligro de salinización de los suelos según la conductividad eléctrica del agua utilizada para riego. Fuente: Manual de uso e interpretación de aguas (Jarsum, 2008).....	60
Cuadro 5: Comparativo entre los valores obtenidos en el análisis físico químico del agua tratada de la EDAR y los límites máximos establecidos por la Res. n.º 283/19 para la cuenca de la Matanza Riachuelo.....	63
Cuadro 6: sondeo de profundidad para cimentación de obra EDAR. Fuente: Domé y asociados, 2021. Proyecto Instalaciones para Estación Elevadora y Reactor Localización: Barrio PROCREAR – Av. Ejército – Paraná (Entre Ríos).....	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: establece parámetros de valores máximos permitidos para vuelco de efluentes cloacales con o sin tratamiento. Fuente: extraída del Decreto n.º 2235/02.....	57
---	----

RESUMEN

Este trabajo final integrador propone el reúso del agua tratada generada en la Estación Depuradora de Aguas Residuales del Barrio Ecológico Procrear de la ciudad de Paraná. Un recurso que actualmente es vertido en un curso de agua de escaso caudal y que dada esa característica puede producir efectos indeseables como la eutrofización y crecimiento anormal de la vegetación.

El arroyo Tuyucuá, que mantiene aún características autóctonas en buena parte de su recorrido, requiere de la implementación inmediata de una gestión ambiental integral que proteja la cuenca de la acción antrópica y de proyectos que por no considerar lo ambiental, generen pérdida de la biodiversidad, deterioro de los ecosistemas y del microclima que se percibe en sus cercanías. En esta línea protectora se analiza la posibilidad de inclusión de la cuenca como Área Natural Protegida.

La zona donde está emplazada la EDAR, posee a escasa distancia espacios verdes, complejos deportivos, camping, cementerios parque y calles de broza; que requieren riego y que actualmente utilizan agua potabilizada proveniente de la zona centro de la ciudad de Paraná; un recurso de alta calidad, cuando con una calidad inferior se cumple el propósito.

La metodología implementada a lo largo de este TFI fue investigación de campo mediante seguimiento visual y documental de las variaciones del caudal del arroyo; consultas a propietarios y encargados de los distintos predios cercanos al emplazamiento de la EDAR; búsqueda y análisis bibliográfico respecto a los distintos usos de agua residual tratada.

Este estudio muestra que es posible aplicar el agua tratada para riego de los predios mencionados.

Palabras Claves: efluentes cloacales, uso de agua tratada, economía circular, riego de espacios verdes, desarrollo sostenible.

SUMMARY

This final integrative work proposes the reuse of treated water generated in the Wastewater Treatment Plant of the Procrear Ecological Neighborhood in the city of Paraná. A resource that is currently discharged into a watercourse of low flow and that, given this characteristic, can produce undesirable effects such as eutrophication and abnormal vegetation growth.

The Tuyucuá stream, which still maintains autochthonous characteristics along much of its course, requires the immediate implementation of integrated environmental management to protect the basin from anthropogenic action and from projects that, by not considering the environment, generate a loss of biodiversity, deterioration of ecosystems and the microclimate in its vicinity. In this protective line, the possibility of including the watershed as a Natural Protected Area is being analyzed.

The area where the WWTP is located has green spaces, sports complexes, campgrounds, cemeteries, parks and streets that require irrigation and that currently use potable water from the downtown area of the city of Paraná; a high quality resource, when a lower quality would serve the purpose.

The methodology implemented was field research through visual and documentary monitoring of the stream flow variations; surveys to owners and managers of the different properties near the WWTP site; bibliographic search and analysis regarding the different uses of treated wastewater.

This study shows that it is possible to use the treated water for irrigation of the aforementioned properties.

Key words: sewage effluents, use of treated water, circular economy, irrigation of green spaces, sustainable development.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento imprescindible para la vida, para el sostenimiento de la biodiversidad y para la realización de actividades productivas y recreativas. Su disponibilidad en cantidad, calidad y oportunidad depende en última instancia de la salud de los ecosistemas, los cuales se encuentran presionados por diversas actividades antrópicas. Los océanos, ríos, lagos, glaciares, acuíferos y humedales se ven afectados ante la creciente demanda y los riesgos emergentes, por lo que su conservación, manejo sostenible y restauración, constituyen acciones indispensables (IEA, 2020).

Las cuencas hídricas son espacios geográficos donde se solapan la acción combinada de los procesos naturales actuantes (incluyendo la variabilidad hidro climática) con las actividades de los diversos grupos sociales que la ocupan y el impacto que éstos generan. En consecuencia, constituyen el territorio adecuado para efectuar el manejo, planificación, aprovechamiento y administración del recurso hídrico bajo la consideración de que el agua superficial y el agua subterránea se encuentran íntimamente relacionadas (Dasso y col., 2014). Según la Unesco/ONU-Agua (2023), existe un riesgo inminente de crisis mundial del agua. Entre dos mil y tres mil millones de personas sufren escasez de este recurso en el mundo. Esta escasez se podría agravar en las próximas décadas, especialmente en las ciudades, si no se impulsa la cooperación internacional en este ámbito. Este problema, seguirá incrementándose a medida que crezca la demanda de agua y se intensifiquen los efectos del cambio climático.

Actualmente el desabastecimiento del recurso hídrico, sumado a otros factores, como el aumento en el consumo de la energía y la aplicación de fertilizantes, están impulsando a agricultores y otros productores a reutilizar las aguas residuales como fuente para distintas aplicaciones (Hettiarachchi y Ardakanian, 2017).

Una de las prácticas más antiguas y comunes de disposición final de las aguas residuales domésticas ha sido la disposición directa sin tratamiento en los cuerpos de agua superficiales y en el suelo; sin embargo, la calidad de estas aguas puede generar problemas en la salud pública y en el ambiente. El primero, particularmente importante en países tropicales por la alta incidencia de enfermedades infecciosas, cuyos agentes patógenos se dispersan en el ambiente de manera eficiente a través de las excretas o las aguas residuales crudas (Mara, 1996).

La utilización de aguas residuales en áreas agrícolas proviene de los tiempos antiguos en Atenas; sin embargo, la mayor proliferación de estos sistemas ocurrió durante la segunda mitad del siglo XIX, principalmente en países como Alemania, Australia, Estados Unidos, Francia, India, Inglaterra, México, Polonia, entre otros. En el período de la posguerra, la creciente necesidad de optimización en el aprovechamiento de los recursos hídricos renovó el interés por esta práctica en estos países (Parreiras, 2005).

A nivel mundial, los cambios en el uso del suelo, la presión urbana sobre terrenos agrícolas y la ausencia de un adecuado manejo de las cuencas, generaron en las últimas décadas un agravamiento de los problemas de erosión, deforestación e inundaciones.

El desequilibrio entre la demanda de agua y su disponibilidad depende de tres aspectos: el primero es la disponibilidad natural, que es la cantidad de agua susceptible de aprovechar y que depende del clima y de la geografía; en segundo término está el crecimiento poblacional, el cual no solo involucra el incremento de la población, sino también el incremento en la demanda de satisfactores para esa población, por lo que se requiere de más alimentos, insumos de uso directo e indirecto, así como servicios. El tercer aspecto es el significativo aumento del volumen de aguas residuales que son vertidas sin tratamiento sobre las corrientes naturales y suelos agrícolas (Guadarrama–Brito y Galván Fernández, 2015).

El tratamiento y el reúso del agua juegan un papel fundamental en la administración y manejo de este recurso en todos los países (Arreguín y Cortés, 1997).

Los tipos de reúso más comunes son el aprovechamiento del agua tratada en actividades agrícolas, industriales, recreativas y recarga de acuíferos. En cuanto a la recarga de acuíferos, en varios países se han realizado investigaciones para medir los impactos asociados a la salud pública por patógenos, virus, metales pesados y, en general, por el transporte de contaminantes. Desde el año 1992 se han desarrollado normas para el control de esta actividad (Arreguín y col., 2000).

Una de las alternativas para tratar de remediar en parte la falta de agua, es aprovechar el agua residual para riego agrícola, generada tanto por la población urbana, como por las industrias (Guadarrama– Brito y Galván Fernández, 2015).

En países del Sudeste Asiático, de América Latina y de África, el riego con aguas residuales se hizo durante décadas de manera espontánea y no planificada por parte de los agricultores

más pobres de las áreas urbanas y periurbanas (Mara y Carnicross, 1990). En Israel, el 67% del agua residual es usada para riego; en India, el 25 % y en Sudáfrica, el 24 % (Silva y col., 2008).

En la mayoría de los países de América Latina y el Caribe es una práctica común verter aguas residuales en lagos, ríos y arroyos sin tratamiento apropiado, lo que plantea graves problemas a los hogares que se encuentran a lo largo de estos cursos de agua y que dependen de ellas para el suministro de agua potable (Schady, 2015). Por tal motivo, muchos sistemas fluviales como el río Medellín en Colombia y el río Matanza Riachuelo en Argentina, responsables del abastecimiento de agua potable para la población de esas localidades y del riego para productos de consumo humano y animal, que además constituyen el medio de vida de muchas especies acuáticas animales y vegetales, se encuentran altamente contaminados.

La falta de tratamiento de aguas residuales se correlaciona con brotes de enfermedades tan graves como la hepatitis A (González González y col., 2008). El virus de la hepatitis A (HAV) es un peligroso patógeno que se transmite por vía fecal-oral. La epidemiología de la infección está directamente relacionada con el acceso de la población al agua potable y con la infraestructura de alcantarillado (Báez y col., 2016). Un estudio realizado en la Universidad de Concepción en Chile concluye que, en una zona de inundación marina analizada, muy contaminada con materia fecal humana, existía una concordancia espacio-temporal con un brote de hepatitis A entre la población costera (Saravia Matus y col., 2022). Además, en otros países de Latinoamérica se ha evidenciado previamente la circulación del HAV en muestras ambientales en ciudades como Córdoba en Argentina, Caracas en Venezuela y Río de Janeiro

en Brasil. Es importante mencionar que la contaminación fecal humana es potencialmente más riesgosa que la de origen animal, ya que en esta proliferan todos los patógenos específicos del humano, como el mencionado virus de la hepatitis A (González Saldía y col., 2019).

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Argentina, en el año 2016 presentó un estudio donde revela la situación de los recursos naturales, su estado de conservación y el impacto que ha tenido la acción del hombre sobre ellos, afirmando que sólo el 12 % de las aguas residuales recolectadas son tratadas antes de verterlas a los ríos (Neme, 2016).

Todo lo anterior es aún más preocupante en el contexto del cambio climático. Según el informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) en el 2021, América Latina y el Caribe son unas de las regiones del mundo más afectadas por los desastres relacionados con el clima. Los fenómenos hidrometeorológicos, como inundaciones, tormentas, sequías y olas de calor, representan el 93 % de todos los desastres ocurridos en los últimos veinte años, e irán en aumento. En un escenario de escasez hídrica, en el que disminuyen los caudales, la capacidad de dilución de los sistemas fluviales se minimiza y con ello se afecta la resiliencia de los ecosistemas para amortiguar los cambios. Como consecuencia, disminuye su posibilidad de preservar la biodiversidad y aumentan las concentraciones de materias contaminantes. Igualmente, durante lluvias torrenciales se pueden llegar a inundar los fosos sépticos creando una situación de alto riesgo para la salud pública.

1.1. Situación en la ciudad de Paraná, Entre Ríos.

La ciudad de Paraná, provincia de Entre Ríos, concentra los principales desafíos sectoriales en la dimensión de sostenibilidad ambiental. Las redes y servicios urbanos básicos: agua, saneamiento, drenaje y residuos sólidos, presentan dificultades vinculadas con carencias de infraestructura o con problemáticas de gestión. Las consecuencias se reflejan no solo en la calidad del servicio, sino también en otros impactos negativos sobre el sistema urbano. Por su parte, la vulnerabilidad de la ciudad ante riesgos naturales también presenta desafíos conexos.

El servicio de agua potable cuenta con adecuados niveles de cobertura, calidad y continuidad. Sin embargo, la ciudad no cuenta con macro medición para determinar los metros cúbicos utilizados y controlar el servicio, la micro medición es escasa, un 38 % de la producción se pierde por déficits de cañerías y el consumo per cápita es altísimo (478 litros por persona por día) (Banco Interamericano de Desarrollo, 2015), lo que significa una situación crítica de derroche del recurso y de gran presión sobre la producción de éste. Además, la falta de independencia institucional del servicio, cuya facturación integra las tasas municipales, no permite establecer un adecuado esquema de recupero de costos.

Las problemáticas institucionales del agua potable son compartidas por el saneamiento, ya que dependen de la misma estructura de costos. En este caso la cobertura es baja, principalmente por la falta de conexión intradomiciliaria a las redes existentes.

Ante la falta de infraestructura, no se realiza, muchas veces, un adecuado tratamiento de los efluentes cloacales, los líquidos recolectados por la red de saneamiento son vertidos

directamente al río Paraná. También se observan vertidos de efluentes cloacales e industriales en arroyos que recorren internamente la ciudad como el arroyo las Piedras que atraviesa el Parque Industrial General Belgrano y el arroyo las Tunas ubicado en la periferia de la capital entrerriana, en el límite con el municipio de San Benito (Revista Fundación Cauce, 2021)

La última actualización del plan director de desagües cloacales de la ciudad de Paraná data del año 2009, siendo el mismo adecuado como estudio económico y herramienta de gestión, pero quedando obsoleto al no contar con un análisis y adecuación al crecimiento poblacional y su consecuente requerimiento de servicios.

La existencia de urbanización ocupando cauces y márgenes naturales de los arroyos, la pérdida de las funciones hidrológicas-hidráulicas y ambientales de los sistemas naturales, la baja cobertura del drenaje pluvial y la falta de criterios unificados de las obras existentes, moldea una problemática signada por la ocurrencia de anegamientos, deslizamientos, erosión y formación de avenidas de agua, con las subsiguientes pérdidas materiales, sociales y ambientales para la ciudad y sus habitantes. Cabe destacar que 14 % de la población ha sufrido inundaciones en el barrio donde vive, como consecuencia de las lluvias o por la crecida de ríos o arroyos. En el 29 % de estos casos, el agua ingresó a las viviendas (Banco Interamericano de Desarrollo, 2015).

El río Paraná, su recurso hídrico más importante, transita periódicamente situaciones de bajante extraordinaria debido a tres aspectos concurrentes: efectos climáticos, hidrológicos y de gestión hídrica de un río compartido por dos o más países. En relación a los aspectos climáticos el presidente del Instituto Nacional del Agua (INA), Juan Carlos Bertoni explica que la

región acaba de salir de una sequía extraordinaria que fue caracterizada, entre otros aspectos, por la ocurrencia de tres períodos seguidos del fenómeno denominado “La Niña” (INA, 2023). El segundo aspecto a tener en cuenta es el hidrológico. Al río Paraná aportan cuencas de gran extensión, y por ello poseen recuperación hidrológica lenta. El tercer aspecto está relacionado con un conjunto importante de represas brasileñas y la gestión hídrica de estas.

Las bajantes del río junto con la dificultad de las tomas de agua de la ciudad para poder captar el recurso para su posterior potabilización, constituyen un marco cada vez más complejo para la provisión del servicio a las viviendas; esto se ve reflejado en las recurrentes faltas de agua en distintas zonas de la ciudad.

El mismo curso de agua es el principal cuerpo receptor de las descargas cloacales urbanas de la ciudad, sin tratamientos previos antes de su vertido. Esta acción en su momento no representaba una amenaza debido a que su caudal módulo normal era de 17.000 m³/seg y en su mayor bajante fue superior a 6.000 m³/seg (Plan Director, 2009). Dichos valores aseguraban una alta capacidad de dilución; no obstante, siempre existe el riesgo ambiental, tanto epidemiológico como ecológico, que podía afectar el nivel de oxígeno necesario para la vida acuática.

1.2. Sistema cloacal de la ciudad de Paraná.

Particularmente, el sistema cloacal de la ciudad (de tipo separativo: líquidos cloacales que escurren en forma separada de las aguas pluviales) está constituido por los colectores principales, las colectoras subsidiarias y la cloaca máxima. El desarrollo de los conductos conforma una red ramificada que obedece generalmente a la topografía. Se genera siempre

con pendiente descendente partiendo de los extremos, dónde se encuentran los puntos más altos (límites de cuencas y/o subcuencas); y los tramos de menor diámetro, hasta los puntos más bajos (ubicados próximos a los arroyos), dónde están los tramos de mayor diámetro. (Plan Director, 2009).

Actualmente la red cloacal de la ciudad de Paraná cubre la cuenca de los arroyos: Antoñico, La Santiagueña, Las Viejas, Culantrillo, Colorado, Nuevo, La Horqueta. Y los subsistemas: Cuenca de La Bajada Grande, Cuenca de La Laguna Grande (parcialmente), que sirve el sector centro y parcialmente el este y oeste de la ciudad (Figura 1).

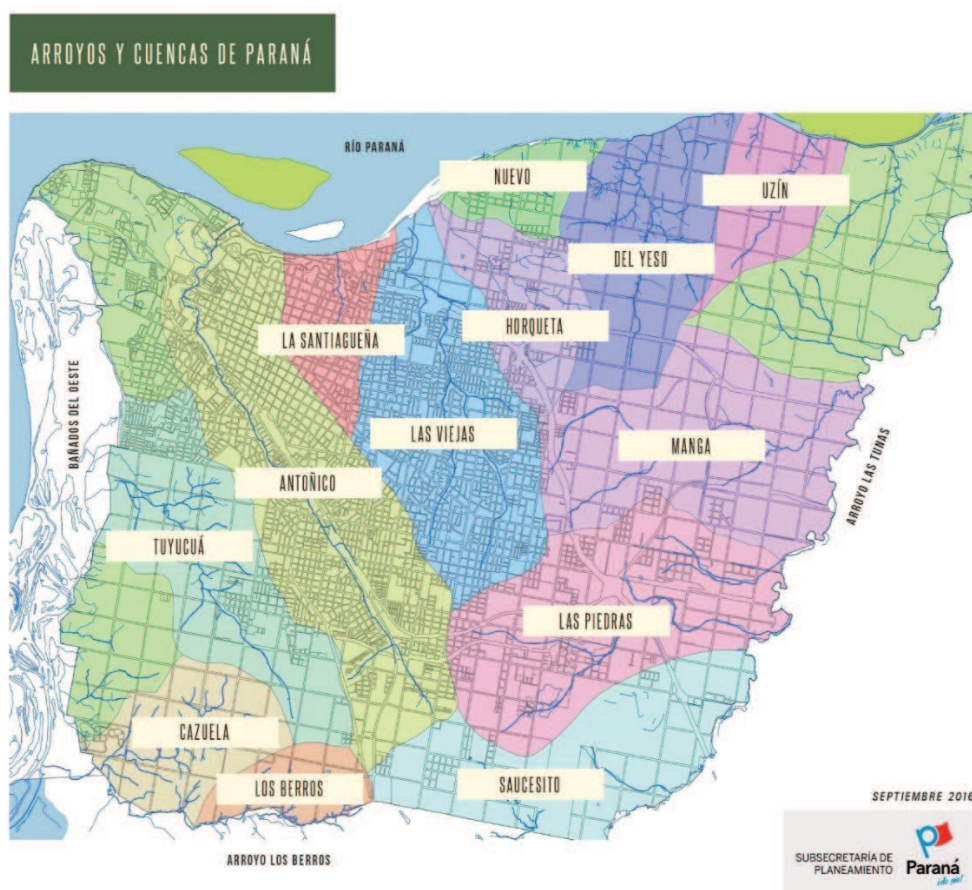


Figura 1. Cuencas de arroyos que atraviesan la ciudad de Paraná, provincia de Entre Ríos. Argentina.

Fuente: Secretaría de Planeamiento de la Municipalidad de Paraná, 2016.

El sistema cloacal máximo data del año 1905 y tiene una extensión aproximada de 2.9 km está construido en mampostería y no hay datos sobre su estado actual. Se presume que por atravesar terrenos anegadizos de bajo valor soporte, es posible que existan fisuras por asentamientos, difícilmente detectables.

A este sistema confluyen tres colectores principales y un sistema independiente: colector centro; colector sudoeste (habilitado en 1989); colector noreste (habilitado en 2000); sistema cloacal barrios Anacleto Medina, Gaucho Rivero y otros (habilitados en 1998) (Figura 2).

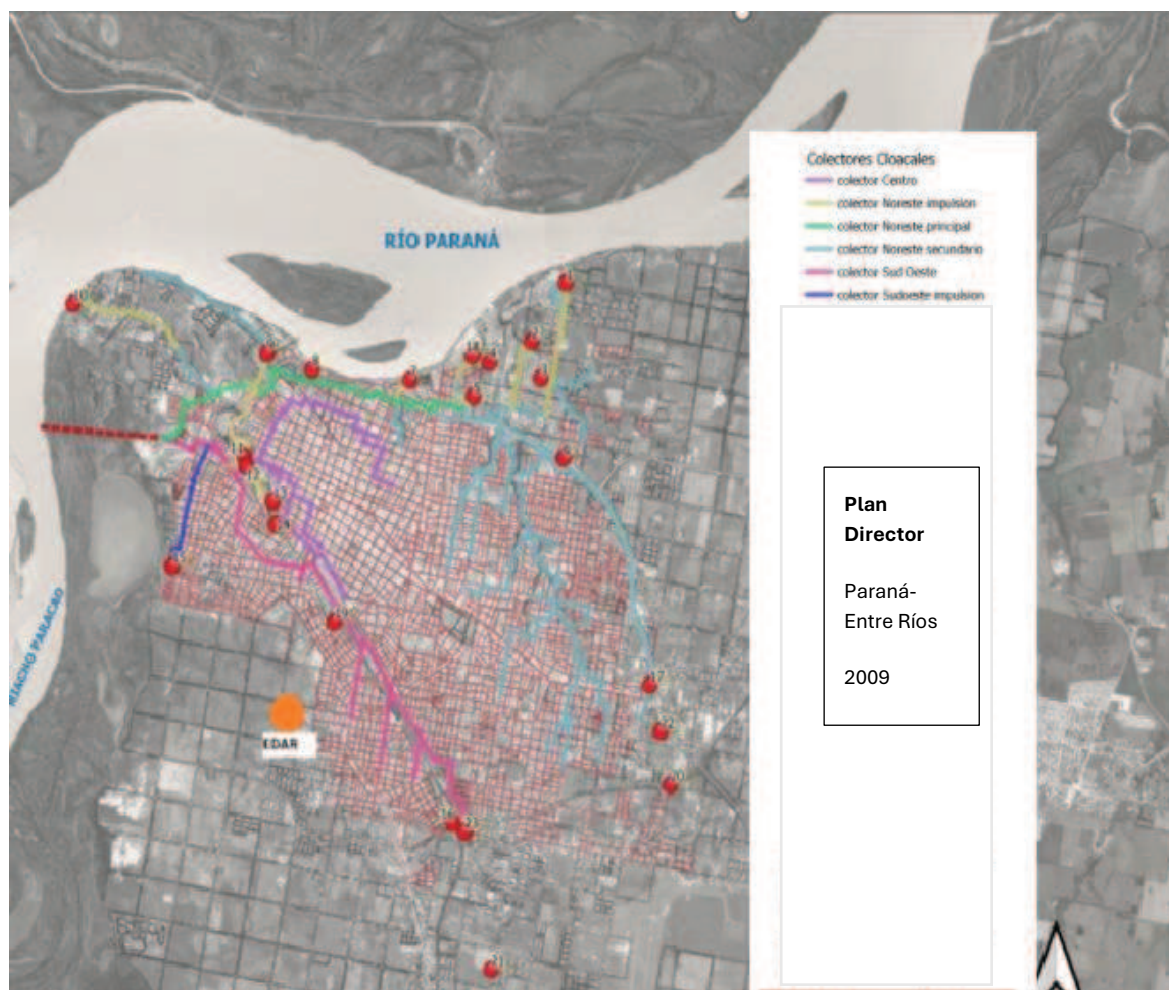


Figura 2. Colectores cloacales de la ciudad de Paraná. Entre Ríos, Argentina. Fuente: Plan Director de desagües cloacales y disposición final de la ciudad de Paraná, 2009.

Los colectores centro y sudoeste han sido cubiertos en su totalidad, estando al máximo de su capacidad y por lo tanto no admiten más conexiones.

El funcionamiento del sistema de colectores cloacales está fuertemente condicionado por los factores físicos particulares de la ciudad, la topografía irregular, la presencia de napas freáticas a poca profundidad y el valor de escorrentía de las aguas de lluvias, constituyen un complejo marco natural para la prestación del servicio.

Como sucede en muchos lugares de nuestro país, en la ciudad de Paraná la demanda de suelo urbano ha redundado en un crecimiento desordenado de la ciudad hacia áreas no cubiertas por servicios básicos. Esto hace necesario prever un ordenamiento para la gestión sostenible de la disposición final de los efluentes líquidos domiciliarios.

1.3. Alternativas a la falta de sistemas cloacales.

Por lo expresado anteriormente, y realizando un análisis actual de la situación, se puede mencionar que la mayoría de los loteos ubicados en la zona sudoeste, no tienen posibilidad de acceder al sistema cloacal, lo que hace que deban recurrir a otras alternativas para la disposición de este efluente, como es la realización de un pozo negro en cada vivienda. Esta actividad no representa un problema en un principio, sino más bien una solución para los residentes; pero se sabe que en un futuro supondrá varias complicaciones ambientales: pozos rebalsados o colapsados que impactan en el ambiente modificando la calidad natural de los suelos, de las aguas subterráneas e, incluso de las superficiales de algunas zonas. Estas últimas además generan olores que degradan la calidad de vida y disminuyen el valor de la propiedad.

En algunos casos, cuando las urbanizaciones no cuentan con acceso a un sistema cloacal; se desarrollan redes cloacales independientes que cuentan con su propia planta de tratamiento de efluentes y el posterior volcamiento a un cuerpo receptor menor, generalmente un arroyo. Estas plantas depuradoras funcionan eliminando paso a paso, cada uno de los componentes indeseados del efluente.

1.4. Tratamiento de efluentes en el Barrio Ecológico Procrear (BEP).

En la zona sudoeste de la ciudad, a la vera del Arroyo Tuyucuá, se construyó la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) (Figura 3, A y B) que opera con las aguas residuales del Barrio Ecológico Procrear (BEP) (Figura 3 A); ubicado en el predio comprendido entre las calles Espejo, Crausaz, Av. Ejército y Sarobe, de la ciudad de Paraná. La obra fue entregada por el gobierno nacional al municipio. El funcionamiento de la estación depuradora está a cargo de este último.

Dicha planta tiene una capacidad inicial para tratar los líquidos residuales provenientes de 600 viviendas (3000 habitantes), y el potencial de ampliar su capacidad para otras 500 unidades funcionales (Bratovich, 2019), que se encuentran en construcción actualmente y cuyo nombre será “Barrio Procrear 2”.

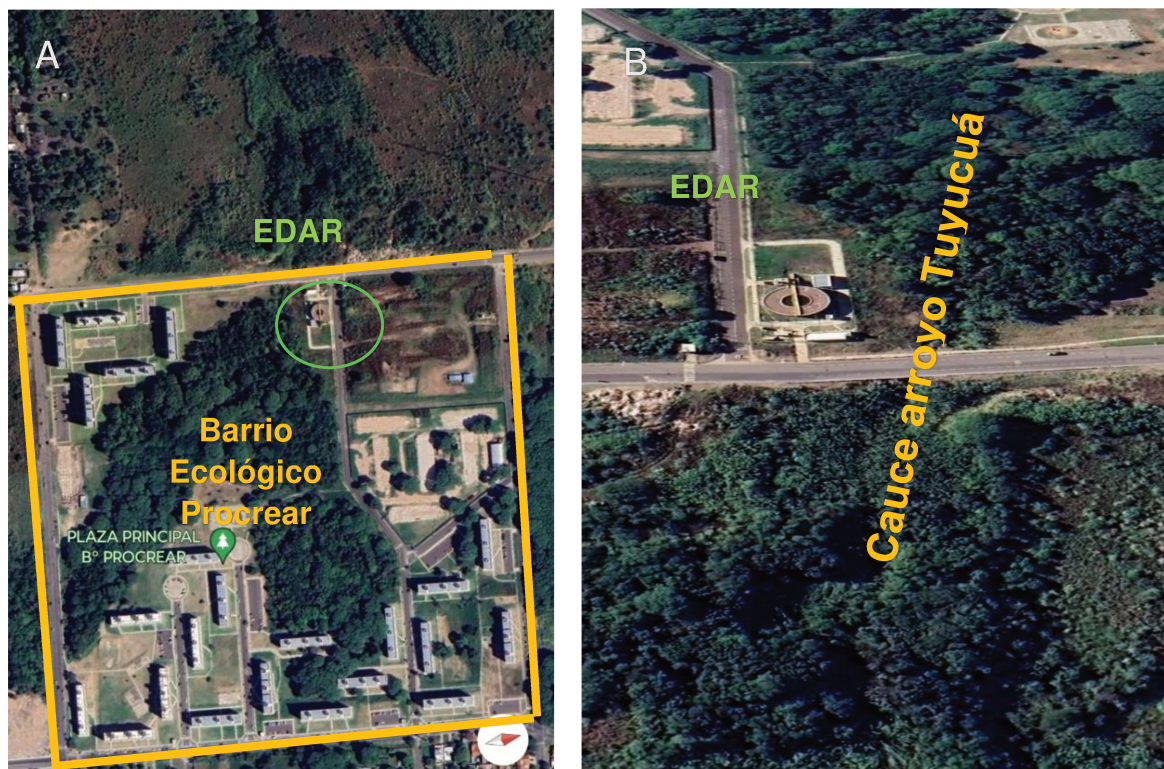


Figura 3. A: Imagen aérea del Barrio Ecológico Procrear con la ubicación de la EDAR. B: Imagen aérea de la EDAR y su entorno, señalización del cauce del arroyo Tuyucúá. Fuente: Google Earth.

1.5. Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR).

En el año 2021, se inicia la obra de la estación depuradora de aguas residuales (EDAR), ante la necesidad de sanear el agua residual que iba a ser generada al adjudicar las viviendas del barrio Ecológico Procrear.

El proyecto y la construcción fueron realizados por la empresa santafesina Bridge Hydrogen S.A. con experiencia en agua y saneamiento ambiental. La obra finalizada fue entregada al Municipio en abril del año 2022, meses antes a la entrega de viviendas.

La EDAR, durante su funcionamiento, como planta depuradora de los efluentes generados, sigue el siguiente proceso:

Inicia con un tratamiento físico, donde el líquido ingresa a una estación elevadora o de bombeo, encargada de elevar el efluente al nivel deseado para que por gravedad se dirija al siguiente proceso. Dicha estación elevadora, cuenta con una reja canasto, que filtra en esta primera etapa los sólidos más grandes. El resultante se dirige a un tamiz estático y cámara partidora, en este paso, se filtran las partículas más pequeñas.

De allí pasa a un tratamiento biológico, que consiste en una depuración del líquido con barros activados (sistema aerobio) donde se elimina la materia orgánica (DQO, DBO5, fósforo, nitrógeno). Esta etapa del proceso se lleva a cabo en una cámara donde se mantiene una determinada agitación y concentración de oxígeno disuelto, para permitir que los microorganismos, que se desarrollan espontáneamente, puedan respirar, alimentarse (de la carga orgánica presente) y reproducirse.

Para que el sistema funcione y la mezcla se encuentre oxigenada y agitada, el reactor biológico utiliza equipos soplantes de aire, cañerías de conducción, difusores de aire y un agitador sumergible en la cámara de aireación. En este proceso se remueve gran parte de la materia orgánica y nutrientes como fósforo y nitrógeno.

A medida que los microorganismos crecen se agrupan, flocculan y se forma así el lodo activado: masa biológica.

El líquido resultante pasa a un sedimentador secundario, ubicado en la parte central del reactor donde los lodos activados decantan por gravedad y se separan, quedando el efluente clarificado en la parte superior.

Los lodos que se decantan en el sedimentador, vuelven al sistema (reactor biológico), para seguir manteniendo la masa biológica; el excedente de lodos se dirige hacia la sala de deshidratadores para ser tratados.

La última etapa del tratamiento consta de un proceso químico donde el efluente clarificado permanece en un tanque de 6.000 litros, en el que las bombas dosificadoras le suministran una solución de hipoclorito de sodio en las cantidades correspondientes; para realizar así la desinfección final.

Después de un tiempo de exposición en el tanque, calculado según normas, se descarga al arroyo Tuyucuá. Este curso de agua está considerado de caudal permanente (Bratovich, 2019).

Desde allí el líquido debe recorrer 3.200 m (conducción por gravedad) para llegar al cuerpo receptor final, el río Paraná (Bratovich, 2019) Figura 4.



Figura 4. Imagen aérea con ubicación de la EDAR, su entorno y señalización del cauce de arroyo Tuyucuá. Fuente: Google Earth, agosto 2021.

Actualmente, en el BEP se genera un total de 504 m³ diarios de aguas tratadas que son vertidas en el arroyo Tuyucúá (Arcasa, 2019) y que pueden provocar un crecimiento vegetal desmedido

1.6. Arroyo Tuyucúá y Barrio Ecológico Procrear. Antecedentes.

Las tierras donde se asienta el Barrio Ecológico Procrear fueron cedidas por el Ejército Argentino, a la Nación y luego al Municipio de Paraná, por lo que hasta el inicio de la construcción del emprendimiento se trataba de terrenos con escasa acción antrópica.

En el año 2014 el arroyo Tuyucúá aún no estaba urbanizado, salvo en su nacimiento y se proyectaba realizar parques lineales a la vera de este curso de agua. La presidenta del Colegio de Arquitectos de Entre Ríos, Mariana Melehm y el presidente de la Regional Oeste–Noroeste Fernando de la Rosa en la 15 ° Jornada de la ciudad de Paraná, haciendo foco en el arroyo lo destacaban como espacio potencial y oportuno para pensar la urbanización y su crecimiento de manera amigable con el ambiente. El objetivo de la jornada era poner en debate proyectos y políticas públicas posibles y sustentables ante el avance urbano hacia la zona atravesada por el arroyo.

Luego se inicia la construcción del Barrio Ecológico Procrear, concebido como una propuesta distinta. Desde el proyecto y el Municipio se presentaba como “...una apuesta muy interesante del programa Procrear en un lugar con unas condiciones paisajísticas poco habituales” (Agencia de Noticias de Entre Ríos, 2014).

En diciembre de 2016, el por entonces intendente de Paraná, Sergio Varisco exponía un plan denominado “Eco Distrito Ribera Oeste” elaborado por la Consultora Cepa (Municipalidad de Paraná, 2016). Se trataba de un plan estratégico para la urbanización del sector suroeste de

la ciudad compuesto de construcciones habitacionales y centro cívico conectado directamente con el actual, todo alrededor de un **parque lineal de 100 hectáreas que revaloriza el arroyo Tuyucúá.**

CAPÍTULO 2

OBJETIVO

2.1. Objetivo general.

Proponer alternativas de reúso del agua tratada proveniente de la Estación Depuradora Aguas Residuales del Barrio Ecológico Procrear.

2.2. Objetivos específicos.

1. Promover la protección ambiental del arroyo Tuyucúa.
2. Analizar el reúso del agua tratada aplicada al riego de espacios verdes, complejos deportivos y calles aledañas.
3. Incorporar el concepto de economía circular aplicado al recurso hídrico existente.
4. Evaluar posibles riesgos del uso de agua tratada en el ambiente.
5. Brindar herramientas para la toma de decisiones en relación con la gestión ambiental del recurso hídrico.

CAPÍTULO 3

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y POSIBLE SOLUCIÓN

El arroyo Tuyucuá considerado de caudal permanente (sin datos de mediciones previas ni posteriores al emplazamiento de la estación depuradora de efluentes), posee un ancho variable de 0,50 m a 1 m y profundidad de 4 cm a 5 cm (Figura 5) en todo el recorrido que realiza atravesando el Barrio Ecológico Procrear y que no se incrementa en el avance del mismo hacia el río Paraná (lectura tomada en agosto de 2021).



Figura 5. Imágenes A y B. Arroyo Tuyucuá. Ancho variable 0,5 m. a 1 m. Profundidad 5 cm. Imágenes tomadas en agosto de 2021, del sector donde luego se realizó el vuelco del líquido tratado.

Analizando la información al momento, desde un enfoque sistémico, estamos frente a un conflicto ambiental surgido por la incompatibilidad de uso de suelo en un área que fue concebida con una visión paisajística, que conservaría su flora autóctona y que dadas las condiciones del escaso caudal del arroyo posee una fragilidad ambiental intrínseca,

considerando que es una zona que puede deteriorarse fácilmente por el aporte del agua tratada vertida en el cauce.

Se considera fragilidad ambiental como la capacidad inherente de una unidad natural territorial, ecosistema o comunidad a enfrentar agentes de cambio, basado en la fortaleza propia de sus componentes y en la capacidad y velocidad de regeneración del medio (Gobierno del Estado de Jalisco, 2011).

Sin una racionalidad manifiesta que persiga la búsqueda de un máximo beneficio social con un mínimo deterioro ambiental surgen o se encuentran latentes problemas que en el momento de intervención se revelan como auténticos conflictos ambientales.

Al respecto Dourojeanni (2000) explica cómo se visualiza lo que es un conflicto ambiental:

“En principio no existen, como tales, los llamados problemas ambientales; más bien es una categorización que hace el ser humano con respecto a un fenómeno natural o un problema creado por él mismo. Por ello es más conveniente tratar los problemas ambientales como conflictos humanos en relación con el ambiente, con el fin de buscarles soluciones”.

La gestión ambiental es la búsqueda de soluciones a los conflictos ambientales compatibilizando las necesidades humanas y el entorno. En tanto Fernández (2000) sostiene que el problema ambiental puede definirse como la manifestación de una deficiencia (merma o carencia) de racionalidad entre expresiones del subsistema natural y subsistema social.

En el caso que nos convoca, la necesidad de disposición final inmediata de los 504 m³ de agua tratada a un arroyo con muy escaso caudal, constituye un incremento elevado de agua a este curso que inevitablemente va a modificar su ecosistema.

Las imágenes comparativas (Figura 6, A y B) retratan el lugar donde se realiza el vertido del líquido. La foto A fue tomada en agosto de 2021 previo al inicio del volcamiento en el arroyo. La foto B fue tomada en octubre de 2023, aproximadamente 6 a 8 meses posteriores del inicio de funcionamiento de la estación depuradora de aguas residuales y su consecuente vertido del líquido en el curso de agua.

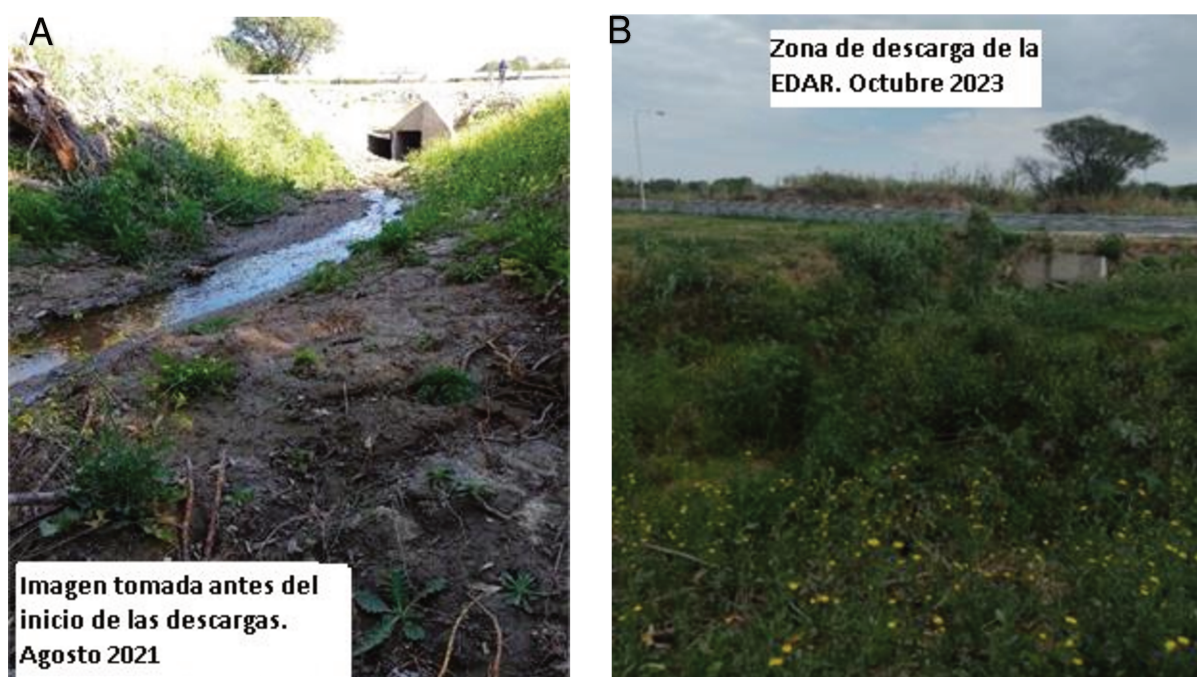


Figura 6. Arroyo Tuyucuá. A: imagen tomada en agosto de 2021, el arroyo en su estado natural. B: imagen tomada en el mismo lugar en octubre de 2023, que muestra el crecimiento desmedido de vegetación.

Se puede vislumbrar al menos dos problemas en el BEP, por un lado, **la modificación inevitable del estado natural del curso de agua y del ambiente aledaño**; así como **el desperdicio del recurso hídrico**.

Luego de exponer y contextualizar la situación y problemática actual, el objetivo principal de este trabajo integrador se propone analizar el uso de las aguas tratadas por la Estación Depuradora Aguas Residuales del Barrio Ecológico Procrear con otros fines, particularmente

para riego de espacios verdes, como predios deportivos, canchas de fútbol, canchas de golf, cementerios, camping y calles de la zona.

En una primera etapa deberá realizarse la modificación que mejor se adapte, para que este líquido pueda ser trasvasado a camiones que lo trasladen para riego.

La utilización del agua tratada para otros fines (como riego en quintas hortícolas) requerirá el análisis de factibilidades considerando la aplicación de tratamientos adicionales, no contemplados en el presente trabajo.

3.1. Tratamiento de agua residual en la ciudad de Paraná, provincia de Entre Ríos.

En agosto del año 2023 la provincia de Entre Ríos entregó viviendas en el barrio “500 Viviendas” de Instituto Autárquico Provincial de Vivienda (IAPV), que se encuentra a 2.000 m del Barrio Ecológico Procrear y ante la imposibilidad del municipio de brindar el servicio de red cloacal, realizó su propia planta de tratamiento, que al igual que el Barrio Ecológico Procrear vuelca el agua tratada en la Cuenca del Arroyo Tuyucúá.

Según datos proporcionados por la empresa constructora de dicho proyecto, la Estación Depuradora de Aguas Residuales Barrio “IAPV 500 viviendas” estima un caudal de aporte de la estación al curso de agua de 290 litros/habitante/día sobre un total de 3.000 habitantes. Esta última planta de tratamiento lleva a cabo el mismo proceso que la del BEP, con la diferencia que el líquido tratado recorre 1.600 metros mediante entubado bajo tierra, hasta llegar al arroyo Tuyucúá y que el vuelco se produce a 1.000 metros de la desembocadura del curso de agua en el río Paraná.

3.2. Posible uso del agua tratada en la EDAR, proveniente del BEP.

En la ciudad de Paraná, la utilización del agua tratada podría significar una importante contribución para hacer frente a la demanda de agua para riego de calles de tierra y espacios de recreación; compensando las épocas de sequías y bajantes del río Paraná; sobre todo considerando que el río lleva 4 años de aguas bajas y muy bajas (Neiff, 2021), con una bajante histórica en los años 2020 y 2021.

El Decreto Provincial n.º 2235/02, establece parámetros guía de valores máximos permitidos para vuelco de efluentes cloacales con o sin tratamiento. Pero es evidente que, aunque se respeten dichos rangos, el incremento del caudal de agua junto al exceso de material orgánico vertido en el arroyo modificará notoriamente el medio natural; sobre todo considerando que se trata de un arroyo con un caudal muy escaso durante todo el año.

La EDAR libera diariamente muchos litros de agua tratada al arroyo Tuyucúá, desperdiciando un recurso importante y necesario. “Su reutilización evitaría el vertido al cauce donde inevitablemente, si no se toman medidas adicionales, va a provocar efectos indeseables como la eutrofización, malos olores, impacto visual o la propia contaminación directa de otras aguas” (Comas, 2012).

Asimismo, es importante reducir al máximo las posibilidades de alteración de la calidad del agua y de los sedimentos del arroyo Tuyucúá por la incorporación del efluente, por ello se analizan alternativas viables para el recurso hídrico, haciendo una puesta en valor de este y evitando su desperdicio.

3.3. Situación de predios deportivos y espacios verdes cercanos a la EDAR.

En la actualidad los predios deportivos de la zona, canchas de fútbol Cindy, algunos camping, Cementerio Solar del Río y Cementerio Municipal Parque utilizan el agua potable proveniente de la planta potabilizadora de la ciudad para el riego de sus espacios (Figura 7 y 8); con excepción del Club de Campo las Colinas, cuya extensión es de 300.000 m² de canchas de golf, que tiene perforación propia sin acceso a la red de agua potable, pero que eventualmente en época de escasez solicita contribución del municipio, con la provisión de camiones para el llenado de su cisterna, con el objetivo de regar sus espacios verdes.



Figura 7. Ubicación de la EDAR del BEP respecto de espacios verdes, canchas y loteos. Imagen satelital de la zona sudoeste. Fuente: Google Earth.



Figura 8. Vista aérea del Barrio Ecológico Procrear y sus alrededores. Fuente: Fotos tomadas con dron durante la etapa de construcción del BEP.

Según datos recabados, el consumo diario para regar una cancha de fútbol de 600 m², es de 52 m³ de agua, considerando los valores informados por Freire Barrientos (2017). Es decir que con el agua generada diariamente por la EDAR del Barrio Ecológico Procrear podrían regarse 9 canchas de fútbol en la época más calurosa del año.

Con los 504 m³ diarios de aguas tratadas que genera la EDAR del BEP se pueden regar 9 canchas de fútbol de 64 m x 100 m lineales, es decir 6.400 m² cada una. El equivalente a 57.600 m² de espacios verdes.

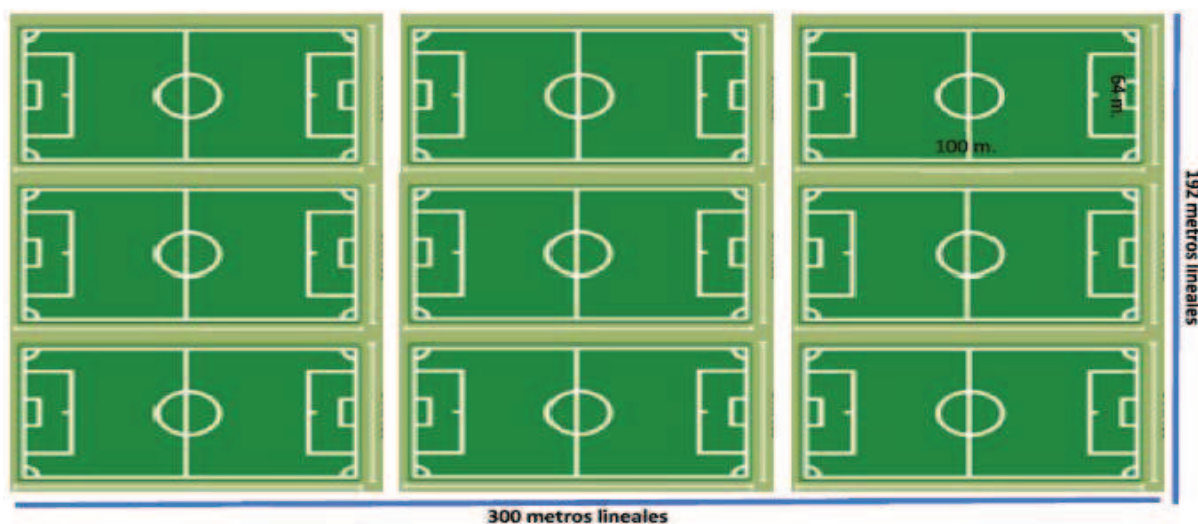


Figura 9. Cantidad de canchas de fútbol que podrían regarse diariamente con el agua tratada de la EDAR del BEP.

3.3.1. Características de los suelos que podrían recibir el líquido generado por la EDAR.

En el sector suroeste de la ciudad de Paraná, zona donde está emplazada la EDAR, las calles son de broza, suelo de color blanco, compuesto por materiales calcáreos, debido a la presencia de calizas que contiene entre un 12 % y 30 % de carbonato de calcio, es muy inestable, tiende a secarse muy rápido y es árido. Por esta razón requiere riego periódico para que la pérdida de propiedades sea paulatina.

En la actualidad, estas calles son regadas con agua potabilizada proveniente de la zona centro de la ciudad, a unos 8 km de distancia.

Estudio realizado por Cabrera y col. (2016) sobre la Evaluación Dinámica de los suelos calcáreos de la Provincia de Entre Ríos, compara diferentes características de los suelos (broza,

degradación por compactación, granulometría, características físicas y mecánicas) provenientes de la costa del río Uruguay, específicamente de Concepción del Uruguay con los de la costa del río Paraná.

Los autores verificaron la composición granulométrica por vía húmeda y observaron que la broza proveniente de la zona Concepción del Uruguay es mucho más fina que la de la cantera zona Paraná, y, además, contiene una fracción de suelo fino cohesivo que le atribuye plasticidad al agregado. Concluyendo que todos los métodos de compactación utilizados producen degradación en la muestra, y que con el riego periódico se conservan mejor las condiciones de los caminos.

3.4. El paisaje del arroyo Tuyucuá.

En la ciudad de Paraná no existe lamentablemente una mirada paisajística de los arroyos que surcan la ciudad. El crecimiento urbano fue invisibilizando los cursos de agua, que, entubados o a cielo abierto, han sido intensamente transformados y contaminados, perdiendo presencia en la trama urbana (Revista Fundación Cauce, 2021).

A pesar del avance de la ciudad hacia la cuenca del Tuyucuá, esta última no ha sido incorporada adecuadamente a un plan urbano, ni este articulado con un plan hidráulico. Las intervenciones realizadas poseen un carácter fragmentario que no reconoce la cuenca como unidad, y se basan fundamentalmente en obras hidráulicas que no poseen criterios de adaptación al entorno.

En el recorrido del arroyo se observa una exuberante vegetación: tipas, moras, alcornoques, zarzamoras, ceibos, jacarandas, lapachos, palos borrachos, ombúes, palmeras enanas; son

algunos de los árboles que allí proveen oxígeno y belleza al ambiente, generando un microclima apto para las especies de aves e insectos.

En relación a la dimensión paisajística, la cuenca del arroyo del Tuyucúá conserva valores naturales relevantes en el marco de la región: grandes superficies vacantes, bosques, el curso abierto en su totalidad desde calle Espejo (inicio del Barrio Ecológico Procrear) y bañados en la desembocadura al río Paraná.

Estos valores no son conocidos ni apreciados, ya que las ideas construidas históricamente en torno a los arroyos de la ciudad refieren a cursos profundamente degradados (Rotger, 2020). Valorar el paisaje de esta cuenca hidrográfica, puede significar un gran acercamiento hacia su gestión integral.

Como lo expresa Martínez de Pisón (2009), "El paisaje es un monumento, el monumento geográfico, tantas veces humilde, siempre a la intemperie, y está teñido de un agregado cultural surgido del conocimiento y del arte sin el cual su contenido queda mutilado".

El arbolado es un elemento de vital interés que ofrece numerosos servicios ambientales y genera beneficios para los habitantes (Benedetti y col., 2014). Su presencia ayuda a mejorar las condiciones de vida física, psíquica y estética de la población y desde el aspecto económico, contribuye a aumentar el valor de las propiedades (Calaza e Iglesias, 2016). Los espacios arbolados confieren identidad, estructura y significado a la ciudad. Por otra parte, según Ochoa (1999), la vegetación en las ciudades provee numerosas funciones ecológicas como, por ejemplo, el arbolado de alineación que reduce los ruidos y favorece la captación de agua. Además, es indispensable para el incremento de la sostenibilidad y funciona como

lugar de asentamiento y descanso de muchas especies de aves e insectos (Grau y Kortsarz, 2012).

En la figura 10 se puede observar la vegetación del cauce del arroyo Tuyucuá.





**Figura 10. Imágenes de la Cuenca del arroyo Tuyucuá en su recorrido por el Barrio Ecológico Procrear.
Agosto de 2024.**

La influencia de la vegetación sobre el clima se manifiesta en diversas escalas, principalmente en la micro escala local (Silva, 2009). Esta es definida como la menor escala de estudio en la que se puede analizar el clima urbano, pudiendo variar desde unos pocos metros hasta 10 km (Andrade, 2010). Entre las variables microclimáticas del entorno, la temperatura y la humedad relativa del aire son las que ejercen mayor influencia (Martini y col., 2017). Las áreas verdes urbanas son fundamentales en la regulación del microclima ya que mejoran la calidad del aire, reducen la evaporación y disminuyen las aportaciones térmicas al interceptar la radiación solar y proporcionar sombra (Adams y Smith, 2014). Es por ello que la calidad de vida de una zona urbana depende en gran parte del mantenimiento de los espacios verdes inmersos en el medio urbano.

Varios autores trabajaron en la relación microclima-vegetación. Por ejemplo, Ochoa (1999) evaluó la función de la vegetación en el microclima urbano y diseñó herramientas para su aprovechamiento. Mascaró y col. (2001) estudiaron el uso ambiental del arbolado urbano a través de los efectos de su sombra y de la evapotranspiración e hicieron hincapié en la temperatura y humedad relativa del aire y en la ventilación e iluminación de los recintos urbanos de los edificios que los delimitan. Rojas y col. (2015) analizaron la calidad del microclima urbano en relación a la disminución de la cantidad de aportaciones térmicas por la vegetación, discriminado por especie.

La afectación antrópica de los ecosistemas no tiene sólo consecuencias ecológicas relacionadas con la potencial pérdida de la capacidad para proveer servicios. Si se asumen los ecosistemas como activos de capital (Daily y col., 2000), su manejo inadecuado compromete tanto el flujo de riqueza que ellos podrían generar, así como la sostenibilidad y la equidad con las generaciones futuras, quienes no estarían mejor en términos de bienestar si no tienen como legado una base suficiente de recursos naturales y ecosistemas esenciales para el soporte de la vida.

La dominación humana deja inevitablemente huellas discernibles e indelebles en los ecosistemas, que se manifiestan en éstos en afectaciones importantes en su funcionalidad ecológica y su capacidad de proveer servicios ecosistémicos (Foley y col. 2005).

La valoración de bienes y servicios ecosistémicos está inherentemente influenciada por una compleja interacción de factores ecológicos, económicos y socio-culturales. En situaciones extremas, la transformación humana de ciertos ecosistemas podría afectar sustancialmente

su capacidad de resiliencia, lo cual conllevaría al sistema a un nuevo estado de equilibrio volviendo fútil cualquier esfuerzo de restauración ecológica (Mäler y col., 2008).

Actualmente la Cuenca del Tuyucuá aporta bienes y servicios ambientales a la zona suroeste de la ciudad de Paraná que deben ser preservados.

3.5. Cuenca del arroyo Tuyucuá como Área Natural Protegida.

Los terrenos atravesados por el arroyo Tuyucuá, desde calle Espejo donde actualmente se emplaza el Barrio Ecológico Procrear, no habían sido expuestos a la acción antrópica, se encontraban en estado natural; es a partir del año 2014 donde el crecimiento urbano se extiende hacia ese sector de la ciudad, lo que conlleva a la necesidad de proteger la cuenca del cauce para conservar la diversa flora y fauna, el microclima y la belleza paisajística.

Y es a partir de este interés de proteger los recursos naturales, que surgen las Áreas Naturales Protegidas; éstas constituyen una estrategia fundamental para la conservación a largo plazo de la diversidad biológica y cultural, proporcionando bienes y servicios ecosistémicos esenciales para la sociedad y la vida en general.

El Sistema Federal de Áreas Protegidas (SiFAP) se constituyó en el año 2003 mediante un acuerdo firmado por la Administración de Parques Nacionales (APN), la entonces Secretaría de Ambiente y Recursos Naturales (hoy Subsecretaría de Ambiente) y el Consejo Federal de Medio Ambiente (CoFeMA).

Las áreas protegidas pueden ser públicas o privadas, comunitarias o pertenecientes a ONGs.

La autoridad competente de cada provincia, mediante el respaldo de una normativa creada para tal fin (nacional, provincial o municipal) inscribe en el SIFAP voluntariamente las áreas protegidas de su jurisdicción.

En Argentina existen 577 áreas protegidas. Las continentales, que incluyen también áreas costero-marinas, cubren una superficie de 46.173.979 hectáreas y representan el 16.61 % del territorio nacional continental. Según las metas planteadas en la Convención de Diversidad Biológica y ratificadas en el año 1994 (Ley n.º 24.375) se debería proteger al menos un 17 % de cada región natural terrestre y un 10 % de las marinas.

El 80 % del territorio argentino se encuentra en manos privadas, por lo que es de máxima importancia involucrar a los propietarios de tierras en la conservación de nuestras riquezas naturales (Red argentina de reservas naturales privadas).

Las 577 áreas protegidas del SiFAP contienen 73 áreas protegidas nacionales bajo la jurisdicción nacional y administradas por la Administración de Parques Nacionales entre las cuales existen 3 áreas marinas protegidas creadas en el marco del Sistema Nacional de Áreas Marinas Protegidas (SNAMP) establecido por Ley n.º 27.037 que son Namuncurá-Banco Burwood, Banco Burwood II y Yaganes.

En la provincia de Entre Ríos mediante la Ley n.º 8.967 del año 1995 se organizó legalmente el Sistema Provincial de Áreas Naturales Protegidas. Esta normativa fue derogada por la Ley n.º 10.479 del año 2017, ampliando las categorías.

En el marco de esta última podría pensarse y promoverse incluir las 100 hectáreas de la Cuenca del Tuyucúa, a partir del Barrio Ecológico Procrear, como un área de paisaje protegido.

Son 504 las áreas protegidas provinciales reconocidas por las provincias ante el SiFAP bajo alguna categoría de gestión provincial, municipal, universitaria, privada o de gestión mixta, con respaldo normativo legal provincial o municipal.

CAPITULO 4

MARCO TEORICO

4.1. Contaminación del agua y su posterior tratamiento.

En el marco del “desarrollo sostenible” se requiere que tanto los establecimientos fabriles como los municipios traten sus efluentes hasta niveles que no impacten negativamente en el medio ambiente. Esto determina que para que el tratamiento sea completo se deben construir plantas de tratamiento eficientes para la depuración de dichos líquidos residuales (Gropelli, 2015).

En el caso particular de la provincia de Entre Ríos en su estamento, se replica el Artículo 41 de la Constitución Nacional, dónde dice: “Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo”.

Las plantas de tratamiento transforman la composición compleja del residuo en una sustancia más simple que puede ser reutilizada, promoviendo una gestión ambiental sostenible.

Las aguas residuales o servidas una vez tratadas modifican su composición fisicoquímica, por lo que dependiendo de la eficiencia del tratamiento y del uso al que se destinen, pueden cumplir las condiciones necesarias para cada caso y estar disponibles para ser usadas.

Los productos secundarios del tratamiento de las aguas residuales pueden convertirse en recursos valiosos para la agricultura y la generación de energía, haciendo que las plantas de tratamiento sean más sostenibles ambiental y financieramente. El reúso de aguas residuales

está definido como su aprovechamiento en diferentes actividades a las cuales fueron originadas (Ministerio del Medio Ambiente, 2001).

Según Silva y col. (2008) los tipos y aplicaciones de aguas residuales se clasifican de acuerdo con el sector o infraestructura que recibe el beneficio siendo los principales:

1. El urbano, que incluye irrigación de parques públicos, campos de atletismo, áreas residenciales y campos de golf;
2. El industrial, en el que ha sido muy empleado durante los últimos años, especialmente en los sistemas de refrigeración de las industrias (centrales nucleares, agua para minas, etc.); también en procesos industriales en papeleras e industria textil;
3. El agrícola, en la irrigación de cultivos, este último es el principal uso.

Además del problema de la escasez de agua, un problema grave que debe enfrentar la gestión de los recursos hídricos es el deterioro de su calidad debido, entre otras razones, a la contaminación por nutrientes y materia orgánica o el uso inapropiado del recurso, lo que genera fuertes presiones al medio y conlleva a la pérdida de sus funciones. Si bien el proceso natural de autodepuración garantiza el procesamiento de ciertos contaminantes, muchas veces esta capacidad es insuficiente por el volumen o el tipo de contaminantes que ingresan en los cuerpos de agua. Como consecuencia puede verse afectada la integridad de los ecosistemas además de existir, en muchos casos, un riesgo para la salud humana (Bidaure, 2016).

4.2. Agua residual, un recurso potencial y la economía circular.

El agua residual tratada es un potencial recurso natural que podría satisfacer la necesidad de un abastecimiento regular que compense la escasez del agua potabilizada, adicionalmente, el uso de aguas residuales presenta beneficios asociados al mejoramiento de la fertilidad de los suelos agrícolas por el aporte de materia orgánica, macronutrientes y oligoelementos, permitiendo reducir, y en algunos casos eliminar, la necesidad del uso de fertilizantes químicos y trayendo beneficios económicos, por ejemplo al sector agrícola (Medeiros y col., 2005).

De la misma manera se puede pensar la reutilización del agua saneada desde el punto de vista de la economía circular, modelo económico que utiliza la mínima cantidad de recursos naturales necesarios, para satisfacer las necesidades requeridas en cada momento. De esta manera se promueve la optimización en el uso de recursos, la reducción en el consumo de materias primas y el aprovechamiento de los residuos, reciclándolos o dándoles una nueva función para convertirlos en nuevos productos. En sí la economía circular es un modelo de producción y consumo que implica compartir, alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales y productos existentes todas las veces que sea posible para crear un valor añadido (Parlamento europeo, 2023). De esta forma, el ciclo de vida de los recursos se extiende.

Algunos elementos claves que se pueden mencionar para construir una estrategia circular son:

1. Priorizar los recursos renovables: el agua es un recurso renovable, no así inagotable. Para tomar dimensión de lo que significa en la práctica, sólo hay que analizar lo que mencionan

dos especialistas, los ingenieros Sergio Fattorelli y Pedro C. Fernández, “El agua en general y en particular el agua subterránea es un recurso limitado en nuestro planeta, donde más del 97% es salada y se concentra en mares y océanos. Del resto, alrededor del 2% constituye los casquetes polares en forma de hielo. Le sigue en magnitud el agua subterránea, cuya reserva hasta 1.000 m de profundidad se estima en el 0.5 % del total, mientras que el volumen instantáneo de agua superficial llega a sólo el 0.02 %” (CAI, 2015).

Analizando lo antes mencionado, nos encontramos en un momento donde tenemos meses de escasez de agua y los ríos no alcanzan a abastecer la necesidad básica de agua dulce, lo que hace necesario prodigar los medios para reusar los recursos mientras su calidad lo permita.

2. Alargar la vida: cuando para elevar la calidad de un recurso es necesario implementar un tratamiento adicional que le dé un nuevo valor.

3. Usar los residuos como recursos: en la economía circular los desechos de una industria se convierten en recursos para otra y por tanto cierran el ciclo, disminuyendo así los residuos industriales.

4. Repensar el modelo económico para hacerlo sostenible, evitando embargar el futuro ambiental con políticas que puedan comprometer o degradar el ambiente (Larrouyet, 2015).

5. Promover y armonizar tres elementos básicos, el crecimiento económico, la inclusión social y la protección del medioambiente.

Al momento de pensar y diseñar un trabajo final integrador como el que aquí se presenta, uno de los conceptos prioritarios que se tuvo en cuenta, fue la economía circular. Concepción fundamental para aplicar a un recurso tan importante como es el agua tratada en plantas de tratamientos de efluentes y con el potencial de reúso que tendría este producto.

4.2.1. Ejemplo de economía circular: Emprendimientos nacionales, a partir del uso de agua tratada.

Mitigar la crisis climática y revalorizar los recursos hídricos a partir del aprovechamiento de aguas residuales es lo que se propusieron en la última década diversos proyectos cooperativos y de empresas nacionales en zonas áridas y de estepa donde el agua es escasa como en las provincias de La Pampa, Río Negro y La Rioja.

En General Pico (La Pampa), la Cooperativa de Trabajo Biorregión Limitada desarrolló en la última década un sistema de humedales de 120 hectáreas para el tratamiento de efluentes cloacales, propiciando un cambio socioambiental y de desarrollo productivo local.

Un ejemplo de implementación de sistemas de reúsos, son las plantaciones de olivares en la estepa rionegrina, de alfalfa en la aridez riojana, o de mimbres y sauces en el monte pampeano, emprendimientos que resultan verdaderamente difíciles de imaginar. Sin embargo, se han llevado adelante a partir de sistemas de riego a base de aguas residuales previamente tratadas, con el objetivo de aprovechar al máximo un recurso hasta entonces desechado.

Otro ejemplo a destacar es el ubicado en el balneario rionegrino de Las Grutas, a unos 170 kilómetros de Viedma, dónde la empresa nacional Olivos Patagónicos es pionera en la reutilización de aguas residuales para el riego de unas 28 hectáreas de plantación de olivares desde el año 2002.

Cada año se desperdiciaban toneladas de agua dulce a través del vertido de residuos cloacales, los cuales contienen nutrientes, materia orgánica y sales, que son aprovechados para el riego de los cultivos, lo que evita además que sean eliminados directamente al mar.



Figura 11. Plantación de olivares en la Patagonia, Las Grutas. Fuente: Diario La Nación, 26/12/2018.

Tiempo después, a partir de la experiencia obtenida en Las Grutas; el Parque Ecológico El Doradillo, en la provincia de Chubut, adoptó también el método irrigación con agua de reúso proveniente de planta de tratamiento de aguas grises implementado por la empresa Olivos Patagónicos.

4.2.2. Emprendimientos provinciales. Reutilización de aguas domiciliarias tratadas para el riego forestal en la localidad de Ayuí, Concordia.

Un estudio realizado de manera conjunta entre el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria y la Universidad Tecnológica Nacional en el que participan el Municipio de Colonia Ayuí, la empresa MASISA y la ONG Salto Grande Ambiental expone los resultados de

la utilización de agua tratada para una plantación de árboles de eucaliptus en la localidad de Colonia Ayuí.

Dicha población se encuentra ubicada en el Departamento de Concordia, noreste de Entre Ríos, en el perilago de la represa hidroeléctrica binacional (argentina – uruguay) de Salto Grande, cuenta con aproximadamente 3.000 habitantes.

Los efluentes cloacales, eran vertidos al embalse de la represa después de su tratamiento mediante lagunas de estabilización.

Las lagunas de estabilización para el tratamiento de aguas residuales domiciliarias son un sistema muy difundido en comunidades rurales. Requieren mayor superficie que otros sistemas, pero presentan ventajas como el manejo sencillo, el bajo costo de mantenimiento y poca demanda de energía. Sin embargo, cuando posteriormente al tratamiento los efluentes son volcados a cauces receptores pueden ocasionar problemas ambientales como la eutrofización de las aguas producto de la alta concentración de nutrientes, particularmente de fósforo y nitrógeno, como ocurría en el mencionado embalse. Por lo que a partir de enero de 2016 comienzan a utilizar el agua tratada para regar 12 hectáreas de plantaciones comerciales de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, mediante sistema de riego por goteo. Para evaluar el crecimiento de los árboles instalaron 5 pares de parcelas apareadas, con y sin riego y trimestralmente se registraba la altura total y el diámetro a la altura del pecho de los árboles (Tesón y col., 2019).

Como resultado los autores exponen ...” Aunque el monitoreo de los recursos suelo y agua debe continuar, la reutilización de los efluentes para el riego de plantaciones forestales se presenta como una alternativa ventajosa respecto al vertido en cursos superficiales”.

Las parcelas regadas incrementaron su crecimiento respecto a las no regadas. Y si bien se observaron cambios en la química del suelo, los indicadores analizados no mostraron valores que produzcan efectos adversos para la especie utilizada (Tesón y col., 2019).

CAPÍTULO 5

METODOLOGÍA

5.1. Fuentes de información y metodología de obtención.

Se realizó una investigación de campo mediante visitas periódicas al arroyo Tuyucúá en el periodo de tiempo comprendido entre marzo de 2021 a agosto de 2024, con el objetivo de dar seguimiento visual y documental de las variaciones del caudal del curso de agua.

Registrando una importante variación respecto al crecimiento de la vegetación y modificación del paisaje, en la zona de vuelco del líquido tratado en el arroyo (entre agosto del año 2021 y octubre de 2023).

En el afán de proteger la cuenca de la acción antrópica y de proyectos que no consideren lo ambiental, se analizó la legislación con el fin de encuadrar la protección de este curso de agua y sus servicios ambientales y darle un marco legal posible. De allí surge la posibilidad de plantearlo como Área Natural Protegida.

La calidad de agua tratada vertida al arroyo se pudo determinar mediante análisis físico-químico de muestras del efluente obtenidos por la EDAR del BEP y facilitados por ésta para el presente trabajo.

Se realizaron cuadros comparativos de la calidad de agua obtenida en la EDAR, con los parámetros requeridos para vertido en cursos de agua con o sin tratamiento.

Además, se comparó el líquido con los parámetros establecidos por la Res. n.º 283/19 ACUMAR y los límites permisibles de aguas residuales utilizada para riego.

Se realizaron relevamientos sobre la situación de los predios cercanos mediante consulta a los propietarios sobre la disponibilidad de agua para riego en las distintas épocas del año y los usos posibles.

Se analizó el riesgo ambiental por infiltración tomando como referencia un estudio de suelo facilitado por la empresa constructora de la EDAR del BEP.

CAPITULO 6

MARCO NORMATIVO

Una cuenca es un área de terreno donde el agua drena en un punto común, como un arroyo. Desde el punto ecológico permite mantener la biodiversidad y la integridad de los suelos (Figuerola, 2005).

En el capítulo 3 se mencionó la importancia de promover la categorización de la Cuenca del arroyo Tuyucuá como área protegida, con el objetivo de protegerla y evitar la degradación que podría generar una gestión integral ineficiente.

Según las metas planteadas en la Convención de Diversidad Biológica, firmadas en 1992 por el gobierno argentino y ratificadas en 1994 por el Congreso Nacional mediante la Ley n.º 24.375, se plantearon metas de territorio que debía ser protegido.

La provincia de Entre Ríos organizó legalmente el Sistema Provincial de Áreas Naturales Protegidas a partir de la Ley n.º 8.967 sancionada el 15 de noviembre de 1995 y promulgada el 27 de noviembre de ese año, que en su artículo 2º introduce el concepto de Área Natural Protegida a todo espacio físico que siendo de interés científico, educativo y cultural por sus bellezas paisajísticas y sus riquezas de fauna y flora autóctona, son objeto de especial protección y conservación, limitándose la libre intervención humana a fin de asegurar la existencia de sus elementos naturales a perpetuidad. La mencionada normativa fue derogada por la Ley n.º 10.479 promulgada el 11 de noviembre de 2017, ampliando las categorías. El artículo 8 del capítulo 24, introduce la clasificación de áreas naturales protegidas, incluyendo los paisajes protegidos naturales, seminaturales y de carácter cultural, dignos de ser

preservados en su condición tradicional o actual. Dentro de esta categoría menciona las zonas aprovechadas por el hombre de manera intensiva para esparcimiento y turismo, son zonas situadas en la costa de ríos, arroyos o lagos que presentan panoramas atractivos siempre que no sean netamente urbanos. Las Áreas Naturales Protegidas, pueden ser públicas o privadas, según sea su dominio. Las de dominio público serán de jurisdicción provincial, municipal o comunal y en los casos que sean de dominio privado la Autoridad de Aplicación podrá celebrar convenios con sus titulares dominiales (Ley n.º 10.479, 2017).

Dicha normativa plantea objetivos claros respecto a la conservación del ambiente, menciona mantener bajo manejo protector o recuperativo, según corresponda, a aquellos espacios que constituyen muestras de ecosistemas de arroyos: "Proteger y brindar Áreas Naturales cercanas a los centros urbanos, para que los habitantes disfruten de la recreación en convivencia con la naturaleza lo mejor conservada posible...". En el artículo 3º recomienda la incorporación de Área Natural Protegida, que pueden agregarse por decreto, previo la confección de informe técnico profesional efectuado por autoridad competente respecto a la zona propuesta.

Asimismo, la política ambiental nacional del agua se enmarca bajo la normativa ambiental vigente que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible promueve, de forma interdisciplinaria e interinstitucional, políticas públicas dirigidas a mejorar la eficiencia en la gobernanza del agua y a alcanzar la seguridad hídrica a partir de la conservación, restauración y uso sostenible de los ecosistemas relacionados con el agua.

La Ley n.º 25.675 (2002) incluye compromisos internacionales asumidos por el país, es una ley que establece los presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y

adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable.

La Ley n.° 25.688 (2002) de presupuestos mínimos ambientales para la preservación de cursos y cuerpos de aguas naturales o artificiales, superficiales o subterráneas y las atmosféricas, su aprovechamiento y uso racional obligatorios para todo el país, cuya sanción, conforme al sistema de distribución de competencias que surge del artículo 41 de la Constitución Argentina, es competencia de la Nación, en tanto las Provincias y Municipios pueden dictar las normas que complementen o desarrollen esos niveles mínimos de tutela ambiental para sus jurisdicciones respectivas estableciendo normas de mayor o más estricta protección.

Estas políticas promueven el abordaje de la gestión ambiental del agua dentro de un marco general que contemple también la conservación de los ecosistemas acuáticos, para evitar una gestión fragmentada y sectorizada, que ponga en riesgo la sostenibilidad de los ecosistemas y la provisión de los bienes y servicios que brindan los ambientes acuáticos. Esta visión se basa en que los ecosistemas en buen estado de conservación y la seguridad hídrica se refuerzan mutuamente. El acceso al agua no se garantiza solamente mediante la construcción de obras, sino que también depende fuertemente de la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad que, a su vez, requieren agua para su normal funcionamiento.

El mantenimiento de los componentes, la estructura y las funciones ecológicas de los ecosistemas acuáticos, garantizan la provisión de bienes y servicios como el suministro de agua y alimento, el control de la erosión, el mantenimiento de la calidad del agua, la

regulación climática y la protección contra tormentas e inundaciones (IEA, 2020). En este contexto, y ante los riesgos que significan para la seguridad hídrica, el incremento de los impactos en el ambiente y el nuevo panorama asociado al cambio climático se requiere avanzar rápidamente en acciones que fortalezcan la gobernanza del agua desde una perspectiva integrada. En este sentido, existen diversos enfoques como la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) y el enfoque basado en servicios ecosistémicos que se constituyen como herramientas complementarias para fortalecer la gestión ambiental del agua (IEA, 2022).

A continuación, se mencionan las leyes que tendrán incumbencias en el uso del agua tratada como agua para riego de espacios verdes, complejos deportivos y calles de broza y que servirán de apoyo al tema tratado.

En el cuadro 1 se detalla el marco legal para el cuidado del ambiente y sus habitantes, orientado a la preservación de los recursos naturales y bienes culturales, el adecuado tratamiento de residuos y la debida atención en materia de seguridad laboral.

Marco normativo legal e institucional	
Tratados Internacionales suscriptos por Argentina y ratificados por el Congreso Nacional (jerarquía constitucional)	
Ley n.º 21.836/78	Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural de la UNESCO (protección del patrimonio natural o cultural).

Ley n.º 24.375/94	Convenio sobre la Diversidad Biológica (estrategias de conservación, políticas sectoriales, y desarrollo adecuado de áreas adyacentes).
Ley n.º 23.919	Convenio Conservación de los Humedales como Hábitat de Aves Acuáticas. Ramsar 1971, París 1982
Ley n.º 24.375	Convenio sobre Diversidad Biológica. Río de Janeiro, 1992.
Normas nacionales	
Constitución Nacional	Artículo 41, garantiza el derecho a un ambiente sano y establece la responsabilidad civil de su preservación y reparación integral en materia de daño ambiental. Artículos 121 y 124, otorga a las provincias la titularidad de dominio sobre los recursos naturales existentes en sus territorios, así como su derecho a velar por sus intereses económicos y de administración de justicia.
Ley n.º 26221- Regula la prestación del servicio de provisión de agua y descargas cloacales	Da parámetros máximos permitidos para el agua potable y desagües cloacales. Establece valores máximos permitidos para vuelco de efluentes, citando rubros industriales.
Ley n.º 19.587/72 - Higiene y Seguridad Laboral y su Decreto Reglamentario N° 351/79	Destinada a proteger y preservar la integridad de los trabajadores mediante la prevención de los accidentes y enfermedades del trabajo, lo cual se logra analizando y disminuyendo los factores de riesgo. Las condiciones de higiene y seguridad en el trabajo en toda la República Argentina se ajustarán a las normas y reglamentación de esta ley.

	Observación: Toda modificación que se realice para adaptar la infraestructura existente en la EDAR, deberá considerar esta normativa. En todas las fases deberán respetarse las normas técnicas y medidas sanitarias, precautorias, de tutela o de cualquier índole para proteger la vida, preservar y mantener la integridad psicofísica de los trabajadores.
Ley n.º 25.612/02 –Gestión integral de residuos industriales y de actividades de servicios.	Establece los presupuestos mínimos de protección ambiental sobre la gestión integral de residuos de origen industrial y de actividades de servicio.
Ley n.º 25.688 –Régimen de Gestión Ambiental de Aguas	Crea los comités de cuencas hídricas para garantizar la preservación, aprovechamiento y uso racional de las aguas. Impone el permiso previo de la autoridad competente para los distintos usos que establezcan los códigos de aguas provinciales. Observación: Deberá atenderse esta norma y ajustarse a lo que en la materia determinen la legislación y autoridades provinciales con prerrogativas en la materia, de acuerdo con el código de aguas de la provincia de Entre Ríos y reglamentaciones pertinentes.
Ley n.º 25.675/02 Ley general del ambiente	Presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable. Principios de la política ambiental. Presupuesto mínimo. Competencia judicial. Instrumentos de política y gestión. Ordenamiento ambiental. Evaluación de impacto ambiental. Educación e información. Participación

	ciudadana. Seguro ambiental y fondo de restauración. Sistema Federal Ambiental. Ratificación de acuerdos federales. Autogestión. Daño ambiental. Fondo de Compensación Ambiental.
Ley n.º 25.831 /03 Régimen de Libre Acceso a la Información Pública Ambiental	Garantiza el derecho de acceso a la información ambiental en cualquier forma de expresión o soporte relacionada con el ambiente, los recursos naturales o culturales y el desarrollo sustentable. En particular: a) El estado del ambiente o alguno de sus componentes, las actividades y obras que puedan afectarlos; b) Las políticas, planes, programas y acciones referidas a la gestión del ambiente. Son sujetos obligados para brindar esta información las autoridades competentes de los organismos públicos, y los titulares de las empresas prestadoras de servicios. Observación: Se debe garantizar a los ciudadanos el conocimiento mediante audiencias públicas y libre acceso a la información contenida en el Informe de Impacto Ambiental, de los efectos que pudiera tener sobre el medio, así como de los Planes y demás acciones que tiendan a mitigar los impactos
Ley n.º 26.331/07 Ley de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de Bosques Nativos.	Establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para el enriquecimiento, la restauración, conservación, aprovechamiento y manejo sostenible de los bosques nativos y de los servicios ambientales que éstos brindan.

Nivel Provincial – Entre Ríos	
Ley n.º 9.757/07 Comités de cuencas y consorcios del agua.	La presente ley tiene por objeto la creación, regulación, conformación, y funcionamiento de los Comité de Cuencas y los Consorcios del Agua de la Provincia de Entre Ríos, con la finalidad de generar condiciones, proyectos, asegurando así, la integración regional, provincial, y la explotación racional de las obras hidráulicas y del aprovechamiento sustentable del agua del dominio público.
Decreto n.º 11.69/05 Acceso a la información pública.	Sobre el derecho de Acceso a la Información Pública, consagrado en la provincia de Entre Ríos en el ámbito del Poder Ejecutivo Provincial a través del Decreto 1169/05/GOB1
Decreto n.º 4977/09 y modificatorio, Decreto n.º 3237/10 Estudio de Impacto Ambiental (EslA) y Evaluación de Impacto Ambiental (EIA).	Ningún emprendimiento o actividad que requiera de un Estudio de Impacto Ambiental (EslA), para actividades nuevas, o una Evaluación de Impacto Ambiental EIA, para actividades en funcionamiento, podrá iniciarse hasta tener el mismo aprobado, por la Autoridad de Aplicación.
Decreto n.º 2235/02 SEOYSP. Pautas de calidad de agua y efluentes	Dispone que los organismos responsables de prestar los servicios de provisión de Agua Potable y de Evacuación de Desagües Cloacales en el ámbito de la Provincia de Entre Ríos, deberán arbitrar los medios para que los parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua potable suministrada a la población y de los afluentes tratados o no, que vuelquen al medio ambiente, cumplan con los valores de los parámetros

	que se fijan en los Anexos I y II, que adjuntos forman parte del presente Decreto.
Nivel Municipal– Paraná	
Decreto Municipal n.º 2235/02	Son requisitos mínimos que debe cumplir el agua residual tratada y sin tratar para ser vertida en cursos de agua. Observación: No hay normas que especifiquen qué parámetros debe cumplir el agua usada en riego de espacios verdes, como complejos deportivos, canchas de fútbol, golf, etc.

Cuadro 1. Cuadro normativo a considerar ante el uso del agua tratada.

CAPÍTULO 7

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El consejo Económico y Social de las Naciones Unidas, desde 1958 promueve la idea de no utilizar recursos de mayor calidad en usos que pueden tolerar calidades más bajas, esto demanda una mejor planificación en el uso de los recursos hídricos y conduce a su reutilización (Comas, 2012).

En el año 2006, la OMS elaboró guías de reúso de aguas residuales, excretas y grises que en la actualidad son el referente internacional para el uso de este recurso en la agricultura, sobre todo de los países en vías de desarrollo.

El agua residual debe ser apreciada como una fuente constante y segura de agua para las épocas de sequía. Son muchos los usos que se le puede dar para su reutilización, “destacando la reutilización agrícola y forestal, los usos industriales, la reutilización urbana (jardinería, incendios, lavado de calles y automóviles), usos ornamentales y recreativos, riego de campos deportivos, recarga de acuíferos” (González, 2006).

Numerosas poblaciones consideran el agua residual tratada como una fuente adicional para aprovechamientos, que no requieren una elevada calidad. En los países más desarrollados está visto como una acción inadecuada utilizar el agua una sola vez antes de su devolución, dado que las aguas residuales previamente depuradas, a diferentes niveles; tienen un abanico de posibilidades de uso.

En el año 2018 el Banco Mundial lanzó la iniciativa “Agua residual: de residuo a recurso” en la región de América Latina y el Caribe promoviendo la recuperación de recursos y

proporcionando pautas para mejorar la planificación, gestión, y financiamiento del tratamiento de aguas residuales, con el objetivo de hacer realidad el cambio de paradigma.

Particularmente, en Argentina no existe una legislación que considere el uso que se le va a dar al agua residual, tampoco se establecen los parámetros que debe cumplir dicha agua.

Sí hay legislación sobre los parámetros de descarga de agua tratada y sin tratar en cursos de agua. Además, se ha encontrado que, existen diferencias entre jurisdicciones.

Asimismo, se efectuó búsqueda de bibliografía en todos los formatos, que permitió interpretar los antecedentes del uso de aguas residuales tratadas en áreas con condiciones geográficas y ambientales similares.

Un análisis comparativo de cinco provincias argentinas (Rodríguez Bormioli y col., 2018), muestra que cada una aplica técnicas analíticas distintas para regular ciertos parámetros (concentración, carga másica, objetivos de calidad), utilizando incluso nomenclaturas diferentes. Según este informe “es necesario la unificación de éstas debido a que diferentes criterios de vertido a cuerpos superficiales dificultan la adopción e implementación de presupuestos mínimos con consenso de las provincias” (Rodríguez Bormioli y col., 2018).

En una misma jurisdicción; como por ejemplo AMBA (Área Metropolitana de Buenos Aires), se superponen distintas normativas, con diferentes parámetros, límites máximos permitidos y múltiples autoridades de aplicación (Hanela y col., 2014).

La provincia de Córdoba promueve el reuso del agua residual y efluentes líquidos de todo tipo e incentiva el reciclado como medida de manejo eficiente y sustentable del recurso hídrico.

En su Dto. 847/16 establece que lo antes citado podrá ser una exigencia frente a situaciones

de escasez de fuente o incapacidad de admisión del cuerpo receptor. Además, posee 8 categorías reglamentadas de usos posibles del agua regenerada (aguas residuales que luego de ser depuradas, han sido sometidas a un proceso de tratamiento adicional o complementario que permite adecuar su calidad al uso que se destina).

Es imprescindible analizar con detenimiento los impactos de la reutilización de aguas residuales según el uso. Por ejemplo, en agricultura, debe enfocarse el análisis en la salud, el suelo y los cultivos. La acumulación de sustancias de alta toxicidad en el suelo, las plantas y los animales, y su ingreso en la cadena alimentaria son cuestiones importantes para la salud humana (Hettiarachchi y Ardakanian, 2017).

Analizando lo antes mencionado y los inconvenientes que puede traer el uso de diferentes normativas en un mismo territorio, es necesaria una normativa común que indique la calidad del agua exigida en función del uso para el que se destine, dada la gran diversidad de empleos que se le puede dar. En definitiva, el uso del agua tratada debe estar respaldado por marcos normativos y políticas que promuevan una mejora de los sistemas existentes de tratamiento de efluentes y el diseño futuro de nuevas plantas concordante con los usos viables del recurso. Particularmente, en la provincia de Entre Ríos, existe el Decreto Provincial N.º 2235/02, establece parámetros de valores máximos permitidos para vuelco de efluentes cloacales con o sin tratamiento en cursos de agua, diferenciando los límites permitidos al tratarse del río Uruguay, río Paraná, arroyos con caudal permanente y sin caudal permanente. Ver a continuación la tabla 1 del mencionado decreto.

TABLA I

**VALORES MÁXIMOS PERMITIDOS PARA EL VERTIDO DE LÍQUIDOS CLOACALES
A CURSOS DE AGUA CON O SIN TRATAMIENTO**

PARÁMETROS	VALORES
1. pH	< 5,5 a 10
2. Sustancias Solubles en Éter Etilico	< 100 mg/l
3. Aceites Minerales	< 10 mg/l
4. Sulfuros	< 1 mg/l
5. Sólidos Sedimentables en 10 minutos	< 0,5 mg/l
6. Sólidos Flotantes	No debe contener
7. Temperatura	< 45 °C
8. Cianuros	< 0,1 mg/l
9. Cromo Hexavalente	< 0,2 mg/l
10. Cromo Trivalente	< 2 mg/l
11. Sustancias Reactivas al Azul de Orintoluidina	< 2 mg/l
12. Cadmio	< 0,1 mg/l
13. Plomo	< 0,5 mg/l
14. Mercurio	< 0,005 mg/l
15. Arsénico	< 0,5 mg/l
16. Sustancias Fenólicas	< 0,5 mg/l

VALORES MÁXIMOS ESTABLECIDOS DE DESCARGA DE LÍQUIDOS CLOACALES DOMÉSTICOS SIN TRATAMIENTO

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (D.B.O.): El valor máximo permitido de descarga de líquidos cloacales domésticos a:

Rio Paraná	< 250 mg/l
Rio Uruguay	< 150 mg/l
Ríos y Arroyos interiores con caudal permanente	< 50 mg/l
Ríos y Arroyos interiores sin caudal permanente	< 30 mg/l

SÓLIDOS SEDIMENTABLES EN 2 (DOS) HORAS: (Materiales en suspensión total)

Rio Paraná	< 150 mg/l
Rio Uruguay	< 100 mg/l
Ríos y Arroyos interiores con o sin caudal permanente	< 30 mg/l

OXÍGENO CONSUMIDO: Esta determinación sólo se realizará cuando no sea posible hacer la demanda bioquímica de oxígeno.

Descargas al Río Paraná o Uruguay	< 100 mg/l
Descargas a Ríos y arroyos con o sin caudal permanente	< 20 mg/l

La/s autoridad/es de control en uso de sus facultades específicas podrán complementar con otros requisitos cuando sean necesarios por las características especiales de la zona que se afectará con el volcado de los efluentes de líquidos cloacales domésticos.

Tabla 1. establece parámetros de valores máximos permitidos para vuelco de efluentes cloacales con o sin tratamiento. Extraída del Decreto N.º 2235/02

7.1. Calidad del agua residual luego del proceso realizado por la EDAR del BEP.

Un estudio del mes de abril de 2023 obtenido de los archivos de la estación depuradora de aguas residuales del BEP, muestra las diferencias entre el estado en que ingresa el agua a la planta de tratamiento y el estado como egresa, luego del proceso que realiza dicha estación depuradora.

Parámetro	Muestra 1 Efluente cloacal – ingreso	Muestra 2 Efluente cloacal – descarga
Ph	8.33 ± 0.24	6.04 ± 0.26
Conductividad	$910 \pm 25 \mu\text{S/cm}$	$541 \pm 1.9 \mu\text{S/cm}$
DQO (demanda química de oxígeno)	$138 \pm 5.8 \text{ mg/l}$	$70.3 \pm 5.8 \text{ mg/l}$
DBO (demanda biológica de oxígeno)	Sin datos	$16.68 \pm 3.12 \text{ mg/l}$
SST (solidos suspendidos totales)	$16.70 \pm 1.13 \text{ mg/100ml}$	$13.60 \pm 1.13 \text{ mg/100ml}$
Fósforo según norma Std. Meth. 4500-P-E	$13.05 \pm 0.17 \text{ mg P/l}$	$7.76 \pm 0.61 \text{ mg P/l}$
NTK (Nitrógeno Total Kjeldahl)	$80.12 \pm 1.92 \text{ mg N/l}$	$20.37 \pm 1.23 \text{ mg N/l}$

Cuadro 2. Resultados fisicoquímicos de muestras de la EDAR: Muestra 1: efluente proveniente del BEP (antes de ingresar a la EDAR del BEP). Muestra 2: agua tratada para ser vertida al arroyo Tuyucuá.

Fuente: Informe n.º 005/23 de la EDAR.

7.1.1. Análisis de parámetros en función del decreto 2235/02.

En el siguiente cuadro se confrontan parámetros establecidos en el Decreto n.º 2235/02, con los valores obtenidos en el análisis físico químico de agua de la EDAR.

Parámetro	Valor máximo establecido en Decreto n.º 2235/02	Valor obtenido en análisis físico químico del efluente (luego del tratamiento) – abril de 2023	Observaciones: C– Cumple NC– No cumple
PH	< 5.5 a 10	6.04 ± 0.26	C
Conductividad	No considerado	541 µ/cm = 0.541 mS/cm	*
DQO (demanda química de oxígeno)	No considerado	70.3 ± 5 mg/l	*
DBO (demanda bioquímica de oxígeno) para descarga en ríos y arroyos interiores con caudal permanente	<50 mg/l	16.63 ± 3.12 mg/l	C
Determinación de SST (sólidos suspendidos totales)	30 mg/l	13.60 ± 0.28 mg/100 ml	NC
Determinación de Fósforo	No considerado	7.76 ± 0.61 mg/Pl	*
Determinación de Nitrógeno Total	No considerado	20.37 ± 1.23 mg/Nl	*

Cuadro 3. Comparativo de límites máximos establecidos en el Dto. n.º 2235/02 y el análisis físico químico n.º 005/23 de muestras del efluente de la EDAR

*Conductividad: El Decreto n.º 2235/02 no lo incluye entre sus datos relevantes. Este indicador está relacionado con la cantidad de sales o minerales disueltos en el agua, sobre todo iones de sodio, calcio, magnesio y cloruros. Cuanto más elevada sea la conductividad mayor será el contenido en sales. Cuantas más sales tiene el suelo, mayor es el esfuerzo que debe realizar la raíz de la planta para absorber los nutrientes. El laboratorio de Salinidad de RIVERSIDE (U.S.) clasifica el peligro de salinización de los suelos según la conductividad eléctrica del agua utilizada para el riego de acuerdo al siguiente esquema.

PELIGRO DE SALINIZACIÓN	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (mS/cm a 25°C)	CONTENIDO DE SALES TOTALES (g/l)
Bajo	< 250	< 0.15
Moderado	250 – 750	0.15 – 0.50
Medio	750 – 2250	0.50 – 1.15
Alto	2250 – 4000	1.15 – 2.50
Muy Alto	4000 – 6000	2.50 – 3.50
Excesivo	> 6000	> 3.50

Cuadro 4. Peligro de salinización de los suelos según la conductividad eléctrica del agua utilizada para riego. Fuente: Manual de uso e interpretación de aguas (Jarsum, 2008).

Este esquema ha sido propuesto para condiciones de clima medias, con riegos permanentes, para plantas o cultivos de tolerancia media a las sales. En cuanto a las condiciones del suelo, considera su permeabilidad.

Según los resultados del análisis (Informe n.º 005/23) del recurso hídrico que nos atañe, la Conductividad de la muestra luego de tratada es de 541 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (equivalente a 0.541

mS/cm), por lo que acorde al cuadro precedente es agua de salinidad baja, es decir que puede usarse para la mayor parte de los cultivos, en casi todos los suelos. Con las prácticas habituales de riego, la salinidad del suelo tiende a niveles muy bajos salvo en suelos muy poco permeables, con los cuales se requerirá intercalar riegos de lavado (Jarsum, 2008).

*Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO): Ambos parámetros son una medida sencilla que puede determinar la contaminación orgánica presente en un líquido. La demanda biológica de oxígeno (DBO) también llamada demanda bioquímica de oxígeno, refleja la cantidad de oxígeno que los microorganismos requieren para descomponer materia orgánica en un cuerpo de agua en un tiempo específico, generalmente cinco días a 20 °C (Ecese, 2025). Una gran cantidad de materia orgánica en el agua, demanda más oxígeno para que se lleve a cabo la descomposición. Un valor elevado de DBO indica una alta carga orgánica que puede provocar eutrofización, lo que implica un crecimiento excesivo de algas y una disminución del oxígeno en el agua, afectando así a los organismos acuáticos. Mientras que niveles bajos de DBO aseguran un alto nivel de oxígeno disuelto en el recurso hídrico. La medición de la DBO tiene dos desventajas principales. En primer lugar, su determinación demora cinco días. Por tal motivo, en caso de que la medición arroje un parámetro muy alto en la salida de una planta de tratamiento, el usuario no lo sabrá hasta cinco días después, impidiendo tomar acciones correctivas inmediatas. Por otro lado, la DBO sólo tiene en cuenta la materia orgánica que se degradó durante los cinco días de ensayo, pero esa materia orgánica no representa la contaminación total, sino únicamente la que es biodegradada rápidamente. Por tal

motivo, surge la DQO como complemento. La Demanda Química de Oxígeno es un parámetro que se mide incorporando un oxidante fuerte a una muestra de efluente, hasta oxidar completamente la materia orgánica. Dependiendo de la cantidad de oxidante empleado, se realizan equivalencias para llegar a la cantidad de oxígeno que sería necesario para descomponer la materia orgánica. Una de las principales ventajas es que la DQO se determina en sólo dos horas, por lo que permite tomar acciones correctivas con rapidez. Además, da una idea de la contaminación total del efluente, ya que la materia orgánica es oxidada de forma química (Bioingepro, 2022). Por lo tanto, la DBO y la DQO se complementan para indicar cuando un efluente está contaminado o cumple con los parámetros necesarios para vertido en cursos de agua o para reutilizar en usos que su aptitud permita.

*Tanto el Nitrógeno como Fósforo son nutrientes de vital importancia en la agricultura porque contribuyen en gran medida al crecimiento de los cultivos (Tatomir, 2023), siempre que se encuentren dentro de los límites permisibles; ya que el exceso de estos compuestos genera eutrofización, acidificación de suelos y desbalance de nutrientes.

7.1.2. Análisis de parámetros: Comparativo del informe n.º 005/23 con la Res. N.º 283/19

ACUMAR

Ante la falta de legislación local que especifique parámetros para vuelco del recurso hídrico en el suelo, es oportuno citar la Resolución n.º 283/2019 (ACUMAR, 2022) que utiliza las técnicas analíticas del Standard Methods edición 23ª publicados por American Public Health Association

(APHA) y contiene un listado de límites máximos de contaminantes para agua residual tratada utilizada para riego por aspersión.

Si observamos el cuadro siguiente podemos visualizar que la mayoría de los parámetros analizados, al momento del informe, indican que la planta estaría funcionando correctamente.

Parámetro	Valor obtenido en análisis físico químico del efluente (luego del tratamiento) – abril de 2023	Límites de vuelco para riego (absorción por el suelo)– Res. N.º 283/19 ACUMAR. Actualización marzo 2022
PH	6.04 ± 0.26	6,5 a 9
Conductividad	541 μ /cm	No especifica
DQO (demanda química de oxígeno)	70.3 ± 5 mg/l	500 mg/l
DBO (demanda bioquímica de oxígeno)	16.63 ± 3.12 mg/l	200 mg/l
Determinación de SST (sólidos suspendidos totales) en 2 horas	13.60 ± 0.28 mg/100 ml	5 ml/l = 5 mg/l
Determinación de Fósforo	7.76 ± 0.61 mg/Pl	10 mg/Pl
Determinación de Nitrógeno Total	20.37 ± 1.23 mg/Nl	105 mg/Nl

Cuadro 5: Comparativo entre los valores obtenidos en el análisis físico químico del agua tratada de la EDAR y los límites máximos establecidos por la Res. n.º 283/19 para la cuenca de la Matanza Riachuelo.

El agua tratada de la EDAR se encuentra por debajo de los límites permisibles en función de la mencionada resolución. El parámetro que se encuentra por encima del rango permitido es SST (sólidos suspendidos totales), este es uno de los tipos de contaminantes más frecuentes en las aguas residuales. Se requerirán otros estudios para determinar la razón de este valor elevado.

Sin embargo, serán necesarios otros análisis y monitores frecuentes de la EDAR para analizar en profundidad todos los parámetros de forma temporal.

7.1.3. Beneficios al utilizar el agua tratada para riego de espacios verdes.

Analizando la bibliografía existente, las diferentes normativas y políticas de estado, el uso de agua tratada para riego de espacios verdes y calles es beneficioso en varios aspectos, entre los cuales se citan:

- A– Conservación de agua: reduce la dependencia de fuentes de agua potable, lo que ayuda a conservar los recursos hídricos.
- B– Ahorro de costos: el agua tratada suele ser menos costosa que el agua potable, lo que puede representar un ahorro significativo para el municipio y organizaciones encargadas del mantenimiento de los espacios verdes y calles.
- C– Beneficios ambientales: al utilizar agua tratada en lugar de agua potable, se disminuye la presión sobre los ecosistemas acuáticos y se reduce la extracción de agua de fuentes naturales.

- D- Reducción de residuos: El agua tratada proviene de plantas de tratamiento de aguas residuales, lo que brinda una oportunidad para reutilizar y reciclar este recurso en lugar de desecharlo.
- E- Protección del curso de agua: al disminuir el vertido de agua tratada en el arroyo evita su modificación, disminuyendo futuros cambios ambientales.

En resumen, el uso de agua tratada para riego de espacios verdes y calles puede ser una opción ambientalmente sostenible, efectiva desde el punto de vista económico y beneficioso en términos de conservación de recursos hídricos. Sin embargo, se deben considerar aspectos de calidad del agua y manejo adecuado para aprovechar al máximo esta alternativa.

En cuanto a la legislación no hay impedimentos, la reglamentación al respecto es inexistente. No hay normas que especifiquen qué parámetros debe cumplir el agua usada en riego de espacios verdes, como complejos deportivos, canchas de fútbol, golf, etc.

Los parámetros establecidos en el Decreto Municipal n.º 2.235/02 son requisitos mínimos que debe cumplir el agua residual tratada y sin tratar para ser vertida en cursos de agua.

El mayor desafío, será la logística de distribución del recurso. La infraestructura de la EDAR fue realizada para vuelco directo en el arroyo, por lo que la opción inmediata sería realizar una adaptación a esa salida y el retiro del recurso en camiones cisterna para su posterior entrega en el predio que lo demande.

7.1.4. Algunas consideraciones importantes, previas al retiro del recurso para riego.

Al momento del empleo y manipulación del agua tratada se deben tener en cuenta algunos aspectos:

Para el empleo:

1. Calidad del agua: es necesario garantizar que el agua tratada siga manteniendo los estándares de calidad requeridos por la legislación para ser vertido en arroyos, de modo que no cause daño al ecosistema en general. Para ello deberán realizarse análisis periódicos.
2. Uso apropiado: es importante utilizar el agua tratada de manera adecuada, evitando el riego excesivo o innecesario, para maximizar su eficiencia y minimizar desperdicios. Por lo que el recurso estaría disponible para ser utilizado en épocas de sequía o de mayor demanda de agua para riego, lo que ocurre generalmente en los meses de verano.
3. Percepción pública: algunas personas podrían sentir reticencia o preocupación respecto al uso de agua tratada para riego, por lo que es importante establecer programas de comunicación y educación para destacar los beneficios y la seguridad de esta práctica. Resaltando que solo se estará utilizando para riego de espacios verdes, canchas deportivas y calles de la zona; remarcando sus beneficios. Por ejemplo, se pueden organizar reuniones comunitarias, talleres o actividades de voluntariado para fomentar la participación activa de las personas. Además, se pueden establecer alianzas con organizaciones locales y líderes comunitarios para fortalecer el mensaje de conservación y promover acciones concretas.

Para la manipulación: Una vez establecida la manera de transvase del agua tratada hacia el medio de transporte, deberán analizarse los riesgos derivados del proceso. Es de destacar que la manipulación del agua proveniente de una estación depuradora de efluentes requiere el conocimiento y cumplimiento de todas las regulaciones y normativas ambientales locales y

nacionales. Además, es importante contar con personal capacitado y profesionales especializados en el tratamiento del agua para garantizar la eficiencia y seguridad del proceso.

7.1.5. Exposición de los trabajadores que manipulen el líquido tratado.

Entre los riesgos generales a los que pueden estar expuestos los trabajadores, se mencionan los siguientes:

- * Exposición a sustancias químicas: algunos productos químicos utilizados en los procesos de tratamiento, pueden ser tóxicos o corrosivos.
- * Riesgo de lesiones por objetos punzantes: Los trabajadores pueden estar en contacto con objetos punzantes, como agujas, jeringuillas y otros objetos que pueden estar presentes en las aguas residuales.
- * Riesgo de lesiones musculoesqueléticas debido a las tareas repetitivas, como levantar cargas pesadas, limpiar equipos y operar maquinarias.
- * Riesgo eléctrico: Los equipos eléctricos y sistemas de cableado presentan riesgos de electrocución.
- * Exposición a microorganismos que se encuentran en las aguas residuales y pueden causar infecciones o enfermedades.
- * Riesgo de caídas al trabajar en alturas, en áreas húmedas o resbaladizas.

Debe analizarse cada riesgo en particular e implementar un plan de seguridad que establezca las normas preventivas y correctivas necesarias para prevenir accidentes y enfermedades laborales. Cada operario asignado a las tareas debe ser capacitado periódicamente y contar

con los elementos de protección personal que la actividad amerite. También es importante llevar a cabo inspecciones regulares de seguridad para identificar y abordar los riesgos potenciales en la estación depuradora de efluentes

7.1.6. Riesgo ambiental del uso de agua tratada para riego de espacios verdes y canchas deportivas.

El uso de agua residual sin tratamiento para riego podría significar un riesgo para la salud ambiental y por lo tanto humana.

En este caso particular, se propone usar el agua proveniente de la EDAR, es decir el líquido tratado para riego de espacios verdes, canchas deportivas y calles de broza.

Este recurso luego de haber recibido el tratamiento para aguas residuales cumple con las características aceptables establecidas legalmente (Decreto n.º 2.235/02– tabla 1), y se encuadra dentro de los límites permisibles para vertido de aguas cloacales con o sin tratamiento en arroyos interiores con o sin caudal permanente. Aunque no existe el riesgo ambiental cero, esta posibilidad se disminuye ampliamente por el proceso que recibe el recurso antes de su aplicación.

Según estudio de suelo del año 2021 Proyecto “Instalaciones para Estación Elevadora y Reactor” de la EDAR, ubicado en Av. Ejercito – Barrio Ecológico Procrear, en su informe, manifiesta: “Durante las labores de campaña se efectuó la determinación instantánea de la lámina subterránea. El nivel freático no fue detectado en la profundidad estudiada, desconociéndose su régimen de variación y/o alturas máximas, con influencia de las condiciones climáticas del momento, por la infiltración superficial” (Domé, 2021). Dicho

estudio realizado en zona geográfica deprimida en relación con las áreas circundante, muestra ausencia de nivel freático en 8 m de profundidad, por lo que podríamos conjeturar que, en zonas más altas, el nivel freático se encuentra a mayor distancia de la superficie de suelo.



Figura 12: Dibujo perforaciones realizadas en EDAR con aplicación CANVA.

Se realizaron diferentes entrevistas no formales con propietarios, vecinos cercanos a la EDAR y con operarios que han estado realizando trabajos de perforaciones en las zonas aledañas. De estas entrevistas, se obtuvo importante información sobre las perforaciones: Club de Campo las Colinas, perforación de 90 m de profundidad; mientras que otra perforación dentro del mismo club de campo, en zona mas deprimida, se encuentra a 72 m de profundidad.

Estamos frente a un recurso hídrico, agua tratada que cumple con ciertos parámetros para ser vertida en un curso de agua de escaso caudal. La propuesta es dispersar ese vuelco en una zona más amplia y más alta, que además pueda contribuir al riego necesario en la zona.

Por lo expuesto el riesgo de contaminación de napas freáticas por infiltración de este líquido puede considerarse bajo (Cuadro 2).

Sondeo(Cota Boca)	P1 (59.26 m)	P2 (59.14 m)	P3 (58,07m)	P4 (55,83 m)
Obra	Est. Bombeo	Reactor	Descarga	
Profundidad				
1.-m	19	25		
2.- m	29	26	8	
3.-m	34	22	26	
4.- m	32	26	41	5
5.-m	32	29	35	25
6.-m	27			31
7.-m	28			33
8.-m	33			

Cuadro 6: Sondeo de profundidad para cimentación de obra EDAR. Fuente: Domé y asociados, 2021.
Proyecto Instalaciones para Estación Elevadora y Reactor Localización: Barrio PROCREAR – Av. Ejército –
Paraná (Entre Ríos).

El cuadro muestra los sondeos, previo a la cimentación, en la zona donde se construyó la EDAR. Este ensayo es el más usado para determinar la resistencia del suelo y constatar la existencia de líquido freático.

Cada columna indica un sector del predio, asignando un numero de pozo, sobre un total de 4 pozos realizados: P1– estación de bombeo; P2– reactor; P3: 2 pozos en zona de descarga. Los números resultantes son los golpes que fueron necesarios para llegar a 1 m, 2, etc.; mientras más golpes requiere más resistente es el suelo. Por eso generalmente a más profundidad, pasando los 5 metros tiene mayor número de golpes. Cuando el ensayo da más de 30 golpes, se suspende el sondeo porque es un suelo suficientemente duro como para seguir bajando.

Las muestras extraídas llevadas a laboratorio permiten determinar la plasticidad, humedad, densidad, permeabilidad, clasificación del suelo, etc.

CAPÍTULO 8

CONCLUSIONES

A nivel mundial las intervenciones sobre ríos y arroyos se enmarcan en las denominadas "Soluciones Basadas en la Naturaleza": acciones para proteger, gestionar y restaurar de forma sostenible los ecosistemas naturales o modificados, abordando los desafíos sociales adaptativamente, proporcionando simultáneamente bienestar humano y biodiversidad (Cohen y col., 2016).

Es en este marco que surge el Diseño Urbano Sensible al Agua, enfoque originario de Australia para la gestión y distribución del agua en las ciudades desde una orientación sostenible (Rotger, 2019). Comprende acciones de protección y mejora de ríos, arroyos y humedales urbanos, la reutilización de aguas y su tratamiento integrado al paisaje, la reducción de los caudales máximos, la escorrentía en zonas urbanas y la integración del agua en el paisaje y en el espacio público (Perló Cohen, 2013). En muchas ciudades los ríos y arroyos hoy son "rescatados" de los entubamientos que los mantuvieron bajo la superficie durante décadas. "Los revestimientos de hormigón del cauce son retirados y las márgenes y planicies de inundación son re naturalizadas, recuperando los servicios ecológicos que el curso de agua y sus áreas adyacentes pueden ofrecer a las áreas urbanas" (Rotger, 2019).

En la ciudad de Paraná aún priman las intervenciones clásicas sobre los cursos de agua que entienden al arroyo o río como un mero drenaje, escindiéndolo de sus aspectos ecológico, histórico y cultural. Esta localidad emplazada sobre 20 cuencas hidrográficas, históricamente

ha invisibilizado, bloqueado y entubado sus arroyos para dar lugar a proyectos urbanísticos que en la mayoría de los casos no han considerado la necesidad actual de proyectos sustentables en materia de medio ambiente. Esto ha resultado en una clara desvinculación entre la ciudad y sus arroyos, junto a la interrupción de los corredores biológicos.

Según la Ordenanza Municipal n.º 9.668 (2017), las cuencas hidrográficas “...son unidades territoriales indivisibles de análisis, planificación y gestión, impuestas por la geografía de la ciudad y por lo tanto determinan la obligación de su estudio integral para la realización de la planificación del desarrollo territorial”. Esta ordenanza reconoce la particular geografía en la que se emplaza la ciudad, distingue los múltiples arroyos que la atraviesan y determina la división de la ciudad en cuencas hidrográficas. También fomenta la creación de comités de cuencas, integrados por diversos actores sociales.

Esto nos da el marco para aplicar una visión integral a las cuencas que empiezan a urbanizarse, como es el caso de la Cuenca del Tuyucú y así poder proteger su sistema natural.

Por ello es importante dar continuidad a la línea de pensamiento ambiental que involucra a toda la cuenca y que concebía al Barrio Ecológico Procrear de Paraná como un sector en armonía con el medio ambiente, que conservaría la vegetación autóctona.

En el afán de protección, es que el vertido de tanta cantidad de agua tratada en el arroyo, puede provocar efectos adversos como la modificación del paisaje natural y la eutrofización del cauce con la consecuente pérdida de la biodiversidad.

En ese ahínco protector es que este Trabajo Final Integrador propone reutilizar el agua tratada proveniente de la estación depuradora de efluentes residuales del Barrio Ecológico Procrear; en primera instancia para regar espacios verdes y complejos deportivos cercanos. Estos espacios actualmente son irrigados con agua potable, utilizando un recurso de alta calidad y costo, cuando con una calidad inferior se cumple el objetivo para ese uso.

Al analizar el riesgo ambiental por infiltración del agua tratada a la napa freática. Tomando como referencia estudio de suelo facilitado por la empresa constructora de la EDAR del BEP, se determinó que, aunque siempre existe el riesgo ambiental, en este caso es bajo, dado que dicho estudio esboza que no se encontró líquido freático en perforaciones de 8 m. de profundidad.

La zona sudoeste de la ciudad, donde está emplazada la EDAR tiene naturalmente calles de broza (sedimento calcáreo muy volátil que absorbe rápidamente la humedad) que debe ser regado periódicamente. Actualmente el municipio realiza el riego de estas calles con camiones cisterna utilizando agua potabilizada, que extraen en la zona centro de la ciudad; debiendo recorrer al menos 8 km para su descarga.

Al dar este primer paso reutilizando un recurso (agua tratada) que está disponible actualmente, se sientan las bases para iniciar una gestión integral que involucre a toda la Cuenca del Tuyucuá. Por añadidura y para darle protección legal, se analiza la posibilidad de inclusión de la cuenca en el marco de Área Natural Protegida, planteándose desde el lugar de paisaje que conserva su belleza y diversidad autóctona.

A nivel técnico, el líquido proveniente de la EDAR, al atravesar varios procesos depurativos, supera ampliamente en calidad a otros con tratamientos más básicos; como lo son aguas depuradas en lagunas de tratamiento. Cumple con parámetros de calidad establecidos para vuelco en cursos de agua, incluso sin caudal permanente. La zona a regar posee napas freáticas a más de 8 m. según estudio de suelo relevado.

A nivel ambiental se genera un activo, un recurso que estaría disponible para ser utilizado a demanda.

A nivel social, no se prevén consideraciones significativas; ya que pueden ser mitigadas mediante acciones apropiadas considerando la crisis hídrica, el recurso constituye una opción válida para aplicar en algunos usos particulares. La sociedad paranaense, no tiene incorporado aún los conceptos de sostenibilidad y economía circular del agua, aunque actualmente desde el municipio se están comenzando a realizar campañas de concientización sobre el cuidado del agua, en el complejo marco escasez debido a las bajantes del río Paraná. Será necesario la ampliación de dichas campañas incluyendo la idea de protección de la cuenca y su biodiversidad.

Es importante contar con autoridades en las diferentes áreas con una visión integral de la ciudad y pensar también en los arroyos y su conservación. Estos cursos de agua deben ser tratados como corredores bioculturales.

Es momento de priorizar el ambiente, la salud y la participación ciudadana.

BIBLIOGRAFÍA

ACUMAR, 2022. Autoridad Cuenca Matanza Riachuelo. Guía sobre el tratamiento de aguas para la adecuación ambiental PDF. Cita en texto: (ACUMAR, 2022).

Adams, M.P. & Smith P.L. (2014). A systematic approach to model the influence of the type and density of vegetation cover on urban heat using remote sensing. Landscape and Urban Planning. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.08.008>.
Cita en texto: (Adams y Smith, 2014).

Agencia de Noticias de Entre Ríos. "Comenzaron a construirse 600 viviendas del Procrear en Paraná, 28/12/2014. Disponible en: <https://www.apfdigital.com.ar/noticias/2014/07/28/253332-comenzaron-a-construirse-600-viviendas-del-procrear-en-parana>. Cita en texto: (Agencia de Noticias de Entre Ríos, 2014).

Álvarez, M. (2023). Informe Mundial del Agua señala riesgo inminente de una crisis hídrica. Revista Unesco. Disponible en: <https://unesco.org/es/articles/informe-mundial-del-agua-senala-riesgo-inminente-de-una-crisis-hidrica>. 21/09/2023. Cita en texto: (Álvarez, 2023).

Andrade, A. R. (2010). Articulações entre o clima urbano eo clima regional: uma abordagem a partir da análise de Irati e Guarapuava (Tesis doctoral). Universidade Federal do Paraná. Curitiba. Disponible en:

https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/24084/Tese_Aparecido%20Ribairo%20de%20Andrade.pdf. Cita en texto: (Andrade, 2010).

Arcasa (2019). Estación depuradora de aguas residuales– etapa inicio– barrio Ecológico PRO.CRE.AR. Paraná. Entre Ríos– Proyecto EDAR, julio 2019.Cita en texto: (Arcasa, 2019).

Arreguín, C. F.; Cortés, J. (1997). La Investigación, desarrollo y transferencia de tecnología para el control de *Vibrio Cholerae* en el IMTA. Revista de Ing. Hidráulica en México. Cita en texto: (Arreguín y Cortés, 1997).

Arreguín, C. F. I.; Moeller, C. G.; Escalante, E. V. y Rivas, H. A. (2000). El reúso del agua en México. Hacia la Calidad: Necesidad para el Próximo Milenio. ACODAL, A004.Cita en texto: (Arreguin y col., 2000).

Báez, P. A.; Jaramillo, C.; Arismendi, L.; Rendón, J. C.; Cortés–Mancera, F.; Peláez, D.; González M. M.; Molina, F.; Navas M.C. (2016). Evidencia de circulación del virus de la hepatitis A, subgenotipo IA, en muestras ambientales en Antioquia, Colombia. Biomédica vol.36supl.2 Bogotá. Agosto 2016. Disponible en: <https://revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/2979>. Cita en texto: (Báez y col., 2016).

Benedetti, G.; Campo, A. y Horvath, L. (2014). Arbolado público en el Barrio Pacífico, ciudad de Bahía Blanca: aportes para la gestión. Párrafos Geográficos, 13(1). Disponible

en: http://igeopat.org/parrafosgeograficos/images/RevistasPG/2014_V13_1/21-2.pdf. Cita en texto: (Benedetti y col., 2014).

BID (2015). Banco Interamericano de Desarrollo. Plan de acción Paraná emergente y sostenible. Marzo 2015. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/parana_emergentey_sostenible.pdf. Cita en texto: (BID, 2015).

Bidaure, A. D. (2016). Diagnóstico ambiental del uso recreativo del arroyo Chapaleofù en la localidad de Rauch: Pautas de gestión sustentable. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Centro de la prov. De Buenos Aires. Recuperado en: www.ina.gov.ar/ifrh-2014/Eje2/2.30.pdf. Cita en texto: (Bidaure, 2016).

Bioingepro, 2022. Que son la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO). Recuperado de: <https://bioingepro.com.ar/2022/05/23/que-son-la-dbo-y-la-dqo>. Cita en texto: (Bioingepro, 2022).

Bratovich, A. (2019). Proyecto EDAR barrio Ecológico PRO.CRE.AR. Paraná (Estudio de Impacto Ambiental). Municipalidad de Paraná. Paraná- Entre Ríos. Cita en texto: (Bratovich, 2019).

Cabrera M.; Meichtry N.; Rivas E.; Bolla G.; Cauhapé Casaux M.; Martínez F.; Angelone S. Evaluación Dinámica de los Suelos Calcáreos de la Provincia de Entre Ríos. (2016). (Proyecto Final). Disponible en: <http://congresodevialidad.org.ar/congreso2016/TRA/TRA-043.pdf>. Cita en texto: (Cabrera y col., 2016).

CAI, 2015. Centro Argentino de ingenieros. El agua, un recurso limitado y estratégico.

Publicado en Revista CAI n.1114. Marzo 2015. Disponible en: <https://cai.org.ar/el-agua-un-recursos-limitado-y-estrategico>. Cita en texto (CAI, 2015).

Calaza e Iglesias, I. (2016). El riesgo del arbolado urbano. Contexto, concepto y evaluación.

Madrid, España: Mundiprensa. Cita en texto: (Calaza e Iglesias, 2016).

Cohen-Shacham, E.; Walters, G.; Janzen, C. y Maginnis, S. (2016). Nature-based Solutions to address global societal challenges. Gland, Suiza: IUCN. Cita en texto: (Cohen y col., 2016).

Comas, V. (2012). ¿A qué usos se destinan las aguas residuales?. Newsletters– Revista química

Interempresas. Publicación 20/09/2012. Recuperado en: interempresas.net/Quimica/Articulos/100020-A-que-usos-se-destina-la-reutilizacion-de-aguas-residuales.html. Cita en texto: (Comas, 2012).

Dasso, y col., 2014. Dasso, C. M.; Piovano, E.; Pasquini, A. I; Córdoba, F. E.; Lecomte, K. L.;

Guerra, L.; Campodónico, V. A. Recursos hídricos superficiales. Recuperado en: <https://es.scribd.com/document/409048950/Dasso-et-al-2014#>. Cita en texto: (Dasso y col., 2014).

Daily, G, Söderqvist, T., y Aniyar S., Arrow, K., Dasgupta, P., Ehrlich, P., Folke, C., Jansson, A.,

Jansson, B., Kautsky, N., Levin, S., Lubchenco, J., Mäler, K., Simpson, D., Starrett, D., Tilman, D. y Walker, B. 2000. The value of nature and the nature of value. Science: 21 Vol 289 No. 5478. Cita en texto: (Daily y col., 2000).

Decreto Provincial 2235/02 complementario de la ley n.º 9230 Anexo II. Prov. de Entre Ríos.

Decreto. 847/16. Anexo único Reglamentación de estándares y normas sobre vertidos para la preservación del recurso hídrico provincial. (2016). Prov. de Córdoba.

Domé, J. y asociados (2021). Proyecto “Instalaciones para Estación Elevadora y Reactor” de la Edar. Documento facilitado por la Dirección de Obra Vasek Asesores. Cita en texto: (Dome, 2021).

Dourojeanni Axel (2000) Procedimientos de gestión para el desarrollo sustentable. Naciones Unidas. CEPAL. ECLAC. Santiago de Chile. Cita en texto: Dourojeanni (2000).

Ecose, 2025. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO): Qué es y su importancia. Recuperado en: <https://ecose.org/demanda-biologica-de-oxigeno>. Cita en texto: (Ecose, 2025).

Fernández Roberto (2000) La Ciudad Verde. Teoría de la gestión ambiental urbana. CIAM. FAUD/UNMdp. Editorial Espacio. Buenos Aires. Cita en texto: Fernández (2000)

Figueroa, Juana R. (2005). Valoración de la biodiversidad: Perspectiva de la economía ambiental y la economía ecológica. *Interciencia*, 30(2), 103–107. Recuperado de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442005000200011&lng=es&tlng=es. Cita en texto: (Figueroa, 2005).

Foley, J., DeFries, R., Asner, G., Barford, C. y Bonan G, 2005. Global consequences of land use. *Science* 309. Cita en texto: (Foley y col., 2005).

Freire Barrientos, I. A. (2017). Evaluación, diseño e implementación de colectores solares para las duchas del edificio r, y reciclaje de aguas jabonosas para el riego de la cancha de fútbol de la sede José Miguel Carrera, UTFSM. (Trabajo de Titulación). Universidad Técnica de Federico Santa María sede Viña del Mar– José Miguel Carrera. Cita en texto: Freire Barrientos (2017).

Gobierno de Jalisco (2011). Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial. Gobierno del Estado de Jalisco. Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Cabo Corrientes, Jalisco. Propuesta. Gaceta Municipal No.3 del H. Ayuntamiento. Noviembre de 2011. Suplemento especial. Recuperado de <http://semadet.jalisco.gob.mx/desarrollo-territorial/ordenamiento-territorial/bitacoraambiental/cabo-corrientes> Cita en texto: (Gobierno del Estado de Jalisco, 2011).

González, F. J.; Gómez, M. A.; Moreno, B.; González-López J. y Hontoria, E. (2006). El papel de las nuevas tecnologías en la propuesta española de normativa sobre reutilización de aguas. Instituto del Agua, Universidad de Granada. Granada. España. Cita en texto: (González y col., 2006).

González González, M. I.; Chiroles Rubalcaba, S. (2008). Uso seguro y riesgos microbiológicos del agua residual para la agricultura. Revista Cubana de Salud Pública; 37(1)61–73. Recuperado en: <https://www.scielosp.org/pdf/rcsp/2011.v37n1/61-73>. Cita en texto: (González González y col., 2008).

González Saldía, R. R.; Pino Maureita, N. L.; Muñoz, Ch.; Soto, L.; Duran, E.; Barra, S.; Gutierrez, M. J.; Diaz, V.; Saavedra, A. (2019). Fecal pollution source tracking and thalassogenic diseases: The temporal-spatial concordance between maximum concentrations of human mitochondrial DNA in seawater and Hepatitis A outbreaks among a coastal population. Science of The Total Environment. Recuperado en: <https://www.ciperchile.cl/2021/06/04/el-problema-no-solo-es-la-escasez-de-agua-sino-su-contaminacion>. Cita en texto: (González Saldía y col., 2019).

Grau, A. y Kortsarz, A. M. (2012). Guía de Arbolado de Tucumán. Recuperado de <http://www.guiadearbolado.com.ar/Publicaciones/GuiadeArboladodeTucuman-2Edicion.pdf>. Cita en texto: (Grau y Kortsarz, 2012).

Gropelli, E. (2015) Recopilación. Tratamiento de efluentes líquidos. Carrera Ingeniería química y en alimentos. FIQ- UNL. Recuperado en: http://www.fiq.unl.edu.ar/gir/archivos_pdf/TratamientodeEfluentesLiquidos.pdf. Cita en texto: (Gropelli, 2015).

Guadarrama-Brito, M. E.; Galván Fernández, A. (2015). Impacto del uso de agua residual en la agricultura. Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias. ISSN 2007-9990. Recuperado en: <https://www.ciba.org.mx>article>download>. Cita en texto: (Guadarrama-Brito y Galván Fernández, 2015).

Hanela, S.; Durán, J.; Jacobo, S. (2014). Cálculo para el escalado de un sistema de tratamiento para efluentes con complejos ferrocianurados empleando oxidación avanzada (uv-ozono) y un lecho de zeolita modificada. Cita en texto: (Hanela y col., 2014).

Hettiarachchi, H., Ardakanian, R., (2017). Uso seguro de aguas residuales en la agricultura: ejemplo de buenas prácticas. Universidad de las Naciones Unidas. Instituto para la Gestión Integral de Flujos de Materiales y Recursos. p.8. Recuperado en: http://collections.unu.edu/eserv/UNU:5957/SafeUseOfWastewaterInAgriculture_ESP.pdf Cita en texto: (Hettiarachchi, H., Ardakanian, R., 2017).

Informe del estado del Ambiente. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2020. Federico Martínez Waltos. – 1a ed. – Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación, 2021.2020. Cita en texto: (IEA, 2020).

Informe del estado del Ambiente. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Informe del estado del ambiente 2022. Compilación de Nicolas Fernández. – 1a ed – Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación, 2022. Libro digital, PDF. Disponible en: https://ciam.ambiente.gob.ar/images/uploaded/recursos/326/IEA2021_digital.pdf. Cita en texto: (IEA, 2022).

Jarsum, O. (2008). Manual de uso e interpretación de aguas. Recuperado en: <https://www.tecnoriegovalley.com.ar/uploads/manual-de-uso-e-interpretacion-de-aguas-3498.pdf>. Cita en texto: (Jarsum, 2008).

Lara, J.A. y A. Hernández. 2003. Reutilización de aguas residuales: aprovechamiento de los nutrientes en riego agrícola. Seminario internacional sobre métodos naturales para el tratamiento de aguas residuales. Universidad del Valle. Cita en texto: (Lara y Hernández, 2003)

Larrouyet, M. C. (2015). Desarrollo sustentable. Origen, evolución y su implementación para el cuidado del planeta. (Trabajo final integrador). Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, Argentina. Disponible en RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/154>. Cita en texto: (Larrouyet, 2015).

Ley n.º 10.479 (2017). Sistema de Áreas Naturales Protegidas en el territorio de la Provincia de Entre Ríos.

Ley Nacional n.º 24.375 Convenio para la diversidad biológica. Honorable Congreso de la Nación Argentina. 1994.

Ley n.º 25.675 (2002) Política Ambiental Nacional. Ley general del ambiente. Congreso de la Nación Argentina 2002-11-28. Sancionada: noviembre 6 de 2002. Promulgada parcialmente: noviembre 27 de 2002.

Ley n.º 25.688 (2002). Régimen de Gestión Ambiental de Aguas. Congreso de la Nación. Sancionada: Noviembre 28 de 2002. Promulgada: Diciembre 30 de 2002.

Ley n.º 27.037 (2014). Sistema Nacional de Áreas Marinas Protegidas (SNAMP). Congreso de la Nación Argentina. Sancionada 19/11/2014 – Promulgada 9/12/2014.

Mäler, K., Aniyar S, y Jansson A. (2008). Accounting for ecosystem services as a way to understand the requirements for sustainable development. Cita en texto: (Mäler y col., 2008).

Mara, D. (1996). Directrices para el uso sin riesgos de aguas residuales y excretas en agricultura y acuicultura. OMS, Ginebra. Cita en texto: (Mara, 1996).

Martini, A., Biondi, D. y Batista, A. (2017). Urban forest components influencing microclimate and cooling potential. Revista Árvore. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/1806-90882017000600003>. Cita en texto: (Martini y col., 2017).

Martínez de Pisón, E., (2009). Miradas sobre el paisaje. Madrid: Biblioteca Nueva Cita en texto: (Martínez de Pisón, 2009).

Mascaró, J., Mascaró, L., Martins, L. & Wessheimer, M. (2001). Arbolado urbano: aspectos ambientales. Anales LINTA, 2(5), Disponible en: https://digital.cic.gba.gob.ar/bitstream/handle/11746/901/11746_901.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Cita en texto: (Mascaró y col., 2001).

Medeiros, S., A. Soares, P. Ferreira, J. Neves, A. de Matos y J. de Souza. (2005). Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: estudo das alterações químicas

do solo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Cita en texto:
(Medeiros y col., 2005).

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2020). Documento marco para el desarrollo del Inventario Nacional de Humedales de Argentina. Benzaquen, L., Lingua, G., Firpo Lacoste, F. y González Trilla, G. Buenos Aires. Recuperado en https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/documento_marco_inh_final.pdf.
Cita en texto: (Ministerio del Medio Ambiente, 2020).

Municipalidad de Paraná. Nota de prensa. Archivo Noticia 11282. <https://www.parana.gob.ar/>
Disponible en: <https://www.parana.gob.ar/archivo/noticia11282>. Cita en el texto:
(Municipalidad de Paraná, 2016)

Neiff, J. (2021). Revista Weekend. Disponible en :
<https://weekend.perfil.com/noticias/pesca/crisis-bajante-rio-parana-seguira-hasta-marzo-2021.phtml>. Cita en texto: (Neiff, 2021).

Neme, J.-Coordinador General, (2016). INFORME DEL ESTADO DEL AMBIENTE 2016. Presidencia de la Nación, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Cita en texto: (Neme, 2016).

Ochoa, J. M. (1999). La vegetación como instrumento para el control microclimático (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona, España. Recuperado de:

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/93436/01JMot01de12.pdf> Cita

en texto: Ochoa (1999).

Ordenanza Municipal n.º 9.668 (2017). Cuencas Hidrográficas. Honorable Concejo Deliberante. Sancionada el 18 de diciembre de 2017 y promulgada el 19 de febrero de 2018.

Parlamento europeo. Economía circular: definición, importancia y beneficios. Publicado: 24-05-2023. Disponible en:

<https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20151201STO05603/economia-circular-definicion-importancia-y-beneficios>. Cita en texto: (Parlamento europeo, 2023).

Parreiras, S. 2005. Curso sobre tratamento de esgoto por disposicao no solo. Fundação Estadual do Meio Ambiente Cita en texto: (Parreiras, 2005)

PEMV, 2022. Proceso Nacional de Establecimiento de Metas Voluntarias de Neutralidad de la Degradación de la Tierra en el marco de la Convención de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación. Agosto 2022. Corso, L.; Parmuchi M.G.; Viegas, P. R. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/republica_argentina_metas_voluntarias_ndt_junio2020.pdf. Cita en texto: (PEMV, 2022).

Perló Cohen, M. (2013). Nuevos enfoques para resolver los problemas del desarrollo hídrico sustentable: el diseño urbano sensible al agua. En: Jornadas del agua UNAM (Ciudad

de México, 27–29 de agosto de 2013). UNAM, Ciudad de México, 2013. Disponible en: http://www.agua.unam.mx/jornadas2013/resultados_sesiones.html. Cita en texto: (Perló Cohen, 2013).

Plan de acción Paraná emergente y sostenible. Marzo 2015. Recuperado en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/parana_emergente_y_sostenible_.pdf. Cita en texto: Plan de acción Paraná emergente y sostenible (2015).

Plan Director de desagües cloacales y disposición final de la ciudad de Paraná, provincia de Entre Ríos. (2009). Dirección de Ingeniería. Municipalidad de Paraná. Plan Director. Citas en texto: (Plan Director, 2009)

Red argentina de reservas naturales privadas. Recuperado en: <https://reservasprivadas.org.ar/que-es-una-reserva-natural-privada/>. Cita en texto: (Red argentina de reservas naturales privadas).

Revista Fundación Cauce. El agua insiste. Recuperado en: <https://cauceecologico.org/?p=3970> Cita en texto: (Revista Fundación Cauce).

Rodríguez Bormioli, N.; Reale, M.; Hanela, S.; Davico, M.; El Kassisse, Y.; Tagliavini, D.; Duek, A.; Comellas, E.; Gómez, C. (2018). Estudio comparativo de límites de vertido para efluentes industriales en cinco regiones de la República Argentina. IFRH (2018). INA. 4º Encuentro de investigadores de formación en recursos hídricos. Cita en texto: (Rodríguez Bormioli, 2018).

Rojas, G. M., Roset, J. y Navés, F. (2015). La vegetación en el confort micro climático. Comparación de especies del clima mediterráneo de Barcelona, España. Architecture, City and Environment. Recuperado de: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/78453/3589-1398-1-PB.pdf?sequence=5&isAllowed=y>. Cita en texto: Rojas y col. (2015).

Rotger, D. y Lopez, I. (2019). El paisaje detrás de las diagonales. Vínculos entre arroyos y la urbanización en la ciudad de La Plata. Estudios del Hábitat, vol. 17, núm. 1. Universidad Nacional de la Plata. Recuperado en: <https://www.redalyc.org/journal/6364/636469302004/html/>. Cita en texto: (Rotger, 2019).

Rotger, D. Paisajes degradados e imaginarios sociales: percepciones del arroyo del Gato en la ciudad de La Plata, Argentina. Rev. urban. [online]. 2020. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-50512020000100109&lng=es&nrm=iso. ISSN 0717-5051. <http://dx.doi.org/10.5354/0717-5051.2020.52561>. Citado en texto: (Rotger, 2020)

Saravia Matus, S; Gil Sevilla, M.; Fernández, D.; Montañez, A.; Blanco, E.; Naranjo, L.; Llavona, A.; Sarmanto, N. "Oportunidades de la economía circular en el tratamiento de aguas residuales en América Latina y el Caribe", serie Recursos Naturales y Desarrollo, N° 213

(LC/TS.2022/193), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2022. Cita en texto: (Saravia Matus y col., 2022).

Schady, N. (2015). "Does Access to Better Water and Sanitation Infrastructure Improve Child Outcomes? Evidence from Latin America and the Caribbean." Inter-American Development Bank, IDB Working Paper Series No. IDB-WB-603. (Washington, DC: Inter-American Development Bank). Cita en texto: (Schady, 2015)

Secretaria de Planeamiento de la Municipalidad de Paraná. Recuperado en: <https://planeamientoparana.wordpress.com/2016/09/20/planificacion-por-cuencas-hidricas-un-desafio-para-integrar-arroyos-y-ciudad/>. Cita en texto: Secretaria de Planeamiento de la Municipalidad de Paraná.

SIFAP. Página de consulta de áreas protegidas. Recuperado en: <https://sifap.gob.ar/>

Silva, C. F. (2009). Caminhos bioclimáticos: desempenho ambiental de vias públicas na cidade de Terezina (Tesis de maestría). Universidade de Brasília. Brasília, Brasil. https://www.researchgate.net/publication/41663460_Caminhos_bioclimaticos_desempenho_ambiental_de_vias_publicas_na_cidade_de_Terezina_-_PI. Cita en texto: (Silva, 2009).

Silva, J.; Torres, P.; Madera, C. (2008). Reúso de aguas residuales domésticas en agricultura. Una revisión. Scielo- Agronomía colombiana vol.26 no.2 Bogotá. Recuperado en:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-

99652008000200020. Cita en texto: (Silva y col., 2008).

Tamomir, J. (2023). Nitrogeno y fosforo: propiedades físico químicas. Recuperado en:

<https://study-com.translate.goog/learn/lesson/nitrogen-phosphorus->

physicalchemical.properties.html?_ NitrogenAndPhosphorus. Cita en texto: (Tatomir,

2023).

Teson, N.; Laroca, F.; Millan, G.; Dalla Tea, F. (2019). Reutilización de aguas domiciliarias

tratadas para riego forestal. Documento de conferencia.

https://repositoriosdigitales.mincyt.gob.ar/vufind/Record/SEDICI_40febb5b5690f72

9314dfce9ad6b1b92. Citado en texto: (Teson y col., 2019)