

RELEVAMIENTO Y PLAN DE MITIGACIÓN SOBRE UN CANAL
RECEPTOR DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN
SARMIENTO, CHUBUT

Tártalo, Milagros María Noelia

Trabajo Final Integrador
Ingeniería Ambiental

2022



RELEVAMIENTO Y PLAN DE MITIGACIÓN SOBRE UN CANAL
RECEPTOR DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN
SARMIENTO, CHUBUT

Trabajo Final Integrador
Ingeniería Ambiental

Autor: Milagros Tártalo

Directora: Dra. Natalia D'Amico

Co-Director: Ing. Amb. Cristian Darío Azcona

Requisito para optar al título de ingeniera ambiental

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO NEGRO

SEDE ANDINA

SAN CARLOS DE BARILOCHE

Junio 2022

Resumen

Las **aguas residuales domésticas**, producto inherente del desarrollo de las actividades humanas, poseen el potencial de generar perjuicios sobre el **ambiente** y las comunidades cuando son vertidas fuera de límites permisibles por la normativa; generando efectos adversos como pérdida de biodiversidad autóctona y patologías en la población.

En la localidad de Sarmiento, Chubut, las aguas residuales provenientes de la planta de tratamiento de efluentes cloacales son vertidas a un canal no impermeabilizado. Dicho canal fluye a través de terrenos privados, de los cuales, algunos de sus propietarios realizan la utilización del agua del canal para el riego de cultivos y jardines o bebida de ganado. El canal se percibe a simple vista con una coloración no natural bajo el punto de vuelco de efluentes, en contraste, a aguas arriba del punto de vuelco. Asimismo, se encuentra cubierto superficialmente por una considerable cantidad de residuos sólidos. Debido a estos impactos observados, se encontró pertinente la realización de un relevamiento ambiental y propuesta de un plan de mitigación para el canal receptor de aguas residuales domésticas.

A través de la implementación de los relevamientos a campo, en el que se relevaron aproximadamente 9 km se logró describir y/o cuantificar los principales impactos ambientales que afectan al canal, así como sus fuentes.

En particular, se evaluó la concentración en la cual eran vertidos algunos parámetros de pertinencia de los efluentes al cuerpo receptor, así como los mismos parámetros en el cuerpo receptor. Dicha evaluación se realizó a través de la toma de muestras en los meses de otoño (efluentes) y primavera (efluentes y cuerpo receptor); encontrándose, que la totalidad de ellos se encontraba fuera de los límites permisibles por la normativa vigente.

Asimismo, se describió la gestión y características del vertedero municipal, que corresponde a la fuente de contaminación de residuos depositados sobre el canal; encontrándose que la gestión no es ambiental ni socialmente adecuada.

Por otro lado, también se evaluó el estado de la planta de tratamiento de efluentes cloacales, que coincide con el foco de contaminación del canal receptor, encontrándose que esta se encuentra

con la vida útil de algunos de sus componentes culminada y con ineficiencia prolongada en cuanto a su mantenimiento.

Además, se realizaron consultas acerca de estudios llevados a cabo en los dos sitios mencionados, así como en el cuerpo de agua; encontrándose solo dos estudios microbiológicos sobre los efluentes, uno de ellos con parámetros de vertido fuera de los límites permisibles por normativa vigente.

Por otra parte, se registraron percepciones de algunos afectados o allegados a la temática respecto del escenario descrito.

Finalmente, se propuso un plan de **mitigación** para los principales impactos ambientales encontrados en el canal en base a tres líneas de acción: 1°) orientada a evitar reproducir el impacto que causan los actuales focos de contaminación sobre canal, 2°) orientada a disminuir los impactos causados por los focos de contaminación y 3°) considerar aspectos relevantes y no técnicos asociados a la problemática planteada a lo largo del presente proyecto.

Palabras claves: **aguas residuales domésticas- ambiente - mitigación.**

Abstract

Domestic wastewater, an inherent product of human activities, has the potential to harm the environment and communities when discharged outside the limits allowed by regulations, causing adverse effects such as loss of native biodiversity and pathologies on the community.

In Sarmiento city, wastewater from the sewage treatment plant is discharged into a non waterproof canal. This canal flows through private land, some of whose owners use the canal water to irrigate crops and gardens or to water livestock. The canal

an unnatural coloration below the effluent discharge point, in contrast, upstream of the discharge point. It is also covered on the surface by a considerable amount of solid waste. Due to these observed impacts, an environmental research and a proposed mitigation plan for the domestic wastewater receiving channel were found to be pertinent. Through the implementation of the researches, it was possible to describe and/or quantify the main environmental impacts affecting the canal, as well as their sources.

In particular, the magnitude at which some effluent parameters were discharged was evaluated. It was found that all of them were outside the limits allowed by current regulations.

Likewise, the management and characteristics of the municipal landfill, which is the source of pollution of waste deposited on the canal, were described as sources; it was found that the management is neither environmentally nor socially adequate.

The condition of the effluent treatment plant, which coincides with the source of pollution of the receiving canal, was also evaluated, and it was found that some of its components have reached the end of their useful life and that its maintenance is inefficient for a long time.

In addition, inquiries were made about studies carried out at the two sites mentioned above, as well as in the body of water.

Finally, a mitigation plan was proposed for the main environmental impacts found in the canal based on three lines of action: 1°) aimed at avoiding reproducing the impact caused by the current pollution sources on the canal, 2°) aimed at reducing the impacts caused by the pollution sources, and 3°) considering relevant and non-technical aspects.

Key words: **domestic wastewater - environment -mitigation.**

Agradecimientos

Gracias a todas las personas y entidades que hicieron posible este trabajo. En particular:

- ❖ Gracias a todas las personas que resolvieron mis dudas y fueron una guía para mí en el transcurso del proyecto, los cuales menciono a continuación:
Germán Guerra, personal de Ejército Militar Argentino de la localidad, Valeria Merlo, Victor Guerrero, Guillermo Gettig, Segundo Sepúlveda, Gustavo Farner, Secretaría de Ambiente y Obras públicas de la Municipalidad de Sarmiento, Chubut, personal del laboratorio en el que realicé los análisis, propietarios de los terrenos afectados y vecinos entrevistados.
- ❖ Gracias al Estado Nacional por permitirnos la posibilidad de desarrollarnos como profesionales y apostar a la formación académica de profesionales argentinos, permitiendo que los jóvenes de todas las clases sociales logremos tener similares oportunidades en la vida.
- ❖ Gracias a la Universidad y su personal (bibliotecarios, personas de bedelía, entre otros) que hacen la experiencia universitaria más hogareña.
- ❖ Gracias a los profesores que me brindó esta carrera. La mayor parte de ellos son, no sólo una excelente referencia profesional, sino una referencia humana para nosotros como estudiantes. En este mismo espíritu, elegí a mis directores para la dirección del presente proyecto final.
- ❖ Gracias a mis amigos. Son un apoyo constante y un tesoro invaluable en mi vida.
- ❖ Gracias a Dios, a mis padres, hermanas y sobrinos por todo su amor y apoyo. Son mi refugio seguro.
- ❖ Gracias a todas las personas que forman parte de mi vida. Soy la suma de las experiencias vividas con cada uno.

Índice general

Marco Teórico

- [1.1 Origen y clasificación de las aguas residuales](#)
 - [1.2 Caracterización de las aguas residuales](#)
 - [1.3 Problemáticas asociadas a las aguas residuales](#)
 - [1.4 Tratamiento de efluentes](#)
 - [1.4.1 Pretratamiento y tratamiento primario](#)
 - [1.4.2 Tratamiento secundario](#)
 - [1.4.3 Tratamiento terciario](#)
 - [1.5 Reúso de aguas residuales](#)
 - [1.6 Muestreo de efluentes](#)
 - [1.7 Monitoreo de efluentes](#)
 - [1.8 Descripción de la localidad de estudio](#)
 - [1.8.1 Actividades productivas en la localidad](#)
 - [1.8.2 Condiciones meteorológicas](#)
 - [1.8.3 Hidrografía](#)
 - [1.8.4 Flora](#)
 - [1.8.5 Fauna](#)
 - [1.8.6 Suelo y geología](#)
 - [1.9 Ubicación del cuerpo receptor de efluentes](#)
 - [1.10 Descripción de la planta de tratamiento](#)
 - [1.10.1 Batimetría](#)
 - [1.10.2 Reportes del estado de la planta](#)
 - [1.11 Objetivos e hipótesis](#)
 - [1.11.1 Objetivo General](#)
 - [1.11.2 Objetivos Específicos](#)
 - [1.11.3 Hipótesis](#)
-
- [2. Normativa aplicable](#)
 - [2.1 Normativa Nacional](#)

[2.2 Normativa Provincial](#)

[2.3 Normativa Municipal](#)

[3. Metodología](#)

[3.1 Relevamiento ambiental sobre el canal](#)

[3.1.1 Relevamiento ambiental dentro del área de influencia](#)

[3.1.2 Relevamiento ambiental fuera del área de influencia](#)

[3.1.3 Consulta de estudios previos](#)

[3.1.4 Propuesta de plan de muestreo](#)

[3.1.5 Implementación del plan de muestreo](#)

[3.1.6 Resultados de muestreos y análisis](#)

[3.1.7 Análisis del sistema de tratamiento de efluentes](#)

[3.2 Propuesta plan de mitigación](#)

[4. Resultados](#)

[4.1 Relevamiento sobre el canal](#)

[4.1.1 Relevamiento ambiental dentro del área de influencia](#)

[Parte I](#)

[Parte II](#)

[Parte III](#)

[Parte IV](#)

[Parte V](#)

[4.1.2 Relevamiento ambiental fuera del área de influencia](#)

[Parte I](#)

[Parte II](#)

[Parte III](#)

[Parte IV](#)

[Parte V](#)

[4.1.3 Consulta de estudios previos](#)

[4.1.4 Propuesta de un plan de muestreo](#)

[Sobre Efluentes](#)

[Sobre Afluentes](#)

[Sobre el cuerpo receptor](#)

[Aspectos transversales a los muestreos](#)

[4.1.5 Implementación del plan de muestreo](#)

[Implementación del plan de muestreo para efluentes](#)

[Implementación del plan de muestreo para afluentes](#)

[Implementación del plan de muestreo para el cuerpo receptor](#)

[Fortalezas y debilidades del muestreo](#)

[4.1.6 Resultados de muestreos y análisis](#)

[Resultados del plan de muestreo de efluentes](#)

[Resultados del plan de muestreo sobre el canal](#)

[4.1.7 Análisis del tratamiento](#)

[Estado actual la planta de tratamiento](#)

[Factores que condicionan el correcto funcionamiento de la planta](#)

[4.2 Plan de mitigación](#)

[Línea de acción I](#)

[Línea de acción II](#)

[Línea de acción III](#)

[5.Conclusiones](#)

[6.Referencias](#)

[7.Anexos](#)

[Anexo I](#)

[Anexo II](#)

[Anexo III](#)

[Anexo IV](#)

[Anexo V](#)

[Anexo VI](#)

[Anexo VII](#)

[Anexo VIII](#)

Índice de tablas

Tabla 1.4.1: Resumen de los objetivos y eficiencias de los tratamientos de aguas residuales	28
<hr/>	
Tabla 2.2.1: Límites permisibles en efluentes descargados a un cuerpo receptor hídrico. Resumen Anexo II, Tabla I. del Decreto Reglamentario 1540/16	72
<hr/>	
Tabla 2.2.2: Resumen de la tabla B, Anexo I, Anexo C del Decreto reglamentario 1540/16	73
<hr/>	
Tabla 4.1.3.1: Resultados obtenidos en la instancia de muestreo llevada a cabo durante el año 2018	132
<hr/>	
Tabla 4.1.3.2: Resultados obtenidos en el muestreo llevado a cabo durante el año 2019	135
<hr/>	
Tabla 4.1.6.1: Condiciones meteorológicas del día de muestreo y cuatro días antes	148
<hr/>	
Tabla 4.1.6.2: Resultados reportados por el laboratorio para el Muestreo I sobre los efluentes	150
<hr/>	
Tabla 4.1.6.3: Condiciones meteorológicas del día de muestreo y cuatro días antes	151
<hr/>	
Tabla 4.1.6.4: Resultados reportados por el laboratorio para el Muestreo II sobre efluentes	153
<hr/>	
Tabla 4.1.6.5: Resultados promedios para ambos muestreos empleados donde MI y MII denotan a cada muestreo	155
<hr/>	
Tabla 4.1.6.6: Carga másica diaria y anual para el límite máximo de concentración permitida	156
<hr/>	
Tabla 4.1.6.7: Resumen de los resultados reportados por el laboratorio para los análisis realizados para el S1, S2 y S4	158

Tabla 4.1.7.1: Evolución de la población	168
<hr/>	
Tabla 4.1.7.2: Tasa de crecimiento anual para cada periodo intercensal	169
<hr/>	
Tabla 4.1.7.3: Población estimada para cada periodo intercensal en función de la tasa de crecimiento	169
<hr/>	
Tabla 4.1.7.4 Requerimiento de agua en litros para cubrir necesidades mínimas básicas	170
<hr/>	
Tabla 4.1.7.5: Cobertura en el acceso al servicio de cloacas	170
<hr/>	
Tabla 4.2.1: Registro de factores interesados a las problemáticas del canal	192-194
<hr/>	

Índice de figuras

Figura 1.2.1: Diagrama resumen de los tipos de sólidos totales	21
--	----

Figura 1.8.1: Ubicación de la localidad de Sarmiento, Chubut	39
--	----

Figura 1.8.2.1: Anomalías positivas y negativas para los distintos periodos de tiempo, donde AS denota la abreviatura de cuenca baja	43
--	----

Figura 1.8.2.2: Anomalías positivas en la temperatura para los años 2008 a 2015	44
---	----

Figura 1.8.3.1: Cuenca Del Río Senguer, donde en el centro de la imagen pueden distinguirse el Lago Musters (L. MU) y el desaparecido Lago Colhue Huapi (L. CH), unidos mediante el Río Falso Senguer	46
---	----

Figura. 1.9.1: Cuerpo receptor de efluentes cloacales y su área de influencia	50
---	----

Figura 1.9.2: Detalle del segmento del canal de drenaje y el área de influencia	52
---	----

Figura. 1.9.3: Propiedades del suelo para los distintos segmentos del canal	54
---	----

Figura 1.9.4: Acceso al área de influencia	56
--	----

Figura 1.10.1: Unidades de tratamiento para la depuración de los efluentes cloacales de la localidad	58
--	----

Figura 1.10.2: Diagrama donde se muestran los caños conductores de afluentes que convergen en la cámara partidora	59
---	----

Figura 1.10.3: Canastos de deposición y sistema de rejas en la cámara partidora	60
---	----

Figura 1.10.4: Diagrama donde se muestra la operación de las lagunas secundarias en paralelo, a través del sistema de evacuación de efluentes	61
Figura 1.10.5: Diseño de la cámara de contacto, donde las flechas muestran el sentido del flujo de los efluentes	62
Figura 4.1.1.1: Aspectos de interés para la interpretación del relevamiento dentro del Área de influencia	87
Figura 4.1.1.2: Diferencia en las tonalidades de la coloración aguas arriba del punto de vuelco en contraste con la coloración aguas abajo del punto de vuelco	89
Figura 4.1.1.3: Película verde que recubre las rocas a 10 m aguas abajo del punto de vuelco	90
Figura 4.1.1.4: Residuos inorgánicos sobre el curso de agua	91
Figura 4.1.1.5: Residuos inorgánicos sobre el curso de agua y alrededores	92
Figura 4.1.1.6: Obstrucción de tierra que impide el flujo del agua en sentido norte	93
Figura 4.1.1.7: Aspectos de interés para la interpretación del relevamiento dentro del Área de influencia. II	95
Figura 4.1.1.8: Residuos de carácter agrícola sobre la parte posterior del montículo de residuos	96
Figura 4.1.1.9: Afloramiento de la capa freática en las cavas de disposición final de residuos	98
Figura 4.1.1.10: Suelo post enterramiento de residuos que se extiende en dirección este. Por debajo del nivel topográfico se hallan residuos depositados y cubiertos	99
Figura 4.1.1.11: Magnitud del incendio en el ala este	99

Figura 4.1.1.12: Residuos incinerados (latas, vidrios y aerosoles)	100
<hr/>	
Figura 4.1.1.13: Morfología aproximada del canal	104
<hr/>	
Figura 4.1.1.14: Sitio donde se relevaron los puntos para determinar la morfología del canal	105
<hr/>	
Figura 4.1.2.1: Aspectos de interés para la interpretación del relevamiento fuera del Área de influencia. En verde segmento relevado. Parte I	106
<hr/>	
Figura 4.1.2.2: Coloración verdosa en el punto final del recorrido. Se observa la misma coloración que en el tramo de pertenencia municipal	107
<hr/>	
Figura 4.1.2.3: Residuos inorgánicos sobre el curso de agua segmento perteneciente al Terreno Privado 1	108
<hr/>	
Figura 4.1.2.4: Microbasural aledaño al curso de agua (en amarillo)	108
<hr/>	
Figura 4.1.2.5: Aspectos de interés para la interpretación del relevamiento fuera del Área de influencia. En anaranjado segmento relevado. Parte II	110
<hr/>	
Figura 4.1.2.6: Coloración del canal a aproximadamente 400 m del terraplén de tierra	111
<hr/>	
Figura 4.1.2.7: Coloración del canal a aproximadamente 2050 m del terraplén de tierra	112
<hr/>	
Figura 4.1.2.8: Residuos en el punto final del relevamiento	113
<hr/>	
Figura 4.1.2.9: Aspectos relevantes para comprender el relevamiento fuera del área de influencia. En fucsia segmento relevado. Parte III	115

Figura 4.1.2.10: Residuos depositados a orillas del canal en el punto final del relevamiento; aproximadamente 1,60 km desde el límite con el terreno que pertenece al Regimiento	117
Figura 4.1.2.11: Residuos tipo plásticos a orillas del canal a aproximadamente 1,2 km desde el límite con el terreno que pertenece al Regimiento	118
Figura 4.1.2.12: Residuos incinerados a orillas del arroyo a aproximadamente 1,3 km desde el límite con el terreno que pertenece al Regimiento	119
Figura 4.1.2.13: Restos de un ejemplar bovino muerto en el canal	120
Figura 4.1.2.14: Aspectos relevantes para la comprensión del relevamiento en la zona previa al área de influencia	121
Figura 4.1.2.15: "Colector 2" hacia el oeste del puente que divide el colector en permanente e intermitente. Se presenta seco cuando no hay precipitaciones	122
Figura 4.1.2.16: Residuos y agua estancada en el "Colector 2" hacia el oeste del puente que divide el colector en permanente e intermitente	123
Figura 4.1.2.17: Canal de riego afluente al "Colector 2" en su cauce permanente	124
Figura 4.1.2.18: Paso de concreto a 150 m de la confluencia	125
Figura 4.1.2.19: Confluencia del canal bajo estudio y otro canal	126
Figura 4.1.2.20: Películas flotantes con textura jabonosa sobre la superficie del canal. Se observan burbujas sobre la superficie (en amarillo)	127
Figura 4.1.2.21: Juncos quemados sobre un agua estancada	128

Figura 4.1.2.22: Impactos de los residuos depositados en los terrenos lindantes al vertedero municipal	130
<hr/>	
Figura 4.1.2.23 Antigua zona para pastoreo de ganado, actualmente seca en el Terreno Privado 2	132
<hr/>	
Figura 4.1.3.1 Diagrama de los puntos de muestreo correspondiente al estudio llevados a cabo en el año 2019, donde "M N°" denota "Muestra N°"	135
<hr/>	
Figura 4.1.4.1: A la izquierda el sitio de muestreo. A la derecha detalle del sitio de muestreo, punto de muestreo	138
<hr/>	
Figura 4.1.4.2: Sitio de muestreo; de izquierda a derecha se muestra cada vez en mayor detalle el punto de muestreo	139
<hr/>	
Figura 4.1.4.3: Sitios de muestreo sobre el canal receptor	141
<hr/>	
Figura 4.1.6.1: Muestra para el análisis físico y químico	150
<hr/>	
Figura 4.1.6.2: Muestra para el análisis microbiológico	150
<hr/>	
Figura 4.1.7.1: Cámara partidora donde se observan las rejas fuera del sitio adecuado	161
<hr/>	
Figura 4.1.7.2: Coloración blanquecina y resinosa ubicada a la derecha de la cámara partidora	162
<hr/>	
Figura 4.1.7.3: Plantas desarrolladas o arrastradas por acción del viento a la laguna primaria N°1	162
<hr/>	
Figura 4.1.7.4: Plantas desarrolladas o arrastradas por acción del viento en el margen izquierdo de la laguna primaria N°1 y película de grasa	163
<hr/>	
Figura 4.1.7.5: Nivel de lodos cerca de la superficie en la laguna primaria N°1	163
<hr/>	

Figura 4.1.7.6: Ruptura de la membrana en el margen izquierdo más cercano al punto de recepción de afluentes de la laguna N°2	164
<hr/>	
Figura 4.1.7.7: Ruptura de membrana en el margen izquierdo central de la laguna N°2. Se observa sólo el talud reparado	164
<hr/>	
Figura 4.1.7.8: Plantas desarrolladas en la laguna N° 2.1. Se observa una imagen similar en las restantes lagunas	165
<hr/>	
Figura 4.1.7.9: Laguna N° 1.1 presenta mayor caudal que las restantes lagunas y el olor es considerablemente más intenso	165
<hr/>	
Figura 4.1.7.10: Charco de agua situado alrededor de la cámara colectora de salida	166
<hr/>	
Figura 4.1.7.11: Infraestructura que contiene el dosificador	167
<hr/>	
Figura 4.1.7.12: Cámara de contacto inmediatamente ubicada al lado del dosificador	167
<hr/>	
Figura 4.1.7.13: Altura de lodos en función de la distancia para la laguna N°1	173
<hr/>	
Figura 4.1.7.14: Altura de lodos en función de la distancia para laguna N°2	174
<hr/>	
Figura 4.2.1: <i>Poa ligularis</i>	183
<hr/>	
Figura 4.2.2: <i>Nassella tenuis</i>	183
<hr/>	
Figura 4.2.3: Zonas de limpieza de residuos	185
<hr/>	
Figura 4.2.4: Estructura flotante compuesta por una balsa revestida con una malla	188
<hr/>	
Figura 4.2.5: Estructura flotante compuesta por un recipiente sostenido sobre cables	188

Figura 4.2.6: Estructura flotante con sistema flotante intrínseco	189
<hr/>	
Figura 4.2.7: Estructura flotante rígida	189
<hr/>	
Figura 4.2.8: Diseño de la superficie flotante con tubos de PVC, malla plástica y precintos	190
<hr/>	
Figura 4.2.9: Diseño de la superficie flotante con tubos de PVC, malla textil y alambre	190
<hr/>	
Figura 4.2.10: <i>Schoenoplectus californicus</i>	191

1. Marco Teórico

1. 1 Origen y clasificación de las aguas residuales

La generación de aguas residuales es un producto inevitable de las actividades humanas. En el pasado, las civilizaciones hacían uso de la capacidad de autodepuración de los cuerpos de agua para el tratamiento de sus efluentes cloacales. Sin embargo, con los procesos de crecimiento demográfico y urbanización la capacidad de autodepuración de los cuerpos de agua se vio limitada. Las poblaciones comenzaron a ver afectada su salud por enfermedades como el cólera y otras, que eran producidas por los microorganismos presentes en las aguas contaminadas. Es en ese entonces cuando surgen las unidades y plantas de tratamiento de aguas residuales (Lozano Rivas, 2012), que incorporan y mantienen variables físicas y químicas requeridas para que tengan lugar los procesos de depuración natural; a la vez que maximizan su rapidez, logrando replicar estos procesos en tiempos menores y con mayor eficiencia (Valdez y Vázquez González, 2003).

Asimismo, las aguas residuales pueden tener tres orígenes: domésticas, industriales o urbanas. Esta clasificación es de importancia ya que, de acuerdo al origen, las aguas residuales tendrán algunos distintos parámetros físicos y químicos, cuyo sistema de remoción es particular.

En cuanto a las aguas residuales domésticas, se definen como los líquidos residuales provenientes de viviendas y zonas residenciales. Se dividen a su vez en: aguas negras, que son las que transportan los productos resultantes del metabolismo humano, como heces y orina; y aguas grises, que transportan los residuos líquidos resultantes de las actividades de higiene y aseo de las viviendas.

Por otra parte, las aguas residuales industriales se definen como aquellos residuos líquidos provenientes de las actividades industriales. Finalmente, las aguas residuales urbanas o municipales, comprenden los líquidos residuales producto de las actividades domésticas e industriales (Lozano Rivas, 2012).

En adelante, siempre que se mencione el término aguas residuales o efluentes cloacales, se referirá a las aguas residuales de origen doméstico.

1.2 Caracterización de las aguas residuales

La caracterización de aguas residuales se realiza a través de la determinación de parámetros físicos, químicos y biológicos. Dentro de los parámetros físicos más utilizados para caracterizarlas se distinguen:

Olor: surge como resultado de la descomposición de la materia orgánica presente en el efluente. Puede medirse mediante el método sensorial (organoléptico). Para la aplicación de este método se expone a un conjunto de personas a determinado olor y se anota el número de diluciones requeridas para reducir el olor a su *concentración de olor umbral mínima detectable*.

Los efectos negativos del olor se encuentran asociados a la molestia que generan en la población, siendo a menudo la principal causa de rechazo frente a la instalación de una unidad o planta de tratamiento (Universidad de Salamanca, s,f).

Color: suele estar asociado a la edad del efluente. Un efluente reciente tenderá a tener un color grisáceo, mientras que un efluente más maduro, al adquirir condiciones anaerobias durante el transporte en el acantarillado, tiende a ser más gris oscuro a negro. Asimismo, el color puede estar asociado a residuos y colorantes industriales. Además, en general, el color gris a gris oscuro se debe a la formación de sulfuros metálicos, que se forman cuando el sulfuro liberado en condiciones anaerobias reacciona con metales presentes en el agua residual (Universidad de Salamanca, s,f).

El color puede medirse por comparación visual mediante el Método 2.120 B, expedido por American Public Health Association (APHA), la American Water Works Association (AWWA) y The World Economic Forum (WEF) o mediante espectrofotometría, cuyas directrices figuran en el Método 2.120 C; también expedido por APHA, AWWA y WEF. Más información acerca de los métodos utilizados para medir color es presentada en el Anexo I A (A.1 y A.2, respectivamente).

Los efectos negativos del color sobre el ambiente se asocian a la disminución de la penetración de la luz.

Temperatura: la mayoría de los procesos biológicos son acelerados con el incremento de la temperatura. Para el caso de agua residuales los procesos biológicos que tienen lugar mediante microorganismos se ven acelerados acorde a las horas del día y las épocas de mayor

temperatura (Valdez y Vázquez González, 2003). La temperatura se determina in situ, mediante termómetro (AySA SA, 2018). Los impactos ambientales negativos asociados a este parámetro se vinculan con el cambio de densidad o temperatura en el medio receptor, lo cual puede afectar el desarrollo de los organismos que viven en él.

Sólidos totales: la materia orgánica suele presentarse en forma de sólidos. La totalidad de ellos se conoce como sólidos totales (STT), que se dividen en cuatro principales grupos: sólidos suspendidos totales (SST), sólidos disueltos totales (SDT), sólidos totales volátiles (STV) y sólidos totales fijos (STF), los cuales suelen ser inorgánicos.

A la vez, los SST se dividen en dos grupos: sólidos suspendidos fijos (SSF) y sólidos suspendidos volátiles (SSV). Por otro lado, los SDT se dividen en: sólidos disueltos fijos (SDF) y sólidos disueltos volátiles (SDV) (Lozano Rivas, 2012). La división de los distintos grupos dentro de los sólidos totales se muestra a continuación (figura 1.2.1):

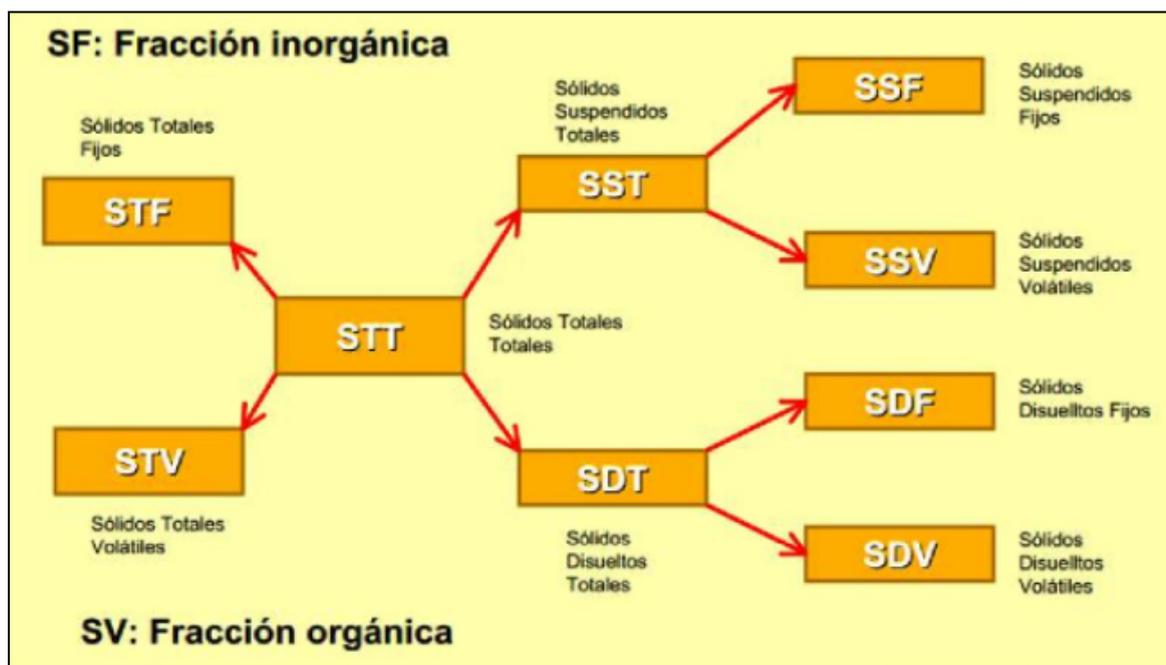


Figura. 1.2.1: Diagrama resumen de los tipos de sólidos totales. Fuente: Lozano Rivas, 2012.

En el caso de los SST, estos son relevantes ya que constituyen una gran parte del sustrato o alimento disponible para los microorganismos que depurarán las aguas residuales. Se miden de acuerdo a la metodología propuesta por el Standard Method 2.540 D, en el cual para su

procedimiento, primeramente se filtra la muestra al vacío mediante filtro de fibra de vidrio de 0,45 μm y posteriormente, se deja secar la muestra entre los 103°C y 105°C hasta peso constante. Luego se calcula la diferencia entre STT y SDT, los cuales se calculan según el Standard Method 2.540 B y 2.540 C, respectivamente (Edge Analytical, s;f). Más información acerca de estos métodos figuran en el Anexo I B (B.1 y B.2, respectivamente).

Los efectos negativos sobre el ambiente se asocian a que, si se presentan en una elevada proporción dentro del efluente, generan condiciones anaeróbicas en el cuerpo receptor. Asimismo, las partículas que componen los SST transportan microorganismos, dentro de los cuales pueden encontrarse algunos grupos de patógenos. Por esta razón es necesaria su remoción y tratamiento.

Potencial de Hidrógeno (pH): es un parámetro relevante a medir en aguas residuales por dos razones: la primera se debe a que, si el agua residual se encuentra en condiciones de alcalinidad o acidez, puede corroer la infraestructura y maquinaria empleada para su transporte y tratamiento. Mientras que la segunda razón, es que las condiciones de alcalinidad o acidez resultan hostiles para la supervivencia de los microorganismos encargados de depurar el agua residual (AySA SA, 2018). Su determinación se realiza mediante métodos electrométricos, *in situ*. Por otro lado, dentro de los parámetros químicos y biológicos más utilizados para caracterizar las aguas residuales se distinguen:

Demanda biológica de oxígeno (DBO): es una medida indirecta de la cantidad de materia orgánica presente en una muestra de agua. Se determina midiendo la cantidad de oxígeno que consumen los microorganismos para suplir sus necesidades metabólicas, durante la degradación de la materia orgánica que se encuentra contenida en la muestra. Se evalúa principalmente por incubación de la muestra durante 5 días a 20 °C, prueba conocida como DBO_5 o DBO estándar. Una vez finalizado el tiempo de incubación, se compara la concentración de oxígeno final contra la concentración de oxígeno inicial (Lozano Rivas, 2012). Más información acerca de este método figura en la normativa Standard Method 5.210 B. Si un efluente es vertido con una elevada magnitud de DBO puede provocar condiciones anaeróbicas en el medio receptor.

Demanda química de oxígeno (DQO): al igual que la DBO, es una medida indirecta de la cantidad de materia orgánica presente en una muestra de agua. No obstante, en este caso, en vez de microorganismos se utiliza un oxidante fuerte (dicromato de potasio: $K_2Cr_2O_7$) en medio ácido (ácido sulfúrico: H_2SO_4) para consumir la materia orgánica y otras sustancias oxidables en la muestra. Esta prueba posee una duración de 3 horas, y por esa razón suele llevarse a cabo sobre la prueba de DBO (Lozano Rivas, 2012). Más información acerca de este método figura en la normativa Standard Method 5.220 D. Además, si bien éste método busca medir principalmente la concentración de materia orgánica, sufre interferencias por la presencia de sustancias inorgánicas susceptibles de ser oxidadas tales como sulfuros, sulfitos y yoduros, que también se reflejan en la medida. El valor de DQO obtenido es siempre superior al valor de DBO.

En cuanto al parámetro de DQO, una elevada magnitud, en relación a la DBO, indica mayor dificultad de degradación de compuestos por parte de los microorganismos. Por ejemplo, en el caso de que la magnitud de la DQO se asocie a la presencia de grasas, estas pueden generar obstrucciones en los equipos de bombeo o transporte. Asimismo, las grasas disminuyen el intercambio de oxígeno en la interfase agua-aire.

Finalmente, las aguas residuales pueden contener compuestos más o menos degradables, y estos a su vez pueden ser tóxicos o no tóxicos. Para un agua residual que sólo posee compuestos degradables no tóxicos, o que tienen su efecto tóxico únicamente a elevadas concentraciones, la relación entre la DBO_5/DQO ronda entre los 0,5 y 0,7. A medida que la relación DBO_5/DQO disminuye, el agua residual presenta mayor dificultad de sufrir degradación biológica (Gutiérrez y Olmo, 2007).

Oxígeno disuelto: es de importancia en aguas residuales debido a que suple los requerimientos metabólicos de los microorganismos aerobios durante la degradación de la materia orgánica contenida en el efluente. La disminución de oxígeno disuelto en el medio genera condiciones de anóxicas a anaerobias e inhibe el desarrollo de microorganismos capaces de depurar el agua residual (AySA SA, 2018). Su análisis puede llevarse a cabo mediante métodos electrométricos o mediante métodos químicos como el método iodométrico. Éste último método figura en el

Standard Method 4.500-O B (Edge Analytical, s:f). Más información acerca de este método figura en el Anexo I C.

En cuanto a sus efectos sobre el ambiente, si un efluente es vertido en grandes cantidades y de manera sostenida en el tiempo, con magnitudes de oxígeno disuelto bajas, puede producir condiciones anaeróbicas en el medio receptor.

Nitrógeno: puede presentarse en las aguas residuales de forma orgánica, como componente de las proteínas o en forma amoniacal (NH_4^+). Las distintas formas del nitrógeno presente en las aguas producen distintos impactos sobre los cursos de agua. El nitrógeno en su forma amoniacal provoca disminución del oxígeno disuelto por oxidación. Asimismo, éste compuesto en su estado no oxidado puede producir toxicidad sobre las especies acuáticas.

El nitrógeno (nitrógeno total) es causante del crecimiento de organismos acuáticos, debido a que representa un nutriente para estos; provocando el consumo del O_2 durante la noche y la excreción de sustancias que producen olores, como resultado de su metabolismo (Gutiérrez y Olmo, 2007).

El método para su determinación se realiza según la directiva EPA 351.1, para nitrógeno total y Kjeldahl, y según la directiva Standard Method 4.500-NH₃ para el nitrógeno amoniacal. Más información acerca de estos métodos figura en el Anexo I D (D.1 y D.2, respectivamente).

Finalmente, cabe mencionar que las formas iónicas oxidadas de nitrógeno (nitratos y nitritos) resultan tóxicas en ciertas concentraciones.

Fósforo: la cantidad de este nutriente es de interés debido a que es imprescindible y limitante para la formación de estructuras y el desarrollo de los organismos acuáticos. Asimismo, estimula el crecimiento de algas, que generan olores y provocan coloración en el cuerpo de agua. Además, se ocasiona contaminación con materia orgánica, una vez que las algas desarrolladas han cumplido su ciclo vital (Gutiérrez y Olmo, 2007). El método para su determinación se realiza según la directiva Standard Method 4.500- P, en particular la sección 5.B y sección E. Más información acerca de este método figura en el Anexo I E.

Microorganismos: se encuentran diversos grupos, de acuerdo al grado de depuración que haya sufrido el efluente. Al inicio, el efluente presentará mayor cantidad de microorganismos como bacterias, virus, helmintos y algunos protozoos (Valdéz y Vazquez González, 2003) que proliferan

debido a que se encuentra la materia orgánica como fuente de alimento (Ramalho, 1990). A medida que el efluente comienza a ser depurado (aproximadamente 2 días) y disminuye la materia orgánica y el número de microorganismos, ya sea por muerte o depredación. De esta manera, comienzan a predominar los protozoos ciliados. Al cabo de 7 días, estos microorganismos comienzan a ser depredados por rotíferos y crustáceos (Ramalho, 1990). En resumen, los microorganismos serán un indicador del grado de depuración del efluente. No obstante, su principal importancia es la caracterización a fin de evaluar la presencia de microorganismos que podrían resultar perjudiciales para la salud de la población por sus características patógenas.

El indicador por excelencia de microorganismos patógenos es la bacteria *E. coli*, perteneciente al grupo de coliformes fecales. La densidad bacteriológica de coliformes fecales puede ser determinada mediante la directiva Standard Method 9.221-E. Más información acerca de este método se encuentra en el Anexo I F.

Los parámetros aquí mencionados son algunos de los principales y relevantes para la caracterización del agua residual doméstica que aborda este proyecto. No obstante, dependiendo del origen del agua residual, deben considerarse otros parámetros. Por ejemplo, en el caso de las aguas industriales, se puede estar interesado en conocer la presencia y nivel de algunos contaminantes tales como metales pesados.

1.3 Problemáticas asociadas a las aguas residuales

Las problemáticas asociadas al tratamiento ineficiente o inexistente de las aguas residuales, pueden dividirse en tres grupos: 1) efectos adversos sobre la población, 2) efectos adversos sobre el ambiente y 3) efectos adversos sobre la economía (UNESCO, 2017) y otros costos. Estos tres grupos no se presentan aislados, sino que se encuentran fuertemente interrelacionados.

Dentro del primer grupo se encuentran las consecuencias sobre la salud de la población humana, las cuales se reflejan a través de la aparición o aumento de enfermedades que se transmiten por el agua; las cuales son provocadas por los microorganismos patógenos contenidos en las aguas

residuales. Estas problemáticas se acentúan en zonas donde se realiza un uso no formal¹ de las aguas residuales no tratadas, o tratadas de manera ineficiente, para la producción de alimentos o consumo.

Algunos microorganismos que afectan a las poblaciones humanas debido al uso o reuso inadecuado de las aguas residuales son (FAO, 2006):

- Bacterias: como *Escherichia coli*, *Vibrio cholerae*, *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, las cuales ingresan al organismo vía oral o dérmica, produciendo enfermedades como el cólera u otras. Si bien este tipo de bacterias no sobreviven en el ambiente mucho tiempo, aún así pueden presentar riesgo.
- Helmintos: como *Ascaris*, *Ancylostoma*, *Necator*, *Hymenolepis*, *Strongyloides*, *Toxocara*, *Trichuris*, *Taenia spp.*, las cuales ingresan al organismo por vía oral o dérmica. Son los microorganismos que mayores riesgos presentan debido a que los huevos de helmintos pueden sobrevivir un tiempo considerable en el ambiente. Producen afecciones como la anquilostomiasis.
- Otros: como protozoos y virus, que ingresan a organismos por vía oral o dérmica, generando diversas afecciones sobre la salud.

Dentro del segundo grupo se hallan las consecuencias de las aguas residuales sobre el ambiente, en el cual debido a la magnitud en la cual se encuentran los parámetros de las aguas residuales, se compromete la integridad de los recursos hídricos para uso, aprovechamiento y consumo (UNESCO, 2017); donde el caso extremo de estos perjuicios se refleja a través del proceso de eutrofización.

En cuanto a la eutrofización, este proceso tiene lugar por el enriquecimiento del cuerpo receptor con materia orgánica, con presencia de fósforo y nitrógeno. Estos nutrientes favorecen el desarrollo de algas y especies vegetales acuáticas. Al morir las algas, se convierten en materia orgánica que es utilizada por las bacterias como alimento, permitiendo su proliferación. A su vez, las bacterias utilizan el oxígeno del medio para su metabolismo durante la transformación de la

¹ Se define uso no formal al uso y aprovechamiento de efluentes que no se encuentran autorizados para tal fin, por parte de una organización o ente, a quien corresponda tal competencia.

materia orgánica, disminuyendo la concentración de este elemento en el medio (Smith y Smith, 2007). La disminución de oxígeno en el medio provoca que algunos organismos no puedan desarrollarse y mueran, produciendo una alteración de la cadena trófica, que genera que ciertos eslabones de la cadena se desarrollen en mayor medida. Estos procesos, derivan en la pérdida de la biodiversidad autóctona, la cual en ciertas zonas es el sustento económico de las poblaciones. Un indicador indirecto de la eutrofización puede ser la coloración verde pardo que adquieren los cuerpos de agua. Los parámetros más comúnmente utilizados para evaluar la eutrofización en un cuerpo de agua son: la transparencia (disco de Secchi), concentraciones de nutrientes (N y P) y concentración de clorofila "a" (Sánchez Sánchez, 2020).

Dentro del tercer grupo se encuentran las consecuencias asociadas al sector económico, debido a que la contaminación del agua con aguas residuales puede afectar las actividades económicas. Por ejemplo, en zonas rurales de regadío y zonas costeras, se puede comprometer la venta de productos comestibles por exceso de los límites permisibles de microorganismos patógenos en los productos generados (UNESCO, 2017). Asimismo, los productos contaminados pueden comprometer la salud de la población, ya sea de consumidores o de productores y sus familias (FAO, s.f).

El vertido de aguas residuales con exceso en los parámetros que las caracteriza causa impactos negativos sobre el ambiente generando costos económicos externos (UNESCO, 2017). Estos pueden estar asociados a los gastos públicos por enfermedades de transmisión del agua, disminución de la venta de productos comestibles, disminución del turismo en zonas costeras, entre otros. Por otra parte, se generan otros costos no medibles económicamente, como la pérdida de la salud de las poblaciones, la biodiversidad, entre otras.

1.4 Tratamiento de efluentes

El tratamiento de aguas residuales tiene lugar a partir de diferentes procesos y operaciones, los cuales se distinguen según el grado de depuración que otorgan.

En términos generales, los procesos y operaciones se clasifican en: pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario (Lozano Rivas, 2012). Sus objetivos principales y eficiencias se resumen en la siguiente tabla (tabla 1.4.1):

Proceso u operación	Objetivo	Eficiencia esperada
Pretratamiento	Remover sólidos gruesos y de tamaño considerable. Evitar la abrasión y daño de equipos en etapas subsiguientes.	Se aspira a remover el material grueso. No se espera que disminuya la DBO y SST de manera significativa.
Tratamiento primario	Remover parte de la materia orgánica suspendida.	-De remoción de DBO: hasta el 50%. -De remoción de SST: hasta el 70%.
Tratamiento secundario	Remover materia orgánica y soluble. Eliminar contaminantes como patógenos.	-De remoción de DBO: hasta un 92%. -De remoción de SST: hasta un 90%.
Tratamiento terciario	Continuar con la remoción de la materia orgánica. Eliminación de contaminantes específicos: nitratos y fosfatos. Suelen contemplar la desinfección final del efluente.	Dependen del tipo de contaminante y son variables.

Tabla 1.4.1: Resumen de los objetivos y eficiencias de los tratamientos de aguas residuales. Fuente: Lozano Rivas, 2012.

1.4.1 Pretratamiento y tratamiento primario

En cuanto al pretratamiento de efluentes domiciliarios, como se mencionó previamente, éste posee como principal finalidad la retención de sólidos gruesos mediante la utilización de rejas en el sitio de captación de agua. Aunque puede incluir otras otras operaciones como la remoción de

arenas a través de un desarenador; dependiendo del tipo y características del agua residual (Lozano Rivas, 2012).

En cuanto al tratamiento primario, existen diversas alternativas que difieren en escala y eficiencias. Las unidades más comúnmente utilizadas a mayor escala son: tamices, decantadores y otras unidades de decantación asistidas químicamente. Por otra parte, en ciudades pequeñas, suelen utilizarse lagunas anaeróbicas como tratamiento primario (Lozano Rivas, 2012). A menor escala o nivel domiciliario, en general, el tratamiento primario de aguas residuales se lleva a cabo a través de cámaras sépticas.

A continuación se describe el funcionamiento de dos tipos de tratamientos primarios, uno a media escala y uno a escala domiciliaria, los cuales son de relevancia para el presente proyecto.

Lagunas anaerobias: son cavidades naturales o artificiales en el terreno. Éstas últimas son impermeabilizadas. Poseen entre 5 y 10 m de profundidad, a fin de mantener las condiciones anaeróbicas en el mayor volumen posible. Sus tiempos de retención oscilan entre los 20 y 50 días. Pueden generar olores desagradables por lo que deben ubicarse en lejanías de zonas habitadas (Matsumoto y Sánchez, 2011).

Cámaras sépticas: combinan operaciones físicas y procesos biológicos durante un período de tiempo, en el cual se produce por un lado, la decantación de sólidos y la retención de las grasas; y por otro, la transformación de compuestos en compuestos estables.

En general, las cámaras sépticas están compuestas por dos cámaras: una de sedimentación, que tiene como objetivo la separación de sólidos sedimentables y una cámara de digestión, que tiene como objetivo la digestión de materia orgánica para separación de sólidos no sedimentables.

La eficiencia típica de remoción de las cámaras sépticas es del 70 % para SST, que repercute en un 60% de remoción en la DBO, un 60% de remoción en coliformes totales y 90% de remoción de grasas (Giosa, 2001).

1.4. 2 Tratamiento secundario

Existen varias opciones de tratamientos secundarios, entre los más utilizados se distinguen:

Lodos activados: son tratamientos que tienen como característica común el contacto íntimo entre el agua residual y una biomasa (Gutiérrez y Olmo, 2007). Este tratamiento consiste en insuflar oxígeno al agua residual, de manera equitativa u homogénea, tal que los microorganismos puedan realizar procesos de transformación y degradación de la materia orgánica presente en el efluente (Lozano Rivas, 2012).

Filtros percoladores o biofiltros: es una unidad en la cual el agua residual escurre desde arriba por un lecho fijo en el cual la biomasa se encuentra adherida. El lecho se compone de rocas de diferente granulometría sobre las cuales se vierte el agua por aspersion. Las aguas residuales provocan, que con el tiempo, se forme una biopelícula que transforma y degrada la materia orgánica. En la superficie crecen algas que hay que controlar a fin de que pueda penetrar la luz solar, debido a que ella mantiene las condiciones de temperatura adecuadas para el desarrollo de biopelícula presente en el lecho (Lozano Rivas, 2012).

Humedales artificiales: son unidades similares a los humedales naturales, pero que han sido construidos para la depuración de las aguas residuales; valiéndose de los procesos naturales que tienen lugar en ellos. Sus componentes son: el sustrato (suelo, grava, arena y otros), la vegetación, los microorganismos presentes en el sitio y la fauna: insectos, anfibios y otros (Azcona, 2015).

Lagunas: son cavidades naturales o artificiales sobre el terreno, las cuales se encuentran expuestas a las condiciones ambientales naturales: precipitaciones, sol y temperatura, viento y aire. Su principio de funcionamiento consiste en la autodepuración del agua residual por acción de microorganismos (Gutiérrez y Olmo, 2007). Las lagunas pueden ser aerobias, anaerobias o facultativas. Sus parámetros de diseño básico son el tiempo de residencia, la profundidad, el caudal, entre otros (Ortiz Bardales, 2014).

Debido a que éste último tipo de tratamiento secundario resulta de pertinencia para el desarrollo del presente proyecto, a continuación se describen de manera más detallada los procesos y características de las lagunas, en particular, de las facultativas.

Las lagunas facultativas suelen tener profundidades leves entre los 1 y 2 m. En ellas tienen lugar procesos anaerobios, facultativos y aerobios, simultáneamente.

El proceso anaerobio tiene lugar en el fondo de la laguna, particularmente, en los sólidos suspendidos sedimentados que quedan decantados en el lecho de la laguna luego del ingreso del afluente. Los productos de la digestión anaeróbica son los insumos o nutrientes para las fases superiores.

En contraposición con los procesos anaerobios, los procesos aerobios ocurren en la capa de agua más próxima a la superficie. En esta zona se desarrollan algas debido a que encuentran condiciones propicias para ello, como la disponibilidad de radiación solar. Como resultado de su metabolismo, las algas consumen CO_2 y generan O_2 . Éste producto suple las necesidades metabólicas de los microorganismos aerobios que degradan y transforman la materia orgánica del efluente. Cabe destacar que las únicas fuentes de O_2 en el sistema son las algas, que lo generan como resultado de sus metabolismos, y el que ingresa por el efecto del viento cuando sopla y agita la laguna. Finalmente, en la zona intermedia predominan procesos facultativos, donde microorganismos capaces de realizar sus metabolismos en ambientes con oxígeno o en ambientes anóxicos, degradan la materia orgánica del efluente (Gutiérrez & Olmo, 2007).

En cuanto a sus criterios de diseño de las lagunas facultativas, se recomienda la implementación de al menos tres lagunas en serie. Además, la carga orgánica que pueden tratar las lagunas facultativas es de 15 a 80 kg/ha/día, mientras el tiempo de retención hidráulico (TRH) debe variar entre los 20 y 180 días, dependiendo del clima y el nivel de remoción en los parámetros del agua residual que debe alcanzarse por normativa. La DBO debería rondar niveles < 30 mg/L en el interior de la laguna (EPA, s,f).

Por otra parte, estas lagunas pueden presentar deficiencia en el proceso de depuración debido a algunos factores externos, que en general dependen del mantenimiento y adecuada operación de la unidad de tratamiento. Algunos de estos factores se describen a continuación:

- Acumulación de lodos: provocan que disminuya el volumen de la laguna y por lo tanto el tiempo de retención hidráulica. A mayor tiempo de retención hidráulica, es de esperarse una mayor eficiencia en la depuración de los parámetros del efluente, debido a que éste

se encuentra más tiempo sometido a la acción de los microorganismos. Finalmente, es recomendable remover los lodos cuando estos hayan alcanzado el 25% del volumen de diseño.

- Acumulación de grasas y otros elementos flotantes en la superficie: comprometen, principalmente, la transferencia de oxígeno en la interfase agua-aire y limita la penetración de la luz solar.
- Malos olores: una de sus causas puede ser la sobrecarga de DBO en el efluente no tratado, que genera que predominen procesos anaeróbicos en la laguna. Otra causa puede ser la descarga de efluentes con condiciones más similares a las aguas residuales industriales, que suelen poseer más componentes de difícil degradación.
- Color: la coloración característica del funcionamiento óptimo es el verde brillante. Coloraciones café se asocian con reducción de la actividad fotosintética, mientras que coloraciones gris y negro se asocian con predominancia de condiciones anaerobias en las lagunas.
- Crecimiento de malezas: si ocurre alrededor de la laguna suele deberse a la falta de mantenimiento en la unidad de tratamiento; mientras que si ocurre en el interior la laguna, suele deberse a la escasa profundidad del agua (Oakley, 2005) o procesos de eutrofización.

1.4. 3 Tratamiento terciario

El tratamiento terciario tiene como objetivo remover contaminantes específicos, donde el tipo de tratamiento terciario y su eficiencia de remoción dependen del tipo de contaminante y son variables. Este apartado se centrará en la remoción de nitrógeno y fósforo, para los cuales existen varias estrategias para su remoción, las cuales se profundizan a continuación:

En cuanto a la eliminación del nitrógeno, se puede realizar mediante tratamientos físicos, como ósmosis inversa, químicos, como intercambio iónico y biológicos, como lodos activados. Este último es más efectivo debido a que, a diferencia de los otros, no traslada el contaminante de un

medio a otro, sino que lo eliminan transformándolo en condiciones óptimas a productos finales que se encuentran naturalmente en el ambiente, como el N_2 (Calvachi & Ortiz, 2013).

En cuanto a la eliminación del fósforo, también se encuentran métodos de tratamientos físicos, químicos y biológicos. Dentro de los tratamientos físicos se encuentra la ósmosis inversa o ultrafiltración (Lozano Rivas, 2012). Dentro de los tratamientos químicos se encuentra la precipitación de fosfatos a través de la utilización de coagulantes de aluminio y posterior remoción por sedimentación (Oyarzo Vargas, 2007). Finalmente, los tratamientos biológicos se basan en la exposición de los microorganismos presentes en los lodos provenientes del tratamiento secundario a condiciones aerobias y estrictamente anaeróbicas, de manera alternada (Tesis Doctoral en Xarxa, s:f). El vuelco de efluentes con elevados niveles de nitrógeno y fósforo puede producir eutrofización en los cuerpos de agua, sobre todo en cuerpos lóticos y lénticos con bajas velocidades (Lozano Rivas, 2012).

Dentro del tratamiento terciario también debe considerarse la desinfección, que tiene como objetivo la destrucción de organismos patógenos como virus, bacterias y protozoos.

El desinfectante más ampliamente utilizado debido a su bajo costo económico y efectividad, por su poder residual, es el cloro (Lozano Rivas, 2012). Algunas características que se deben considerar acerca de este desinfectante son:

- 1) su tiempo de contacto, del cual la OMS recomienda 30 minutos (CIDBIMENA, s:f).
- 2) sus aspectos desfavorables como:
 - a) la turbiedad, que impide la desinfección efectiva por este método (Valdez Vázquez, 2003).
 - b) la generación de trihalometanos (THM), compuestos de conocida toxicidad, producidos en presencia de elevadas concentraciones de materia orgánica.

1.5 Reúso de aguas residuales

El reuso de aguas residuales surge como respuesta al creciente déficit hídrico, siendo de mayor relevancia en sitios que presentan escasez de agua (FAO, 2014). Además, el reúso de aguas residuales se encuentra alineado a principios y políticas, tales como: los principios de Dublín, que

plantean al agua como un recurso vulnerable, las políticas de Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH), que apuntan a la optimización del uso del agua en todas sus formas, entre otras (Winpenny et al, 2013).

Los beneficios asociados al reuso de aguas residuales son la disponibilidad de agua durante todo el año y el nivel de materia orgánica que poseen estos efluentes, que las hace ricas en nutrientes esenciales para el desarrollo de cultivos, pudiendo disminuir el uso de fertilizantes (FAO, 2014).

Por otra parte, los perjuicios asociados al reuso de aguas residuales, se encuentran principalmente asociados a los parámetros microbiológicos y las consecuencias patológicas que estos generan sobre la población (Sandoval y Collí, 2004) cuando se realiza un incorrecto reuso o un reuso informal² de ellas.

Si bien el reuso de aguas tiene diversos beneficios asociados, la percepción social respecto del reuso de las aguas residuales suele estar más inclinada a falta de confianza, debido a los riesgos y perjuicios que se asocian a ellas. Esto, en general, se debe a factores culturales, donde la sensibilización y la educación parecen ser las herramientas idóneas para atravesar esta barrera (UNESCO, 2017).

Finalmente, en caso de que no se realice la reutilización de aguas residuales, debe realizarse la disposición final de ellas, siempre y cuando cumplan con los parámetros permitidos establecidos por normativa. En particular se distinguen las siguientes estrategias de disposición final de aguas residuales tratadas: a) vuelco directo a un cuerpo de agua receptor, b) vuelco indirecto a un cuerpo de agua receptor, mediante infiltración en terreno u otro, c) reuso en sistemas cerrados de tratamiento, d) reuso para el riego en agricultura o de espacios verdes, e) recarga de acuíferos, otros (Alemanni, 2012).

Para poder hacer el reuso de las aguas residuales, es importante que sus parámetros se encuentren dentro de valores permisibles, tal que no ocasionen perjuicios sobre las poblaciones, y se puedan explotar sus beneficios.

² El reuso informal de agua residuales refiere a su utilización sin la autorización de un ente que regule el estado químico, físico y biológico de las aguas residuales.

1. 6 Muestreo de efluentes

Siempre que se realiza un muestreo de aguas residuales el objetivo será evaluar el estado de funcionamiento de la unidad de tratamiento para averiguar si cumple con los valores permisibles de vuelco. Dichos valores son establecidos por normativa para cada uno de los parámetros que caracterizan las aguas residuales, y dependen del tipo de medio receptor. Para su evaluación debe implementarse un muestreo con la finalidad de tomar una o varias muestras representativas de las aguas residuales en los puntos de la unidad que se consideren pertinentes. La muestra o muestras siempre deben representar al sistema que se quiere estudiar o evaluar, mientras que el tipo de muestreo a implementar siempre dependerá del objetivo de muestreo. Para el caso de aguas residuales domésticas, deben tenerse en cuenta cuatro aspectos:

- **Sitio de muestreo:** en general, se debe considerar que el punto de muestreo se sitúe en un sitio donde el agua fluya de manera tal que se encuentre bien mezclada.
- **Condiciones meteorológicas:** se debe tener en cuenta que tanto el día de la toma de muestras, así como algunos días previos (al menos 3 días) no se presenten precipitaciones, ya que los parámetros de los efluentes pueden verse afectados por dilución. Además de las precipitaciones, debe considerarse la hora del día de la toma de muestra, ya que en ciertas ciudades el caudal de ingreso en las unidades de tratamiento varía con el tiempo horario (Reutelshöfer y Guzmán Bejarano, 2015). En particular esto ocurre en pueblos, donde la industria no se encuentra desarrollada, lo que genera cambios apreciables en el caudal de efluentes productos de las actividades cotidianas de la población, que suelen tener horarios de mayor y menor actividad fuertemente marcados (Centroamérica M.A.E., 2008).
- **Frecuencia:** en general, la frecuencia de muestreo debe ser en distintos meses y horarios para que el promedio resultante de los muestreos sea representativo, es decir, no es conveniente realizar el muestreo siempre en el mismo horario, ya que corre el riesgo de recolectarse siempre "la misma muestra" (Reutelshöfer y Guzmán Bejarano, 2015). En contraposición, si se está interesado en observar qué ocurre con cierto parámetro en un

determinado tiempo u horario, entonces el muestreo sí se restringirá en el horario o época de interés.

- **Técnica:** existen distintas técnicas de muestreo, que dan origen a distintos tipos de muestras.

➤ Muestra puntual: es una porción del sistema proveniente de un sitio y momento determinado. Resulta representativa para sistemas con composición relativamente constante en el tiempo y espacio. Para el proceso de tratamiento de aguas residuales se sugiere la toma de una muestra puntual para:

- Variables que varían significativamente en el tiempo como temperatura, pH, oxígeno disuelto.
- Sitios en los que los parámetros se mantienen relativamente constante en el tiempo, como el material en suspensión durante su tratamiento biológico.
- Sitios en donde no se puede tomar otro tipo de muestra, como tuberías donde fluyen lodos u otros.
- Sitios que funcionan de manera ocasional o discontinua como la purga de lodos.
- Para análisis por sospechas de descargas industriales, ya que se debería tender a realizar el análisis de manera instantánea.

➤ Muestra compuesta: es una porción del sistema compuesta por varias porciones más pequeñas del sistema, tomadas en intervalos regulares, que luego son integradas en una sola muestra. Representa las características del efluente o líquido en un período de tiempo y no en un momento e instante particular. La toma de una muestra compuesta tiende a realizarse cuando no es posible adquirir una muestra compensada.

➤ Muestra compensada: es similar a la muestra compuesta, pero se pondera el volumen en función del caudal. A mayor caudal, mayor volumen de muestra a tomar. Requiere siempre un muestreador automático asociado a un caudalímetro.

Este tipo de muestra se adquiere, por ejemplo, en los puntos de entrada y salida del efluente (AySA SA, 2018). Queda exceptuado este tipo de muestra para el análisis microbiológico (Reutelshöfer y Guzmán Bejarano, 2015).

Finalmente, el muestreo debe contar con una serie de etapas desde momentos previos a la toma de la muestra, hasta su análisis. A saber:

- **Consideraciones previas o generales:** en esta etapa se debe conocer el propósito de muestreo y se debe realizar la identificación de los puntos de muestreo, así como los parámetros a analizar.
- **Planificación del muestreo:** compuesta por tres fases. Contempla la preparación de documentos de campo, la revisión y calibración de equipos y normas de bioseguridad (Lozada Rojas, 2011).

Otras etapas son: la toma de muestra (en sí) y el análisis e interpretación de los resultados. Dentro de la etapa de toma de muestra, los recaudos que se deben tener en cuenta depende del análisis que se vaya a llevar a cabo. Se distinguen:

- **Recaudos para el análisis de parámetros físicos y químicos:** deben emplearse envases de plástico o vidrio con tapa a rosca. El envase debe encontrarse limpio al momento del muestreo, sin ser lavado con detergentes, lavandina u otros. Se recomienda enjuagar al menos tres veces el envase con la muestra antes de tomarla. Se debe recoger la muestra sin dejar cámara de aire y conservarla en un recipiente aislante. Debe entregarse al laboratorio dentro de máximo 4 días.
- **Recaudos para el análisis de parámetros microbiológicos:** deben emplearse envases de plástico o vidrio con tapa hermética y de boca ancha. El envase debe estar previamente esterilizado y se debe evitar el contacto de las manos con su interior. Al momento de tomar la muestra, debe dejarse una cámara de aire. La muestra debe ser conservada a oscuras y refrigerada. El tiempo máximo de entrega al laboratorio es 2 días (INTA, 2011).

1.7 Monitoreo de efluentes

El monitoreo es la determinación continua o periódica de los parámetros de interés del sistema (Barreto Sáenz, 2010). Para que exista un monitoreo debe existir primeramente una razón que fundamente su implementación, es decir, un monitoreo es implementado siguiendo un objetivo. En general dicho objetivo se encuentra asociado a generar una base de datos de interés a fin de evaluar tendencias o eventos extraordinarios.

Una vez que se ha definido el objetivo de monitoreo se debe considerar: a) los parámetros que se deben monitorear, b) ubicación del sitio y frecuencia de la recolección de muestras, que generarán la base de datos producto del monitoreo y c) métodos y análisis de las muestras colectadas (UICN, 2018). Si bien el monitoreo genera una base de datos de los parámetros de interés, permite conocer el sistema y su comportamiento y variaciones en el tiempo, e incluso espacio; puede resultar costoso debido al número de muestras a tomar y analizar. Asimismo, requiere infraestructura para su implementación. Por lo tanto, la implementación de un monitoreo es un aspecto que debe considerarse y afrontarse, en función de los costos y beneficios que otorgue su aplicación.

Además de considerar el muestreo y monitoreo de los efluentes, debe considerarse la evaluación del sistema receptor de efluentes mediante muestreos y monitoreos sobre éste.

1.8 Descripción de la localidad de estudio

La localidad de Sarmiento se encuentra ubicada en el departamento de nombre homónimo de la provincia de Chubut, Argentina (figura 1.8.1). Se encuentra situada en un valle natural rodeado por el lago Musters y el lago Colhué Huapi, el cual ha desaparecido en los últimos años. Sarmiento comprende un área pastoril de unas 42.000 ha (Garzón, 2015) y cuenta con una población de 12.714 habitantes, según el último censo llevado a cabo en 2010 por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC).

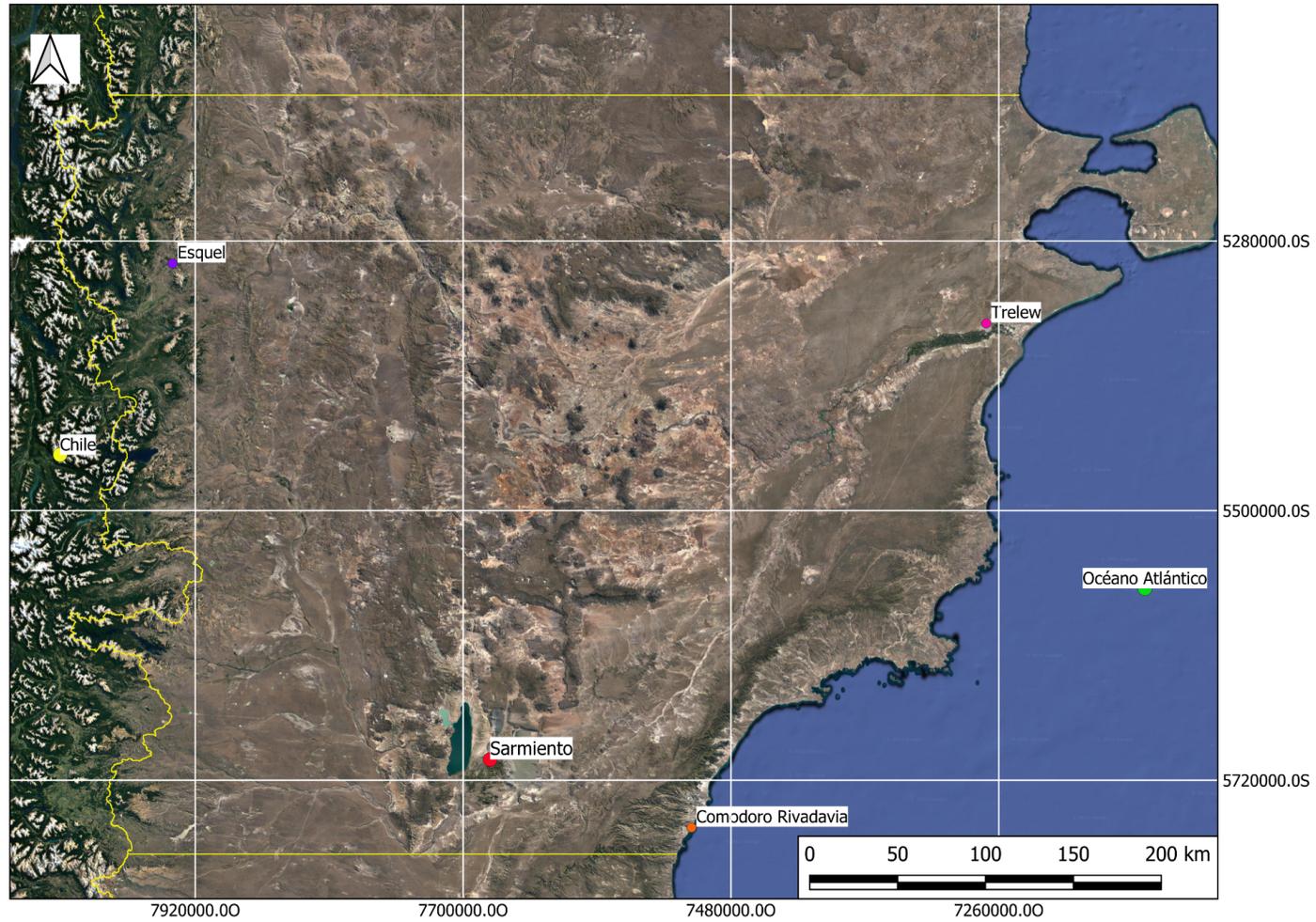


Figura 1.8.1: Ubicación de la localidad de Sarmiento, Chubut. Fuente: propia. Imagen soporte: Google Earth

A 149 km de la localidad de Sarmiento se encuentra el principal centro urbano de la provincia: Comodoro Rivadavia, perteneciente al departamento de Escalante. Esta ciudad ha tenido un fuerte desarrollo asociado a la explotación petrolífera. En contraste, la localidad de Sarmiento posee una fuerte identidad forjada y afianzada en el sector productivo ganadero, principalmente en el asociado a la ganadería ovina extensiva para la exportación de lana. No obstante, la producción petrolera ha ido tomando mayor relevancia en los últimos 50 años, hasta ser la principal actividad a nivel local, junto con las prácticas ganaderas y agrícolas.

La distinta naturaleza de las actividades productivas en estas dos localidades suele conllevar ciertas tensiones y conflictos, principalmente por el suelo y el agua (Raguileo, 2020). Estos últimos recursos son de gran importancia para la población debido a que el sitio presenta escasas precipitaciones y tendencias de desertificación, entre otros factores culturales.

1.8.1 Actividades productivas en la localidad

Las principales actividades productivas en la localidad pueden ser divididas en base a grupos, denominados clusters, entre los que se distinguen los siguientes:

Cluster del petróleo: la localidad de Sarmiento pertenece a la cuenca petrolera del Golfo San Jorge, que es una de las principales cuencas productoras y exportadoras de hidrocarburos en el país. En particular, la explotación de hidrocarburos se realiza sobre el corredor de explotación Comodoro Rivadavia- Sarmiento. Las principales empresas productoras de la cuenca petrolera son: Pan American Energy, Repsol-YPF y Tecpetrol (Sanchis, 2010).

Respecto del cluster petrolero, el gobierno de la provincia ha llevado a cabo una implementación activa de políticas de concesiones y actualizaciones de estas. Estos hechos se ven ejemplificados con la concesión hasta el año 2047 a Pan American Energy, en el área de Cerro Dragón.

El petróleo es una actividad de gran relevancia en la zona debido a que los salarios del petróleo son la fuente principal de la localidad; siendo las actividades de mayor relevancia económica en la sociedad las exploración y producción (upstream), en las que se utiliza a la población como mano de obra y prestadores de servicios.

Cluster agroindustrial: se encuentra compuesto por los siguiente conglomerados:

- Conglomerado ganadero bovino: es una de las actividades principales de la localidad, mediante la cual se obtienen carnes y cueros de alta calidad. En este sector se diferencian tres grupos de productores: los grandes productores que realizan la actividad de manera extensiva; los medianos productores, que utilizan más tecnología que los dos grupos restantes y se encuentran más consolidados; y finalmente, los pequeños productores, que realizan actividades a menor escala. La cría bovina se realiza sobre pasturas naturales, generalmente con riego por inundación de baja eficiencia o por pasturas artificiales.
- Conglomerado ganadero ovino: la mayor parte son minifundios, con un 84% de productores con majada menor a las 2.000 ha. Esta actividad económica es de relevancia debido a que es la fuente de recursos y trabajo de las poblaciones rurales.
- Conglomerado lácteo: esta actividad estuvo grandemente desarrollada hace 20 años. No obstante, actualmente, se cuenta con 15 tambos con un promedio de 200 cabezas en total.
- Conglomerado frutícola: se realiza el cultivo de cerezas en 140 ha con adecuado manejo tecnológico. Esta actividad comenzó desde cero y sin conocimiento previo de la actividad productiva. Es una actividad económica de interés ya que emplea mano de obra capacitada por las productoras.
- Conglomerado hortícola: Se realiza la producción en aproximadamente 18 ha. Se producen cultivos bajo cubierta como tomate (54%), lechuga (43%) y otros; y vegetales a cielo abierto como papas (43%), hortaliza de hojas (19%), zanahorias (11%), chauchas y arvejas (11%), zapallo (6%) y tomate (10%) (Sanchis, 2010).
- Conglomerado de apicultura: Existe un grupo de 12 productores de Sarmiento, Comodoro y Caleta Olivia (Santa Cruz), con 445 colmenas en total (Sanchis, 2010).

Cluster de turismo: la localidad cuenta con diversas atracciones turísticas como: lago Musters, río Senguer, alero de las manos pintadas, centro de artesanos y productores, parque temático paleontológico, museo regional Desiderio Torres, espectáculos folklóricos en épocas de verano, turismo rural, otros menores. En los últimos años se presentó una tendencia ascendente de

visitantes turísticos, con tasa de crecimiento entre las temporadas 1997-1998 a 2007-2008 del 21,1 % (Sanchis, 2010).

1.8.2 Condiciones meteorológicas

A nivel meteorológico la localidad se encuentra ubicada en una zona central o de transición de la provincia del Chubut; entre una zona húmeda occidental y una zona árida oriental. Posee escasos regímenes pluviales y riqueza hídrica media (Scarpini y Orfila, 2005). La humedad dentro de las distintas zonas de la provincia está dada por el efecto de las lluvias orográficas provenientes del Océano Pacífico sobre el territorio. Zonas aledañas a la cordillera de los Andes se caracterizan por una abundante vegetación y precipitación, debido a que reciben mayor porcentaje de humedad. El efecto de sombra orográfica disminuye en pocos kilómetros, por lo cual las zonas de transición tienen lugar en escasos kilómetros de las zonas húmedas. Se puede decir, que el clima de la región y el desarrollo de las distintas especies vegetales, así como el relieve, está fuertemente determinado por el factor meteorológico viento (Coronato, Mazzoni, Vázquez & Coronato, 2017).

Vientos

El viento es un factor meteorológico constante a lo largo del año, cuya mayor intensidad se registra en los meses de verano y primavera (Tejedo, Pereyra, Anielli & Jones, 2000). La constancia e intensidad del viento puede deberse a su localización a nivel latitudinal, puesto que la región patagónica se ve totalmente inmersa en la zona de circulación de los vientos del oeste del hemisferio sur. Asimismo, como por debajo de los 40° S no existe otro continente que amortigüe la velocidad de los vientos, se presentan con más intensidad en esta zona (Coronato, Mazzoni, Vázquez & Coronato, 2017).

La dirección predominante del viento proviene del cuadrante oeste. La frecuencia máxima de vientos en esta dirección es 54,4% para el mes de Diciembre, mientras que la frecuencia máxima anual en la misma dirección es de 42,2%. De la misma manera, las velocidades más altas de los vientos también ocurren en la dirección oeste, con velocidad máxima promedio anual de 29 km/h (Consultora S.R.L, 2010).

Precipitaciones

La precipitación media anual entre los años 1998-2015 fue de 159 mm, según estudio realizado sobre la Cuenca Río Senguer. Para este estudio, los registros de mayores precipitaciones se encuentran en los meses de otoño, particularmente, principalmente en Mayo, seguido de Junio, mientras que las mínimas precipitaciones se registran en el mes de Diciembre (Scordo, 2018).

Asimismo, en el mismo estudio llevado a cabo, se encontraron desde 1998 a 2001 anomalías tanto positivas como negativas y no una tendencia en las precipitaciones. Por otra parte, para los años 2002 a 2006, se encontraron anomalías positivas en el aumento de la precipitación y para los años de 2008 a 2015, se encontraron, en general, anomalías negativas; es decir, disminuciones en la precipitación media anual (figura 1.8.2.1) (Scordo, 2018).

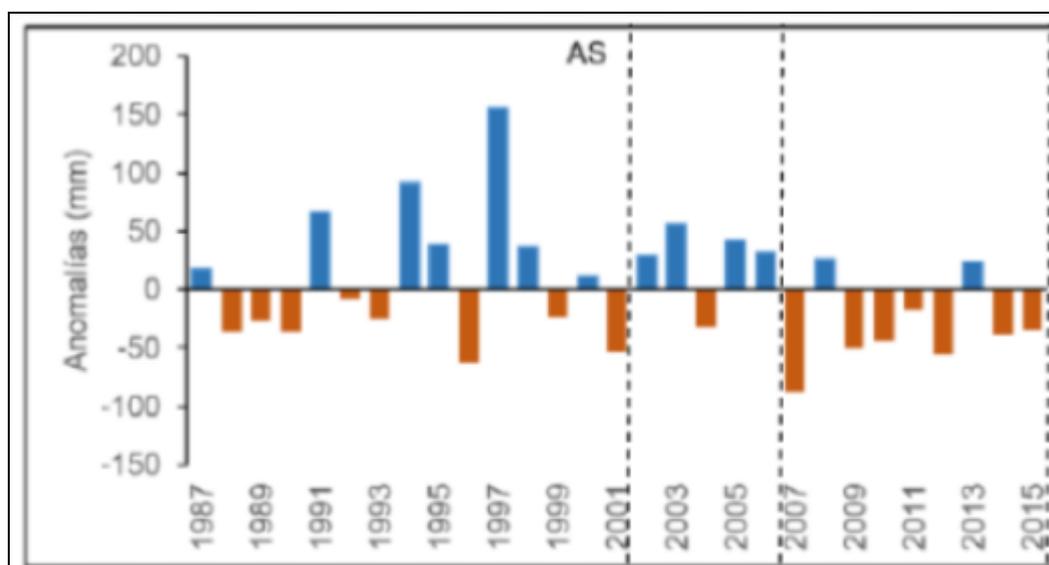


Figura 1.8.2.1: Anomalías positivas y negativas para los distintos periodos de tiempo, donde AS denota la abreviatura de cuenca baja. Fuente: Scordo, 2018.

Temperatura

La temperatura media anual para el período comprendido desde 1987 a 2015 fue de 11,5°C. La media anual máxima en un año en particular fue de 13,4°C y la media mínima anual para un año en particular fue de 7,8° C.

En el mismo estudio se reportaron anomalías positivas en la temperatura para los años 2008 a 2015 (figura. 1.8.2.2). En este sentido, resulta de interés remarcar que el autor de dicho estudio concluye que no encontró suficiente evidencia para sostener que la creciente escasez de agua de la zona se atribuya al aumento de temperatura, sino que ésta se debe a la ineficiente regulación y distribución del agua (Scordo, 2018).

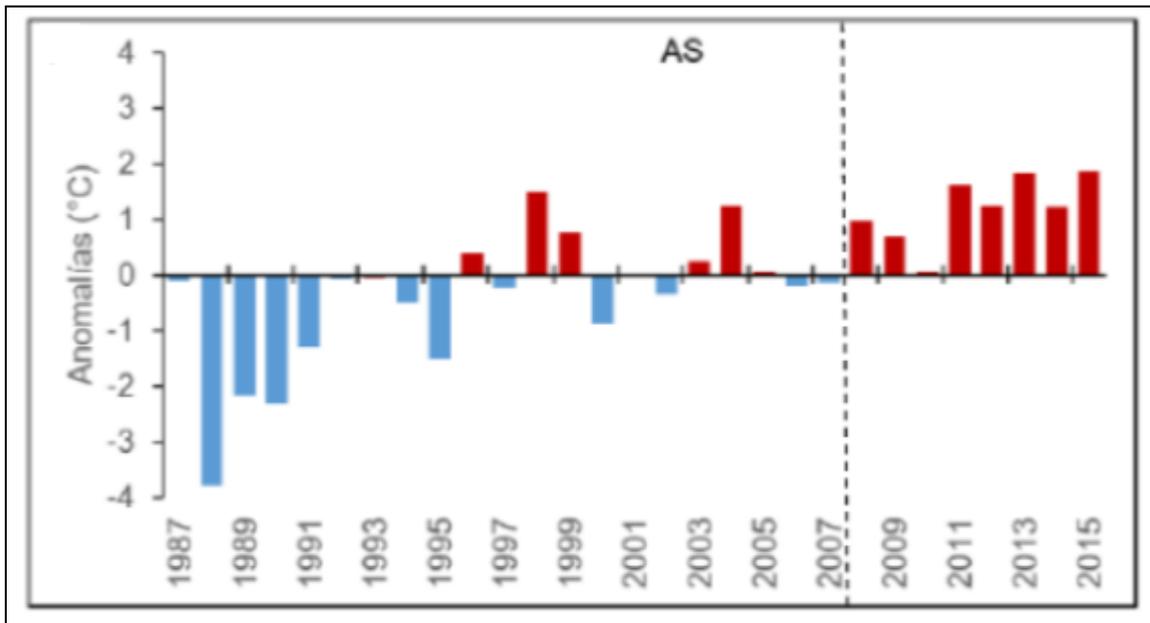


Figura 1.8.2.2: Anomalías positivas en la temperatura para los años 2008 a 2015. Fuente: Scordo, 2018.

Clima

El clima de la localidad se clasifica como templado semiárido de transición. Su clasificación se realizó en un estudio llevado a cabo para la región patagónica en base a: a) el nivel térmico, según la temperatura media anual, b) el régimen térmico, según la amplitud térmica o rango de temperatura media anual y c) el régimen hídrico, según el índice de aridez. La localidad fue clasificada, según estas variables, como perteneciente a clima templado, semiárido y de transición, por poseer temperatura media anual superior a 10°C, índice hídrico entre 0,2 y 0,5 y rango de temperatura media anual entre 10 y 16°C (Coronato, Mazzoni, Vázquez & Coronato, 2017).

1.8.3 Hidrografía

A nivel hidrográfico, la localidad de Sarmiento se encuentra ubicada en la Cuenca del Río Senguer, cuyo cauce principal es el río Senguer, que surge como afluente del Lago Fontana. Dicho río deriva hacia el Bajo Sarmiento, nombre con el que se le conoce al territorio donde se encuentra radicada la localidad de nombre homónimo. El río Senguer recorre 50 metros sobre la costa sur de Lago Musters, donde una parte de su caudal desemboca en este lago, mientras que otra parte de su caudal deriva en dirección *este*, dando origen al río Falso Senguer. Éste último cuerpo de agua, una vez recorridos 20 km, desemboca en una depresión donde hasta hace unos años se encontraba el lago Colhue Huapi (figura. 1.8.3.1) (Scordo, 2018). Este último recurso de agua se ha extinguido en el último tiempo. Su desaparición se presentó en las últimas décadas, mientras que la disminución del agua en la cuenca ha sido profundizada en los últimos 120 años debido al aumento de las actividades antrópicas (Scordo et al, 2017).

Finalmente, antes de la extinción del lago Colhue Huapi, el río Chico fluía desde este lago hacia el dique Florentino Ameghino.

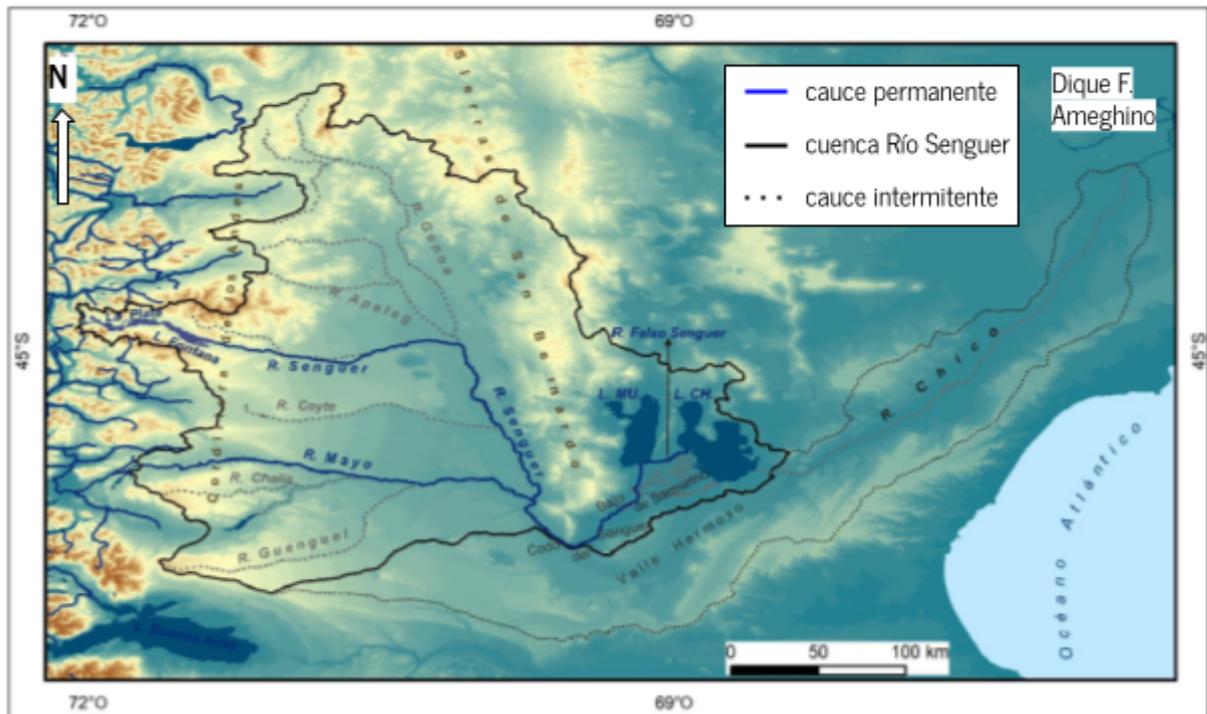


Figura 1.8.3.1 Cuenca Del Río Senguer, donde en el centro de la imagen pueden distinguirse el Lago Musters (L. MU) y el desaparecido Lago Colhue Huapi (L. CH), unidos mediante el Río Falso Senguer. Fuente: Scordo, 2018.

Un aspecto relevante de mencionar es que el lago Musters es actualmente el más importante de la zona, por ser la única fuente de agua dulce superficial; supliendo las necesidades de este recurso para la agricultura y ganadería, el desarrollo de la industria petrolera y el uso de agua para las localidades de Sarmiento, Comodoro Rivadavia (ciudad con más número de habitantes en la provincia) y Rada Tilly, Chubut, así como para Caleta Olivia, Santa Cruz.

El total de agua extraída del Lago Muster y su afluente se estima en un promedio de 18,5 m³/s (Scordo et al, 2017). Además, este recurso es uno de los principales atractivos turísticos de la localidad, ofreciéndose como sitio apto para la recreación de sus habitantes y turistas y para la práctica de deportes, como kite, natación en aguas abiertas, entre otros.

La actual escasez de agua, sobre todo en lo que respecta al Lago Musters, representa una preocupación para la ciudad, realizándose diversas actividades y organizaciones como: reunión de autoconvocados, abrazos simbólicos al lago y marchas.

1.8.4 Flora

La vegetación se desarrolla conforme al gradiente de precipitaciones y efecto orográfico, siendo más frondosa en zonas húmedas y escasa en zonas áridas. La ciudad de Sarmiento, pertenece a la provincia fitogeográfica patagónica, donde la vegetación dominante es la estepa arbustiva herbácea; tornándose más arbustiva hacia el oeste y más herbácea hacia el este. Por la longitud de la ubicación de la localidad de Sarmiento, Chubut, la vegetación tiende a ser más arbustiva herbácea. Mientras que las zonas de alrededor de la localidad, como en la zona del Bosque Petrificado, presenta vegetación con adaptaciones al clima seco como espinas, pelos y resinas. Las especies que suelen presentarse son: *Mulinum spinosum* (neneo), *Nassauvia glomerulosa* (colapiche) y otras endémicas como: *Ameghinoa patagonica*, *Neobaclea crispifolia*, *Panthacantha* y *Lepidophyllum*. En zonas más influenciadas por el valle dominan especies como *Stipa sp.* y *Festuca sp.* Asimismo, pueden presentarse pastizales húmedos, conocidos como mallines, que presentan mayor cobertura de vegetación y son caracterizados por una mayor productividad biológica. Estos se desarrollan en sitios donde hay un aporte permanente de agua y se caracterizan por la presencia de especies como *Juncus bálticus* (Coronato, Mazzoni, Vázquez & Coronato, 2017).

1.8.5 Fauna

Los elementos faunísticos nativos más representativos de la estepa herbácea-arbustiva son: el guanaco (*Lama guanicoe*), el choique (*Rhea pennata pennata*), la mara (*Dolichotis patagonum*) y la martineta (*Eudromia elegans*). No obstante, debido al modelo de desarrollo económico por el cual se opta en una gran parte de la provincia, es común observar fauna introducida como ovejas, caballos y vacas.

Además, otros mamíferos autóctonos de interés son: el piche (*Zaedyus pichiy*) y el peludo (*Chaetophractus villosus*). Por otra parte, los carnívoros nativos más representativos son: el puma (*Felis concolor*), el zorro colorado (*Lycalopex culpaeus*), el zorrino patagónico (*Conepatus humboldtii*), entre otros (MAyCDS, 2015).

1.8.6 Suelo y geología

Los órdenes más representativos de la zona, según la clasificación de la US Soil Taxonomy, son los entisoles y aridisoles. En cuanto a los primeros son suelos que poseen poca diferenciación de horizontes y escaso aporte de materia orgánica. Suelen ser suelos muy jóvenes. En cuanto a los últimos, poseen diferenciación de horizontes y, al igual que los anteriores, escaso aporte de materia orgánica. Finalmente, pueden encontrarse algunos molisoles (Matteucci, 2012).

Por otra parte, la granulométrica de los suelos de la zona está representada por gravas (desde el tamaño de guijarros), arenas y fracciones más finas como arenas muy finas (Secretaría de Ambiente, 2016).

Finalmente, a nivel geológico la localidad se encuentra totalmente situada sobre depósitos aluviales y coluviales (Pezzuchi y Fernández, 2001).

1. 9 Ubicación del cuerpo receptor de efluentes

El cuerpo receptor de aguas residuales es un canal mixto de desagüe³ y drenaje⁴. El canal en su segmento de desagüe presenta agua sólo cuando se presentan precipitaciones debido a que recoge las aguas pluviales. Por otro lado, el canal en su segmento de drenaje presenta agua de manera permanente.

La totalidad del segmento del canal que funciona como desagüe es denominado "Colector 2" y recoge y conduce las aguas pluviales a lo largo de una considerable distancia dentro de la localidad; aproximadamente 5 km dentro del ejido urbano. Parte del "Colector 2" se encuentra impermeabilizada, mientras otra parte no. No obstante, la totalidad del segmento de desagüe se encuentra impermeabilizada con concreto.

³ Su finalidad es la captación del excedente de las aguas de escorrentía superficial provenientes de las precipitaciones.

⁴ Su finalidad es la evacuación de aguas que se acumulan en depresiones del terreno, ya sea por elevación del nivel freático, producido para riego o por cercanías a un río, o para escurrimiento de aguas superficiales de escorrentía.

Por otra parte, el segmento del canal de drenaje se encuentra totalmente no impermeabilizado, debido a que se trata de un canal artificial, realizado por excavación sobre el terreno natural. Cabe mencionar que una pequeña parte de este segmento, también pertenece al "Colector 2" (en su segmento no impermeabilizado). Asimismo, este segmento del canal recorre aproximadamente 8,5 km, adicionales a los que recorre el canal de desagüe y culmina su recorrido por difusión en pequeños arroyos, que finalmente se pierden por evaporación; según información proporcionada por 4 entrevistados, quienes trabajan en la gestión de efluentes domiciliarios de manera directa o indirecta (2) y propietarios de terrenos (2).

En cuanto a su localización, el segmento del canal que es de drenaje, se encuentra al noreste del centro urbano de la localidad de Sarmiento. En cierto punto, recibe los efluentes provenientes de las unidades de tratamiento que se encuentran ubicadas de manera adyacente a él. Las aguas residuales tratadas son conducidas desde las unidades de tratamiento hasta el canal mediante un conducto de PVC de 20 cm de diámetro.

Debido al impacto directo de los efluentes sobre el canal en esta zona, así como a la presencia de otros sitios de impactos, se denomina a esta zona área de influencia. El área de influencia se localiza en una zona de transición entre un uso del suelo urbano y un uso del suelo rural.

Otro aspecto a destacar es la cercanía del punto de vuelco con el cauce del Río Falso Senguer, el cual se encuentra a aproximadamente 1300 metros en dirección *norte* a este, así como con una desviación natural de este cauce, encontrándose a menos de 1000 metros de este sitio.

Las observaciones descritas previamente se resumen en la figura presentada a continuación (figura. 1.9.1):

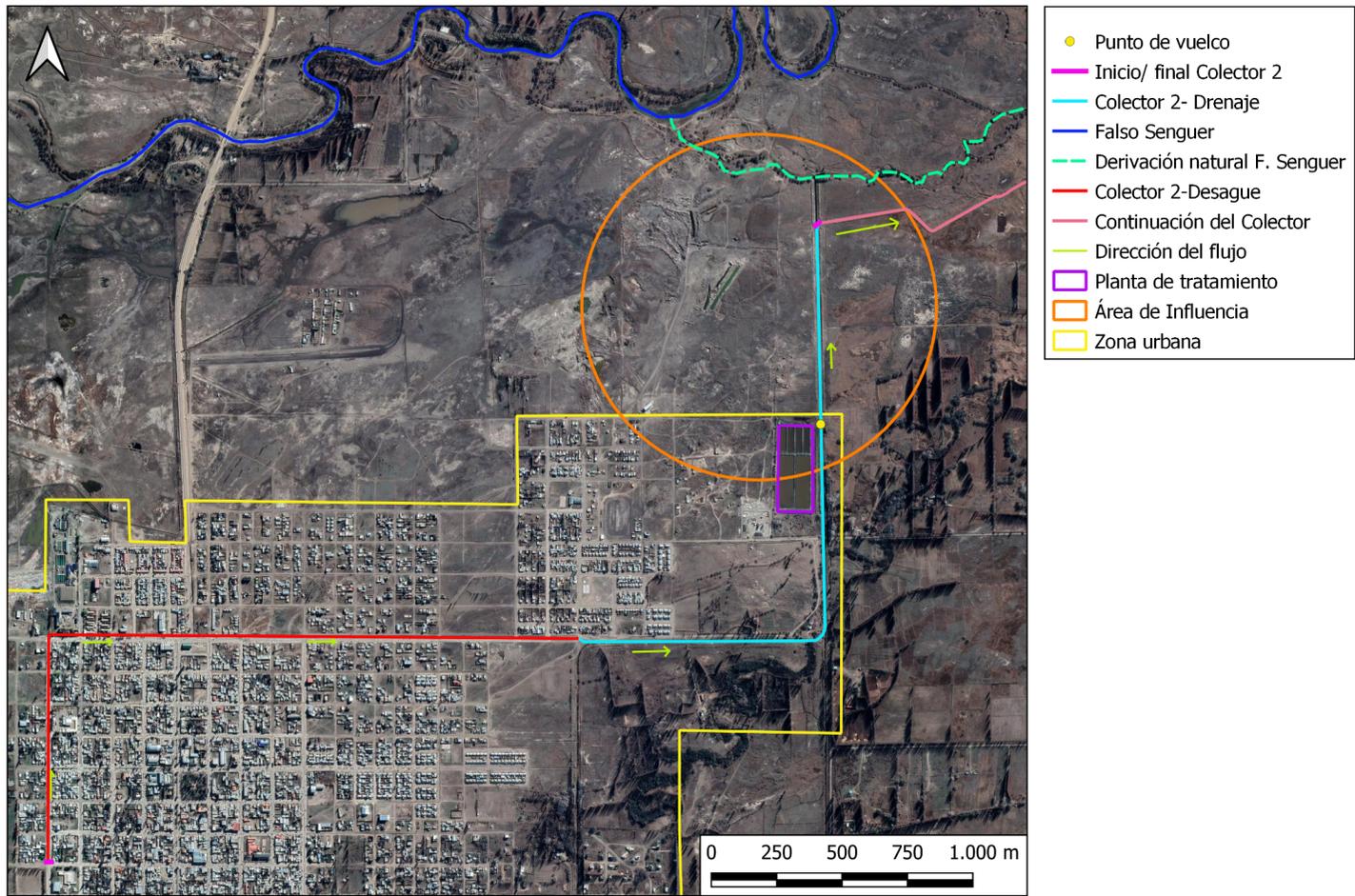


Figura. 1.9.1: Cuerpo receptor de efluentes cloacales y su área de influencia. Fuente: propia. Imagen soporte: Google Earth.

Además de los aspectos mencionados, otro aspecto de interés es que el área de influencia se encuentra en cercanías al Barrio "El Progreso" y el vertedero municipal, los cuales serán sitios que afectarán o se verán afectados por ésta, respectivamente. Además, que el "Colector 2" originalmente conducía las aguas residuales hacia una derivación natural del Falso Río Senguer, ubicado en dirección *norte* al punto de vuelco. No obstante, actualmente el colector se encuentra bloqueado al final de éste (ver figura 1.9.1). Este bloqueo es producido por pobladores rurales a fin de poder realizar el aprovechamiento del agua para actividades de riego y bebida del ganado, el cual es un recurso escaso; sobre todo, en sitios ubicados en zonas más afectadas por la escasez de agua. El bloqueo sobre el "Colector 2" fue realizado mediante la obstrucción con un terraplén de tierra, provocando que las aguas fluyeran en sentido *este* en vez de en sentido *norte*. De esta manera, en lugar de que las aguas deriven en la derivación del Falso Senguer, derivan en una depresión natural que conduce hacia el antiguo Lago Colhue Huapi. Estas observaciones se resumen en la siguiente figura (figura 1.9.2).

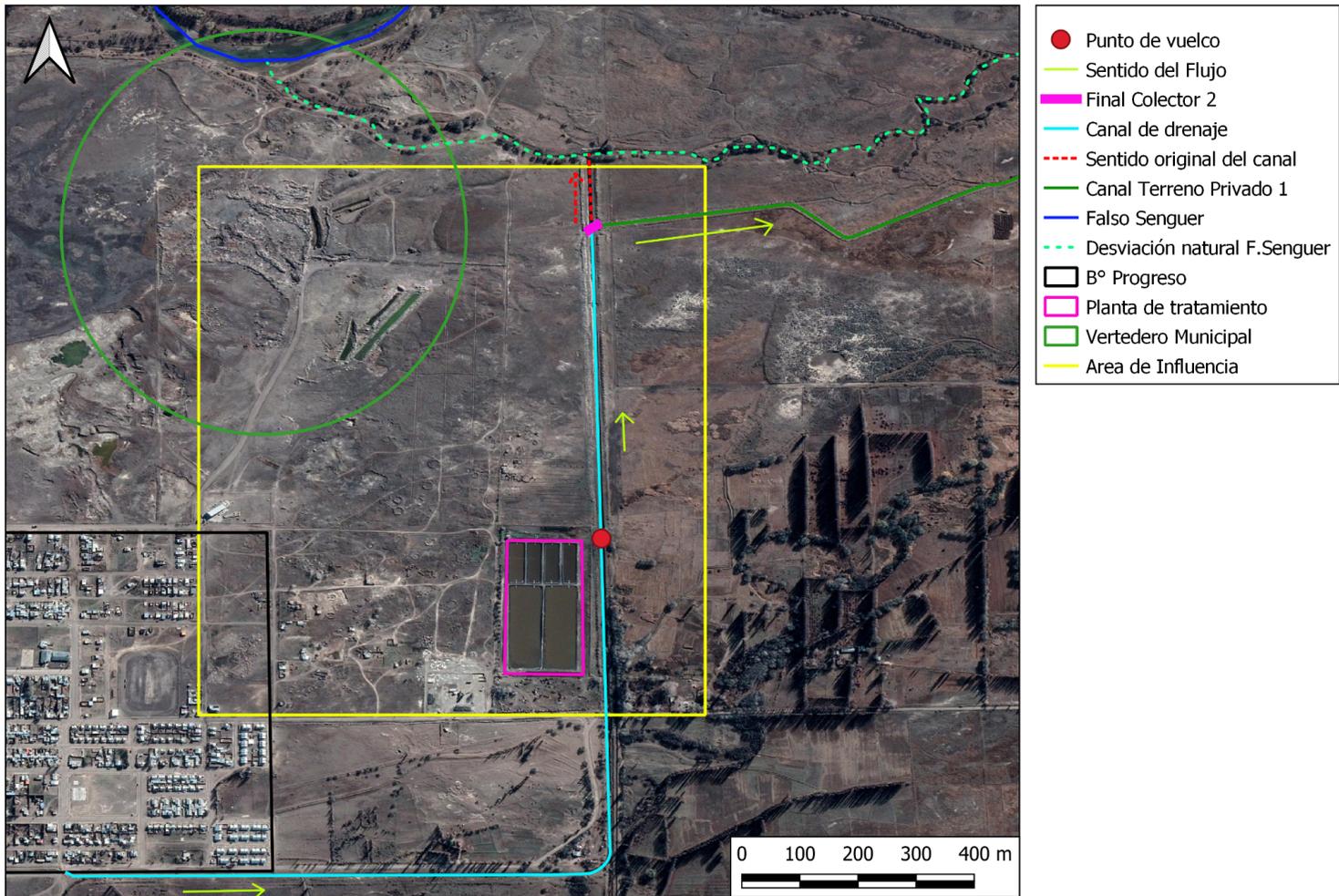


Figura 1.9.2: Detalle del segmento del canal de drenaje y el área de influencia. Fuente: propia. Imagen soporte: Google Earth.

Además, cabe destacar que el canal de drenaje es atravesado por distintos estados de propiedades del suelo. La totalidad del canal de drenaje se encuentra dentro de terrenos de pertenencia municipal o a cargo de ella. El segmento del canal dentro del área de influencia es de pertenencia del Ejército argentino, quién posee convenio con la Municipalidad de Sarmiento para realizar diversas actividades como, por ejemplo, la disposición final de los residuos sólidos municipales dentro de ella.

Por otra parte, fuera del área de influencia y luego del final del "Colector 2", el primer segmento del canal se encuentra ubicado dentro de un terreno denominado como Terreno Privado 1, y por lo tanto el segmento que atraviesa este terreno se denomina "*Canal Terreno Privado 1*".

El segmento del canal contiguo al canal del Terreno Privado 1 es de pertenencia del Ejército Militar Argentino, mientras el tramo del canal contiguo al terreno del Ejército Militar, es de pertenencia privada y se ubica dentro de un terreno denominado como Terreno Privado 2. Ambos se denominan de manera análoga a como se realizó con el segmento ubicado en el Terreno Privado 1.

Por último, el segmento del canal que se encuentra ubicado debajo del punto de vuelco, es decir, hacia el *sur* del área de influencia es de pertenencia municipal, y posee características similares al segmento del canal ubicado dentro del área de influencia. Estas observaciones se muestran en la siguiente figura (figura 1.9.3):

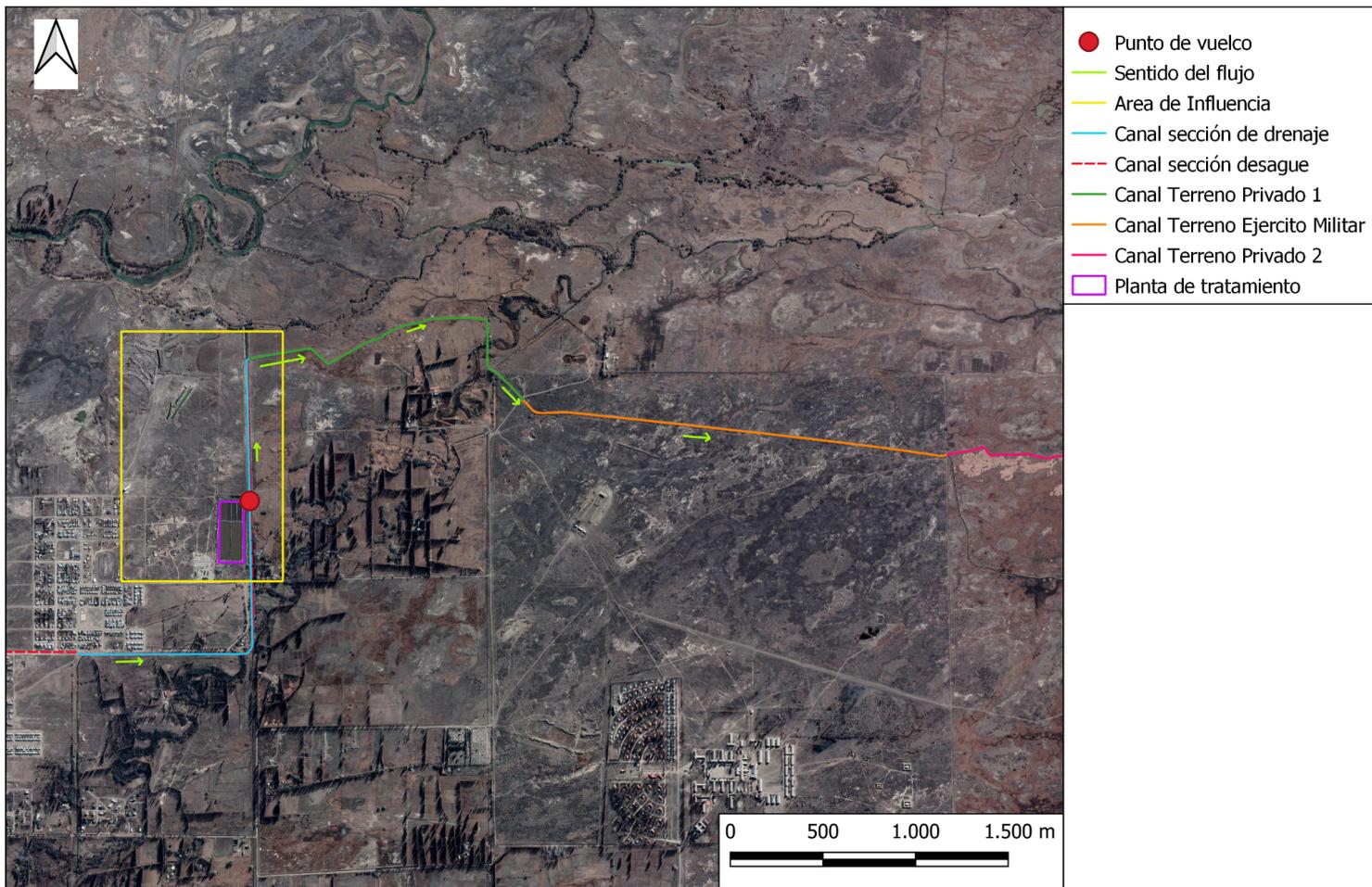


Figura. 1.9.3: Propiedades del suelo para los distintos segmentos del canal. Fuente: propia. Imagen soporte: Google Earth.

Finalmente, el acceso al área de influencia se realiza por el cuadrante delimitado por "Calle 10" y "Calle 05", según Google Roads, ubicadas en cercanías a los predios donde se localiza el vertedero municipal y planta de hormigón de la localidad. Para el ingreso se debe circular por "Calle 10", hasta interceptar con Av. 12 de Octubre. Desde la intersección entre estas calles, se debe proseguir 30 m, hasta alcanzar el puente por debajo del cual corre el canal bajo estudio. El puente se encuentra en sentido perpendicular a Av. 12 de Octubre, sobre "Calle 10".

Por otro lado, el ingreso a la planta de efluentes se realiza por "Calle 10", con la diferencia que debe circular por un pasaje sin nombre.

La imagen de acceso al canal receptor se muestra a continuación (figura 1.9.4):

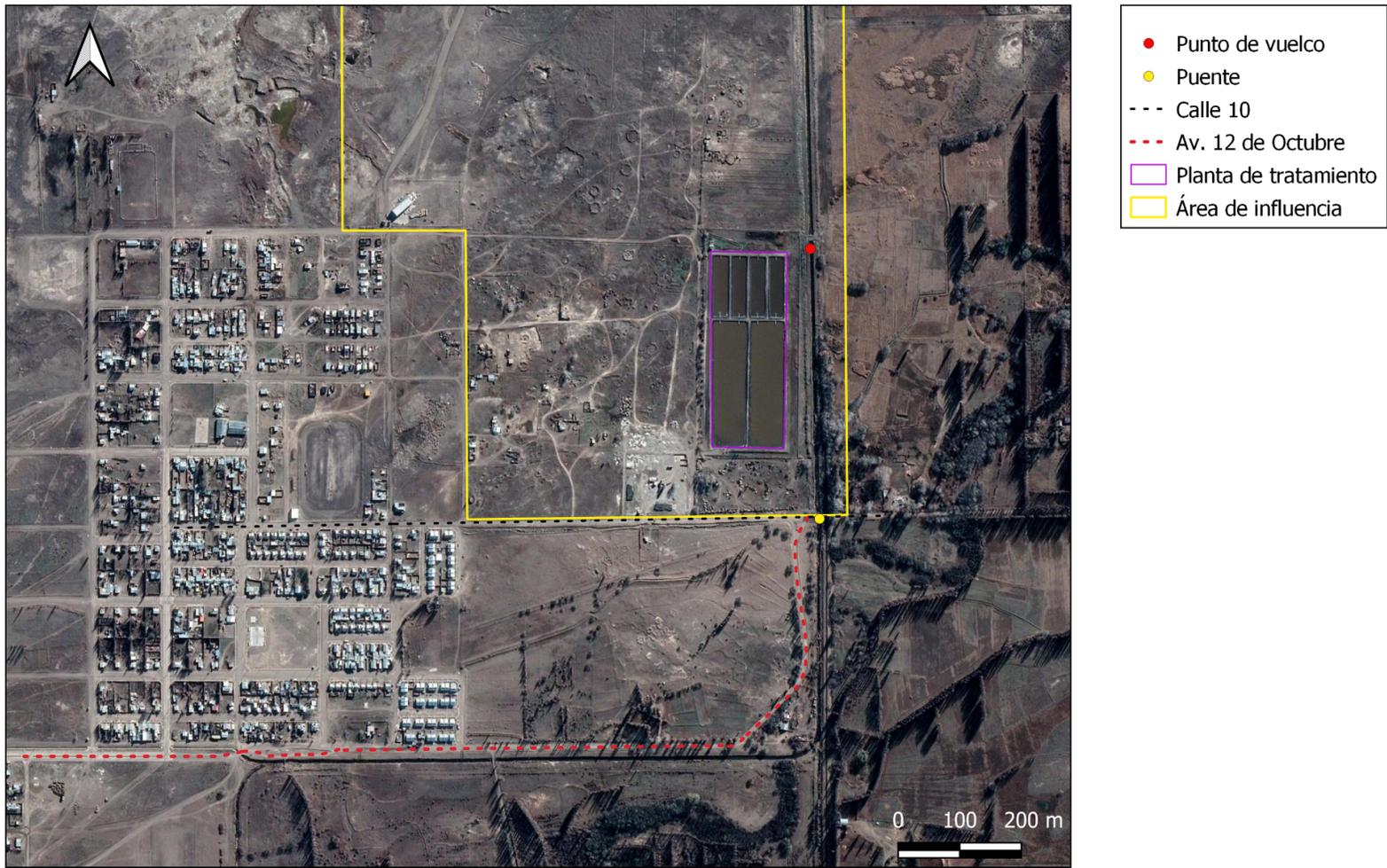


Figura 1.9.4: Acceso al área de influencia. Fuente propia. Imagen soporte: Google Earth.

1.10 Descripción de la planta de tratamiento

La planta de tratamiento de la localidad recibe, en general, efluentes del tipo agua residual doméstica. Aunque podría recibir algunos aportes de aguas residuales provenientes de empresas petroleras, según información proporcionada por personal que trabajó en la operación de la planta de tratamientos. Además, cuenta con seis lagunas para el tratamiento de los efluentes. Del total de ellas, dos han sido diseñadas para realizar el tratamiento primario de los efluentes a través de un proceso anaeróbico; mientras que las cuatro restantes, fueron diseñadas para realizar el tratamiento secundario de los efluentes a través de un proceso facultativo (figura 1.10.1).

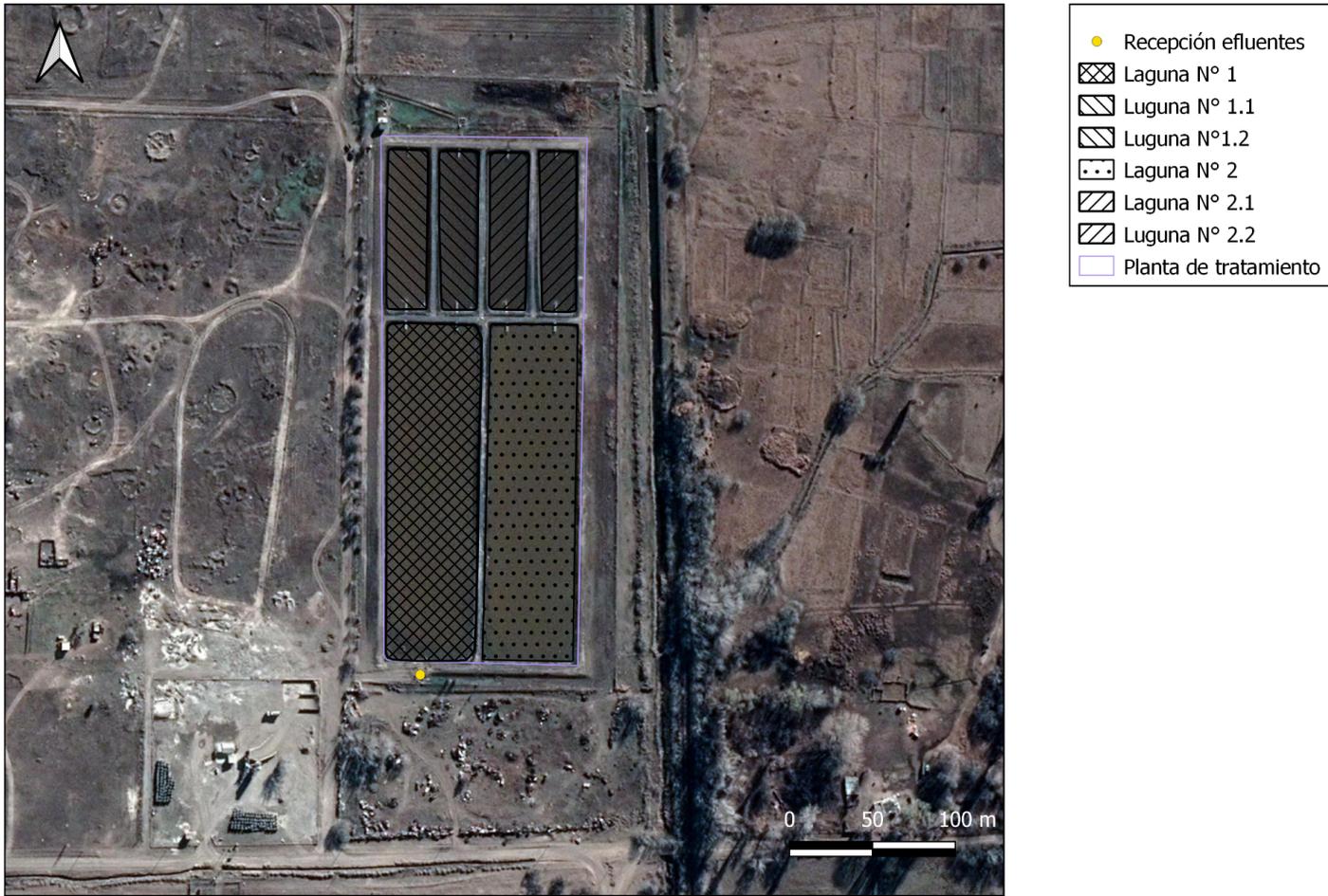


Figura 1.10.1: Unidades de tratamiento para la depuración de los efluentes cloacales de la localidad. Donde las lagunas N°1 y N° 2 realizan un tratamiento primario y las restantes el secundario. Fuente: propia. Imagen soporte: Google Earth.

Las lagunas diseñadas para el tratamiento primario de las aguas residuales, se encuentran ubicadas de manera más próxima al punto de recepción de afluentes⁵. Poseen dimensiones de 50 m de ancho por 200 a 210 m de largo.

El punto de recepción de afluentes consta de una cámara colectora en la cual convergen dos tubos de PVC de 16 cm de diámetro. Seguidamente, los afluentes son conducidos a una cámara partidora, que como su nombre lo indica, distribuye el afluente en dos caudales. En esta cámara se unen los afluentes provenientes de otros dos caños de PVC de 20 cm de diámetro (figura 1.10.2).

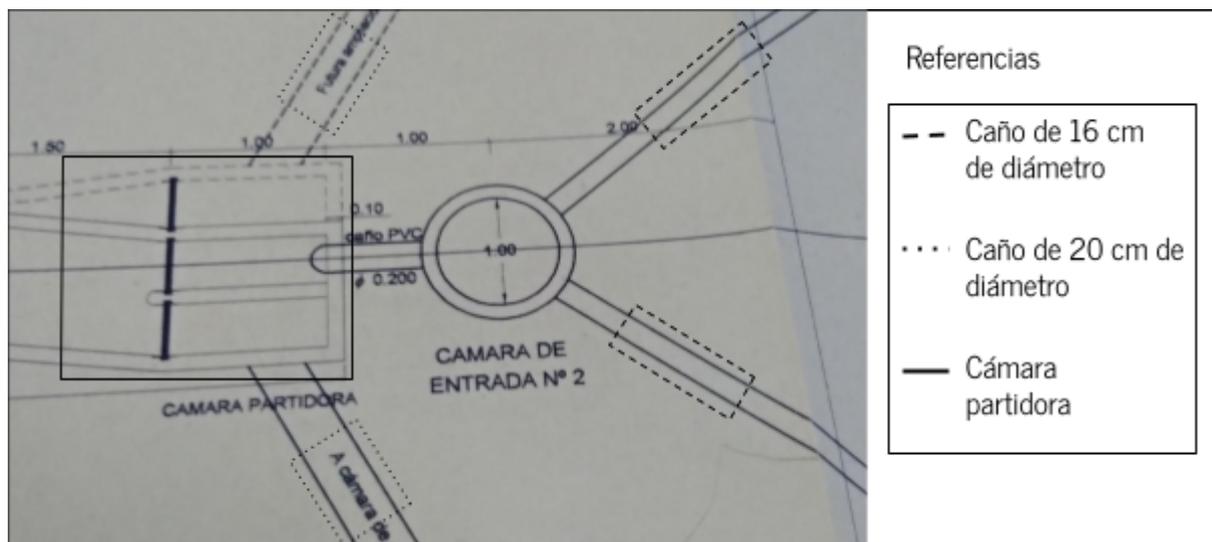


Figura 1.10.2: Diagrama donde se muestran los caños conductores de afluentes que convergen en la cámara partidora. Fuente: Planos del diseño de la planta de tratamiento proporcionados por Secretaría de Ambiente de la Municipalidad de Sarmiento.

De esta manera, los afluentes son conducidos a lo largo de la cámara partidora, donde se encuentran una serie de canastos de deposición y rejas metálicas para la retención de sólidos, que puedan haber ingresado al tratamiento (figura 1.10.3). No obstante, el diseño de la red cloacal contempla la instalación de cámaras sépticas y cámaras desengrasantes previas al tratamiento secundario de efluentes para la retención de dichos sólidos y grasas.

⁵ Efluente de ingreso.

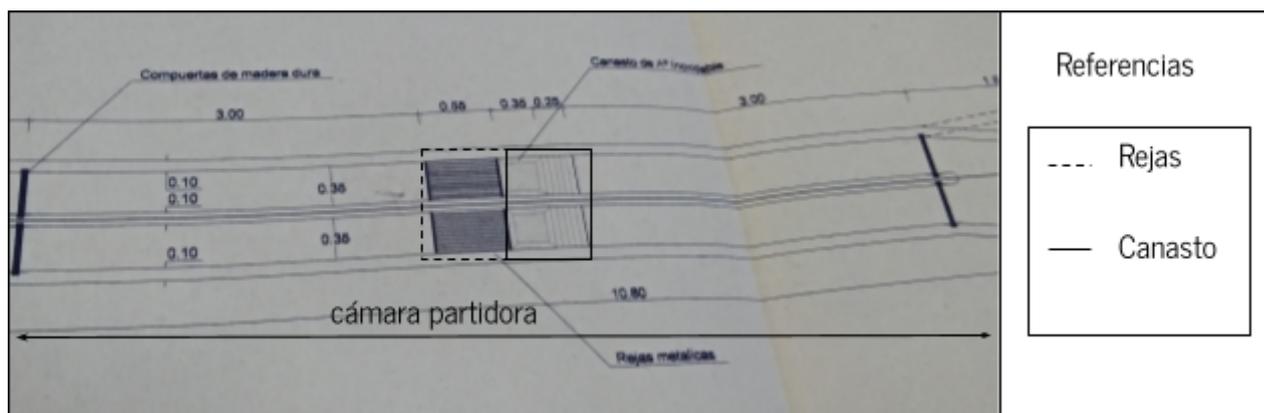


Figura 1.10.3: Canastos de deposición y sistema de rejas en la cámara partidora. Fuente: Planos del diseño de la planta de tratamiento proporcionados por Secretaría de Ambiente de la Municipalidad de Sarmiento.

Respecto de las dimensiones de las lagunas primarias, se reportan las dimensiones en un proyecto de deshidratación de lodos biológicos, llevado a cabo por la empresa consultora Enviroline para la Secretaría de Ambiente en el año 2017. Dicho proyecto tuvo por objetivo determinar el volumen de lodos en las unidades. Las dimensiones reportadas para las lagunas primarias son:

- Para la laguna primaria denotada como laguna N°1 (figura 1.10.1):
 - Longitud: 210 m.
 - Altura de diseño: 1,80 m.
 - Ancho: 50 m.
- Para la laguna denotada como laguna N°2 (figura 1.10.1) las dimensiones reportadas son:
 - Longitud: 200 m.
 - Altura de diseño de 1,60 m.
 - Ancho de 50 m.

Estas magnitudes pueden ser corroboradas mediante la herramienta de medición de Google Earth. Sin embargo, esta herramienta ofrece una medición de 200 m de longitud en ambas lagunas, por lo que diferiría de las medidas reportadas para la laguna N°1. Mientras, el ancho es de 50 m para ambas lagunas, tanto por Enviroline, como por la herramienta de medición de Google Earth. Finalmente, las lagunas realizan el tratamiento primario de los efluentes operando en paralelo.

De las restantes cuatro lagunas diseñadas para el tratamiento secundario de los efluentes, dos de ellas se encuentran ubicadas en serie a la laguna primaria N°1 y las restantes dos se encuentran ubicadas en serie a la laguna primaria N°2. Cada laguna subsecuente a las dos primeras lagunas opera en paralelo (figura 1.10.4). Tanto las dimensiones reportadas por la consultora Enviroline, como las brindadas por la herramienta de medición de Google Earth, establecen las dimensiones de cada una de estas lagunas en 100 m de longitud por 25 m de ancho. Respecto de la profundidad de estas últimas cuatro lagunas, se estima en 1,70 m, según los planos de diseño.

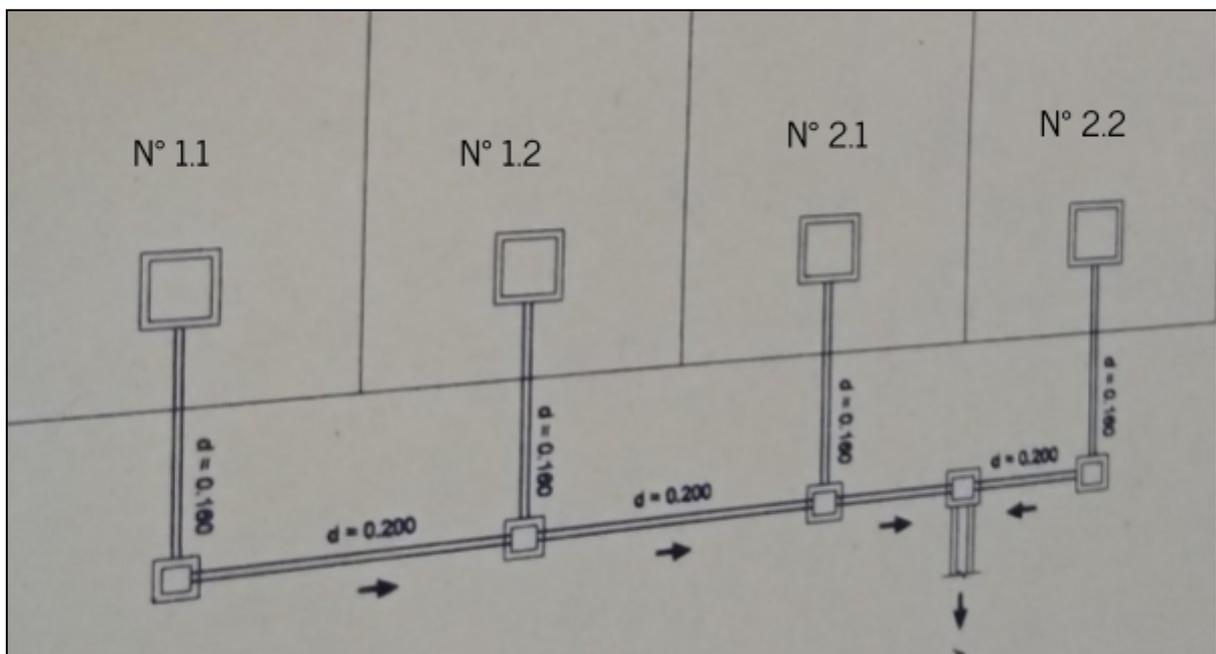


Figura 1.10.4: Diagrama en el muestra la operación de las lagunas secundarias en paralelo, a través del sistema de evacuación de efluentes. Fuente: Planos del diseño de la planta de tratamiento proporcionados por Secretaría de Ambiente de la Municipalidad de Sarmiento.

Luego de abandonar las lagunas secundarias, los efluentes son conducidos hacia una cámara de contacto donde se realiza el tratamiento de desinfección. El diseño de la cámara de contacto consta de 9 canales de 35 cm, separados por cuatro mamparas de 15 cm. La longitud del laberinto es de 15 m, mientras que su ancho es de 5 m (figura 1.10.5). La Secretaría de Ambiente instaló un dosificador de hipoclorito de sodio (líquido) en dicha infraestructura en el año 2017.

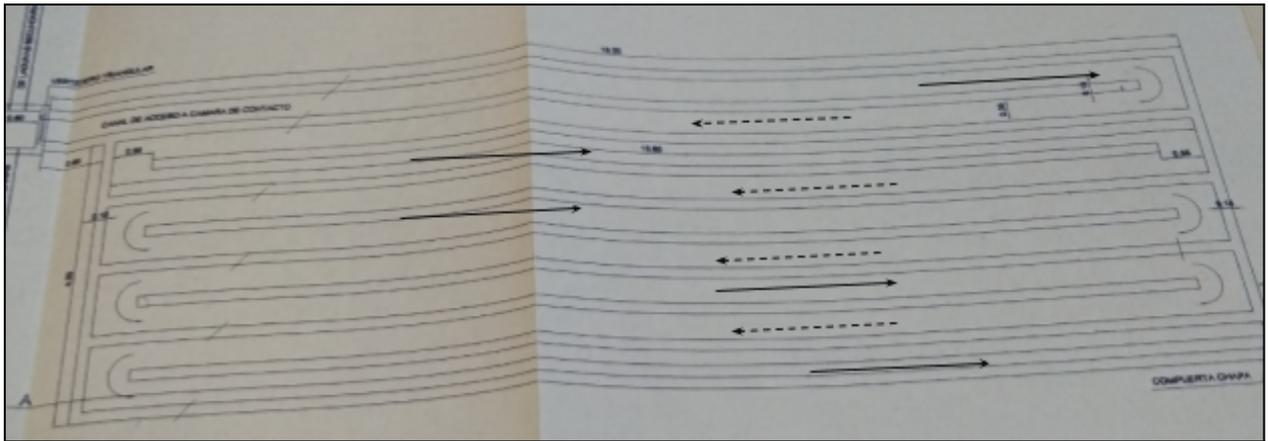


Figura 1.10.5: Diseño de la cámara de contacto, donde las flechas muestran el sentido del flujo de los efluentes. Fuente: Planos del diseño de la planta de tratamiento.

Finalmente, cabe mencionar que la planta de tratamiento de efluentes no cuenta con un sistema de remoción de nutrientes específicos como fósforo y nitrógeno. Es decir, no posee un sistema terciario de tratamiento, con excepción de ser sometido a desinfección.

1.10.1 Batimetría

En el año 2017 la Secretaría de Ambiente realizó la única medición de la altura de lodos en las lagunas primarias. Para ello, se relevaron 33 puntos en cada una de las lagunas. Asimismo, se construyó una balsa con el fin de recorrer las unidades y medir la altura de los lodos en cada punto.

Para el recorrido de las lagunas se trazó una transecta longitudinal y 33 transectas horizontales, cada una de aproximadamente 6 m. En cada intersección entre las transecta horizontal y vertical se midió el volumen de lodos; otorgando 33 puntos de muestreo en cada una de las lagunas.

En cuanto a la laguna denotada como N° 1, el promedio de la altura de lodos reportado fue de 0,72 m, mientras que para la laguna denotada como N°2 el promedio de la altura de lodos reportado fue de 0,30 m.

Según las dimensiones de las lagunas primarias, mencionadas previamente, el volumen de lodos reportado para la laguna N° 1 fue de $7.540,91 \text{ m}^3$, mientras que el volumen de lodos reportado para la laguna N° 2 fue de $3.027,27 \text{ m}^3$; otorgando un volumen total de $10.568,18 \text{ m}^3$ de lodos.

Dichos volúmenes fueron estimados, idealizando las lagunas como paralelepípedos de 210 y 200 m de longitud (para la laguna N°1 y N°2, respectivamente), 50 m de ancho y el promedio de los lodos, obtenida en cada una de las lagunas de tratamiento, como altura.

1.10.2 Reportes del estado de la planta

En un proyecto realizado en el año 2017 por la Dirección de Medio Ambiente de la localidad, llamado "Acondicionamiento (de las) Piletas de Efluentes Cloacales", en el cual se solicita financiamiento para la deshidratación de lodos y acondicionamiento de las lagunas al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la nación, se realiza un reporte del estado actual de las unidades de tratamiento para ese entonces.

En particular, en dicho informe, se describe el estado de la planta como bueno a regular, mencionando que si bien en ese momento las lagunas se encontraban en funcionamiento, su capacidad se había visto superada por aproximadamente el doble de los usuarios para los cuales habían sido proyectadas en el año 1999. Además, se describen como problemáticas actuales: 1) la falta del control, mantenimiento y realización de análisis periódicos, 2) el desmoronamiento en varios sectores de los bordes de las lagunas y severas rupturas en las membranas impermeables, 3) la falta de un cerco perimetral adecuado en el sector y 4) acumulación de sólidos en el fondo de las lagunas primarias, los cuales eran visibles a simple vista en ciertos sectores debido a la gran altura de la deposición alcanzada.

Además, en este estudio se menciona que el último mantenimiento registrado data del año 2005, durante el cual se vació y reparó una membrana de una de las lagunas primarias.

Finalmente, cabe destacar que en este proyecto de solicitud para el financiamiento, se proponen dos medidas de remediación al estado de las unidades de tratamiento:

- Medida de remediación 1: se propone un sistema de deshidratación de lodos mediante el uso de un tubo geotextil, llamado MacTube®. Dicho producto emplea una técnica que consiste en conducir, mediante bombeo, los lodos por el tubo geotextil. Los sólidos quedan retenidos dentro del tubo, mientras que el líquido es evacuado por ser permeable al material geotextil. Estos regresan a las unidades de tratamiento.

Como ventaja de esta alternativa del tratamiento de lodos, se menciona que tanto la contención como la deshidratación de los lodos, tienen lugar en un sólo proceso.

- Medida de remediación 2: se propone el desagote de las lagunas que presentan desmoronamientos y rupturas de membrana. Esto se realizaría a través del bombeo del líquido hacia trincheras impermeabilizadas, a fin de poder ingresar a fortalecer taludes y de otros sitios donde la membrana se halla deteriorada. Se reemplazaría la membrana deteriorada con una nueva de 1,5 mm de espesor.

Además, se propone la plantación de árboles en cercanías a todo el cerco perimetral romboidal, a fin de que generen una barrera visual y al olor, y la reutilización del agua para el riego de dichos árboles.

1.11 Objetivos e hipótesis

1.11.1 Objetivo General

- Realizar un relevamiento ambiental y proponer un plan de mitigación aplicable al canal receptor de aguas residuales domésticas ubicado en la localidad de Sarmiento, Chubut.

1.11.2 Objetivos Específicos

- Realizar un relevamiento ambiental sobre el canal a fin de identificar los impactos negativos que lo afectan.
- Realizar un análisis cuantitativo de los impactos negativos⁶ identificados durante el relevamiento.
- Proponer un plan de mitigación para los impactos ambientales negativos identificados durante el relevamiento.

⁶ Se analizarán los impactos posibles de cuantificar analíticamente.

1.11.3 Hipótesis

- Dado el relevamiento, el canal receptor de aguas residuales domésticas requerirá la implementación de un plan de mitigación, cuya finalidad sea atenuar los impactos ambientales negativos encontrados durante el relevamiento.

2. Normativa aplicable

2.1 Normativa Nacional

Dentro de la normativa nacional, se encuentra el artículo 41 de la Constitución Nacional Argentina, el cual declara el derecho de los habitantes a un ambiente sano, equilibrado y apto para el desarrollo, tal que satisfaga las necesidades presentes como futuras. Asimismo, establece a los habitantes el deber de preservar el ambiente. Finalmente, establece la obligación de recompensar en caso de daño al ambiente, según lo establezca la ley.

A nivel nacional también se encuentran legislados los niveles guía de calidad para agua de irrigación y bebida para el ganado. Estos son competentes con la temática de aguas residuales domésticas, ya que en caso de que se proyecte el reúso de ellas para el riego de cultivos, bebida del ganado u otros, deben ser considerados. Asimismo, poseen relevancia en cuanto a la evaluación de los parámetros en el uso no formal de aguas residuales.

Los niveles guía de calidad de irrigación y bebida para el ganado se encuentran en el Decreto Reglamentario N° 831/93 Anexo II, tabla I de la Ley 24.051/91, a la cual adhiere la provincia del Chubut mediante la Ley 3.472. En particular se regulan sólo contaminantes químicos inorgánicos.

Los valores regulados para los distintos contaminantes se muestran en el Anexo II A del presente proyecto final.

2.2 Normativa Provincial

Dentro de la normativa provincial que regula el recurso agua, se encuentra la Constitución de la Provincia del Chubut, en la cual se destaca el Artículo 101, que establece que son dominio del Estado las aguas públicas situadas dentro de su jurisdicción, que tengan o adquieran aptitud para satisfacer usos de interés general.

Otra normativa tuitiva a los cursos de aguas superficiales que se encuentra, es la Reglamentación Parcial de la Ley XI N° 35 “Código Ambiental de la Provincia del Chubut”, mediante el Decreto N° 1.540/16. Esta reglamentación parcial aplica al Título II, Capítulo I y al Título III, Capítulo I, del Libro Segundo de la mencionada ley; y son regulados por los anexos A, B y C del decreto reglamentario.

Los artículos de mayor relevancia, en cuanto a la temática que compete al presente trabajo, abordados en el Título II, Capítulo I: "De las medidas protectivas", Libro Segundo, son:

Artículo 38: declara obligatoria la adopción de medidas para preservar la calidad natural de los cursos de aguas superficiales y subterráneas.

Artículo 39: prohíbe arrojar desechos que puedan degradar el ambiente de forma incipiente, irreversible, corregible o perjudicar a la salud pública, a toda persona física o jurídica.

Artículo 41: prohíbe a entidades públicas y privadas, así como a particulares, evacuar efluentes de cualquier origen a cuerpos de aguas, sin que sean sometidos a tratamientos que le permitan mantener sus parámetros dentro de lo establecido por las normas de calidad, según tipo de cuerpo de agua correspondiente.

Respecto a los artículos desarrollados en el Título III, Capítulo I: "De los vertidos al mar", Libro Segundo, estos no tienen implicancia en el tema abordado en el presente trabajo.

En cuanto a los artículos de interés que se mencionan en el anexo A del decreto reglamentario, se distinguen los siguientes:

Artículo 1: plantea el objetivo del anexo, que es establecer obligaciones a Titulares y Operadores de fuentes emisoras de efluentes residuales líquidos, en los que se abarca a las aguas residuales.

Artículo 3: establece que los Titulares y Operadores deben cumplir con límites de descargas a cuerpos de agua que figuran en el Anexo II, Tabla I del decreto reglamentario. Asimismo, establece que los Titulares y Operadores que no estén en condiciones de cumplir con los parámetros establecidos en el mencionado anexo, deben acordar con la Autoridad de Aplicación un régimen de adecuación a través de la suscripción un Convenio de Gestión de Permiso de Vertido de Efluentes Líquidos, conforme la Ley XVII N° 88, Artículo 120; contemplando un cronograma de tareas asociadas a la adecuación del sistema de tratamiento de efluentes y pago de Canon Anual de Sostentamiento para la Preservación del Recurso Hídrico.

Artículo 7: establece que para realizar una descarga de efluentes líquidos a cuerpos hídricos debe acreditarse su tratamiento a nivel primario, secundario y terciario, según lo establecido en el Anexo II, Tabla II del decreto reglamentario.

Artículo 8: establece que el caudal promedio diario de efluentes líquidos vertidos a un curso de agua permanente, no puede exceder el 4% del caudal crítico.

Artículo 10: establece que los efluentes que posibiliten la vida de organismos patógenos deben ser tratados según el artículo 7.

Artículo 11: establece que los efluentes transportados en camiones atmosféricos deben descargarse en sitios con tratamiento aptos para la depuración de estos. Además, responsabiliza al Estado Municipal a proponer a la Autoridad de Aplicación sitios y modalidades de disposición, en caso de no existir planta de tratamiento de aguas residuales en el sitio generador.

Artículo 19: establece que las descargas de efluentes líquidos deben estar sujetas al Anexo II, Tabla I del Anexo A del Decreto Provincial, y que los parámetros deben verificarse por una cámara de Toma de Muestras en cada establecimiento, así como en el punto de descarga.

Artículo 20: establece que la concentración de un determinado analito debe ser tal, que fuera de la zona de mezcla, no supere el nivel guía indicado por la Autoridad de Aplicación.

Artículo 21: establece admisible el exceso de parámetros de vertido en la zona de mezcla; estableciendo que la zona de mezcla en ríos debe ser inferior al valor que resulte de multiplicar 10 veces la longitud del ancho del cuerpo de agua o menor a 1.000 m. Adoptando el valor que resulte menor para el cuerpo en cuestión.

Artículo 25: respetando los parámetros que figuran en el Anexo II tabla I del Decreto Reglamentario, establece que queda prohibido el vertido de efluentes líquidos que contengan residuos flotantes o gruesos, que puedan producir perturbaciones o contaminación visual.

Artículo 27: prohíbe la descarga de líquidos residuales a cuerpos de agua que impidan o limiten los usos actuales o futuros o que impidan la autodepuración del cuerpo receptor.

Artículo 33: establece que en cada fuente emisora debe existir una cámara para la toma de muestra y medición de caudales. La cámara deberá estar ubicada en el predio de la fuente emisora, en un terreno no inundable y de fácil acceso.

Artículo 38: establece que el Titular u Operador debe presentar un informe del control de efluentes ante la Autoridad de Aplicación. Este informe debe contemplar la forma de muestreo, la cadena de custodia, el protocolo analítico y el informe interpretativo de los resultados. Asimismo,

este informe debe presentarse con la periodicidad requerida según lo autorice el Permiso de Vertido o la Gestión de los Efluentes Líquidos.

Artículo 39: establece que el Titular u Operador debe contar con un libro foliado para el Registro del Efluente, donde se deben registrar los datos de caudal promedio, caudal pico diario vertido al cuerpo receptor, fecha de muestreo, cadena de custodia, otros

Artículo 40: establece que la toma de muestras por parte de la Autoridad de Aplicación debe ser extraída por un empleado o funcionario de la Administración acreditado y analizada por laboratorios oficiales o terceros inscriptos en el Registro Provincial de Laboratorios de Servicios Analíticos Ambientales.

Artículo 43: establece que los métodos de muestreo, preservación de la muestras y actividades afines deben ser realizadas según las normas internacionales estandarizadas o caso contrario, por procedimientos desarrollados y sometidos a la Autoridad de Aplicación.

Artículo 44: establece que si al tomarse una muestra ésta excede los parámetros establecidos en la Tabla I, Anexo II, en un plazo determinado, deberá realizarse un re-muestreo, y los parámetros deberán encontrarse según lo establecido en el Anexo II, Tabla I del Decreto Reglamentario.

Artículo 46: establece que el efluente de una fuente emisora puede ser vertido a una laguna de estabilización, siempre y cuando ésta se adecue a las normas vigentes y requerimientos de la Autoridad de Aplicación.

Artículo 49: regula los vertidos mediante infiltración en terreno. Estos vertidos pueden realizarse siempre y cuando no se encuentre la zona servida por la red colectora y la profundidad de la capa freática y tasa de infiltración lo permitan. Asimismo, deben ajustarse a lo que la Autoridad de Aplicación establezca.

Artículo 50: para los casos mencionados en el artículo anterior, se debe contar con un sistema de tratamiento como cámara séptica o sistema de infiltración en terreno y la presencia de un manto de suelo no saturado.

Artículo 51: establece que para lagunas de infiltración, el tratamiento previo requerido es un tratamiento secundario con desinfección.

Artículo 52: establece que no se admiten sistemas de infiltración en suelos donde la tasa de infiltración sea mayor a 24 minutos por centímetro.

Artículo 56: establece que todas las fuentes emisoras deben presentar un Plan de Monitoreo del efluente tratado, cuerpo receptor y de las variables operativas que garanticen el adecuado funcionamiento del sistema ante la Autoridad de Aplicación.

En cuanto a los límites permisibles en efluentes descargados a un cuerpo receptor hídrico, estos figuran en el Anexo A, Anexo II, Tabla I, del Decreto reglamentario N° 1540/16. Un resumen de los parámetros reglamentados se muestra en la tabla presentada a continuación (tabla 2.2.1), mientras que la totalidad de los parámetros reglamentarios se muestra en el Anexo II B del presente proyecto final.

Parámetro	Unidad	Límite permisible en cuerpo de agua superficial
Color por método espectrofotométrico	Unidades de absorbancia	≤ 1
Olor	-	No se permite el vuelco de efluentes con olores ofensivos.
DBO 5 días, 20°C	mg O ₂ /l	<u>Cuerpos lóxicos:</u> Si el factor de dilución se encuentra entre 25:1 y 40:1, el valor de DBO deberá ser ≤ 20 . Si el factor de dilución es $\geq 40:1$, el valor de DBO deberá ser ≤ 45 . <u>Cuerpos lénticos:</u> ≤ 30
DQO al dicromato de potasio	mg/l	<u>Cuerpos lóxicos:</u> Si el factor de dilución se encuentra entre 25:1 y 40:1, el valor de DBO deberá ser ≤ 100 . Si el factor de dilución es $\geq 40:1$, el valor de DBO deberá ser ≤ 250 . <u>Cuerpos lénticos:</u> ≤ 150
pH	-	6-9
Parámetro	Unidad	Límite permisible en cuerpo de agua superficial

Sólidos suspendidos totales	mg/l	<u>Cuerpos lóaticos:</u> Si el factor de dilución se encuentra entre 25:1 y 40:1, el valor de DBO deberá ser ≤ 20 . Si el factor de dilución es $\geq 40:1$, el valor de DBO deberá ser ≤ 45 . <u>Para cuerpos lénticos:</u> ≤ 30
Temperatura	°C	≤ 30
Fósforo total	mg/l	≤ 1
Nitrógeno amoniacal	mg N-NH ₃ /l	≤ 5
Nitrógeno total	mg N/l	≤ 10
Coliformes totales	NMP/100 ml	≤ 1.000
Coliformes fecales	NMP/100 ml	≤ 250
Huevos de Helmintos	NMP/100 ml	ausencia

Tabla 2.2.1: Límites permisibles en efluentes descargados a un cuerpo receptor hídrico. Resumen Anexo II, Tabla I del Decreto Reglamentario 1540/16. Fuente: Ley XI N° 35.

En cuanto a los artículos de relevancia para el presente proyecto final, que se mencionan en el Anexo B del decreto reglamentario, se distinguen el siguiente:

Artículo 1: aprueba niveles guía de calidad del recurso hídrico para distintos parámetros en función de los usos que se les otorgue. Estos niveles figuran en el Anexo I del Anexo B del decreto reglamentario 1540/16. Para el presente informe tienen implicancia las tablas 6 y 7 contenidas en dicho anexo, que abordan los niveles guía de calidad de agua para bebida de ganado y niveles de calidad de agua para irrigación. No obstante, cabe destacar que estas tablas no regulan los niveles de coliformes totales, DBO, DQO y O₂ disuelto, entre otros de relevancia.

Finalmente, los valores regulados para bebida de ganado e irrigación se muestran en el Anexo II C del presente proyecto.

En cuanto a los artículos de relevancia que se mencionan en el Anexo C del decreto reglamentario, se distingue el siguiente:

Artículo 1: regula mediante las tablas A a H del Anexo I del Anexo C los límites permisibles de parámetros relativos a la calidad de los efluentes para el reuso. Resulta de interés la tabla B de directrices sobre la calidad parasitológica y microbiológica de aguas residuales para uso en agricultura, donde limita el número de coliformes totales de acuerdo al tipo de cultivo y exposición de las personas. Los parámetros más relevantes se resumen en la tabla presentada a continuación (tabla 2.2.2), mientras que su detalle figura en el Anexo II D.

Objeto del reuso	Técnica de riego	Coliformes fecales promedio geométrico NMP/ 100 ml
Riego de cultivos de verduras hortícola se consumen crudos, campos de deporte, parques públicos	Cualquiera	$\leq 10^3$
Riego restringido cereales, cultivos, forrajes, industriales, pasturas y árboles.	Por aspersión	Agricultores, no niños ≤ 15 años y comunidades cercanas: $\leq 10^5$
	Por inundación y por surcos	Agricultores, no niños ≤ 15 años y comunidades cercanas: $\leq 10^3$
	Cualquiera	

Tabla 2.2.2: Resumen de la tabla B, Anexo I, Anexo C del Decreto reglamentario 1540/16. Fuente: Ley XI N° 35.

Asimismo, otra normativa que se encuentra en cuanto a la preservación de los cursos de aguas superficiales es la Ley de Política Hídrica N° 88, la cual establece la creación del Instituto Provincial del Agua (IPA) a través del Artículo 45, estableciéndose la entidad como Autoridad de Aplicación de esta ley mediante el Artículo 46. Los artículos de relevancia que contiene, son los siguientes:

Artículo 2: establece los principios específicos, entre los que se destaca el siguiente:

- a) La preservación del recurso hídrico es una tarea indelegable del Estado Provincial.

Artículo 9: prohíbe en todo el territorio provincial:

- a) Cualquier tipo de contaminación, alteración o degradación de las aguas superficiales y subterráneas.
- b) El vertido, derrame o infiltración, directo o indirecto, de sustancias líquidas, sólidas, desechos o residuos a cuerpos de agua, con excepción de aquellos autorizados por la Autoridad de Aplicación.
- c) La realización de cualquier actividad que pueda alterar, degradar o contaminar el agua y medio circundante.

Asimismo, menciona que corresponde a la Autoridad de Aplicación el cumplimiento y aplicación de las medidas que se mencionan en esta ley.

Artículo 12: establece que el Permiso de Vertido está sujeto al cumplimiento con el adecuado tratamiento de efluentes y requerimientos técnicos aprobados por la Autoridad de Aplicación para toda persona física o jurídica. Asimismo, en caso de no cumplir estos requerimientos, debe suscribirse al Convenio de Gestión de Permiso de Vertido y comprometerse a implementar un sistema de tratamiento de efluentes que adecue los parámetros a la normativa vigente, en un plazo razonablemente fundado.

Artículo 13: establece que los vertidos de efluentes en el dominio público deben cumplir con la periodicidad, caudal y calidad que fije la Autoridad de Aplicación.

Artículo 14: establece que toda persona física o jurídica que realice vuelco de efluentes debe estar inscrita en el Registro Único de Establecimientos a cargo de la Autoridad de Aplicación y según los requisitos de información que imponga.

Artículo 15: establece tres categorías en las que las personas físicas o jurídicas pueden estar inscritas en el Registro Único de Establecimientos: a) Establecimientos que cuenten con el Permiso de Vertido, b) Establecimientos suscritos al Convenio de Gestión de Permiso de Vertido, que deberán adecuar el tratamiento a fin de cumplir con los parámetros establecidos por esta ley.

Artículo 17: da a la Autoridad de Aplicación la facultad de imponer zonas de protección hídrica en el perímetro de cuerpos hídricos naturales o artificiales superficiales o subterráneos, a efectos de regular las actividades que allí se realicen y evitar alteraciones y degradaciones en el cuerpo de agua, a fin de procurar la protección y calidad de estos. Además, la Autoridad de Aplicación tiene

la facultad de imponer restricciones o la adopción de medidas correctoras sobre todas las actividades que puedan causar daño o deterioro en los cuerpos de agua involucrados.

Artículo 19: acepta como parte integral del tratamiento de aguas residuales el reúso con tratamiento complementario en suelo y plantación de cultivos restringidos. El sitio donde se realiza el reúso de las agua residuales recibe el nombre de "Área de Cultivos Restringidos Especiales"; siendo, la Autoridad de Aplicación quién otorga los permisos para el reúso y establece las condiciones de uso y calidad de aguas residuales para dicha actividad.

Artículo 45: crea el Instituto Provincial del Agua.

Artículo 46: establece que las funciones que competen al IPA son:

- a) Ser la Autoridad de Aplicación de la presente ley.
- b) Formular y coordinar el Plan Hídrico Nacional.
- c) Elaborar el Informe Hídrico Anual.
- d) Otros.

2.3 Normativa Municipal

Dentro de la normativa Municipal, se encuentra la Carta Orgánica de la Ciudad de Sarmiento, en la cual se encuentran los siguientes artículos de interés en lo que compete a temáticas ambientales. A saber:

Artículo 70: declara que el Estado municipal dicta normas que impidan verter sin tratamiento previo todo tipo de contaminante a desagües pluviales, canales u otros.

Asimismo, establece que el Estado Municipal dicta normas que aseguren el correcto funcionamiento, según la ley vigente en lo que respecta a la limitación y sanción de la contaminación visual.

Artículo 78: declara que el Municipio participa activamente y promueve la Gestión Integral de la Cuenca Hídrica Río Senguer, dentro de la jurisdicción del ejido, en coordinación con el Estado Nacional y el Estado Provincial.

Artículo 80: establece que mediante una ordenanza, toda obra o actividad pública o privada, que por su magnitud o impacto modifique el ambiente dentro de la jurisdicción municipal, debe contar con una evaluación de impacto ambiental previa.

Artículo 81: establece que debe dictarse una ordenanza a fin de mitigar los impactos negativos en el ambiente. Esta debe permitir identificar pasivos ambientales y obligar a recomponer sitios contaminados con riesgo para la población. Establece que quienes están obligados a recomponer son los sujetos titulares de las acciones que causen daño y/o los propietarios del inmueble en caso de que no se halle el titular.

Artículo 82: establece que el Estado Municipal garantiza dentro del Poder Ejecutivo y bajo su dependencia directa, un área cuya función es ejercer el rol de autoridad de aplicación, garantizando su funcionamiento y recursos presupuestarios que permitan la ejecución. Este área ejercerá el rol de policía haciendo cumplir la Carta Orgánica.

Artículo 83: establece que por ordenanza se crea un fondo ambiental destinado a garantizar la calidad ambiental, prevención y mitigación de efectos nocivos y peligrosos sobre el ambiente, atención a emergencias, protección y preservación de los sistemas biológicos y ecosistemas.

No se han encontrado ordenanzas expedidas relativas a aguas residuales, atenuación de sus impactos u otros.

3. Metodología

Con la finalidad de lograr atender a los objetivos planteados en el apartado previo, se desglosó el objetivo general en dos partes, considerándose una primera etapa de relevamiento ambiental sobre el canal y una segunda etapa asociada al plan de mitigación. De esta manera quedaron definidos dos importantes apartados, para conducir hacia el logro del objetivo general. Estos fueron:

1) Relevamiento ambiental sobre el canal: comprende a los dos primeros objetivos específicos (relevamiento ambiental sobre el canal y análisis cuantitativo de los impactos negativos, respectivamente).

2) Plan de mitigación: comprende al tercer objetivo específico (plan de mitigación).

3.1 Relevamiento ambiental sobre el canal

Para las actividades de relevamiento, resultó práctico dividir el segmento del canal de drenaje en cinco subsegmentos, según se encuentren dentro o fuera del área de influencia (ver figura 1.9.3).

De esta manera quedaron definidos los siguientes subsegmentos:

- 1) segmento correspondiente a terreno municipal dentro del área de influencia.
- 2) segmento correspondiente a terreno municipal fuera del área de influencia.
- 3) segmento correspondiente al Terreno Privado 1 fuera del área de influencia.
- 4) segmento correspondiente a terreno del Ejército Militar fuera del área de influencia.
- 5) segmento correspondiente a Terreno Privado 2 fuera del área de influencia.

El relevamiento ambiental sobre el canal tuvo por finalidad la caracterización del cuerpo de agua y la estimación de la magnitud de los impactos viables⁷ de ser cuantificados. Para ello se definieron una serie de actividades, que dan lugar a los distintos subapartados dentro del presente apartado. Estas fueron: 3.1.1) Relevamiento ambiental dentro del área de influencia, 3.1.2) Relevamiento ambiental fuera del área de influencia, 3.1.3) Consulta de estudios realizados, 3.1.4) Propuesta de plan de muestreo, 3.1.5) Resultados de muestreos y análisis y 1.6) Análisis del sistema de tratamiento

⁷ Se consideran viables de cuantificar aquellos impactos que, por la demanda de recursos económicos y tiempo que requieren para su análisis, resultan factibles de abordar.

3.1.1 Relevamiento ambiental dentro del área de influencia

Primeramente, el relevamiento del canal dentro del área de influencia se distingue del relevamiento fuera del área de influencia debido a que la primera abarca los impactos negativos potencialmente más significativos que afectan al cuerpo de agua. Estos son: la deposición de residuos sólidos sobre el canal y el ingreso de efluentes cloacales sobre el canal. Ambos de importancia de analizar a fin de evaluar en qué magnitud impactan el cuerpo receptor. Además del análisis de estos impactos, se consideró de importancia caracterizar la morfología, caudal y velocidad del canal. Estos parámetros son de relevancia debido a que podrían ser aplicables a los métodos seleccionados para la implementación del plan de mitigación sobre el canal.

Entonces, a fin de relevar el canal en el área de influencia (segmento correspondiente a terreno municipal dentro del área de influencia): 1) se identificó y registró el vuelco de efluentes sobre el canal de manera fotográfica y escrita, 2) se observó de manera visual la magnitud de los residuos depositados sobre el cuerpo de agua, registrándose de manera escrita, 3) se caracterizaron las distancias en las cuales tenían lugar los impactos sobre el canal en el segmento bajo estudio, registrándose de manera escrita, 4) se estimaron parámetros en el segmento bajo estudio y 5) se identificaron y evaluaron impactos negativos que pudieran ser provocados por el vertedero municipal, mediante una visita a este sitio. Cada uno de estos apartados dieron lugar a un relevamiento que se enumera de manera análoga a la presentada recientemente. En cada uno de los relevamientos se registraron las condiciones meteorológicas a través del servicio del clima The Weather Channel.

3.1.2 Relevamiento ambiental fuera del área de influencia

A fin de realizar el relevamiento sobre el canal en los alrededores, es decir, fuera del área de influencia (segmentos 2,3,4 y 5): 1) se observó la magnitud de la coloración sobre el cuerpo de agua en cada segmento de manera visual, 2) se observó la magnitud de los residuos depositados sobre el cuerpo de agua en cada segmento, de manera visual y 3) se evaluaron otros posibles

impactos ambientales provocados por o sobre los segmentos del canal estudiados mediante el relevamiento a pie, identificando estos sitios de manera visual.

De esta manera, para evaluar los mencionados aspectos, se llevó a cabo un relevamiento en cada segmento fuera del área de influencia. Asimismo, con la finalidad de que la nomenclatura de los relevamientos fuera del área de influencia sea análoga a la empleada en el relevamiento dentro del área de influencia, se dividió el relevamiento en 5 partes. Ésta última parte difiere de la demás ya que consistió en la transcripción de las entrevistas realizadas a vecinos de estos terrenos. En dichas entrevistas se les consultó acerca de sus perspectivas respecto del impacto de los efluentes y los residuos sobre el canal, y cómo ello afectaba a su terreno y oportunidades de desarrollo.

Las condiciones meteorológicas registradas, en cada relevamiento, fueron consultadas a través del servicio del clima The Weather Channel.

3.1.3 Consulta de estudios previos

Debido al vuelco de efluentes sobre el cuerpo receptor, se realizó la búsqueda de estudios previos llevados a cabo sobre los efluentes y/o sobre el cuerpo receptor, con la finalidad de conocer la magnitud en la que se encontraban los parámetros físicos, químicos y biológicos de estos. Por lo tanto, se realizó el contacto con entidades responsables de realizar estudios sobre el punto de vertido de efluentes y el cuerpo receptor. Una vez encontrados, se analizaron los estudios proporcionados y se interpretaron. Seguidamente, se consultó con las personas implicadas en tales estudios respecto de los sitios de muestreo seleccionados.

3.1.4 Propuesta de plan de muestreo

Debido a la falta de estudios que reporten la magnitud de los parámetros DBO, DQO, fósforo y nitrógeno en el apartado previo, se identificó la necesidad de llevar a cabo una serie de muestreos de estos parámetros sobre: 1) el punto de salida de efluentes cloacales, 2) el punto de ingreso de afluentes y 3) el cuerpo receptor de efluentes. Además de los parámetros mencionados, se optó

por evaluar los parámetros microbiológicos, a pesar de que poseían estudios en algunos de estos puntos.

Para lograr realizar los muestreos de manera adecuada y que resulten representativos del sistema evaluado, se diseñó un plan de muestreo para los sitios de interés mencionados. Para la realización de los planes de muestreo se comenzó por investigar acerca de muestreos de aguas residuales y de canales o cuerpos de aguas similares, como arroyos. Una vez obtenida esta información se diseñaron los planes de muestreo.

Cada uno de los planes diseñados constó en los siguientes subapartados:

- Propósito del muestreo.
- N° de muestras a tomar.
- Parámetros a analizar.
- Tipo de muestra y muestreo
- Otras observaciones
- Localización del sitio y punto de muestreo.

Por otra parte, la importancia del muestreo sobre efluentes radica en la evaluación de los parámetros de vuelcos, a fin de averiguar la magnitud en la que están siendo arrojados al cuerpo receptor.

La importancia del muestreo sobre afluentes es que brindan un panorama acerca del estado de ingreso de estos; permitiendo la comparación con los parámetros de los efluentes de salida. De esta manera, se puede evaluar la eficiencia de las unidades de tratamiento, entre otros.

Finalmente, la importancia del muestreo sobre el cuerpo receptor es que permite evaluar la calidad de agua del cuerpo. Esto es de mayor importancia para parámetros biológicos, los cuales podrían presentar riesgos en las poblaciones que utilizan el recurso.

3.1.5 Implementación del plan de muestreo

De la totalidad de los planes diseñados, se realizó la implementación de 2: para efluentes y para el cuerpo receptor. La transcripción de su implementación consta de los siguientes ítems:

- Muestreo, que describe el proceso que se realizó para la toma de las muestras, considerando el plan de muestreo propuesto en la sección previa.
- Identificación de las muestras

- Materiales.

El plan de muestreo en afluentes no fue realizado debido al costo económico que suponía el número de muestras a evaluar si se lo contemplaba. Además, este muestreo representa menor importancia respecto de los restantes para el logro del objetivo planteado en el presente proyecto (en el cual se plantea el relevamiento, análisis de impactos negativos y un plan de mitigación en el cuerpo de agua receptor).

Los planes de muestreo implementados comprendieron solamente la recolección de la muestra, así como su cadena de custodia, mientras que los análisis realizados sobre las muestras fueron competencia del laboratorio seleccionado para realizarlo. Dicho laboratorio brindó el material en las condiciones necesarias y adecuadas para el muestreo, junto a especificaciones requeridas.

El laboratorio encargado del análisis de muestras fue siempre el mismo, empleando la misma metodología aceptada académicamente.

Las condiciones meteorológicas contempladas a registrar en la implementación del plan de muestreo dependieron de los instrumentos de medición disponibles. De esta manera, en caso de omisión de alguna variable meteorológica, se asocia a la imposibilidad de medición de ella.

Finalmente, se analizaron las debilidades y fortalezas del tipo de muestreo empleado.

3.1.6 Resultados de muestreos y análisis

Los resultados de muestreos y análisis consistieron en la transcripción de los datos obtenidos durante la implementación de cada uno de planes de muestreo realizados y de los datos resultantes del análisis de laboratorio. En particular se transcribieron las condiciones meteorológicas y la información de las muestras obtenidas los días de toma de muestras.

El apartado de implementación de muestreos y análisis se dividió en 2 secciones: 1) Resultados del plan de muestreo en efluentes y 2) Resultados del plan de muestreo sobre el cuerpo de agua.

Por último, cada una de estas secciones de implementación de muestreo de efluentes o sobre el cuerpo de agua se encuentra subdividida en: condiciones meteorológicas, temperatura, caudal (sólo para efluentes), transcripción de datos y resultados de los análisis.

3.1.7 Análisis del sistema de tratamiento de efluentes

Para el análisis del sistema de tratamiento de efluentes, primeramente se investigó acerca del diseño de las unidades de tratamiento. Además, se consultaron reportes y estudios llevados a cabo en ellas. Se entrevistó a personas allegadas al labor en unidades de tratamiento a fin de comprender mejor los reportes o estudios llevados a cabo, así como de conocer sus experiencias. Los resultados de estas actividades sirvieron como información soporte para la realización del proyecto, siendo transcritas en el apartado de marco teórico.

Por otra parte, se realizó una visita a las unidades de tratamiento con la finalidad de indagar acerca del estado actual de ellas y analizar si su situación era similar a la reportada por informes anteriores, expedidos por la entidad responsable del área ambiental a nivel municipal. Esto se realizó mediante el registro fotográfico y la observación visual.

Finalmente, se indagó acerca de factores que puedan influir en la ineficiencia del tratamiento, seleccionando como aspectos más relevantes la eficiencia en la remoción de DBO de la planta de tratamiento y la altura y distribución de lodos.

El apartado de sistema de tratamiento quedó constituido por los siguientes subapartados: 1) estado actual de la planta (refiere a las unidades de tratamiento) y 2) factores que condicionan el funcionamiento de la planta de tratamiento.

3.2 Propuesta plan de mitigación

Para la realización de la propuesta de un plan de mitigación se establecieron tres líneas de acción, y en base a ellas se seleccionaron actividades que puedan responder al alcance de cada una. Las líneas de acción propuestas se presentan a continuación:

Línea de acción I: evitar reproducir los impactos negativos sobre el cuerpo receptor de efluentes. Estuvo orientada a proponer actividades que fueran capaces de producir la interrupción de los factores que ocasionan los impactos ambientales negativos, es decir, la deposición de los RSU sobre el cuerpo receptor y el vuelco de efluentes con parámetros fuera de los límites permitidos por la normativa aplicable.

Línea de acción II: atenuar los impactos negativos sobre el cuerpo receptor de efluentes.

Estuvo orientada a proponer actividades que fueran capaces de disminuir los impactos negativos sobre el canal, es decir, lograr la remoción de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) depositados sobre el canal y la remoción de nutrientes que se encuentren en exceso en el cuerpo receptor.

Línea de acción III: considerar factores no técnicos⁸.

Estuvo orientada a proponer actividades que fueran capaces de contemplar factores no técnicos, que influyen o pueden influir en el desarrollo del plan de mitigación y el éxito de su implementación.

Las actividades seleccionadas para responder a las líneas de acción se presentan en el apartado de resultados y fueron seleccionadas mediante investigación bibliográfica, en función de la practicidad y viabilidad de aplicación, recursos necesarios, eficacia que otorgan al implementarlas y aplicabilidad en el sitio.

⁸ Se consideran factores no técnicos porque no presentan un procedimiento de cómo incluirlos en el plan de mitigación o proyecto, sino que deben surgir y evolucionar en función de ellos mismos, contemplando la realidad y aplicabilidad en la comunidad.

4.Resultados

4. 1 Relevamiento sobre el canal

4.1.1 Relevamiento ambiental dentro del área de influencia

El relevamiento dentro del área de influencia consistió en el recorrido de esta zona así como en el del segmento del canal que la atraviesa. Se recorrió una totalidad de aproximadamente 1,2 kilómetros en 5 partes. Cada una de ellas proporciona mayor información.

Las observaciones realizadas en estas instancias se resumen en la figura 4.1.1.1, mientras que son descritas con posterioridad.

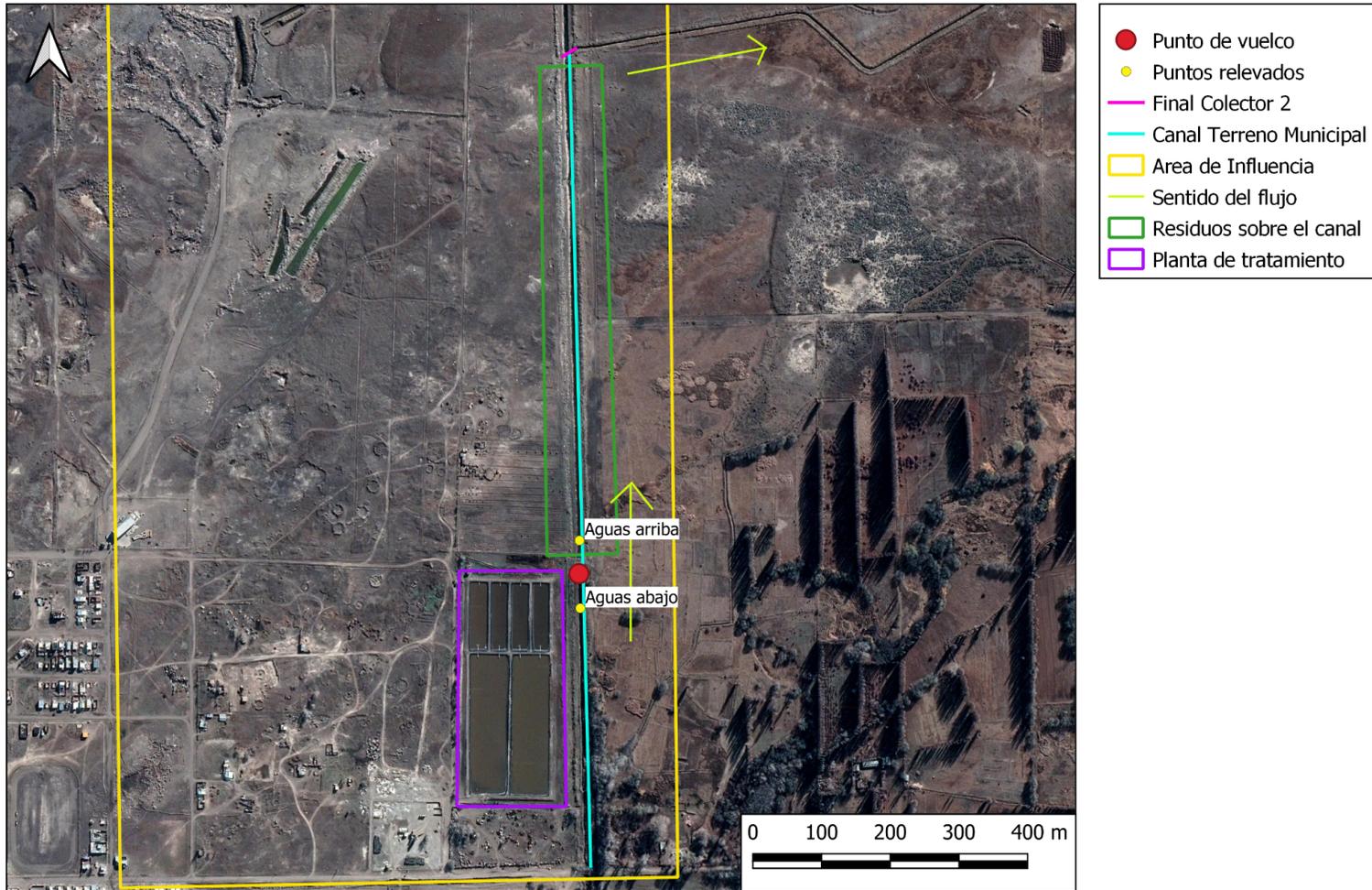


Fig. 4.1.1.1: Aspectos de interés para la interpretación del relevamiento dentro del Área de influencia I. En celeste el segmento relevado. Fuente:propia

Parte I

Se realizó el día 23 de marzo de 2021 a las 15:06 hs. Las condiciones meteorológicas registradas al momento del recorrido fueron de 17°C la temperatura y 7 km/h la velocidad del viento, en dirección oeste.

Durante este primer relevamiento se identificó que los efluentes tratados en las unidades de tratamiento eran vertidos al canal de drenaje, el cual también es utilizado como canal de riego para la producción de productos vegetales, forraje y bebida de ganado por algunos propietarios de terrenos que carecen de otra fuente de agua para estas actividades.

El canal se determinó como artificial y no impermeabilizado. Además, se observó una coloración verdosa de los efluentes, lo que se interpretó como un indicio potencial de la baja eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de los efluentes. La coloración observada en los efluentes coincidía con la coloración del agua del canal aguas abajo del punto de vuelco. En contraposición, la coloración del agua del canal aguas arriba del punto de vuelco, cambiaba drásticamente, tornándose cristalina (figura 4.1.1.2).

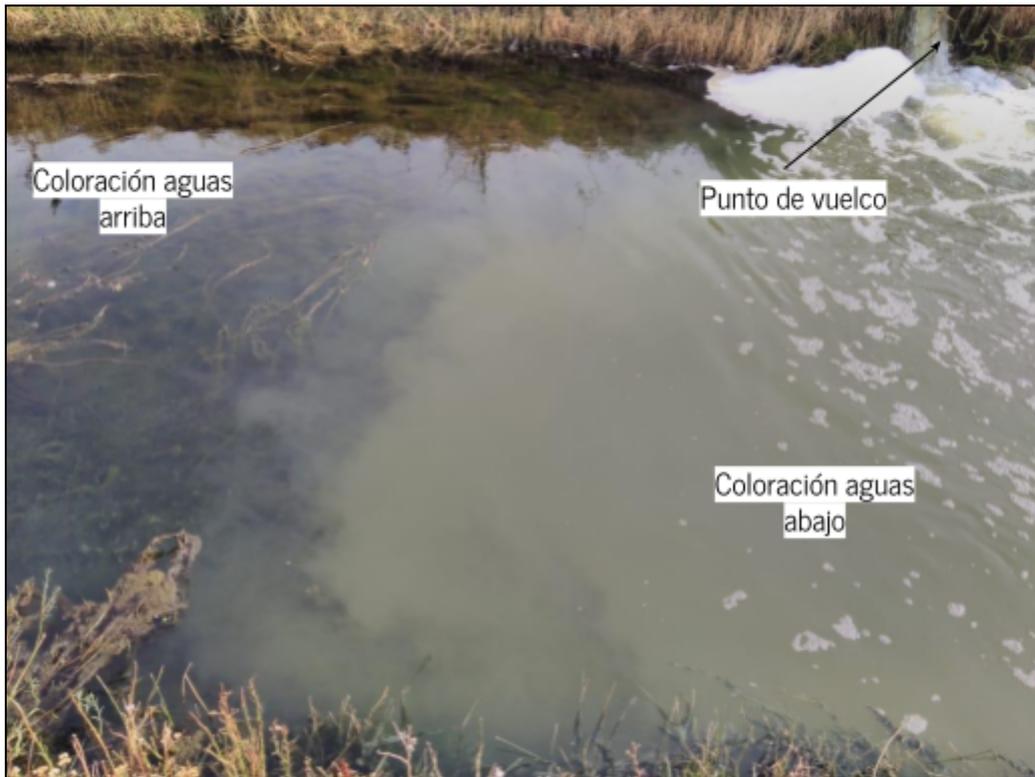


Figura 4.1.1.2: Diferencia en las tonalidades de la coloración aguas arriba del punto de vuelco en contraste con la coloración aguas abajo del punto de vuelco. Fuente: propia. Fecha de captura: 8/05/21.

Asimismo, a diez metros debajo del punto de vuelco se notó que las rocas poseían una película de color verde que las recubría. Mediante el uso de guantes, se tomaron algunas rocas, las cuales se percibieron resbalosas al tacto (figura 4.1.1.3).



Figura 4.1.1.3: Película verde que recubre las rocas a 10 m aguas abajo del punto de vuelco. Fuente: propia. Fecha de captura: 8/05/21.

Finalmente, en este segmento del canal el olor proveniente de las unidades de tratamiento es muy fuerte, siendo más penetrante a la altura del punto de vuelco. Además, el olor es más intenso en aquellas zonas ubicadas a sotavento del punto de vuelco, las cuales en general se ubican en dirección este y sureste, por predominancia del viento en las direcciones opuestas.

Parte II

Se realizó el día 24 de marzo de 2021 a las 10:08 hs. Durante este relevamiento se inició el registro de impactos ambientales del canal que atraviesa el área de influencia.

Las condiciones meteorológicas registradas al momento del recorrido fueron de 18°C la temperatura, mientras que el viento se percibió como "calma".

El segmento del canal en cuestión, recibe directamente el impacto del vertido de los efluentes cloacales provenientes de las unidades de tratamiento, mientras que también es receptor de los residuos sólidos urbanos provenientes del vertedero municipal, ubicado a aproximadamente 600 metros, que son transportados por acción del viento hasta el canal. Más información acerca del vertedero, su gestión y el transporte de residuos hasta el canal se menciona posteriormente.

Finalmente, otro impacto que se presenta es la desviación del cauce original del canal a través de una interrupción en el sentido natural del fluido a la altura de la finalización del "Colector 2". Dicho aspecto adquiere menor relevancia que la desviación del sentido del flujo en un cauce natural debido a que el canal y su cauce son artificiales, por lo que no se ha producido ninguna alteración natural, la cual sí puede conllevar efectos negativos más significativos por alteración del ecosistema natural.

El primer impacto ambiental se registra a una distancia de unos 430 m desde el punto de acceso (ver figura 1.9.4), donde se encuentra ubicado el **punto de vuelco** de efluentes.

Asimismo, a 14 m del punto de vuelco de efluentes se halla un puente de concreto a partir del cual se comienza a observar una considerable cantidad de residuos sólidos inorgánicos acumulados. Estos llegan a cubrir totalmente el área transversal superficial del canal en algunas zonas (figuras 4.1.1.4 y 4.1.1.5). Los residuos depositados provienen del vertedero municipal que, por transporte del viento, son depositados sobre el canal debido a que es una zona de depresión en el terreno. La acumulación de residuos sólidos sobre el canal no se debe a la disposición de estos por parte de la población.



Figura 4.1.1.4: Residuos inorgánicos sobre el curso de agua. Fuente: propia. Fecha de captura 31/07/21.



Figura 4.1.1.5: Residuos inorgánicos sobre el curso de agua y alrededores. Fuente: propia. Fecha de captura: 31/07/21.

A 800 m del punto de vuelco, se encuentra la interrupción del cauce natural del canal, a través de un terraplén de tierra (figura 4.1.1.6), que impide que el agua fluya en dirección *norte*, conforme al diseño original; desviando el curso del agua en sentido *este*. Es decir, en algún momento, el canal y los efluentes corrían en dirección norte, siendo descargados en el Río Falso Senguer. No obstante, pobladores rurales de la zona realizaron una desviación en el canal a fin de poder aprovechar el agua del canal como recurso para el desarrollo de sus actividades.

Cabe destacar que el agua es un recurso limitado en estas zonas, donde la escasez de agua se acentúa hacia zonas litorales. De esta manera, si el canal no fuera desviado en dirección este, los campos ubicados hacia la zona litoral se verían privados de agua. Asimismo, si bien existen aguas subterráneas, no existe la posibilidad de su uso para el aprovechamiento como recurso ya que suele presentar salinidad, la cual es aún mayor en las zonas con mayor escasez de agua, según información proporcionada por 2 propietarios de los terrenos relevados.



Figura 4.1.1.6: Obstrucción de tierra que impide el flujo del agua en sentido norte. Fuente: propia. Fecha de captura: 8/05/21.

Finalmente, a 40 m desde la obstrucción de tierra, en dirección este, se encuentra un alambrado que delimita el primer terreno privado, denotado como Terreno Privado 1. Al acceder a dicho terreno se pudo observar que durante los próximos 500 a 600 m, la coloración del agua no varía con respecto de la coloración del agua inmediatamente debajo del punto de vuelco.

Parte III

Se realizó el día 19 de abril de 2021 a las 11:15 hs. La temperatura registrada fue de 14°C y la velocidad del viento de 13 km/h, en dirección oeste.

En esta oportunidad, se continuó con el registro de impactos ambientales que tienen lugar dentro del Área de Influencia. En esta ocasión, se registraron las distancias a las que se encuentran los montículos de residuos situados en el vertedero municipal, cuyos componentes derivan sobre el cuerpo receptor.

Las observaciones encontradas en estas dos oportunidades se resumen en la figura presentada a continuación (figura 4.1.1.7), mientras que se describen con posterioridad.

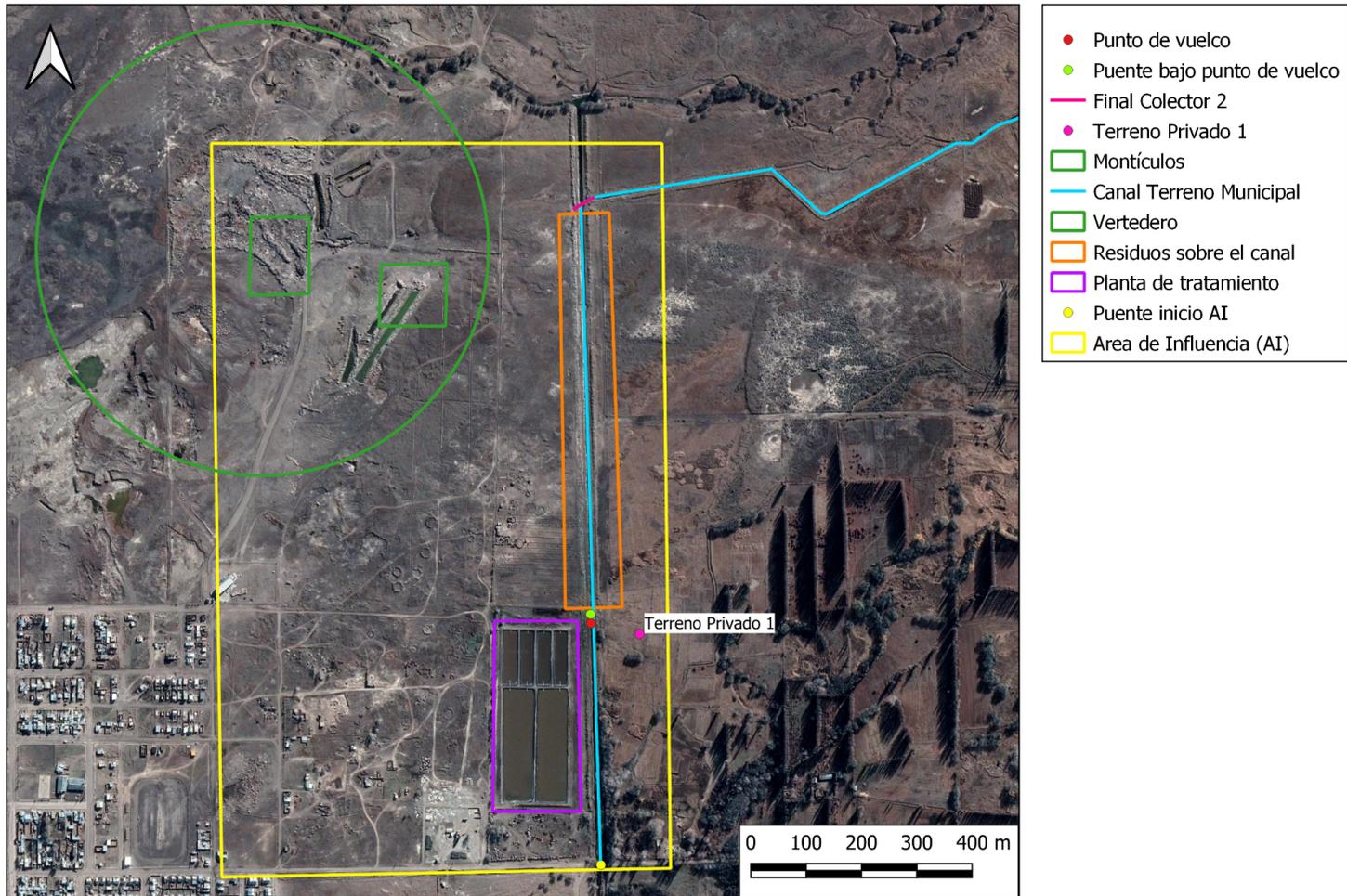


Figura 4.1.1.7: Aspectos de interés para la interpretación del relevamiento dentro del Área de influencia. II Fuente: propia.

Asimismo, como puede observarse a partir de la imagen, se encontraron principalmente dos focos de acumulación de residuos. El montículo que se encuentra más al oeste en la figura 4.1.1.7, se encuentra ubicado a aproximadamente 550 m en dirección este del cuerpo receptor. Éste montículo presenta, en general, residuos de carácter, forestales, agrícolas y chatarra. Aunque, pueden observarse algunos residuos de tipo domiciliarios. Mientras, el restante montículo, de menor magnitud, se encuentra ubicado a aproximadamente 400 m en dirección este del cuerpo receptor y presenta residuos de tipo domiciliarios.

Parte IV

De manera previa a los relevamientos llevados a cabo dentro del área de influencia, se llevaron a cabo dos relevamientos en el vertedero municipal. El vertedero municipal recibe principalmente los residuos domiciliarios de la localidad de Sarmiento, los cuales se estiman en aproximadamente 17 Tn diarias de residuos, según informes de caracterización de residuos llevados a cabo por Secretaría de Ambiente en el año 2016, y estimaciones de la población actual. Asimismo, éste no cuenta con un alambrado perimetral que impida el acceso a personas al sitio.

El primer relevamiento fue realizado el día 1/03/21 a las 9:48 horas. Las condiciones meteorológicas para este relevamiento fueron:

Temperatura: 23° C máxima pronosticada; 14°C, mínima pronosticada fue de 14°C.

Viento: se percibió como calma

El ingreso al sitio se realizó en vehículo particular. Se notó que en la entrada al vertedero no se pide registro de las personas que ingresan nombre, razón por la que se ingresa, ni tipo de residuos con el que se ingresa. Asimismo, se observó la presencia de aproximadamente 9 vehículos particulares en el sitio.

Desde la entrada al vertedero municipal hasta el punto donde termina el camino de acceso hay aproximadamente 500 m de distancia. En ese punto se observa el montículo ubicado más al oeste, según la figura 4.1.1.7, el cual tiene aproximadamente 2 m de altura sobre el nivel del suelo y 250 m de largo. Dicho montículo se encuentra a aproximadamente 500 m del cuerpo receptor.

Sobre su parte posterior se pudo observar la presencia de residuos agrícolas dispuestos (figura 4.1.1.8). Mientras, que otro tipo de residuos que se observan son de carácter forestal, chatarra y domiciliarios.



Figura 4.1.1.8 Residuos de carácter agrícola sobre la parte posterior del montículo de residuos. Fuente: propia. Fecha de captura: 01/03/21.

A ambos lados de este montículo de residuos se encuentran dos caminos de acceso: uno hacia la derecha y uno hacia la izquierda. Estos caminos fueron relevados el día 23/03/21 a las 10:06 horas. Las condiciones meteorológicas para este relevamiento fueron de:

Temperatura: 17°C al momento del relevamiento.

Velocidad del viento: 7 km/h en dirección oeste.

Respecto del camino ubicado al oeste del montículo, se halla una zona activa de trabajo. En esta zona se realizan cavas en el suelo de aproximadamente 2, 5 m de profundidad, en las cuales se puede observar el afloramiento de agua subterránea (figura 4.1.1.9). El destino de estas cavas es la disposición final de los residuos que llegan al vertedero municipal, los cuales son depositados

en las cavas y cubiertos con tierra, de manera tal que los residuos no afloren a la superficie. Según lo comentado por el trabajador que realizaba las cavas durante el relevamiento, se pretende continuar realizando cavas y enterramiento de residuos en dirección este (figura 4.1.1.10). En esta ocasión el tipo de residuos de los cuales se estaba realizando enterramiento, corresponden a residuos forestales, chatarra y algunos de tipo domiciliarios.

Cabe destacar que el afloramiento de la capa freática a la altura de 2 a 2,5 m de profundidad es reportado de manera directa por los vecinos que habitan en zonas cercanas al sitio y en diagnósticos sobre el estado del vertedero municipal realizados por la Secretaría de Ambiente de la Municipalidad de Sarmiento. Además, la localización de la capa freática a esta profundidad es reportada a través de la utilización de métodos indirectos en un estudio llevado a cabo por estudiantes avanzados de la carrera de Geología, dictada en la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, localizada en la localidad de Comodoro Rivadavia (Anexo III).

La disposición de los residuos en cavas permite el contacto íntimo entre los residuos que llegan al vertedero municipal y el agua subterránea.

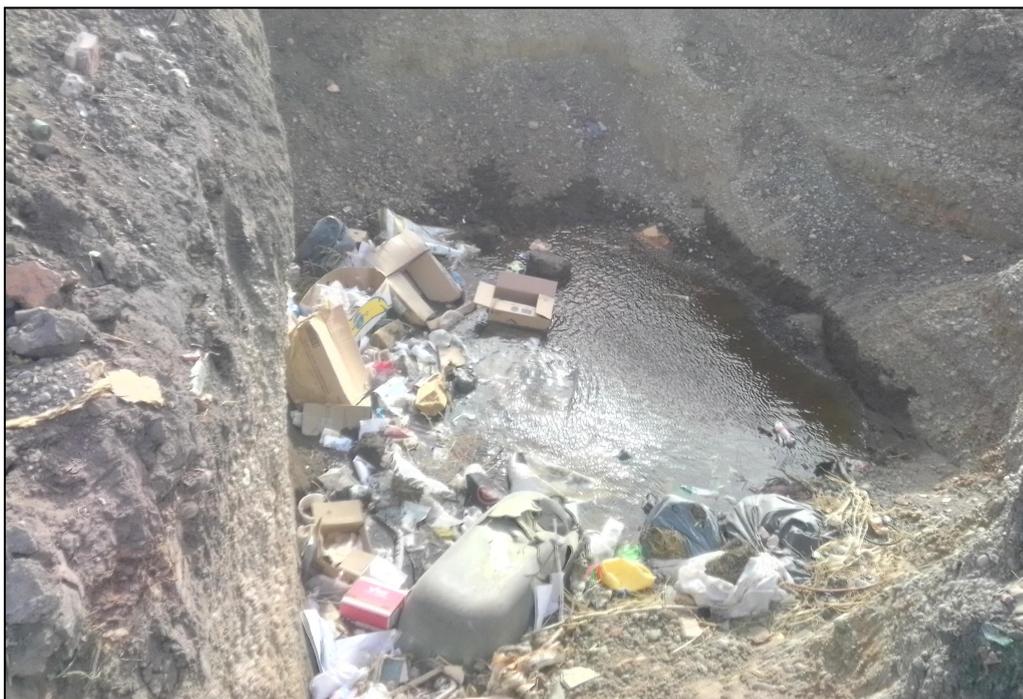


Figura 4.1.1.9: Afloramiento de la capa freática en las cavas de disposición final de residuos. Fuente: propia. Fecha de captura: 23/03/21.



Figura 4.1.1.10: Suelo post enterramiento de residuos que se extiende en dirección este. Por debajo del nivel topográfico se hallan residuos depositados y cubiertos. Fuente: propia. Fecha de captura: 23/03/21.

Las observaciones del día 23/03/21 no distaron de las observaciones del día 01/03/21. El modo de ingreso fue el mismo. En esta oportunidad, tampoco se realizó el registro del ingreso de vehículos y nuevamente se pudo observar una cantidad de autos similar a la observada en el primer relevamiento. Dichos vehículos se encontraban trasladando residuos para ser depositados en el sitio, mientras otros vehículos se encontraban estacionados, a la vez que sus propietarios se encontraban recolectando materiales desde los residuos depositados. Estas actividades son llevadas a cabo en el ala este del vertedero, donde se depositan los residuos más recientes y, en general, de carácter domiciliario (montículo ubicado más al *este*, según la figura 4.1.1.7).

También se pudo registrar la ocurrencia de un incendio en el vertedero. Estos suelen ser reportados como frecuentes por los vecinos de la zona.

En esta ocasión, el material incinerado se encontraba aledaño a los residuos más recientemente depositados, y correspondía a residuos tipo chatarra y aerosoles (figura 4.1.1.11 y 4.1.1.12)



Figura 4.1.1.11: Magnitud del incendio en el ala este. Fuente: propia. Fecha de captura: 23/03/21.



Figura 4.1.1.12: Residuos incinerados (latas, vidrios y aerosoles). Fuente: propia. Fecha de captura 23/03/21.

Cabe destacar que durante la trayectoria de los siguientes relevamientos, como en los que tuvieron lugar los días 19/04/21 y 24/04/21, se regresó al lugar y realizó un relevamiento visual del sitio. Las características mencionadas persisten hasta el día de la fecha y coinciden con los datos reportados por los vecinos que habitan en sus cercanías.

Parte V

Se realizó el día 31 de julio de 2021 a las 13:40 hs. La temperatura fue de 5°C y la velocidad del viento de 13 km/h en dirección noroeste.

En esta oportunidad se determinaron algunos parámetros pertinentes al canal en el segmento ubicado dentro del área de influencia. En particular, se determinó la longitud transversal, profundidad, caudal y la morfología del canal.

Longitud y profundidad

El canal posee una longitud transversal de 5 m y una profundidad aproximada de 0,6 m, según tres mediciones llevadas a cabo en este segmento mediante mira estadimétrica.

Caudal

La medición se llevó a cabo sobre un puente ubicado a 15 metros bajo el punto de vuelco. Dicho puente resultó de utilidad para la realización del experimento porque está constituido por un conducto cilíndrico a través del cual fluye el agua, proporcionando un área transversal cuyo cálculo se encuentra bien definido, respecto de un área transversal más amorfa.

El diámetro del cilindro que atraviesa este puente es de 1 m. Sin embargo, el pelo de agua se encontraba a 20 cm sobre la base del conducto cilíndrico. Además, posee una distancia longitudinal de 8,20 m.

Para la realización del experimento de medición de caudal, una persona se situó a un extremo del puente, mientras que otra persona se situó en el extremo opuesto. La persona de uno de los extremos dejó caer tres varillas de madera de lenga comercial de 44 cm^3 , desde uno de los extremos del puente, en tres momentos diferentes. Mientras, la otra persona ubicada en el extremo opuesto del puente, registraba el tiempo en el que se arrojaba cada pieza de madera y el tiempo en el que aparecía la pieza de madera en el extremo opuesto del puente, las cuales eran arrastradas por el sentido del flujo.

Cabe mencionar que para la determinación del caudal se esperó a que el viento se encuentre en calma, debido a que ese día el viento soplaba en dirección opuesta al flujo del canal, de manera que el experimento fue llevado en las condiciones más próximas a la calma posibles. Además, el flujo por el conducto bajo el puente posee mayor velocidad que el canal en sí, debido a que el área se reduce en esta zona (en una magnitud de 5 veces). Por lo tanto, la velocidad del agua en esta zona es lo suficientemente elevada para compensar una ráfaga de viento de velocidad moderada como la que se presentaba el día de la medición. Finalmente, el día de medición del caudal fue seleccionado por motivos de posibilidad de traslado al sitio.

El caudal fue estimado según la ecuación $Q = A \cdot v = A \cdot \frac{d}{ti}$, donde el A, representa el área transversal del cilindro que atraviesa el puente, d, representa la distancia recorrida por las varillas

de lenga; en este caso la distancia longitudinal del puente, 8,20 metros. Y, finalmente, ti representa cada uno de los tiempos que tardaron en recorrer la distancia longitudinal del puente cada varilla.

Los datos y cálculos asociados a la determinación del caudal se muestran a continuación:

Tiempos registrados:

$$t_1 = 14,51 \text{ s}$$

$$t_2 = 14,00 \text{ s}$$

$$t_3 = 14,26 \text{ s}$$

Área de medición de caudal:

El área atravesada por el flujo de agua puede ser estimada como el área transversal del conducto cilíndrico que atraviesa el puente subsuperficialmente, la cual se define como: $A = \pi \cdot (r)^2$. Reemplazando los datos en la ecuación se obtiene que: $A = \pi \cdot (0,5 \text{ m})^2 = 0,79 \text{ m}^2$, donde el radio corresponde al radio del conducto cilíndrico que atraviesa el puente en el que fue llevado a cabo el experimento de medición del caudal.

Debido a que el pelo de agua se encontraba a 0,2 cm de altura respecto de la base del conducto cilíndrico, se debió estimar el caudal de acuerdo al porcentaje de ocupación del área del cilindro atravesada por el flujo del agua del canal. Para ello, se supone el área estimada como el 100% del área o área total, mientras que el área ocupada por el fluido se supone como 20% de ese área. De esta manera, el área atravesada por el agua del canal en el cilindro es $0,15 \text{ m}^2$.

Con el área estimada y reemplazando los valores de distancia y tiempo, según la ecuación de caudal proporcionada, puede obtenerse el caudal para cada tiempo registrado como:

$$Q_1 = 0,15 \text{ m}^2 * \frac{8,20 \text{ m}}{14,51 \text{ s}} = 0,08 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_2 = 0,15 \text{ m}^2 * \frac{8,20 \text{ m}}{14 \text{ s}} = 0,09 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_3 = 0,15 \text{ m}^2 * \frac{8,20 \text{ m}}{14,26 \text{ s}} = 0,09 \text{ m}^3/\text{s}$$

Finalmente, puede obtenerse el promedio del caudal del canal para el tramo de pertenencia municipal, y la fecha en la que fue realizado el experimento, estimando la media y el desvío para las tres observaciones realizadas utilizando la calculadora en su modo estadístico:

$$\text{> } Q = (0,09 \pm 0,01) \text{ m}^3/\text{s}$$

Finalmente, esta estimación representa el caudal para el instante en el cual tuvo lugar el relevamiento. Para que la estimación del caudal del canal resulte más representativa se

recomienda la realización de otras mediciones con instrumentación más precisa como caudalímetro.

Morfología

Pudo ser relevada a través de mediciones realizadas en distintos puntos del canal (7 en total). La medición de estos puntos se realizó en el tramo de pertenencia municipal subsiguiente al sitio donde se encuentra el terraplén de tierra, el cual se encuentra seco. No obstante, hasta el año 2019, según informes de la Secretaría de Ambiente de la localidad, el canal recorría este segmento, derivando en el Río Falso Senguer. Por lo tanto, es probable que este tramo se haya realizado en la misma época que el canal que transporta agua actualmente. De la misma manera, es probable que las dimensiones sean las mismas. Por estas razones, se supuso esta zona como un área representativa del canal en el tramo municipal, despreciando los efectos de erosión que hayan sido producidos por los vientos en el canal, y los desmoronamientos de tierra que puedan haber ocurrido.

Los datos relevados se muestran en el diagrama de la figura 4.1.1.13, mientras que el sitio donde se relevaron los puntos se muestra en la figura 4.1.1.14.

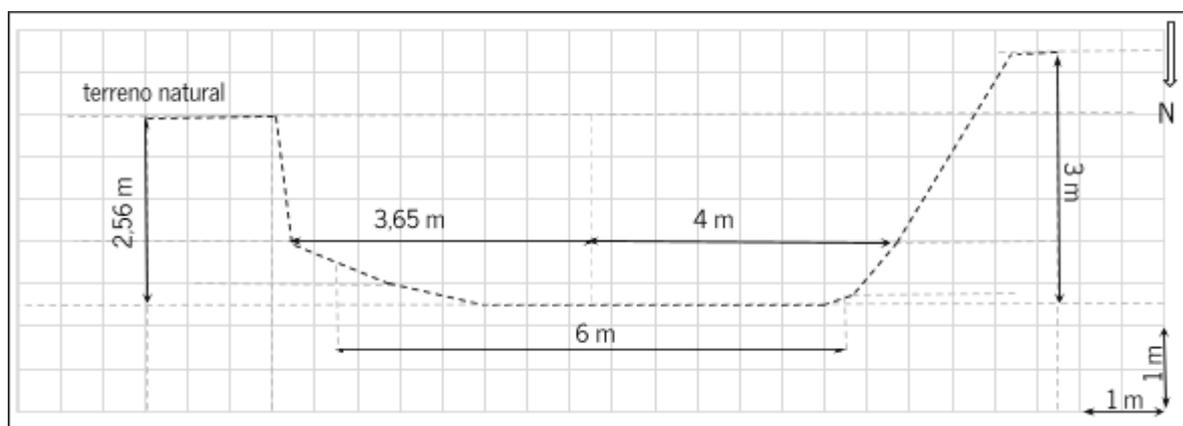


Figura 4.1.1.13: Morfología aproximada del canal. Fuente: propia.

Asimismo, sobre el margen derecho del diagrama se puede apreciar la disposición de tierra sobre el terreno natural (figura 4.1.1.14).



Figura 4.1.1.14: Sitio donde se relevaron los puntos para determinar la morfología del canal. Fuente: propia. Fecha de captura: 31/07/21.

4.1.2 Relevamiento ambiental fuera del área de influencia

El relevamiento fuera del área de influencia consistió en el recorrido de los segmentos del canal ubicados en zonas periféricas a éstas. Se recorrieron una totalidad de aproximadamente 5,9 kilómetros luego del área de influencia y 1,3 kilómetros previos al área de influencia. Dichos relevamientos se realizaron en 4 partes.

Parte I

Se realizó el día 8 de mayo de 2021 a las 14: 15 hs. La temperatura registrada fue de 17 °C y la velocidad del viento de 27 km/h, en dirección oeste.

En esta oportunidad se realizó un relevamiento sobre el segmento del canal de pertenencia privada, ubicado inmediatamente al área de influencia y denominado como "Canal Terreno Privado 1". La distancia recorrida en esta oportunidad fue de aproximadamente 1,8 km.

Los aspectos relevantes encontrados en esta oportunidad se presentan en la figura 4.1.2.1., mientras que las descripciones asociadas se presentan posteriormente.

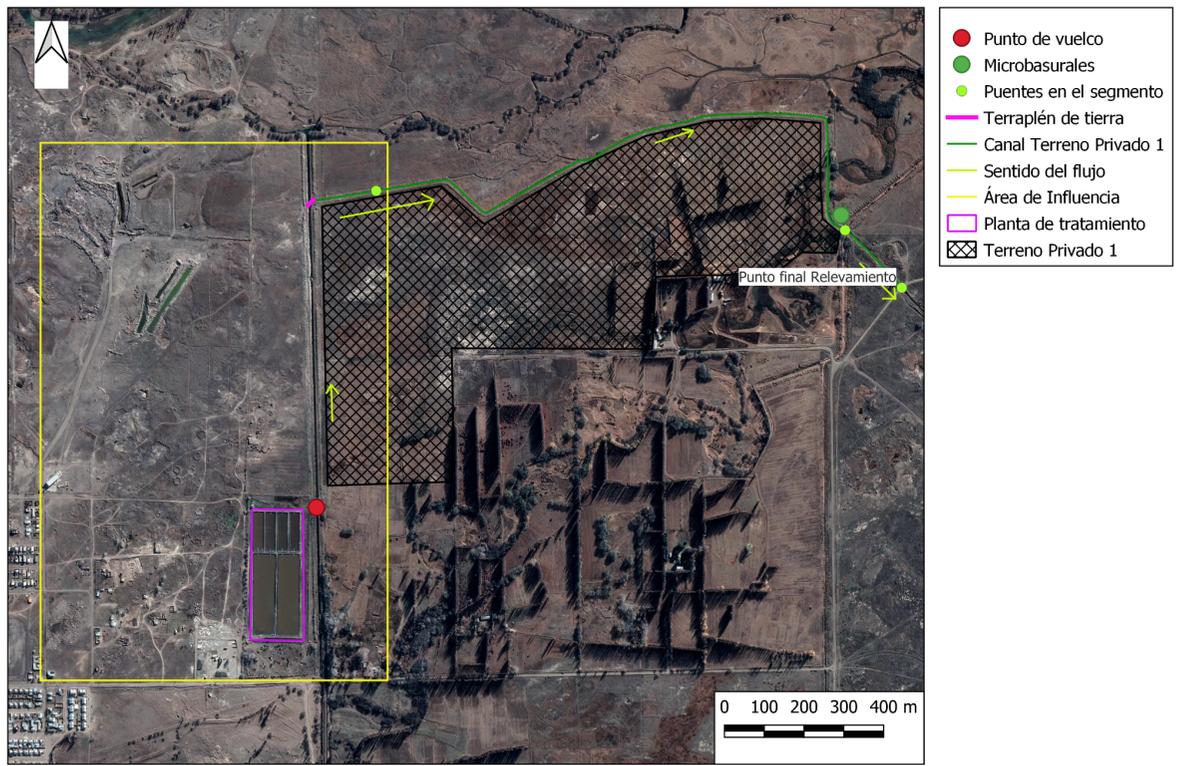


Figura 4.1.2.1: Aspectos de interés para la interpretación del relevamiento fuera del Área de influencia. En verde segmento relevado. Parte I. Fuente: propia.

Durante este relevamiento se recorrieron 1871 m desde el terraplén de tierra. En la totalidad del recorrido se encontró que la coloración del agua no variaba de manera significativa o detectable a simple vista respecto de la coloración del agua en el segmento ubicado dentro del área de influencia (figura 4.1.2.2).



Figura 4.1.2.2: Coloración verdosa en el punto final del recorrido. Se observa la misma coloración que en el tramo de pertenencia municipal. Fuente: propia. Fecha de captura: 08/05/21.⁹

Este segmento se encuentra menos impactado por residuos sólidos, respecto del segmento relevado dentro del área de influencia. En particular, se observa que los residuos se acumulan cada cierta distancia. Luego hay un trayecto del canal que carece significativamente de residuos, hasta que se vuelve a observar una nueva acumulación de ellos (figura 4.1.2.3). Asimismo, se pueden observar algunos microbasurales en ciertos puntos del trayecto (figura 4.1.2.4).

⁹ A partir de esta figura, las flechas presentadas sobre el curso del canal representarán el sentido del fluido.



Figura 4.1.2.3: Residuos inorgánicos sobre el curso de agua segmento perteneciente al Terreno Privado 1. Fuente: propia. Fecha de captura 08/05/21.

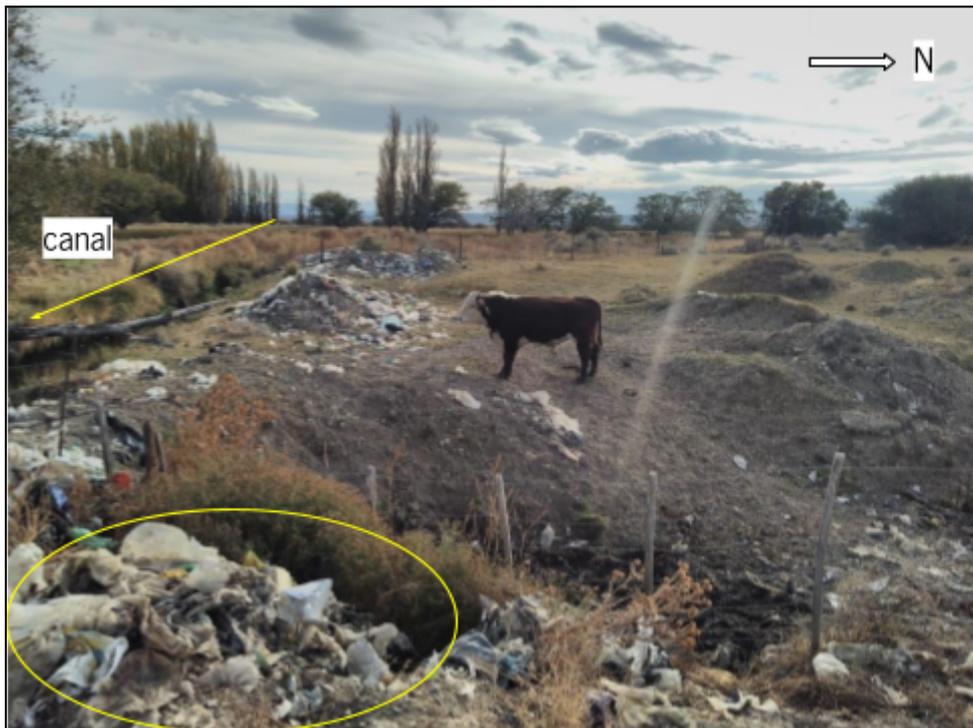


Figura 4.1.2.4: Microbasural aledaño al curso de agua (en amarillo). Fuente: propia. Fecha de captura: 08/05/21.

Respecto de los parámetros del canal en este segmento relevado, el área decrece significativamente respecto del segmento ubicado en el área de influencia. El ancho del curso de agua en este segmento es, en general, de 2,6 m medidos a través de mira estadimétrica, mientras que el segmento del área de influencia posee un ancho de 5 m, en promedio. No obstante hay ciertos lugares del Terreno Privado 1 en los que el canal se ensancha considerablemente, sobre todo, en los sitios donde se encuentran puentes.

Asimismo, se pueden encontrar dos puentes en este segmento, uno ubicado a unos 1684 m desde el terraplén de tierra y otro puente ubicado en el punto que conecta este terreno con el lindante. Estos puntos son de interés porque representan un acceso fácil al canal en el caso de implementar un muestreo sobre él.

Por otro lado, la profundidad medida en tres puntos de este segmento, a través de mira estadimétrica, dio como promedio 0,65 m.

Parte II

Se realizó el día 7 de junio de 2021 a las 15:30 hs, en compañía de personal del regimiento por motivos de protocolos de seguridad requeridos por la unidad. La temperatura registrada fue de 12 °C y la velocidad del viento de 37 km/h, en dirección oeste.

En esta oportunidad se recorrió el segmento del canal perteneciente al Regimiento de Infantería Mecanizada N° 25. La distancia recorrida fue de aproximadamente 2,5 km. El segmento relevado en esta oportunidad se muestra en la figura 4.1.2.5, mientras que las observaciones halladas se describen posteriormente.



Figura 4.1.2.5: Aspectos de interés para la interpretación del relevamiento fuera del Área de influencia. En anaranjado segmento relevado. Parte II. Fuente: propia.

En la totalidad de la distancia que abarca el segmento del canal ubicado en el predio del regimiento: 2350 m, medidos según la herramienta de medición de Google Earth, las características del color del agua del canal no varían apreciablemente respecto de los segmentos previamente relevados (figura 4.1.2.6 y 4.1.2.7).



Figura 4.1.2.6: Coloración del canal a aproximadamente 400 m del terraplén de tierra. Fuente: propia. Fecha de captura: 07/06/21.



Figura 4.1.2.7: Coloración del canal a aproximadamente 2050 m del terraplén de tierra. Fuente: propia. Fecha de captura: 07/06/21.

En cuanto a los residuos se pudo observar una acumulación en el punto inicial y en el punto final del segmento relevado (figura 4.1.2.8).



Figura 4.1.2.8: Residuos en el punto final del relevamiento¹⁰. Aproximadamente a 2375 m del punto de inicio del relevamiento. Fuente: propia. Fecha de captura: 07/06/21.

Además de observar el estado del canal, también se indagó acerca del sistema de red cloacal y sistema de tratamiento de efluentes en el regimiento, a fin de conocer si los efluentes eran enviados a la planta de tratamiento de aguas residuales de la localidad.

Respecto del sistema de red cloacal, el barrio del Regimiento cuenta en su totalidad con pozos ciegos. Estos están conectados por 8 líneas principales, 4 en el sector norte del barrio y 4 en el sector sur del barrio. Por motivos de confidencialidad, no se muestra una imagen del sistema de red cloacal.

Las líneas principales de transporte de efluentes cloacales convergen hacia una cámara de sedimentación, donde se les realiza un tratamiento primario. En esta cámara, los sólidos son sedimentados, mientras que el líquido pasa a un tratamiento secundario, con posterior dosificación con hipoclorito de sodio. Seguidamente, este efluente es volcado al ambiente dentro

¹⁰ El sitio presentado en la imagen coincide con el punto de inicio del siguiente relevamiento.

del predio del regimiento, sin ser volcado al canal¹¹. Mientras, que los sólidos generados en la cámara de sedimentación son tratados mediante la adición de cal y depositados en el ambiente, posteriormente.

Además de la cámara principal, existen cámaras colectoras más pequeñas, las cuales están ubicadas en los nodos de las líneas principales que acarrean los líquidos cloacales. Estas son limpiadas cada miércoles, con la finalidad de que los efluentes fluyan mejor hacia la cámara de sedimentación. Parte de los efluentes y lodos extraídos de estas cámaras son transportados por camiones atmosféricos a la planta de tratamiento de efluentes de la localidad. Esta información fue proporcionada por un vecino del barrio Regimiento que participa activamente en la gestión de la limpieza de las líneas cloacales.

Finalmente, cabe destacar que los efluentes generados en el regimiento, salvo por el caudal de las cámaras menores ubicadas en los nodos de las líneas principales, son tratados y dispuestos en el terreno del Ejército.

Parte III

Fue realizado el día 4 de octubre de 2021 a las 11:38 hs. La temperatura fue de 12°C al momento del relevamiento, con temperatura máxima pronosticada de 14°C y mínima de 3°C. La velocidad del viento fue de 29 km/h en dirección noroeste. El día se percibió nublado y sin precipitaciones.

En esta oportunidad, se realizó un relevamiento en el segmento del canal perteneciente al Terreno Privado 2. La distancia fue de aproximadamente 1,6 km.

Los aspectos relevantes encontrados durante este relevamiento se resumen en la figura 4.1.2.9, mientras que se detallan posteriormente.

¹¹ No fue factible obtener información acerca del procedimiento de vertido de efluentes al ambiente.

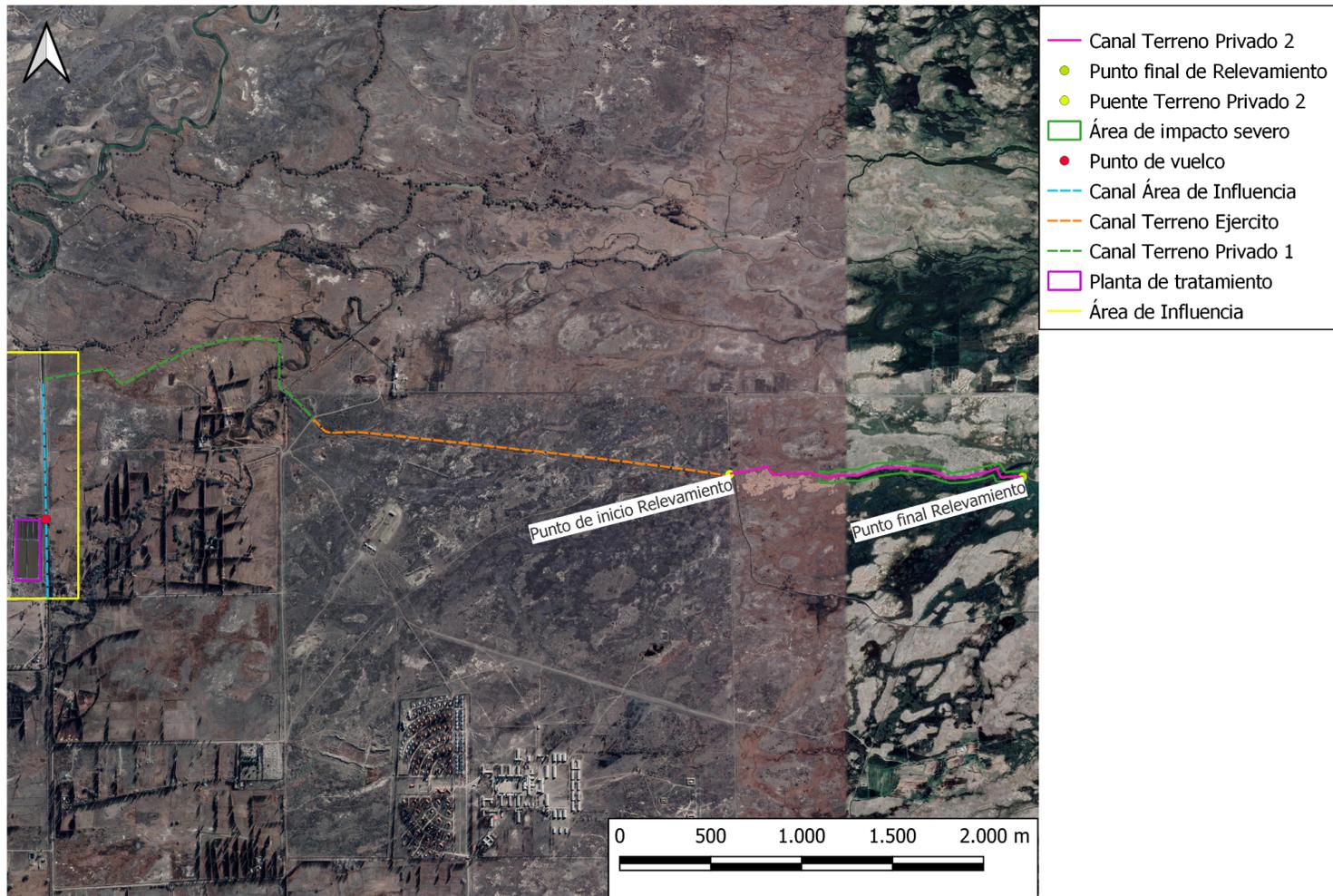


Figura 4.1.2.9: Aspectos relevantes para comprender el relevamiento fuera del área de influencia. En fucsia segmento relevado. Parte III. Fuente: Propia

La coloración del agua no varió respecto de los tramos previos recorridos en el total de la distancia recorrida, aproximadamente 1,60 km, según la herramienta de medición de Google Earth.

En el punto final de relevamiento, el canal comienza a ramificarse en pequeños cauces, que se difunden y pierden en el terreno. No obstante, pueden llegar a surgir unos 50 m más adelante, y finalmente volver a difundirse en el terreno.

El canal posee una distancia transversal de aproximadamente 2,08 m y una profundidad de 0,67 m. En los últimos 50 m se estrecha a una longitud de la mitad de la inicial.

Respecto de los residuos, en este segmento del canal, el impacto ambiental es severo. Se observa la predominante deposición de residuos tipo plásticos en la totalidad del trayecto recorrido (figura 4.1.2.10 y figura 4.1.2.11). Dicho impacto se acentúa debido a la presencia de ejemplares bovinos que pastan y beben agua del sitio, quienes suelen ingerir los restos plásticos, accidentalmente, al alimentarse. En concordancia con este hecho, se observó la presencia de un llamativo número de ejemplares bovinos muertos, al menos 6 ejemplares en cercanías del arroyo (figura 4.1.2.12). Asimismo, se observó la presencia de residuos incinerados a las orillas del canal (figura 4.1.2.13).



Figura 4.1.2.10: Residuos depositados a orillas del canal en el punto final del relevamiento; aproximadamente 1,60 km desde el límite con el terreno que pertenece al Regimiento. Fuente: propia. Fecha de captura: 4/10/21.



Figura 4.1.2.11: Residuos tipo plásticos a orillas del canal a aproximadamente 1,2 km desde el límite con el terreno que pertenece al Regimiento. Fuente: propia. Fecha de captura: 4/10/21.



Figura 4.1.2.12: Residuos incinerados a orillas del arroyo a aproximadamente 1,3 km desde el límite con el terreno que pertenece al Regimiento. Fuente: propia. Fecha de captura: 4/10/21.



Figura 4.1.2.13: Restos de un ejemplar bovino muerto en el canal. Fuente: propia. Fecha de captura: 04/10/21.

Parte IV

El día 14 de agosto de 2021 a las 13:55 horas, se realizó un relevamiento en el segmento del canal ubicado al sur del área de influencia. Se recorrieron 1,3 km previos a éste área.

Las condiciones meteorológicas al momento del relevamiento fueron de 6°C la temperatura, mientras que el viento se percibió como calma.

Las observaciones encontradas en este segmento se resumen en la figura 4.1.2.14, mientras que son descritas con posterioridad.

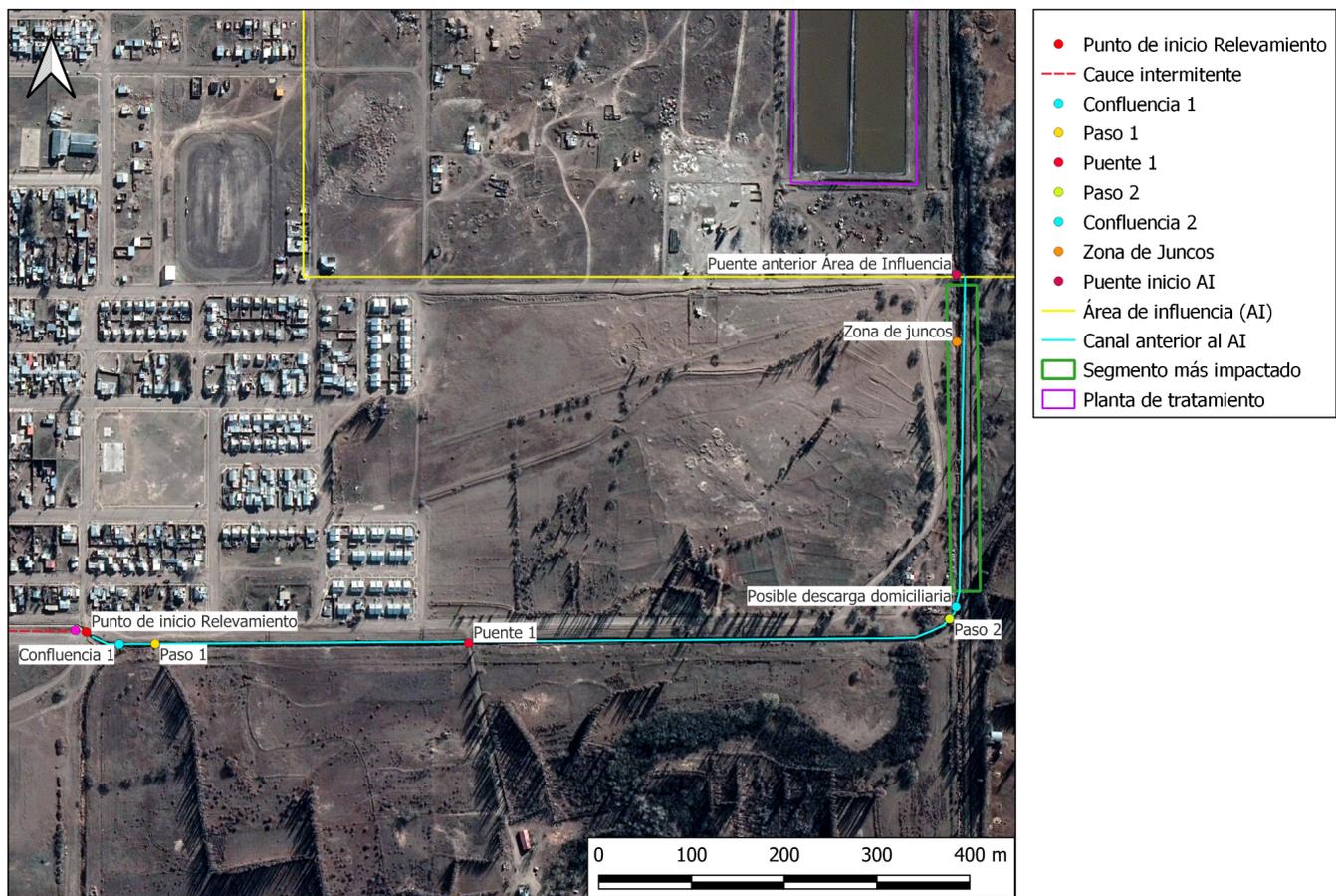


Figura 4.1.2.14: Aspectos relevantes para la comprensión del relevamiento en la zona previa al área de influencia. Fuente: propia. Imagen soporte: Google Earth.

En este segmento del canal se pudo observar en qué punto se da inicio al canal de drenaje en su cauce permanente, es decir, desde qué punto el "Colector 2" cambia de canal de desagüe a canal de drenaje. Dicho punto coincide con el *punto de inicio del relevamiento* y se sitúa sobre un puente, ubicado sobre Av. 12 de Octubre.

A partir del mencionado puente, en dirección oeste (*punto al oeste*), el flujo de agua del canal se presenta sólo cuando hay precipitaciones, debido a que es un colector de aguas pluviales (figura 4.1.2.15). En contraste, hacia el sureste del puente, el canal presenta agua constantemente.



Figura 4.1.2.15: "Colector 2" hacia el oeste del puente que divide el colector en permanente e intermitente. Se presenta seco cuando no hay precipitaciones. Fuente: propia. Fecha de captura: 14/08/21.

Asimismo, en el canal de desagüe se observaron residuos alojados en el canal y agua estancada (figura 4.1.2.16). Cabe destacar que el trayecto del canal en su cauce intermitente se encuentra impermeabilizado con concreto.



Figura 4.1.2.16: Residuos y agua estancada en el "Colector 2" hacia el oeste del puente que divide el colector en permanente e intermitente. Se presenta seco cuando no hay precipitaciones. Fuente: propia. Fecha de captura: 14/08/21.

Por otra parte, en el lado situado al sureste del puente (*punto al este*), el canal no está impermeabilizado y adquiere en el trayecto de 30 m dimensiones idénticas a las detalladas para el canal en segmento municipal dentro del área de influencia. En este sector el agua se percibe más cristalina respecto de la coloración del agua bajo el punto de vuelco. En este sector, también pueden verse algunos residuos, los cuales probablemente lleguen ahí debido a que las personas los arrojan al canal.

A unos 25 a 30 m del puente que divide el canal en canal de desagüe o drenaje, un canal de riego proveniente desde el sur se une al canal de drenaje como afluente de este (*confluencia 1*) (figura 4.1.2.17).



Figura 4.1.2.17: Canal de riego afluente al "Colector 2" en su cauce permanente. Fuente: propia. Fecha de captura: 14/08/21.

Desde esta confluencia, a 150 m se encuentra un estrecho paso de concreto (*Paso 1*). Durante el trayecto desde la confluencia hasta el paso de concreto pueden observarse una gran cantidad de caracoles en el lecho del canal. Además, cabe mencionar que el sitio debajo del paso de concreto es de fácil acceso, por lo cual podría resultar una zona adecuada para la toma de muestras de agua del canal, sobre todo, para la evaluación de un "sitio control" ya que es una porción del canal, que probablemente, no se encuentre impactada por efluentes cloacales (figura 4.1.2.18).



Figura 4.1.2.18: Paso de concreto a 150 m de la confluencia. Fuente: propia. Fecha de captura: 14/08/21.

Desde el paso de concreto, a 200 m, se encuentra un puente de concreto (*Puente 1*), el cual es atravesado por un conducto de concreto cilíndrico de 1 m de diámetro. Su distancia transversal es de 8,20 m. Cabe destacar, que este sitio resulta adecuado para medir el caudal, de manera análoga a la cual se realizó en el segmento del canal ubicado dentro del área de estudio.

A 300 m desde el puente de concreto se encuentra otro paso de concreto idéntico al descrito con anterioridad (*Paso 2*). Además, en este punto se produce la unión del canal de drenaje con otro canal (*confluencia 2*) (figura 4.1.2.19).



Figura 4.1.2.19: Confluencia del canal bajo estudio y otro canal. Fuente: propia.

Desde el punto, a partir de la confluencia, el canal presenta una cantidad significativa de residuos forestales provenientes de la vegetación aledaña en este segmento, así como una cantidad significativa de residuos sólidos depositados por el arrastre del viento o acción antrópica y mayor turbiedad. Además, pudo observarse películas de sustancias con textura jabonosa y burbujas sobre la superficie del canal (figura 4.1.2.20).



Figura 4.1.2.20: Películas flotantes con textura jabonosa sobre la superficie del canal. Se observan burbujas sobre la superficie (en amarillo). La flecha indica el sentido del flujo. Fuente: propia. Fecha de captura: 14/08/21.

A partir de este punto, se puede observar una gran parte del segmento con agua totalmente estancada. Por otro lado, en ciertos sectores de este segmento, se encuentran juncos que crecen en lodo (*Zona juncos*), los cuales se encuentran quemados y ocupan gran parte de la superficie del canal (figura 4.1.2.21). Por lo tanto, el segmento abarcado entre la confluencia 2 y el puente anterior al área de influencia es un segmento significativamente dañado ambientalmente (*segmento más impactado*, ver Figura 4.1.2.14). Evaluar la calidad del agua en este trayecto podría resultar pertinente.

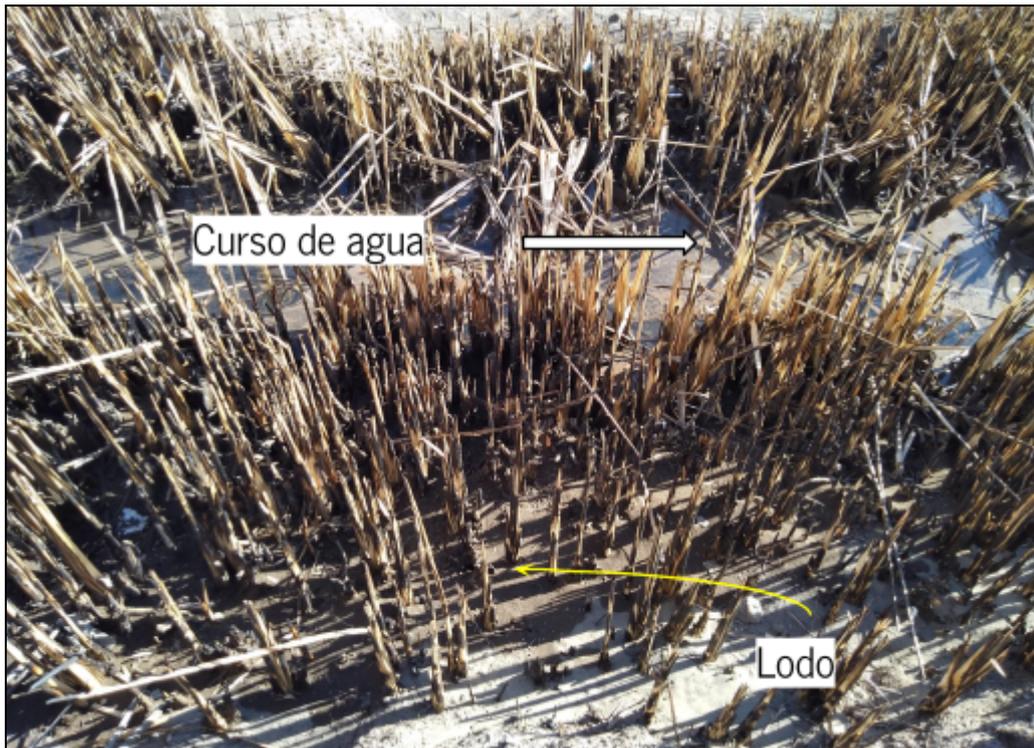


Figura 4.1.2.21: Juncos quemados sobre un agua estancada. Fuente: propia. Fecha de captura: 14/08/21.

Finalmente, la profundidad medida en tres puntos del canal fue, en promedio de 0,5 m, medida a través de una mira estadimétrica, mientras que el ancho del pelo de agua fue de 4 m.

Parte V

El día 28 de junio de 2021 a las 18:30 horas se realizó una entrevista a 2 vecinos que habitan en uno de los terrenos afectados, a fin de conocer su percepción acerca de los efluentes vertidos al canal y al uso que realizaban del agua. El protocolo empleado para dicha entrevista figura en el Anexo IV inciso A.

Los entrevistados mencionaron como principales problemáticas ambientales que los afectan:

- El olor proveniente de la planta de tratamiento de efluentes, el cual describen como muy intenso en ciertas temporadas, por ejemplo en verano.
- Los residuos alojados en el canal, de los cuales suelen realizar su limpieza manualmente por sí mismos.

- Los residuos que llegan como producto de voladura por viento, los cuales afectan visualmente el terreno y se enredan entre los fardos de pastos, haciendo que la calidad de estos se encuentre sin valor comercial. En caso de que los fardos deseen venderse, esto representaría una pérdida económica para los productores.
- El humo proveniente del vertedero municipal, por el cual se ven afectados por el olor o el sonido de los aerosoles que oyen estallar.
- La coloración del canal, la cual perciben como contaminada y creen que puede afectar el agua subterránea. En el área donde se realizó la entrevista (400 a 500 m del área de influencia, en dirección aguas abajo del punto de vuelco), los vecinos comentan que la capa freática se encuentra entre los 2 a 2,5 m de profundidad. El agua subterránea es utilizada por los vecinos para el riego de sus jardines, en el caso particular de los entrevistados.
- Además, les preocupa el uso actual y futuro que pueda tener el agua, ya que creen que utilizar el agua con aparente contaminación no es sanitariamente recomendable.

Asimismo, en otra oportunidad, trabajadores (2 personas) de los terrenos más cercanos a los montículos de residuos comentaron acerca de la magnitud de la problemática de los residuos, explicando que en el campo aledaño al vertedero no era posible la tenencia de animales ovinos y bovinos debido a que se alimentan accidentalmente de los residuos sólidos inorgánicos que derivan por transporte del viento en esa zona. Por esta razón, mencionaron, que sólo es posible la tenencia de equinos. Asimismo, años anteriores, estas zonas eran regadas por inundación, sirviendo como lugar para que los ejemplares bovinos pasten en épocas menos húmedas. No obstante, debido a la deposición de residuos en el terreno, esta práctica no pudo ser sostenida; conduciendo a la tenencia de exclusivamente equinos en dichas zonas. La magnitud de los impactos se plasman a través de la figura 4.1.2.22.



*Figura 4.1.2.22: Impactos de los residuos depositados en los terrenos lindantes al vertedero municipal.
Fuente: propia. Fecha de captura: 30/08/21.*

Otra percepción fue proporcionada, vía telefónica, por un vecino que vive en zonas de escasez de agua. Este comenta que el agua del canal es la única fuente de agua que disponen, debido a la distancia del centro urbano en el cual se encuentran. En particular, realizan uso de esta agua para riego y bebida para el ganado. Asimismo, comentan que el agua del canal en estos sitios es la única fuente debido a que el agua subterránea es salina.

Finalmente, cabe destacar que en el relevamiento realizado en estos sitios, se pudo observar en el segmento del canal perteneciente al Terreno Privado 2, algunas zonas en las que el productor rural ha interrumpido el suministro de agua de riego en áreas que antes eran destinadas para el pastoreo del ganado (figura 4.1.2.23). Ésto, al igual que en las zonas aledañas al Terreno Privado 1, puede deberse al impacto de los residuos sobre el ganado. Por lo tanto, al interrumpir el

suministro de agua para el riego, se produce el desplazamiento del ganado en dirección este; dirección en la que se aleja el foco de contaminación, lo que genera que el ganado tenga más probabilidades de supervivencia, al no ingerir plástico accidentalmente.



Figura 4.1.2.23 Antigua zona para pastoreo de ganado, actualmente seca en el Terreno Privado 2. Fuente: propia. Fecha de captura: 04/10/21.

4.1.3 Consulta de estudios previos

A fin de evaluar si los efluentes volcados sobre el canal se encontraban dentro de los límites permisibles establecidos por el Decreto provincial 1540/16, y de evaluar el estado de la calidad del agua del canal, se consultaron análisis llevados a cabo sobre los efluentes y el cuerpo receptor.

Se encontraron sólo dos estudios llevados a cabo en los años 2018 y 2019, en los cuales se analizaron únicamente parámetros microbiológicos. En ambas instancias los informes son reportados por el Ministerio de Salud, Departamento de Salud Ambiental, Área Programática de Comodoro Rivadavia.

Durante el estudio llevado a cabo en el año 2018, se evaluaron parámetros microbiológicos de los efluentes a la entrada y salida de las unidades de tratamiento. En particular, se evaluó:

coliformes totales en NMP/100 ml, coliformes fecales en NMP/100 ml, recuento total de bacterias aerobias (24 hs, 37°C) en NMP/100 ml, pseudomonas en ausencia/presencia y *E. coli* en ausencia/ presencia.

Los puntos evaluados fueron denominados como: 1) Ingreso a Piletas Cloacales y 2) Salida de Pileta Cloacales.

La fecha de extracción de las muestras fue el día 25/01/18, mientras que, la fecha de remisión al laboratorio se realizó el mismo día. Los resultados fueron reportados el día 5/02/18.

Los resultados obtenidos se resumen en la siguiente tabla (tabla 4.1.3.1):

Fecha	25/01/18				
Parámetro	Coliformes totales (NMP/100 ml)	Coliformes fecales (NMP/100 ml)	E. coli (Presencia/Ausencia)	Recuento total de bacterias aerobias (24 hs, 37°C)	Pseudomonas (Presencia/Ausencia)
Muestra 1	Ingreso Pileta Cloacales				
Valor	3.000*10 ⁶	2.400*10⁶	Presencia	1.309*10 ²	Ausencia
Muestra 2	Salida Pileta Cloacales				
Valor	5.000*10 ⁴	2.400*10⁴	Presencia	1.309	Ausencia

Tabla 4.1.3.1: Resultados obtenidos en la instancia de muestreo llevada a cabo durante el año 2018. Fuente: Estudios expedidos por el Ministerio de Salud, Departamento de Salud Ambiental, Área Programática de Comodoro Rivadavia.

En base a los resultados obtenidos, resulta de pertinencia la siguiente evaluación:

Teniendo en cuenta que el parámetro por excelencia para evaluar la eficiencia de remoción de patógenos es el porcentaje de remoción de coliformes fecales, el cual se calcula como:

$$(coliformes\ en\ el\ afluyente - coliformes\ en\ el\ efluyente) / coliformes\ en\ el\ afluyente * 100$$

De esta manera, se puede calcular la remoción de coliformes fecales para los resultados del estudio llevado a cabo en el año 2018, reemplazando los valores en la fórmula presentada arriba.

Entonces, se obtiene que:

$$[(2400 * 10^6 \text{ NMP}/100 \text{ ml} - 2400 * 10^4 \text{ NMP}/100 \text{ ml}) / 2400 * 10^6 \text{ NMP}/100 \text{ ml}] * 100 = 99\%$$

La remoción de coliformes fecales para el año 2018 por las unidades de tratamiento era del 99%.

Dicho porcentaje, es adecuado y reportado por bibliografía para la remoción de coliformes fecales por tratamiento biológico mediante lagunas de estabilización (Gutiérrez y Olmo, 2007). No obstante, el valor de coliformes fecales en el punto de salida se encuentra fuera del límite permisible establecido en el Decreto provincial Reglamentario 1540/16 Anexo II, Tabla I. Sin embargo, el punto de salida de las lagunas de tratamiento no representa el estado en el cual se vuelcan los efluentes al ambiente. Por ende, podría existir la posibilidad de que el efluente continúe siendo sometido al proceso de desinfección, ya que en el año 2017, se realizó la implementación de un dosificador de cloro en la planta. Asimismo, estos planteamientos no son mencionados en los resultados expedidos.

Por otro lado, en el estudio llevado a cabo en el año 2019, se evaluaron parámetros microbiológicos asociados a las unidades de tratamiento y al cuerpo receptor. No obstante, para ese entonces el cuerpo receptor era el Río Falso Senguer. En particular se evaluó: coliformes totales en NMP/100 ml, coliformes fecales en NMP/100 ml y E. coli en ausencia/presencia.

En esta instancia se evaluaron tres puntos: 1) rotulado como "*canal ante caño salida de efluentes cloacales*", que representa al punto de muestreo al final de la cámara o laberinto de contacto, 2) rotulado como "*salida cloaca a canal*", que representa el punto de salida de los efluentes o punto de vuelco y 3) rotulado como "*canal-río*", que representa el punto donde se realizaba el contacto de los efluentes con el cauce del río. Un diagrama de los puntos de muestreo se presenta a continuación (figura 4.1.3.1):

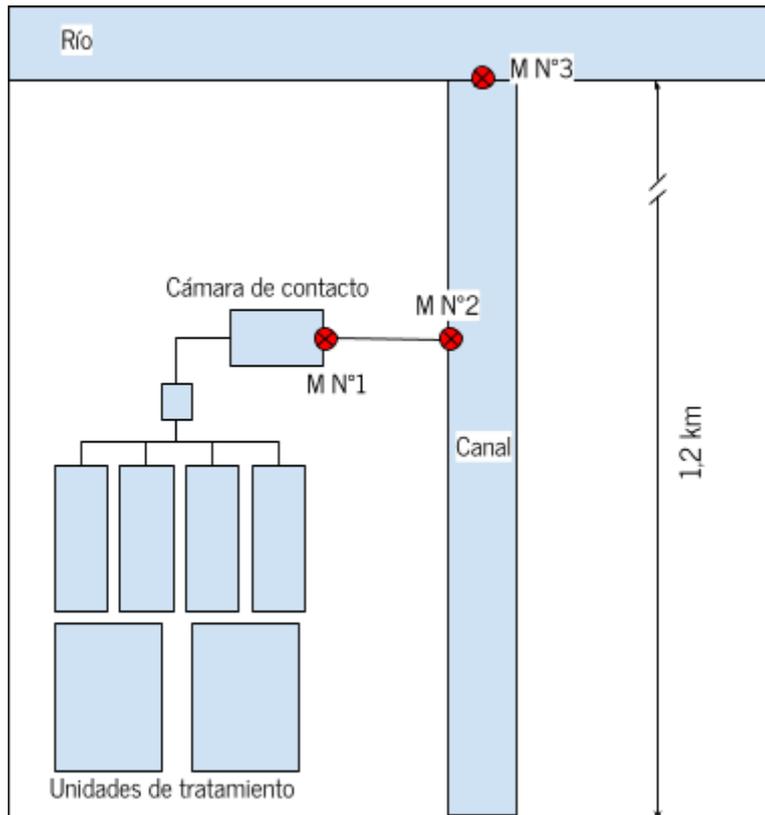


Figura 4.1.3.1: Diagrama de los puntos de muestreo correspondiente al estudio llevados a cabo en el año 2019, donde "MN°" denota "Muestra N°" Fuente: propia.

La fecha de extracción de las muestras fue el día 27/08/19, mientras que, la fecha de remisión al laboratorio se realizó el día 28/08/19. Los resultados fueron reportados el día 03/09/19.

Los resultados obtenidos se resumen en la siguiente tabla (tabla 4.1.3.2):

	27/08/19				
Parámetro	Coliformes totales (NMP/100 ml)	Coliformes fecales (NMP/100 ml)	E. coli (Presencia/Ausencia)	Recuento total de bacterias aerobias (24 hs, 37°C)	Pseudomonas (Presencia/Ausencia)
Muestra N°1	Canal ante caño salida efluentes cloacales/ final de la cámara de contacto				
Valor	1*10 ³	100	Presencia	-	-
Muestra N°2	Salida cloaca a canal- Punto de vuelco				
Valor	< 3	< 3	Ausencia	-	-
Muestra N° 3	Canal-río				
Valor	1*10 ³	100	Ausencia	-	-

Tabla 4.1.3.2: Resultados obtenidos en el muestreo llevado a cabo durante el año 2019. Fuente: Estudios expedidos por el Ministerio de Salud, Departamento de Salud Ambiental, Área Programática de Comodoro Rivadavia.

Como puede deducirse del análisis del diagrama 4.1.3.1 y resultados proporcionados, el punto de muestreo 1 (al final de la cámara de contacto) tiene presencia de coliformes *E. coli* y mayor magnitud de coliformes fecales que el punto de muestreo 2 (punto de vuelco de los efluentes), el cual tiene menor magnitud de coliformes fecales y ausencia de *E. coli*. Se esperaría la ausencia de *E. Coli* al final de la cámara de contacto. No obstante la disminución entre el punto 1 y el 2 podría deberse al efecto residual del hipoclorito de sodio a lo largo del trayecto entre el punto de salida de la cámara de contacto y el punto de vuelco o el inadecuado muestreo. Cabe destacar que la totalidad de los valores reportados para el análisis llevado a cabo ese año se encuentran dentro de los parámetros de vuelco permisibles establecidos en el Decreto provincial Reglamentario 1540/16 Anexo II, Tabla I.

Por otra parte, sería de esperarse que en el punto 3 (intersección canal-río), los coliformes fecales y la ausencia de *E. coli* mantengan valores similares a los encontrados en el punto 2. No obstante, esto no sucede así, sino que los valores aumentan. Este aspecto podría deberse a alguna de las siguientes alternativas:

- a) Que el canal no es solamente impactado por el vuelco de los efluentes cloacales provenientes de las unidades de tratamiento, sino por otros vuelcos a nivel domiciliario aguas arriba del punto de vuelco. En cuanto a esta hipótesis, puede ser corroborada a través de un muestreo aguas arriba del punto de vuelco de efluentes cloacales provenientes de las unidades de tratamiento (segmento 2 de pertenencia estatal, bajo el área de influencia), a fin de detectar el potencial aporte de bacterias patógenas producto de vuelcos a nivel domiciliario.
- b) Que la concentración de coliformes fecales se deba a la concentración proveniente del río y no del canal, debido a que el punto de muestreo fue tomado en el sitio de contacto entre el punto de descarga del canal al río, donde existe la interacción de ambos flujos de agua.
- c) Que los resultados se encuentren erróneos.

Otro aspecto interesante a considerar, es el hecho de que se reporte la ausencia de *E. coli* en la muestra N° 3: canal-río, debido a que también se reporta la magnitud en que se encuentran estas bacterias. Dicha contradicción puede deberse a la transcripción de datos al informe oficial o a la realización de los análisis de manera errónea.

Finalmente, cabe destacar la inexistencia de un reporte o conclusión junto a los resultados reportados. No obstante, un aspecto importante a destacar es la diferencia de profesionales que realizan los análisis biológicos, químicos y físicos. Para el año 2018 el responsable es el Jefe de laboratorio del Departamento de Salud Ambiental, mientras que para año 2019 los resultados son reportados por un bioquímico; ambos siempre expedidos por el Departamento de Salud ambiental, Área Programática de la ciudad de Comodoro Rivadavia.

4.1.4 Propuesta de un plan de muestreo

Sobre Efluentes

Propósito del muestreo: toma de una muestra representativa del afluente, con el fin de poder evaluar la magnitud en la que están siendo vertidos los parámetros pertinentes a la caracterización de aguas residuales.

Localización del punto de muestreo: se presenta en la figura 4.1.4.1 Cabe destacar que este punto de muestreo es de fácil acceso.



Figura 4.1.4.1: A la izquierda el sitio de muestreo. A la derecha detalle del sitio de muestreo, punto de muestreo. Fuente: propia. Imagen soporte: Google Earth.

Número de muestras a tomar: la recomendación es 3 muestras al año, como mínimo sostenidas en el tiempo. La época de muestreo dependerá del objetivo. Si se desea obtener un promedio podría seleccionarse un mes invernal (de manera aleatoria o el mes más frío), un mes estival (de manera aleatoria, o el mes más caluroso) y un mes en primavera u otoño (aleatoriamente).

Sobre Afluentes

Propósito del muestreo: toma de una muestra representativa del afluente, con el fin de poder contrastar los parámetros físicos, químicos y biológicos en el efluente de entrada con los del efluente de salida, lo que permite estimar la eficiencia de la planta de tratamiento.

Localización del punto de muestreo: se presenta figura 4.1.4.2. Cabe destacar que este punto de muestreo es de fácil acceso.



Figura 4.1.4.2: Sitio de muestreo; de izquierda a derecha se muestra cada vez en mayor detalle el punto de muestreo. Fuente: propia. Imagen soporte: Google Earth.

Número de muestras a tomar: análogas a las mencionadas en el apartado homónimo para efluentes.

Sobre el cuerpo receptor

Propósito del muestreo: toma de una muestra representativa en sitios de relevancia debido a su ubicación a lo largo del canal, que permiten comparar y contrastar la calidad del agua, aguas arriba y aguas abajo del punto de vuelco.

Localización de los puntos de muestreo: el número de sitios de recolección de muestras recomendables son 6. Dichos puntos se encuentran ubicados en sitios de relevancia en cuanto a las distancias del punto de vuelco, porque permiten evaluar la concentración de contaminantes en un gradiente, y resultan de fácil acceso.

- El sitio 1 se encuentra a 410 m del puente ubicado en Av. 12 de Octubre que divide el canal en drenaje/desagüe. Este sitio se considera como "sitio control", debido a que es probable que no presente vuelcos de efluentes cloacales, ya que se encuentra directamente contiguo al canal de drenaje que recoge aguas pluviales. Asimismo, no presentan viviendas sobre este segmento del canal.
- El sitio 2 se encuentra a aproximadamente 1310 m, ubicado sobre el puente situado en la intersección de "Calle 10" y Av. 12 de Octubre. Dicho punto se encuentra inmediatamente antes del inicio del área de influencia; aguas abajo de potenciales descargas de efluentes a escala domiciliaria.
- El sitio 3 se encuentra aproximadamente a 15 m aguas abajo del punto de vuelco ubicado dentro del área de influencia. Éste se encuentra ubicado inmediatamente al lado de un puente. El terreno es de pertenencia municipal y su acceso debe realizarse desde el puente ubicado al inicio del área de influencia.
- El sitio 4 se encuentra ubicado a 900 m aguas abajo del punto de vuelco, inmediatamente al lado de un puente ubicado dentro del Terreno Privado 1. El terreno es de pertenencia privada. Se deberá contar con autorización para la toma de la muestra.
- El sitio 5 a 3000 m aguas abajo del punto de vuelco, inmediatamente al lado de un puente. El terreno es mitad jurisdicción Militar y mitad es perteneciente a un terreno privado. Se deberá contar con autorización para la toma de la muestra, en cualquiera de los dos terrenos.
- El sitio 6 se encuentra ubicado a 5000 m aguas abajo del punto de vuelco, inmediatamente al lado de un puente dentro del Terreno Privado 2. El terreno es de pertenencia privada. Se debe contar con autorización para la toma de la muestra.

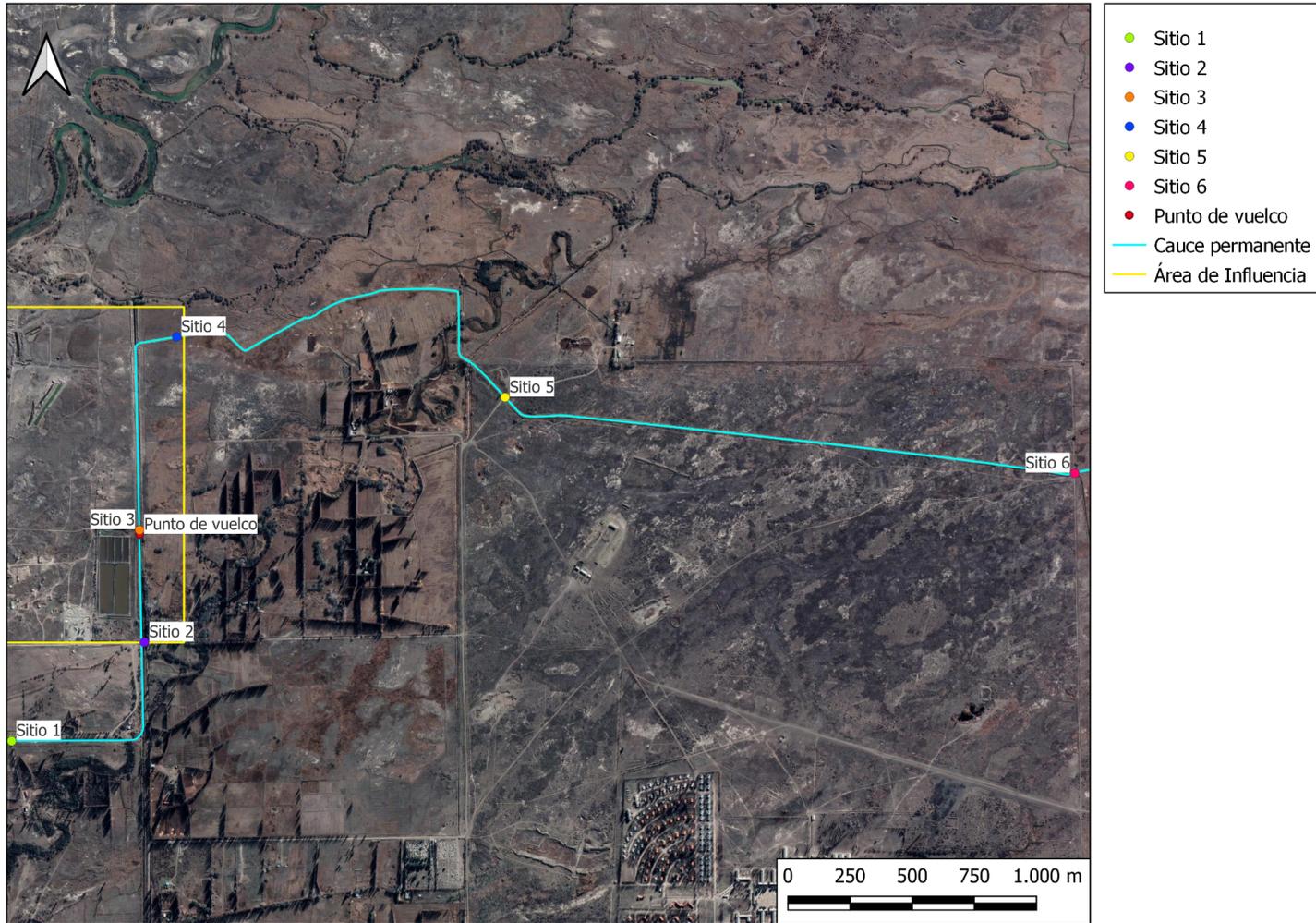


Figura 4.1.4.3: Sitios de muestreo sobre el canal receptor. Fuente: propia. Imagen soporte: Google Earth.

Número de muestras a tomar: 3 muestras en los 6 sitios establecidos. Es recomendable evaluar más de 3 veces, como mínimo los mismos sitios y de manera sostenida en el tiempo. La época de muestreo dependerá del objetivo del muestreo.

Aspectos transversales a los muestreos

Parámetros a analizar: caudal, color, pH, temperatura, DBO, DQO, nitrógeno amoniacal, fósforo total y coliformes fecales, que resultan pertinentes para analizar y caracterizar el estado del efluente de salida de la planta de tratamiento de efluentes.

Tipo de muestras: la totalidad de las muestras a tomar se propone del tipo manual y puntual. Si bien para el análisis de parámetros físicos y químicos se recomienda una muestra compuesta, se plantea la toma de una muestra puntual, la cual tiene como alcance la representación del instante en el que se toma la muestra.

Respecto de los análisis microbiológicos, la recomendación es la toma de una muestra puntual.

Otras observaciones: los días en los que se implementan los muestreos se encuentran sujetos a las posibilidades de traslado de los materiales de muestreo desde laboratorio al operador, así como la disponibilidad del tratamiento de las muestras por parte del laboratorio encargado de realizar el análisis. De la misma manera, el día del traslado de las muestras se encuentran sujetas a las posibilidades de traslado del operador. No obstante, se debe respetar el tiempo recomendado para la conservación de las muestras, el cual se establece como menor a 2 días. Además, se considera el registro de las condiciones meteorológicas 4 días previos al muestreo, así como la ausencia de precipitaciones al menos 3 días antes.

4.1.5 Implementación del plan de muestreo

Implementación del plan de muestreo para efluentes

Se realizaron 2 muestreos.

Muestreo I: se realizó el día lunes 14 de junio de 2021, comenzando a las 15:00 hs.

El traslado hacia el punto de muestreo se realizó en vehículo particular, acorde al acceso mostrado figura 1.9.4. Desde este punto se accedió a pie, trasladando la conservadora, envases para la toma de muestras, y otros materiales requeridos. También se contó con la ayuda de un auxiliar de campo. El sitio de muestreo coincidió con el descrito en la propuesta del plan de muestreo figura 4.1.4.1.

A continuación, se realizó la colocación de la vestimenta apropiada y preventiva para el muestreo, que consistió en: guardapolvo, guantes y calzado acorde.

Una vez colocada la vestimenta se procedió a la medición de caudal mediante la utilización de un recipiente con volumen conocido y un cronómetro. Para ello, se llenó un recipiente de capacidad de 10 l, con el efluente, y se registró el tiempo que tardó en llenarse. Esto se realizó tres veces y se registró en una libreta de campo.

Una vez medidos los parámetros asociados al caudal, el auxiliar de campo registró la fecha, la temperatura del día, caudal del efluente y cualquier otra observación que se consideró pertinente. Asimismo, se completó la planilla de caracterización de las muestras con la información requerida por esta. La misma se muestra más adelante.

Para la toma de la muestra para el análisis de los parámetros físicos y químicos se tomó del envase destinado y rotulado para tal fin. Seguidamente, se quitó la tapa exclusivamente para este momento. Luego, se sumergió el frasco en el centro del flujo del efluente de salida en el sitio de muestreo. La muestra a tomar fue puntual mediante un muestreo manual. Una vez que el envase fue llenado hasta casi la totalidad de su volumen, se colocó la tapa hermética. Seguidamente, se limpió el envase con un elemento textil descartable. Finalmente, se procedió a ubicarlo en la conservadora para su preservación y traslado en el día o al siguiente día.

Para la toma de la muestra para el análisis de los parámetros microbiológicos se dispuso del envase a utilizar, el cual estaba rotulado para tal fin. Seguidamente, se quitó la tapa y se sumergió sobre el mismo punto que el descrito para la toma de la muestra previa. No se enjuagó el envase con el fluido a muestrear para evitar que el envase se encuentre sometido a contaminación ambiental. Por las mismas razones, la tapa se encontró en la mano del operador todo el tiempo

boca abajo. Además, se tomó la tapa del recipiente por los márgenes, sin introducir los dedos dentro de ella.

Una vez que el envase estuvo lleno con el fluido a muestrear, por debajo del cuello del envase, se cerró con tapa hermética. Seguidamente, se realizó la limpieza con un elemento textil descartable y se colocó en la conservadora. Luego, se cerró la conservadora para mantener la temperatura y oscuridad requerida para la muestra. La conservadora fue dispuesta en un sitio fresco.

A continuación se procedió a guardar los elementos de protección personal y descartar en una bolsa de residuos los elementos a desechar.

Muestreo II: el muestreo se realizó el día viernes 3 de septiembre de 2021, comenzando a las 15:00 hs y finalizando, como máximo el mismo día a las 18:00 hs.

El procedimiento para el muestreo fue análogo al descrito para el muestreo, con el mismo sitio de muestreo. Sin embargo, cabe destacar que este muestreo tuvo lugar de manera simultánea con el muestreo sobre el cuerpo de agua. Estos muestreos se realizaron en conjunto con el objetivo de contemplar posibles variaciones en el régimen de operación de la planta de tratamiento entre el muestreo I y el muestreo II. De esta manera, en caso de existir variaciones en el régimen de operación de las unidades de tratamiento en estas oportunidades, pudieron ser representadas y tenidas en cuenta en el análisis de los parámetros encontrados en el cuerpo de agua.

Identificación de las muestras (muestreo I y II): la identificación de las muestras se realizó mediante un rótulo y una planilla de caracterización de muestras, las cuales se aplicaron a la totalidad de las ocasiones de muestreo, por lo que el registro de fechas y transcripción de datos en tiempo y forma fue de vital importancia. El rótulo consistió en un código inequívoco, el cual se establece a continuación:

Para los envases con los cuales se colectaron las muestras para el análisis de los parámetros físicos y químicos, los códigos fueron: **ESAFQI (s/CA)**, donde la sigla denota la abreviación de Efluente (E) de Salida (S) Análisis (A) Físico (F) Químico (Q) I (denota orden) sin (s) Cámara (C) de Aire (A) y **ESAFQII (s/CA)**, donde la sigla denota la abreviación de Efluente (E) de Salida (S) Análisis (A) Físico (F) Químico (Q) II (denota orden) sin (s) Cámara (C) de Aire(A).

Para el envase el cual se colectó la muestra para el análisis de los parámetros microbiológicos, el código fue: **ESAMB (c/CA)**, donde la sigla denota la abreviación de Efluente (E) de Salida (S) Análisis (A) Microbiológico (MB) con (c) Cámara (C) de Aire (A).

Junto al código se registró la fecha del muestreo. Asimismo, cabe destacar que al momento del rotulado de la muestra se utilizó un marcador indeleble.

En cuanto a la planilla de caracterización de las muestras, en esta se registraron los siguientes datos: nombre o código de la muestra, fecha, lugar y provincia, hora de recolección de la muestra, temperatura del día, nombre de la planta de tratamiento, sitio de muestreo, tipo de análisis a emplear, temperatura de la muestra y observaciones como color y olor del agua, entre otros.

La planilla de caracterización de la muestra se presenta en el Anexo V inciso A. Esta planilla se completó para cada una de las muestras pertenecientes a cada uno de los muestreos.

Materiales: finalmente, los materiales a utilizar fueron transversales a la totalidad de los muestreos de efluentes (Muestreo I y II). Estos fueron: guantes, guardapolvo, barbijo, libreta de campo, cronómetro, lapicera, balde, termómetro, cinta adhesiva para el rotulado, elementos textiles descartables o servilletas, conservadora, bolsa de residuos y planilla de caracterización de la muestra.

Implementación del plan de muestreo para afluentes

La implementación del plan de muestreo sobre los afluentes no fue llevada a cabo por motivos presupuestales en cuanto al número de muestras a tomar. Además, son menos prioritarias porque no responden directamente al objetivo planteado en el presente proyecto. No obstante, el muestreo en los afluentes el caudal de entrada así como los parámetros, permite evaluar la eficiencia de la planta y el nivel de remoción de los distintos contaminantes. Por lo tanto, su implementación es recomendable para la evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento. Asimismo, en el apartado de metodología figura la justificación acerca de la decisión de no incluir el plan de muestreo de efluentes de ingreso en el presente proyecto.

Implementación del plan de muestreo para el cuerpo receptor

Se realizó un sólo muestreo.

Muestreo I: fue implementado el día 5 de septiembre de 2021 entre las 15 y 18 hs. Una vez realizado el arribo al sitio de muestreo, con los materiales necesarios para implementarlo, se realizó la colocación de vestimenta adecuada y preventiva. De esta manera, se prosiguió a la colección de la muestra. Respecto de la toma de muestra se puede realizar de dos maneras:

- 1) En caso de que el sitio sea accesible, se debe ingresar el envase hasta el centro del flujo del curso de agua y tomar una muestra mediante inmersión del envase.
- 2) En caso de que el sitio no sea accesible, se debe tomar una muestra mediante la utilización de un recipiente. Para ellos, se puede valer de una soga y un recipiente para poder tomar un volumen de agua desde el centro del flujo del curso de agua. Se debe asegurar que el envase para la toma de muestra pueda ingresar en el recipiente completamente, es decir, que pueda sumergirse en él. Es fuertemente recomendable enjuagar previamente el recipiente en el que se sumergirá el envase, tomando un volumen de agua del sitio de muestreo y descartándola 3 veces antes de tomar la muestra mediante inmersión.

La totalidad de los sitios de muestreo fueron seleccionados de manera que exista la posibilidad de alguna de estas dos opciones de muestreo.

Asimismo, respecto de los 6 sitios planteados en la propuesta del plan de muestreo, sólo se llevó a cabo el muestreo en 3 sitios. Estos fueron los sitios 1, 2 y 4 descritos. Si bien el número de muestras y sitios no es suficiente para obtener evidencia estadística sólida, los resultados de las muestras proporcionan los primeros datos que permiten tener una noción de la calidad ambiental del agua en el cuerpo receptor.

Finalmente, las recomendaciones para la toma de muestras para parámetros físicos y microbiológicos son análogas a las mencionadas en el plan de muestreo de efluentes.

Identificación de las muestras: la identificación de las muestras se realizó mediante un rótulo y una planilla de caracterización de muestras, las cuales deben ser aplicadas en todas las

ocasiones de muestreo, por lo que el registro de fechas y transcripción de datos en tiempo y forma es de vital importancia. En esta ocasión, el rótulo consistió en un código inequívoco, el cual se establece a continuación:

Para los envases con los cuales se colectaron las muestras para el análisis de los parámetros físicos y químicos, el código es: **SiAFQI (s/CA)**, donde la sigla denota la abreviación de Sitio (S), i es el número de cada sitio de muestreo, es decir: 1, 2, 3, 4, 5, 6, etcétera, Análisis (A) Físico (F) Químico (Q) I sin (s) Cámara (C) de Aire (A).

Para el envase en el cual se colecta la muestra para el análisis de los parámetros microbiológicos, el código es: **SiAMB (c/CA)**, donde la sigla denota la abreviación de Sitio (S), i es el número de cada sitio de muestreo, es decir: 1, 2, 3, 4, 5, 6, etcétera, Análisis (A) Microbiológico (MB) con (c) Cámara (C) de Aire (A). Junto a este código se registrará la fecha del muestreo.

En cuanto a la planilla de caracterización de las muestras en esta se registraron datos análogos a los registrados para el plan de muestreo de efluentes.

La planilla de caracterización de la muestra se muestra en el Anexo III, inciso A . Esta planilla se debió completar para cada una de las muestras pertenecientes a cada uno de los muestreos.

Materiales: son análogos a los enumerados en el plan de muestreo de efluentes. Se llevará, además, una soga.

Fortalezas y debilidades del muestreo

Debido al tipo de muestreo que se llevará a cabo para la totalidad de recolección de las muestras se distinguen las siguientes debilidades y fortalezas:

Debilidades:

- El muestreo puntual no es el más adecuado para la evaluación de los parámetros físicos, no obstante, esto no quita representatividad como muestra única.
- Bajo número de repeticiones, sobre todo en los sitios propuestos para el canal.
- Baja representatividad temporal.
- Falta de muestreo en los restantes sitios de interés del cuerpo de agua.

- Falta de muestreo en sitios relevantes dentro de las unidades de tratamiento de aguas residuales, que permitirían estimar la eficiencia de la planta de tratamiento con mayor precisión.

Fortalezas:

- Presupuesto accesible.
- Otorga un resultado que permite evaluar el tratamiento de aguas residuales y de contaminación sobre el canal.
- Introduce al estudiante en la experiencia práctica de diseñar y llevar a cabo de manera experimental un muestreo, pudiendo poner en práctica la teoría adquirida durante su desarrollo como estudiante.

4.1.6 Resultados de muestreos y análisis

Resultados del plan de muestreo de efluentes

Surgen de los dos muestreos implementados sobre efluentes.

Muestreo I

Fue llevado a cabo el día 14 de junio de 2021 a las 16:06 hs.

Condiciones meteorológicas

Se resumen en la siguiente tabla 4.1.6.1, la cual registra las variables meteorológicas para el día de muestreo, así como 4 días antes.

Muestreo I - Efluentes					
Día	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes
Fecha	10/06	11/06	12/06	13/06	14/06
T Máx	9°C	16°C	6°C	9°C	9°C
T Mín	7°C	8°C	-2°C	0°C	0°C
Viento	23 km/h	21 km/h	11 km/h	15 km/h	19 km/h
Humedad	59%	61%	66%	69%	58%
Precipitación	Sí	No	No	No	No

Tabla 4.1.6.1: Condiciones meteorológicas del día de muestreo y cuatro días antes. Donde T denota temperatura. Fuente: propia.

Temperatura

La temperatura del efluente de salida fue de $(5 \pm 1)^\circ\text{C}$. Medida con termómetro de alcohol.

Caudal

Fue calculado en base al promedio resultante de los experimentos llevados a cabo según el apartado propuesta de plan de muestreo, utilizando el modo estadístico de la calculadora.

Teniendo en cuenta que: $Q = V/t$ donde Q es caudal, V= volumen y t= al tiempo, se puede determinar el caudal para cada experimento realizado. El volumen empleado siempre fue 10 l, mientras que los tiempos en los que tardó en llenarse dicho volumen con el efluente fueron los siguientes: $t_1 = 4,08\text{ s}$, $t_2 = 3,36\text{ s}$ y $t_3 = 2,62\text{ s}$.

Entonces, se calcula el caudal como:

$$Q_1 = 10\text{ l} / 4,08\text{ s} \Rightarrow 2,45\text{ l/s}$$

$$Q_2 = 10\text{ l} / 3,36\text{ s} \Rightarrow 2,98\text{ l/s}$$

$$Q_3 = 10\text{ l} / 2,62\text{ s} \Rightarrow 3,82\text{ l/s}$$

De esta manera, calculando el promedio y desvío asociado a estos tres resultados, se obtiene que:

$$\Rightarrow Q_{\text{medio}} = (3,08 \pm 0,69)\text{ l/s}$$

A partir del caudal promedio Q_{medio} , se puede estimar que el caudal para una hora. El cual se obtienen como: $Q_{\text{hora}} = 3,08\text{ l/s} * \frac{3.600\text{s}}{1\text{h}} = 11.088\text{ l/h}$.

Si se supone que el efluente es liberado durante 24 horas al día, se obtiene que:
 $Q \text{ día} = 11.088 \text{ l/h} * \frac{24\text{h}}{1 \text{ día}} \approx 266.112 \text{ l/día}$ o expresado en metros cúbicos:
 $Q \text{ día} \approx 266,11 \text{ m}^3/\text{día}$.

Si se considera que el efluente es liberado durante 365 días al año se obtiene que:
 $Q \text{ año} = 266.112 \text{ l/día} * \frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}} = 97.130.880 \text{ l/año}$ o expresado en metros cúbicos:
 $Q \text{ año} \approx 97.130,88 \text{ m}^3/\text{año}$. Este último dato es de interés porque proporciona una estimación del volumen de efluentes que son vertidos al canal cada año.

Transcripción de datos

Las planillas de caracterización resultantes de las toma de muestra, en su forma digital, se muestran en el Anexo IV, inciso B. Las planillas originales fueron enviadas al laboratorio junto a las muestras.

Algunas imágenes de la jornada se muestran en las siguientes figuras 4.1.6.1 y 4.1.6.2:



Figura 4.1.6.1: Muestra para el análisis físico y químico. Fuente: propia.



Figura 4.1.6.2: Muestra para el análisis microbiológico. Fuente: propia.

Resultados de los análisis

Los parámetros analizados fueron:

- 1) **Color** mediante el método SM 2120 B.
- 2) **pH** mediante el método SM 4500-H+B.

- 3) **Temperatura** mediante el método ST 2250 B.

4) **DQO** mediante el método SM22 5220 D.

5) **DBO** mediante el método SM 5210 B.

6) **Coliformes fecales** mediante SM 9221 E.

7) **Nitrógeno amoniacal** mediante SM 4500

NH₃ B, C.

8) **Fósforo total** mediante el método SM

4500-P B4 y SM 4500-P E.

Como se mencionó anteriormente, la recolección de la muestra fue el día 14/06/21, mientras que, la fecha de emisión del informe fue el día 02/07/21.

Los resultados reportados por el laboratorio se resumen en la siguiente tabla 4.1.6.2:

Parámetro	Resultado	Incerteza	Rango de aplicabilidad	Valor de referencia	Unidad
Color	50	—	—	—	Escala Pt-Co
pH	7,4	0,2	—	6-9	—
Temperatura	5	—	-105 a 50	≤ 30	°C
DQO	185	20	50-200.000	≤ 150	mg O ₂ /l
DBO5	71	10	50-200.000	≤ 30	mg O ₂ /l
Coliformes fecales	> 16.000	—	1,8-16.000	≤ 250	NMP/100 ml
Nitrógeno amoniacal	38	2	5-1.000	≤ 5	mg N/l
Fósforo total	4,5	0,2	0,10-200	≤ 1	mg P/l

Tabla 4.1.6.2: Resultados reportados por el laboratorio para el Muestreo I sobre los efluentes. Fuente: informe expedido por el laboratorio.

Cabe destacar que los resultados reportados se encuentran contrastados con la normativa provincial, Decreto Provincial N° 1540/16, Tabla I del Anexo II del Anexo A para un sistema léntico. Si bien el canal receptor debería ser clasificado como cuerpo receptor lóxico, y evaluado según los límites establecidos para estos tipos de cuerpo, se utilizaron los límites establecidos

para sistema léntico debido a la baja velocidad (0,57 m/s) y profundidad (0,6 m en promedio) que posee el canal. Dichos valores resultan más conservativos y afectan sólo a los parámetros de DBO y DQO. Estos parámetros poseen valores máximos permisibles en cuerpos lóticos de ≤ 250 y ≤ 40 , respectivamente.

Entonces, a partir de los resultados, se puede observar que los **parámetros** de fósforo total, nitrógeno amoniacal, DQO, DBO y coliformes fecales se encuentran **fuera del límite establecido por la normativa provincial**. Un análisis de la magnitud del exceso en el que se encuentran es desarrollado más adelante.

Finalmente, los resultados reportados por el laboratorio figuran en el Anexo VI A.

Muestreo II

Fue llevado a cabo el día 5 de septiembre de 2021 a las 16:08 hs.

Condiciones meteorológicas

Se resumen en la siguiente tabla (tabla 4.1.6.3), que registra las variables meteorológicas para el día de muestreo y 4 días antes.

Muestreo II-Efluentes // Muestreo I Canal					
Día	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Fecha	01/09	02/09	03/09	04/09	05/09
T Máx	10°C	12°C	14°C	14°C	13°C
T Mín	4°C	2°C	1°C	3°C	4°C
Viento	11 km/h	11 km/h	11 km/h	8 km/h	10 km/h
Humedad	51%	68%	57%	60%	52%
Precipitación	Sí	No	No	No	No

Tabla 4.1.6.3: Condiciones meteorológicas del día de muestreo y cuatro días antes. Fuente: propia.

Temperatura:

La temperatura del efluente de salida fue de $(10,7 \pm 0,1)$ °C. Medida con termómetro digital.¹²

¹² Cabe destacar que el instrumental fue cambiado desde el muestreo I al II debido a la ruptura del primer instrumento en el transporte de los materiales post muestreo.

Caudal

Fue calculado en base al promedio resultante de los experimentos llevados a cabo según el plan de muestreo descrito en el apartado de nombre homónimo.

Teniendo en cuenta que: $Q = V/t$ donde Q es caudal, V = volumen y t = al tiempo. Entonces, se puede determinar el caudal para cada experimento realizado, considerando el volumen empleado de 10 l y los tiempos registrados. Estos últimos fueron:

$t_1 = 1,22 s$, $t_2 = 2,97 s$, $t_3 = 1,57 s$, $t_4 = 1,76s$ y $t_5 = 1,20s$. Cabe destacar la diferencia entre el número de repeticiones para el muestreo II, respecto del muestreo I.

De esta manera se puede calcular el caudal como:

$$Q_1 = 10 \text{ l} / 1,22 \text{ s} \Rightarrow 8,20 \text{ l/s}$$

$$Q_2 = 10 \text{ l} / 2,97 \text{ s} \Rightarrow 3,37 \text{ l/s}$$

$$Q_3 = 10 \text{ l} / 1,57 \text{ s} \Rightarrow 6,37 \text{ l/s}$$

$$Q_4 = 10 \text{ l} / 1,76 \text{ s} \Rightarrow 5,68 \text{ l/s}$$

$$Q_5 = 10 \text{ l} / 1,20 \text{ s} \Rightarrow 8,33 \text{ l/s}$$

Calculando el promedio y el desvió estándar, a través del modo estadístico de la calculadora, se obtiene que:

$$\Rightarrow Q_{\text{medio}} = (6,39 \pm 2,04) \text{ l/s}$$

A partir del caudal promedio Q_{medio} , se puede estimar que el caudal para una hora. El cual se obtienen como: $Q_{\text{hora}} = 6,39 \text{ l/s} * \frac{3.600s}{1h} = 23.004 \text{ l/h}$.

Si además se plantea que el efluente es liberado durante 24 horas al día, se obtiene que:

$$Q_{\text{día}} \approx 23.004 \text{ l/h} * \frac{24h}{1 \text{ día}} = 552.096 \text{ l/día} \quad \text{o expresado en metros cúbicos:}$$

$$Q_{\text{día}} \approx 552,096 \text{ m}^3/\text{día}.$$

Si además se considera que el efluente es liberado 365 días al año se obtiene que:

$$Q_{\text{año}} = 552.096 \text{ l/día} * \frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}} = 201.515.040 \text{ l/año} \quad \text{o expresado en metros cúbicos:}$$

$$Q_{\text{año}} \approx 201.515,04 \text{ m}^3/\text{año}.$$

Transcripción de datos

Las planillas de caracterización resultantes de las toma de muestra, en su forma digital, se muestran en el Anexo IV, inciso C. Las planillas originales fueron enviadas al laboratorio junto a las muestras.

Resultados de los análisis

Los parámetros analizados fueron análogos a los evaluados en el efluente para el muestreo I y emplearon las mismas metodologías.

La toma de la muestra fue el día 05/09/21, mientras que, la fecha de emisión del informe fue el día 06/09/21. Los resultados reportados por el laboratorio se resumen en la siguiente tabla (tabla 4.1.6.4):

Parámetro	Resultado	Incerteza	Rango de aplicabilidad	Valor de referencia	Unidad
Color	50	—	3-500	—	Escala Pt-Co
pH	7,2	0,2	0,1-13	6-9	—
DQO	245	30	50-200.000	≤ 150	mg O ₂ /l
DBO ₅	63	10	5-200.000	≤ 30	mg O ₂ /l
Coliformes fecales	> 16.000	—	1,8-16.000	≤ 250	NMP/100 ml
Nitrógeno amoniacal	37	2	5-1.000	≤ 5	mg N/l
Fósforo total	4,6	0,2	0,10-200	≤ 1	mg P/l

Tabla 4.1.6.4: Resultados reportados por el laboratorio para el Muestreo II sobre efluentes. Fuente: informe expedido por el laboratorio.

Los resultados reportados por el laboratorio figuran en el Anexo VII B.

Cabe destacar que los resultados reportados se encuentran contrastados con la normativa provincial, Decreto N° 1540/16, Tabla I del Anexo II del Anexo A para un sistema léntico.

A partir de los resultados, se puede observar que **los parámetros** de fósforo total, nitrógeno amoniacal, DQO, DBO y coliformes fecales **se encuentran fuera del límite establecido por normativa.**

En base a los resultados obtenidos para ambos muestreos implementados, primeramente se puede notar que, en general, los parámetros no difirieron significativamente¹³ de un muestreo a otro, mientras sí lo hicieron sus caudales¹⁴. Esto no necesariamente significa que las condiciones de operación de la planta fueran diferentes en ambas oportunidades de muestreo y a medida que se tomen más repeticiones del caudal de salida, podrán evidenciarse tendencias.

Otro aspecto que cabe destacar, es que ambas oportunidades estuvieron asociadas a una época de bajas temperaturas registradas y mayores precipitaciones nivales, por lo que podrían llegar a representar las condiciones de operación más desfavorables de la planta; sin contemplar el aumento de la población producto de actividades turísticas, debido a la disminución de esta actividad en estos dos últimos años.

Otro análisis pertinente respecto de los resultados obtenidos para ambos muestreos sobre efluentes, corresponde al cálculo de **carga másica** asociada a los parámetros químicos determinados. Dicho análisis puede realizarse mediante el cálculo del promedio de los resultados obtenidos para los parámetros químicos analizados, seguidos de la estimación de la carga másica diaria y anual para estos parámetros. Estas se calculan como:

Carga másica diaria = $Ci * Q$, donde Ci es la concentración para el parámetro de DBO, nitrógeno o fósforo total en mg/l y Q el caudal de salida l/día, ambos calculados como la media de las concentraciones obtenidas para el muestreo I y II. Cabe destacar que las unidades de DBO

¹³ Los resultados obtenidos en el muestreo II se encuentran contenidos en el rango contenido entre $\pm 2s$, las medias del muestreo I.

¹⁴ Los resultados obtenidos para el caudal en el muestreo I y II difieren significativamente mediante la prueba t test al 95% de confianza para un valor estadístico de $p=0,05$.

mg O₂/l pueden ser aproximadas a mg de MO/l, donde MO representa la materia orgánica. Mientras, que la carga másica anual se calcula como:

$$\text{Carga másica anual} = \text{Carga másica diaria} * 365 \text{ días.}$$

Aplicando la fórmula de carga másica presentada con anterioridad a cada uno de los parámetros químicos analizados, se obtienen los resultados presentados en la siguiente tabla 4.1.6.5. Dicha tabla muestra el promedio para los parámetros analizados en los muestreos implementados, así como la carga másica diaria y anual promedio estimada.

Parámetro	MI	MII	Media	Incerteza*	Unidad	Carga másica diaria (kg/día)	Carga másica anual (Tn/año)
DBO	71	63	67	6	mg MO/l	27	10
N amoniacal	38	37	37,5	0,7	mg/l	15,3	5,6
P total	4,5	4,6	4,55	0,07	mg/l	1,9	0,7
Caudal	266.112	552.096	409.104	-	l/día	-	-

Tabla 4.1.6.5: Resultados promedios para ambos muestreos empleados donde MI y MII denotan a cada muestreo¹⁵. Fuente: propia.

Los cálculos de carga másica para cada uno de los muestreos y parámetros, a partir de los cuales se obtiene el promedio que figura en la tabla se presentan en el Anexo VII C.

A partir del análisis de los resultados presentados en la tabla puede realizarse una observación similar a la encontrada en cada uno de los muestreos, debido a que el promedio (media) de los parámetros obtenidos se encuentra fuera de los límites permisibles establecidos por el Decreto Provincial N° 1540/16 Tabla I del Anexo II del Anexo A, al igual que en cada uno de los muestreos.

En cuanto a la carga másica diaria y anual, estas permiten obtener una estimación de la magnitud diaria y anual en la cual son volcados los nutrientes al canal.

Resulta interesante comparar la carga másica diaria y anual obtenida con la carga másica diaria y anual máxima que se permite recibir en el sistema por normativa. Para la realización de esta estimación, se utilizó como Ci la concentración máxima permitida para cada parámetro químico

¹⁵ *La incerteza se calculó con el modo estadístico de la calculadora.

evaluado en la fórmula de carga másica diaria. Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla (tabla 4.1.6.6):

Parámetro	Límite máx. cuerpo léntico	Límite máx. cuerpo lótico	Unidad	Carga másica diaria-léntico (kg/día)	Carga másica diaria-lótico (kg/día)	Carga másica anual-léntico (Tn/año)	Carga másica anual-lótico (Tn/año)
DBO	≤ 30	≤ 40	mg MO/l	12	16	4,5	6,0
N amoniacal	≤ 5		mg/l	2		0,75	
P total	≤ 1		mg/l	0,4		0,15	
Caudal	409.104		l/día	-		-	-

Tabla 4.1.6.6: Carga másica diaria y anual para el límite máximo de concentración permitida. Fuente: propia.

A partir del análisis de los resultados obtenidos en la precedente tabla, y contrastandola con la tabla 4.1.6.5, pueden realizarse las siguientes observaciones:

En cuanto a la **DBO**, parámetro que se supone como medida directa de la cantidad de materia orgánica vertida al sistema, la carga másica diaria vertida al sistema es más del doble que el límite permitido para un sistema léntico y aproximadamente el doble que el límite permitido para un sistema lótico.

En cuanto al **nitrógeno amoniacal**, la carga másica diaria de vertido es aproximadamente el óctuple de la descarga permitida mediante normativa.

En cuanto al **fósforo**, la carga másica diaria de vertido es aproximadamente el quíntuple de la descarga permitida mediante normativa.

La totalidad de estas proporciones se sostiene para la carga másica anual.

Resultados del plan de muestreo sobre el canal

Surge de la implementación de un sólo muestreo, el cual coincidió con la jornada del muestreo II sobre efluentes.

El muestreo sobre el cuerpo receptor fue llevado a cabo el día 5 de septiembre de 2021 a las 16:08 hs y se dio por finalizada el mismo día a las 17:39 hs.

Las variables meteorológicas son idénticas a las registradas para la implementación del plan de muestreo sobre efluentes, y se enumeran en la tabla que figura en dicha sección (tabla 4.1.6.3).

Temperatura

La temperatura del efluente de salida fue de $(10,7 \pm 0,1)$ °C. Medida con termómetro digital.

Transcripción de datos

Las planillas de caracterización resultantes de las toma de muestra se muestran en el Anexo V, inciso B. Las planillas originales fueron enviadas junto a las muestras.

Resultados de los análisis

Para la totalidad de las muestras recolectadas, los parámetros analizados fueron:

- | | |
|---|--|
| 1) Color mediante el método SM 2120 B. | 6) Coliformes fecales mediante SM 9221 E. |
| 2) pH mediante el método SM 4500-H+B. | 7) Nitrógeno amoniacal mediante SM 4500 NH ₃ B, C. |
| 3) Temperatura mediante el método ST 2250 B. | 8) Fósforo total mediante el método SM 4500-P B4 y SM 4500-P E. |
| 4) DQO mediante el método SM22 5220 D. | |
| 5) DBO mediante el método SM 5210 B. | |

Los resultados reportados por el laboratorio se resumen en las siguientes tablas para el S1, determinado como "sitio control", S2, que corresponde al puente de la intersección entre las calles "Av. 12 de Octubre" y "Calle 10" y para el S4, que corresponde con el puente situado en el Terreno Privado 1 (tabla 4.1.6.7).

Sitio	DBO ₅	DQO	Coliformes fecales	Nitrógeno amoniacal	Fósforo total	¿Cumple con la Normativa provincial?
1	<5	<50	27	<1	0,12	Sí
2	<5	<50	128	<1	0,18	Sí
4	26	133	>16.000	25	3	No

Tabla 4.1.6.7: Resumen de los resultados reportados por el laboratorio para los análisis realizados para el S1, S2 y S4. Fuente: propia.

Notar que cuando se analizó el cumplimiento de la normativa en la presentada anteriormente, se colocó "sí", la totalidad de los parámetros cumplieron con la normativa, mientras que cuando se colocó "no", la totalidad de los parámetros no cumplieron con la normativa presentada en la tabla 2.2.1.

Asimismo, los resultados reportados por el laboratorio para el S1, S2 y S3 figuran en el Anexo VIII A, VIII B y VIII C, respectivamente.

El análisis de los resultados obtenidos para el sitio 1, sitio 2 y sitio 4 se realiza por contraste entre ellos y no contra el valor de referencia. Los parámetros de DQO, DBO, coliformes, pH, color, fósforo y nitrógeno no se encuentran regulados por la legislación **para el cuerpo receptor** a través de límites permisibles y sólo se regulan, en general, contaminantes inorgánicos; no correspondientes a nitrógeno y fósforo. Es probable que la no regulación de los parámetros mencionados sobre el cuerpo receptor, se deba a que estos son regulados de manera previa al vuelco del efluente. De esta manera, es esperable que si los efluentes son vertidos con valores permitidos por normativa, se encuentren de la misma manera en el cuerpo receptor. No obstante, la normativa que regula los límites permisibles de descarga de efluentes a un cuerpo hídrico (regula los límites permisibles máximos con los que puede ser volcado un efluente), sirve como referencia de la magnitud máxima en que es esperable encontrar los parámetros en el cuerpo de agua, considerando que estos no son sometidos a procesos de dispersión y/o degradación.

Según los resultados obtenidos para los parámetros analizados: DBO, DQO, nitrógeno amoniacal, fósforo total y coliformes totales, se observa que la DBO y la DQO en el **sitio 1 y sitio 2 presentan valores por debajo del límite de cuantificación de la técnica empleada**, según los estudios reportados por el laboratorio (ver Anexo VIII A y Anexo VIII B, **rango**). En contraste, los valores encontrados en el **sitio 4 difieren significativamente**¹⁶; siendo aproximadamente más del doble para este sitio.

¹⁶ Los resultados obtenidos para el sitio 4 no se encuentran contenidos en el rango que abarca la media del sitio 1 o $2 \pm 2s$, calculado para las incertezas disponibles según los resultados reportados por el laboratorio.

En cuanto a los **coliformes fecales**, se observa un **aumento desde el sitio 1 al 2 y desde el 2 al 4**. Asimismo, el cambio en magnitud de los resultados del sitio 2 al 4 es mayor al cambio en magnitud del sitio 1 a 2 (100 veces mayor y 5 veces mayor, respectivamente). Esto se debe a que entre el sitio 2 y 4 se tiene la influencia del punto de vuelco de los efluentes, por lo cual es impacto es mucho mayor a cualquier otro que pueda producirse en los segmentos evaluados. Por otra parte, **la magnitud en el cambio de los resultados en el sitio 1 respecto del sitio 2 puede deberse a alguna descarga domiciliaria**.

4.1.7 Análisis del tratamiento

Estado actual la planta de tratamiento

Para registrar fotográficamente el estado de la planta de tratamiento se acudió al predio donde se encuentra localizada el día 3 de agosto de 2021. El registro fotográfico comenzó a las 15:15 hs. La temperatura ambiente fue de 8°C y la velocidad del viento se percibió como calma.

El estado actual de la planta coincide con los informes reportados años anteriores por la Secretaría de Ambiente de la Municipalidad de Sarmiento. La cámara partidora se encuentra en estado de deterioro y las rejas han sido removidas (figura 4.1.7), notándose que su remoción no se realizó debido a operaciones de limpieza.



Figura 4.1.7.1: Cámara partidora donde se observan las rejas fuera del sitio adecuado (en negro). Fuente: propia.

Asimismo, tanto alrededor de ella como alrededor de la cámara de entrada, se puede observar remanentes de efluentes que poseen grasas. Su coloración es blanca y la textura, a simple vista, es jabonosa (figura 4.1.7.2).



Figura 4.1.7.2.: Coloración blanquecina y resinosa a la vista ubicada a la derecha de la cámara partidora. Fuente: propia.

En la laguna denominada como N°1 (ver figura 1.10.1) se puede observar algunas plantas sobre el punto de recepción de efluentes (figura 4.1.7.3). Por otro lado, en el margen izquierdo se observa una película de grasas, malezas y residuos forestales (figura 4.1.7.4).



Figura 4.1.7.3: Plantas desarrolladas y/o arrastradas por acción del viento a la laguna primaria N°1. Fuente: propia.



Figura 4.1.7.4: Plantas desarrolladas y/o arrastradas por acción del viento en el margen izquierdo de la laguna primaria N°1 y película de grasa . Fuente: propia.

En esta laguna también es notable a simple vista la altura de lodos, los cuales se pueden observar a una escasa profundidad desde la altura superior del nivel del agua (figura 4.1.7.5).



Figura 4.1.7.5: Nivel de lodos cerca de la superficie en la laguna primaria N°1. Fuente: propia.

Por otro lado, en la laguna denominada como N°2 (ver figura 1.10.1), los impactos negativos se profundizan, observándose un estado de deterioro mayor al de la laguna N°1. Esto se refleja, por

ejemplo, a través de la ruptura de la membrana a lo largo del margen izquierdo (figura 4.1.7.6 y 4.1.7.7).



Figura 4.1.7.6: Ruptura de la membrana en el margen izquierdo más cercano al punto de recepción de afluentes de la laguna N°2. Fuente: propia.



Figura 4.1.7.7: Ruptura de la membrana en el margen izquierdo central de la laguna N°2. Se observa sólo el talud reparado. Fuente: propia.

Respecto de las lagunas facultativas secundarias, se puede observar plantas sobre las superficies al igual que residuos en la totalidad de ellas (figura 4.1.7.8). No obstante, las membranas se encuentran en un adecuado estado. Un aspecto interesante es que el caudal de ingreso es notablemente mayor en la laguna denotada como N° 1.1 que en las restantes (figura 4.1.7.9). El olor también es mucho más intenso en dicha laguna secundaria.



Figura 4.1.7.8: Plantas desarrolladas en la laguna N° 2.1. Se observa una imagen similar en las restantes lagunas. Fuente: propia.



Figura 4.1.7.9: Laguna N° 1.1 presenta mayor caudal que las restantes lagunas y el olor es considerablemente más intenso. Fuente: propia.

Además, a la salida de las lagunas secundarias pueden observarse charcos de agua, los cuales probablemente se produzcan por rebalse de las cámaras que recogen el efluente (figura 4.1.7.10).



Figura 4.1.7.10: Charco de agua situado alrededor de la cámara colectora de salida. Fuente: propia.

Asimismo, se pudo registrar que el sitio construido para el reparo del dosificador de hipoclorito de sodio se encontraba en estado de deterioro y con escaso mantenimiento (figura 4.1.7.11). El abandono del estado del dosificador podría comprometer la eficiencia de desinfección en la cámara de contacto, la cual se encuentra de manera inmediatamente aledaña a la infraestructura que contiene el dosificador (figura 4.1.7.12).



Figura 4.1.7.11: Infraestructura que contiene el dosificador. Fuente: propia.



Figura 4.1.7.12: Cámara de contacto inmediatamente ubicada al lado del dosificador. Fuente: propia.

Finalmente, no se lograron adquirir datos respecto del caudal de ingreso, egreso o tratamiento por parte de la entidad a cargo de la planta de tratamiento.

Factores que condicionan el correcto funcionamiento de la planta

Eficiencia de remoción de la DBO de la planta

Se puede calcular eficiencia de la remoción de la DBO en la planta de tratamiento según la ecuación:

Eficiencia de remoción en la DBO = $\frac{(DBO_i - DBO_f)}{DBO_i} * 100$, donde DBO i representa la DBO del

afluente y la DBO f representa la DBO de salida.

Los datos asociados a la DBO f, se obtienen a través de los resultados obtenidos en los análisis implementados, realizando un promedio de los resultados de DBO para el muestreo I y muestreo II sobre los efluentes.

Mientras, que los datos asociados a DBO i, se obtienen a través de datos bibliográficos, que establecen los valores típicos de DBO₅ en aguas residuales municipales en:

máximo: $276 \frac{mg\ O_2}{l}$ *promedio*: $158 \frac{mg\ O_2}{l}$ y *mínimo*: $75 \frac{mg\ O_2}{l}$, (Gutierrez y Olmo, 2007).

Además, debido a que el contenido de O₂ disuelto es una medida indirecta de la materia orgánica (MO), se puede suponer el siguiente intercambio de unidades (Gutierrez y Olmo, 2007) en los valores típicos de DBO de aguas residuales:

máximo: $276 \frac{mg\ de\ MO}{l}$ *promedio*: $158 \frac{mg\ de\ MO}{l}$ y *mínimo*: $75 \frac{mg\ de\ MO}{l}$

De esta manera, utilizando los datos de ingreso y salida de DBO, se puede calcular la eficiencia de remoción de la DBO como:

Eficiencia máxima:

$$\left(276 \frac{mg\ de\ MO}{l} - 67 \frac{mg\ de\ MO}{l}\right) / 276 \frac{mg\ de\ MO}{l} * 100 = 75,7\%$$

Eficiencia promedio:

$$\left(158 \frac{mg\ de\ MO}{l} - 67 \frac{mg\ de\ MO}{l}\right) / 158 \frac{mg\ de\ MO}{l} * 100 = 57,6\%$$

Eficiencia mínima:

$$\left(75 \frac{mg\ de\ MO}{l} - 67 \frac{mg\ de\ MO}{l}\right) / 75 \frac{mg\ de\ MO}{l} * 100 = 10,7\%$$

Estos parámetros permiten determinar la eficiencia de remoción de DBO de las unidades de tratamiento, entre aproximadamente un 11 y 76%. Como puede observarse este rango es muy amplio, por lo cual deberá implementarse un muestreo en el afluente, para determinar de manera más certera la eficiencia de la planta. No obstante, estos valores podrían brindar los primeros parámetros de eficiencia de la planta de tratamiento.

Caudal de ingreso y población

Dos variables de interés para la evaluación o diseño de un sistema de tratamiento es el caudal de ingreso y la población asistida. Debido a la falta de información encontrada y/o proporcionada acerca de estos, a continuación se presenta una estimación de ellos.

Para el cálculo del caudal de entrada se requieren las siguientes entradas: 1) población servida actualmente, 2) el consumo de agua diario por habitante y 3) la cobertura de la red cloacal.

1) Población servida

Para la estimación de la población servida se requieren, a la vez, las siguientes entradas: 1.1) la evolución histórica de la población y 1.2) la tasa de crecimiento anual.

1.1) La evolución histórica de la población se muestra para los años desde 1960 a 2010 en tabla 4.1.7.1:

Año	1960	1970	1980	1991	2001	2010
Población (N° de hab)	2.470	6.204	6.777	7.209	8.292	12.714

Tabla 4.1.7.1: Evolución de la población. Fuente: Sanchis, 2010.

1.2) La tasa de crecimiento anual durante el último período intercensal se calcula mediante la fórmula: $i = [(P2/P1)^{1/n} - 1] * 100$, donde: i es la tasa media de crecimiento anual durante el período de años considerados en porcentaje, P1 es la población al comienzo del período intercensal en N° de habitantes, P2 es población al final del período intercensal en N° de habitantes y n es la duración del período intercensal en años (Martín, 2012). Entonces, para cada período intercensal de los años censales presentados en el inciso 1.1, se obtienen los siguientes resultados (tabla 4.1.7.2):

Período intercensal	1960-1970	1970-1980	1980-1991	1991-2001	2001-2010
Tasa de crecimiento anual	9,65 %	0,88 %	0,56%	1,41 %	4,86 %

Tabla 4.1.7.2: Tasa de crecimiento anual para cada periodo intercensal. Fuente: propia.

De esta manera, la población actual se estima como:

$P2 = P1 * (1 + i)^n$ Donde P2 es la población en el período de interés, es decir, la población a estimar en N° de habitantes, P1 es la población en un tiempo previo a P2 en N° de habitantes, i es la tasa media de crecimiento anual durante el período de años considerados en porcentaje y n es la duración del período intercensal en años. En este caso se utilizará la tasa media de crecimiento correspondiente a los años intercensales 2001-2010, que es 0,0486, la cual se supone constante hasta la actualidad. Dicho valor es adquirido debido a que los valores previos no presentan una tendencia. Asimismo, el método de estimación de la población empleado se conoce como proyección por tasa media anual y resulta adecuado para ciudades que han sufrido un fuerte incremento poblacional (Martín, 2012), como lo es la localidad de Sarmiento.

Como resultado de estimar la población para este año y los próximos 40, se obtiene la siguiente tabla (tabla 4.1.7.3):

Año	2021	2031	2041
i	0,0486	0,0486	0,0486
P1	12.714 (censo 2010)	21.428 (estimación previa)	34.441 (estimación previa)
Población estimada (hab)	21.428	34.441	55.357

Tabla 4.1.7.3: Población estimada para cada periodo intercensal en función de la tasa de crecimiento¹⁷. Fuente: propia.

¹⁷ Notar que "estimación previa" corresponde con la estimación de P2 para el año anterior al cual se está estimando dicha magnitud.

Si bien, no es requerido el cálculo de la población a futuro, estos datos pueden ser de utilidad a fin de evidenciar la necesidad de otro sistema de tratamiento a la brevedad; o bien pueden ser utilizados como datos de entrada en el desarrollo de un sistema de tratamiento.

2) Consumo diario de agua

El consumo diario de agua para suplir las necesidades se estima en 50 l/día (Ministerio de Salud Argentina, s.f). Este valor representa una cantidad mínima requerida. El detalle de las cantidades utilizadas para las diferentes actividades cotidianas se muestra a continuación (tabla 4.1.7.4):

Necesidad mínima básica de agua (l/hab)	
Agua para beber	5
Saneamiento	20
Preparación de alimentos	10
Baño	15
Total recomendado	50

Tabla 4.1.7.4 Requerimiento de agua en litros para cubrir necesidades mínimas básicas. Fuente: Ministerio de Salud Argentina (s.f).

3) Cobertura de servicios cloacales

Según el Plan de Desarrollo Estratégico Sustentable del Municipio de Sarmiento y su área de influencia, el acceso a cloacas para el año 2010 reflejaba un pobre acceso a este servicio, respecto de otros servicios básicos, que se consideraron mejores cubiertos. Los porcentajes encontrados se muestran en la tabla 4.1.7.5 extraída del mencionado informe.

Tipo de servicio	Porcentaje
Desagote cloacal	68.8%
Cámara séptica y pozo drenaje	9.8%
Pozo ciego sólo	21.4%

Tabla 4.1.7.5: Cobertura en el acceso al servicio de cloacas. Fuente: Sanchis, 2010.

De esta manera, una vez obtenidas las entradas requeridas para calcular el caudal de entrada, se puede proceder al cálculo.

Entonces, se puede calcular el **caudal de entrada** o ingreso Q_i como:

$Q_i = C_w * P * C_s$ donde, C_w representa el consumo de agua diario en l/día*habitante, P la población en habitantes y C_s la cobertura de desagüe cloacal. Entonces, reemplazando los datos obtenidos previamente, se obtiene que:

$$Q_i = 50 \frac{l}{\text{habitante} * \text{día}} * 21.428 \text{ habitantes} * 0,688 = 737.123,2 \frac{l}{\text{día}} \text{ o } 737,12 \frac{m^3}{\text{día}}$$

Además, si suponiendo que el efluente ingresa a la planta durante todo el año:

$$Q_i = 737,12 \frac{m^3}{\text{día}} * 365 \text{ días} = 269.048 \frac{m^3}{\text{año}}$$

Para la estimación del caudal se adoptan las siguientes suposiciones:

- La cobertura de desagüe cloacal, C_s , se mantuvo constante del 2010 hasta el presente (68,8% de cobertura).
- Se considera sólo los efluentes producto de actividades domiciliarias, sin considerar comercios o industrias, ya que se encuentran escasamente desarrolladas. No obstante, las unidades recibirían descargas de camiones atmosféricos o sépticos y descargas de algunas industrias petroleras, que no son considerados en el cálculo.
- Algunos autores emplean en la ecuación un coeficiente de retorno, que es la fracción porcentual del agua consumida que se transforma en agua residual. Para este caso dicho coeficiente se supuso igual a 1 (Lozano Rivas, 2012).

Cabe destacar las limitaciones de esta estimación, las cuales se encuentran asociadas a la estimación de las necesidades básicas de agua, debido a que es un parámetro mínimo de consumo. Asimismo, el caudal encontrado no es mayor al doble del caudal encontrado para el muestreo II. No obstante, este representa la condición de salida de la planta en un momento dado y no es representativo. Finalmente, al no poseer datos de ingreso en la planta, proporciona un dato básico de partida.

Altura de los lodos:

Como se mencionó en el apartado de "Marco teórico", "Descripción de la planta de tratamiento", el promedio de la altura de lodos en la laguna N° 1 era de 0,72 m para el año 2017, mientras que la

altura de lodos en la laguna N°2 es en promedio de 0,30 m, para el mismo año. Asimismo, en este apartado también se describieron las dimensiones de las lagunas de tratamiento primario; siendo 50 m el ancho y 200 m la longitud. Mientras que en cuanto a las profundidades, según reportes de Secretaría de Ambiente de la Municipalidad de Sarmiento Chubut, la altura de diseño para la laguna N° 1 es de 1,80 m, mientras que para la laguna N° 2 la altura de diseño es de 1,60 m.

Debido a que la altura de los lodos afecta el tiempo de retención hidráulica (TRH), ya que este aumenta proporcionalmente con el volumen, se calculará la variación de éste parámetro para las lagunas primarias considerando el volumen de diseño de las lagunas, en contraste con el volumen actual de las lagunas debido a su contenido de lodos.

Entonces, se sabe que el $TRH = (L * W * h)/Qi$, donde L es el largo de la laguna, W el ancho, h la profundidad y Qi el caudal de ingreso.

De esta manera, se puede calcular el TRH de diseño para la laguna N° 1 como:

$$TRH = (200 \text{ m} * 50 \text{ m} * 1,8 \text{ m})/737,12 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 24,4 \text{ días}, \text{ obteniendo como resultado un TRH}$$

de aproximadamente $\approx 25 \text{ días}$. Mientras que, el TRH considerando la altura actual de los lodos es:

$$TRH = (200 \text{ m} * 50 \text{ m} * 1,08 \text{ m})/737,12 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 14,6 \text{ días}, \text{ es decir, aproximadamente } \approx 15 \text{ días}.$$

Notar que la altura está dada por la diferencia de la altura de diseño y la altura actual de los lodos $h_{\text{diseño}} - h_{\text{de lodos}} = 1,8 \text{ m} - 0,72 \text{ m} = 1,08 \text{ m}$.

Los resultados muestran la disminución de aproximadamente 10 días en el tiempo de retención; es decir, que el tiempo de retención actual es aproximadamente un 40 % menor que del tiempo de retención de diseño.

Mientras, para la laguna N° 2, el TRH de diseño es:

$$TRH = (200 \text{ m} * 50 \text{ m} * 1,6 \text{ m})/737,12 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 21,7 \text{ días}, \text{ es decir, } \approx 22 \text{ días}.$$

Mientras que, el TRH para la altura de lodos actual es de:

$$TRH = (200 \text{ m} * 50 \text{ m} * 1,3 \text{ m})/737,12 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 17,56 \text{ días}, \text{ es decir, } \approx 18 \text{ días}.$$

Notar que la altura está dada por la diferencia de la altura de diseño y la altura actual de los lodos $h_{\text{diseño}} - h_{\text{de lodos}} = 1,6 \text{ m} - 0,3 \text{ m} = 1,3 \text{ m}$

Los resultados muestran la disminución de 4 días en el tiempo de retención; es decir, que el tiempo de retención actual es un 19 % menor que del tiempo de retención de diseño.

Cabe mencionar que debido a que la altura de lodos promedio es reportada para el año 2017, es probable que el TRH sea menor al calculado en ambas lagunas.

Otro análisis que puede realizarse respecto de la altura actual de los lodos es su distribución longitudinal en las lagunas. Al graficar la altura de los lodos de los 33 puntos relevados en el estudio de batimetría (ver Marco teórico , apartado "batimetría"), en función de la distancia longitudinal para la laguna N°1, se obtiene el siguiente gráfico presentado a continuación (figura 4.1.7.13):

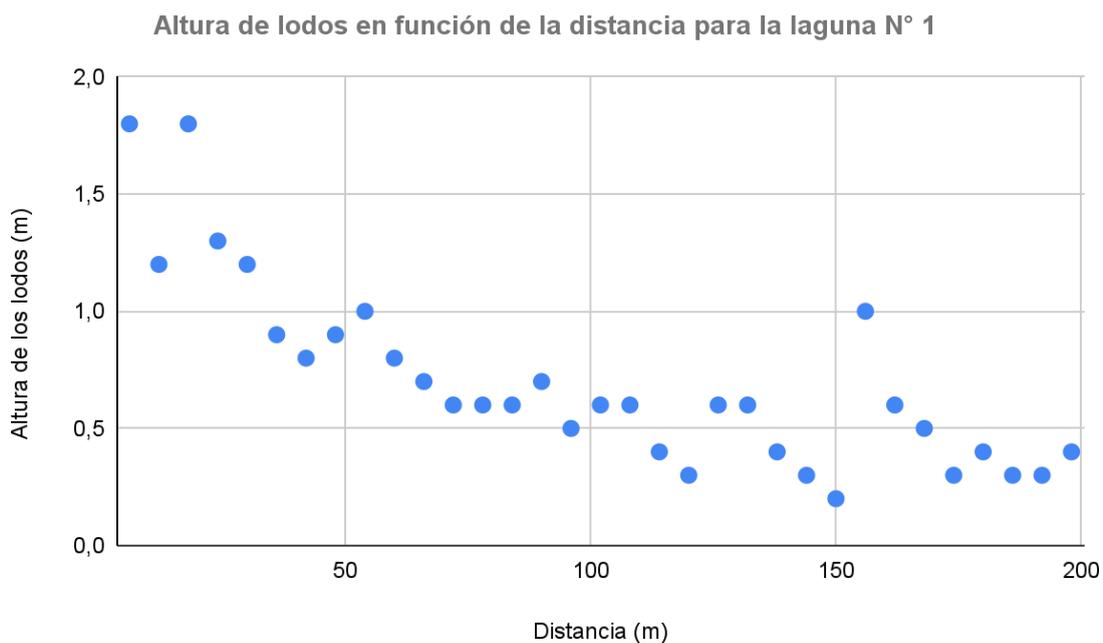


Figura 4.1.7.13: Altura de lodos en función de la distancia para la laguna N°1. Fuente: propia.

A partir del gráfico se puede observar que por debajo de los 50 m (primer cuartil de los datos de altura de lodos) la altura de los lodos es en general superior a 1 m. En este sector de la laguna los lodos

superan, en general, la mitad de la altura de diseño de 1,8 m. Además, cabe considerar la altura máxima alcanzada por los lodos en los primeros 25 m; la cual se encuentra muy cercana a la altura de diseño, siendo 1,75 m la altura máxima alcanzada por los lodos y 1,8 m la altura de diseño.

De manera análoga, al graficar la altura de los lodos de los 33 puntos relevados en el estudio de batimetría en función de la distancia longitudinal para la laguna N°2 se obtienen el siguiente gráfico presentado a continuación (figura 4.1.714):

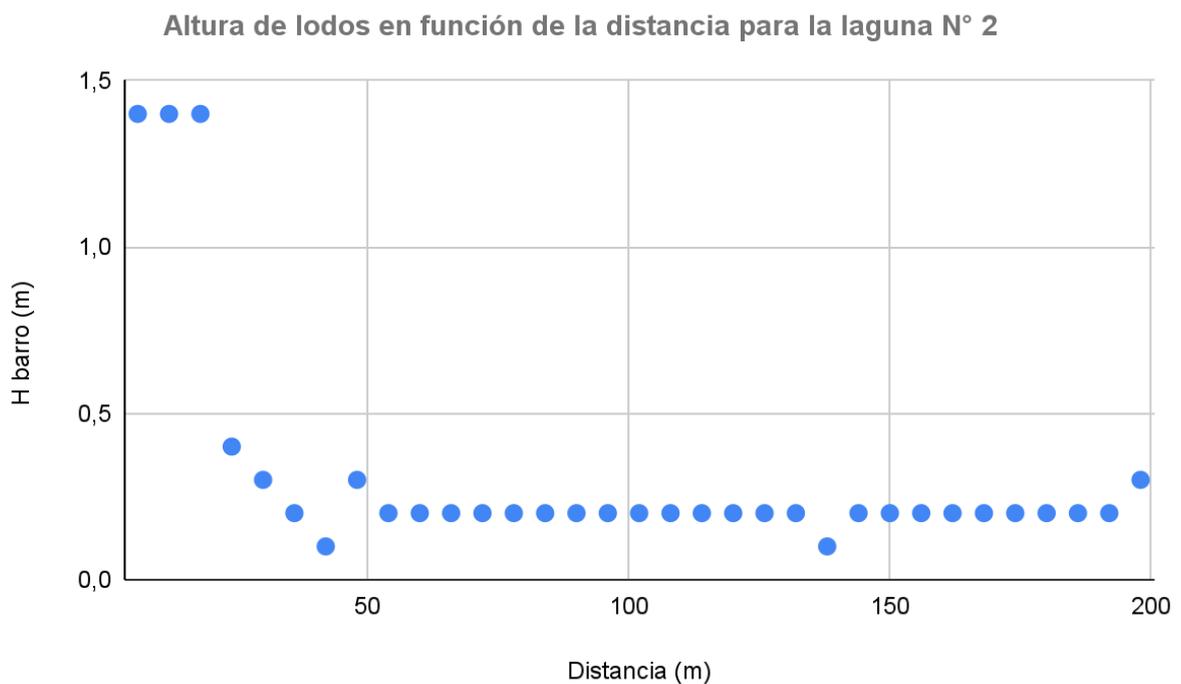


Figura 4.5.14: Altura de lodos en función de la distancia para la laguna N°2. Fuente: propia.

Respecto del gráfico obtenido para la laguna N° 1, puede observarse que en el gráfico obtenido para la laguna N° 2, la disminución en la altura de los lodos en función de la distancia es más abrupta. Para el caso de la laguna N°1, la altura de los lodos disminuye desde los 1,75 m hasta los 1,25 m en los primeros 25 m de la laguna, mientras que para la laguna N°2, la altura de los lodos disminuye desde 1,4 m de altura hasta los 0,5 m de altura en los primeros 25 m. En este sector de la laguna los lodos se encuentran al borde de superar la altura de diseño de 1,6 m.

Además de considerar la acumulación de lodos en el perfil longitudinal, debería considerarse la acumulación de lodos de manera transversal, ya que los patrones obtenidos muestran los caminos

preferenciales que adquiere el flujo del agua, repercutiendo de manera negativa en el flujo natural que debería poseer la unidad de tratamiento (Ortiz y Matsumoto, 2012). Asimismo, cabe destacar que se recomienda la limpieza de lodos cuando estas alcanzan el 50% de la altura de diseño de la laguna (Luna Mendoza, s.f y Rojas Herrera, 2018) o el volumen de lodos alcanza $\frac{1}{3}$ de volumen de diseño de la laguna (Comisión Nacional del Agua, 2015).

Finalmente, tanto los resultados obtenidos del TRH, como los del perfil de acumulación longitudinal de los lodos, reflejan el exceso de lodos en la laguna para el año 2017.

Por otro lado resulta pertinente el siguiente análisis acerca de la periodicidad de limpieza de lodos en la laguna:

Si se estima la periodicidad de limpieza de lodos en las lagunas mediante la fórmula $n = V/3 * P * s$, donde n es la periodicidad de limpieza de lodos en años, P la población y s la tasa de acumulación de lodos y se considera una tasa de acumulación de lodos de 0,035 m³/hab año (obtenida como el promedio de los valores proporcionados por bibliografía) (Comisión Nacional del Agua, 2015), se obtiene que:

Para la laguna N°1:

$$n = (200m * 50m * 1,8 m)/3 * 21.428 hab * 0,035 m^3/hab * año$$

$$n = 8,00 años = 8 años$$

Para la laguna N°2:

$$n = (200m * 50m * 1,6 m)/3 * 21.428 hab * 0,035 m^3/hab * año$$

$$n = 7,11 años \simeq 7 años$$

Entonces, la limpieza de las piletas debió realizarse cada 7 y 8 años, mientras que la remoción de lodos no se realiza desde el año de inauguración en 1999, es decir, hace 22 años. Las lagunas debieron ser limpiadas como mínimo dos veces en el periodo entre 1999 y 2021.

Asimismo, cabe destacar que la periodicidad de limpiezas de lodos no se encuentra adaptada a los distintos climas del país, sino que ofrece un parámetro promedio. Debido a que la temperatura en la región es menor que el promedio de temperaturas, estas limpiezas podrían llegar a necesitar ser más periódicas debido a la menor degradación de lodos.

Efluentes de camiones atmosféricos

Los efluentes provenientes de camiones atmosféricos se encuentran compuestos por efluentes de pozos ciegos o cámaras sépticas, poseen nulo o hasta un tratamiento primario-secundario y son de interés debido al volumen y carga orgánica no contemplada en el sistema de red cloacal.

Mediante entrevistas telefónicas con operadores de camiones atmosféricos, brindaron como estimación un volumen de 25.000 l de efluentes recogidos al mes. Como son 3 operadores en la ciudad, el volumen aportado en total es de aproximadamente 75.000 litros mensuales. Asimismo, mencionan que en general recogen efluentes de pozos ciegos de escuelas primarias o chacras.

La DBO de estos efluentes se puede aproximar a 8.000 mg O₂/l como valor típico, con un máximo de 25.000 mg O₂/l y un mínimo de 2.000 mg O₂/l. (Metcalf & Eddy Inc.,1994). No obstante, la bibliografía utiliza estos valores para los líquidos de efluentes provenientes de cámaras sépticas, en los cuales los efluentes han sido sometidos a un tratamiento primario. Suponiendo, que los valores de DBO son similares a los reportados por la bibliografía, se puede calcular la carga másica de materia orgánica asociada a los efluentes provenientes de camiones atmosféricos como:

$$75.000 \frac{l}{mes} * 8.000 \frac{mg \text{ de } MO}{l} * \frac{1 kg}{1 \times 10^6 mg} = 600 \frac{kg \text{ de } MO}{mes}$$
$$\Rightarrow 600 \frac{kg \text{ de } MO}{mes} * \frac{12 \text{ meses}}{año} = 7.200 \frac{kg \text{ de } MO}{año} \approx 7,2 \frac{Tn \text{ de } MO}{año} \text{ para el valor típico.}$$

Mientras que, para el valor máximo, se puede calcular la carga orgánica como:

$$75.000 l/mes * 25.000 \frac{mg \text{ de } MO}{l} * \frac{1 kg}{1 \times 10^6 mg} = 1875 \frac{kg \text{ de } MO}{mes}$$
$$\Rightarrow 1875 \frac{kg \text{ de } MO}{mes} * \frac{12 \text{ meses}}{año} = 22.500 \frac{kg \text{ de } MO}{año} = 22,5 \frac{Tn \text{ de } MO}{año}^{18}$$

Carga másica mensual camiones atmosféricos: $1875 \frac{kg \text{ de } MO}{mes}^{19}$

¹⁸ Notar que para la realización de estos cálculos se empleó la misma aproximación en las unidades de DBO, que las utilizadas previamente en el cálculo de la carga orgánica.

¹⁹ Notar que se utilizó la carga másica mensual para el máximo valor de carga orgánica debido a que los operadores reportan que reciben principalmente efluentes provenientes de pozos ciegos y para obtener obtener un valor más conservativo.

Por otro parte, la carga másica mensual para el caudal de ingreso proveniente de la red puede estimarse como:

$$737.123,2 \frac{l}{día} * 30 \frac{días}{mes} = 22.113.696 \frac{l}{mes}$$
$$22.113.696 \frac{l}{mes} * 158 \frac{mg \text{ de MO}}{l} * \frac{1 kg}{1 \times 10^6 mg} = 3.494 \frac{kg \text{ de MO}}{mes}$$

Este cálculo supone la **DBO típica** presentada **para los efluentes de ingreso con tratamiento primario** (ver página 167) y el **caudal diario de ingreso obtenido** (ver página 171). Entonces:

$$\text{Carga másica mensual para efluentes red cloacal (ingreso): } \sim 3.494 \frac{kg \text{ de MO}}{mes}$$

Asimismo, si se compara la carga *másica mensual* del *caudal de ingreso* en contraste con la *carga másica mensual* encontrada para efluentes provenientes de *camiones atmosféricos*, se obtiene que: la relación entre la carga másica de ingreso en la red y los camiones atmosféricos es de: $1875/3494 = 0,5$, lo que representaría que el aporte de materia orgánica por parte de los efluentes provenientes de camiones atmosféricos posee aproximadamente la mitad de la carga orgánica de los efluentes de ingreso a la planta de la red cloacal.

Estos resultados son limitados ya que tanto Qi como la carga orgánica típica de efluentes crudos es establecida mediante bibliografía.

Otros factores asociados a la gestión de efluentes

A través de una entrevista llevada a cabo el día 01/10/21 con el personal a cargo del manejo del sistema de redes cloacales, perteneciente a la institución de Obras Públicas de la Municipalidad de Sarmiento Chubut, se recopilaron algunos datos de interés.

Primeramente, se pudo conocer que el sistema primario en la mayoría de los hogares conectados a la red cloacal es a través de cámaras sépticas, con previa instalación de una cámara desengrasante. Además, cabe destacar que el sistema de red cloacal no cuenta con sistemas de rejillas, debido a que se espera que los sólidos más grandes sean retenidos en la cámara séptica.

Asimismo, se reportó una problemática que tiene lugar en algunos barrios, principalmente barrio "El Progreso" y barrio "Barrio 21 de Junio", ambos barrios periféricos. En estos, según el personal de

Obras Públicas, es más frecuente la obstrucción de bombas por materiales arrojados a las cámaras sépticas. Estos elementos, en general, suelen ser de origen textil. Asimismo, suele presentarse problemas con las cámaras desengrasantes ya que es frecuente su inadecuada instalación o que no se realice la limpieza periódica de estas, lo que genera que las grasas deriven en la red cloacal. Ambas prácticas descritas con anterioridad, se presentan como una problemática debido a que impactan directamente sobre la vida útil de las unidades de bombeo. En cuanto a las unidades de tratamiento, su impacto radica en la llegada de más grasas a las unidades de tratamiento y en una mayor periodicidad de limpieza de las rejillas en el punto de ingreso. Si bien la disposición de residuos sobre las cámaras no afecta directamente las unidades del sistema, si lo hace sobre el sistema de conducción y bombeo de efluentes. Es un aspecto a considerar y resolver no solo en el sistema de tratamiento que tiene lugar actualmente, sino en otros proyectos de tratamiento de efluentes posteriores.

4.2 Plan de mitigación

Línea de acción I

A fin de evitar reproducir los impactos negativos sobre el cuerpo receptor de efluentes, se propone:

En cuanto a los residuos

Para evitar la deposición de los residuos sólidos que son transportados por el viento hacia el cuerpo receptor, es recomendable la implementación de un cerco perimetral que rodee al foco de contaminación.

El alambrado perimetral resulta funcional para la retención de residuos sólidos inorgánicos, que por su baja masa o densidad, logran ser arrastrados por el viento hasta el canal.

El diseño del alambrado perimetral suele ser de alambre galvanizado con tejido romboidal, malla N° 12, de 1,80 m de alto (Municipalidad de Laboulaye, 2020). Asimismo, suelen contener postes de hormigón armado para alambrado perimetral, cada 3 m. Dichos postes poseen una altura de 2,4 metros de alto y la anchura y el espesor de 10 cm cada uno (Carlosama Mora, 2013). Otras estructuras que pueden ser requeridas son: esquineros de refuerzo, torniquetes para tensar el alambrado, algunos puntales.

El alambrado perimetral no sólo evita que algunos de los residuos sólidos sean depositados en el canal, sino que impide el ingreso de animales y personas al predio, preservando su seguridad, al evitar que estén en contacto con residuos patógenos que puedan llegar al vertedero (Municipalidad de Laboulaye, 2020).

La disminución de la deposición de los residuos en el canal no sólo debe evitarse mediante la implementación de un cerco perimetral, sino a través de la limpieza diaria de los residuos que serán detenidos y acumulados sobre el alambrado.

Asimismo, otras actividades que conducen a evitar la deposición de residuos en el canal es la adecuada cobertura diaria de los residuos sólidos urbanos depositados en el vertedero municipal mediante la aplicación de tierra, productos de compostaje de baja calidad, entre otros (Tchobanoglous, 2002). Además, es de esperarse que mientras más ordenada y adecuada sea la gestión de RSU, más adecuada será la disposición final de ellos, derivando en un menor transporte de residuos por acción del viento al cuerpo receptor. Cabe mencionar que la práctica recomendable mediante normativa nacional y provincial, es la implementación de un relleno sanitario u otro sistema de disposición final adecuado. No obstante, a fin de mitigar el impacto negativo sobre el canal, las medidas propuestas funcionan como temporales hasta la implementación de una obra adecuada para la disposición final.

Finalmente, la disminución de los residuos depositados en el canal por implementación del alambrado perimetral puede ser medible a través de la disminución en el porcentaje de la superficie de agua cubierta por residuos u otros análogos. Medir la medida de implementación es de importancia, ya que permite evaluar el nivel de éxito de la estrategia propuesta y tomar acciones correctivas, en caso de que no se encuentre el resultado esperado, el cual dependerá de la meta que se haya establecido.

Respecto al vuelco de efluentes

Para evitar el vuelco de efluentes fuera de los límites permitidos por la legislación provincial vigente se debe realizar a) la adecuación de la planta de tratamiento, b) el diseño de un nuevo proyecto de tratamiento de aguas residuales y c) el cierre de la planta de tratamiento existente.

Estas actividades deben ser realizadas de manera sucesiva, en el orden a), b), c). La actividad de adecuación de la planta de tratamiento tiene mayor prioridad debido a que se debe lograr alcanzar que los parámetros físicos, químicos y biológicos se encuentren dentro de la normativa vigente. Seguidamente, conforme a los reportes de la planta de tratamiento y resultados obtenidos para los parámetros de vuelco, que reflejan la ineficiencia en el tratamiento de la planta; así como caducidad de la vida útil de las unidades y de los materiales, la cual se estima en 20 años, se deberá considerar el diseño de un nuevo sistema de tratamiento de aguas residuales (Comisión Nacional del Agua, 2007). Éste deberá considerar las lecciones aprendidas y debilidades presentes en el proyecto anterior. Finalmente, se debe considerar el cierre y restauración²⁰ de la planta de tratamiento de aguas residuales actual.

- **Adecuación de la planta de tratamiento:** se deberá comenzar con un diagnóstico técnico de cada una de las unidades de tratamiento. Se deberán evaluar parámetros físicos, químicos y biológicos en cada una de las unidades de tratamiento, punto de ingreso de los efluentes, punto de ingreso y egreso de la cámara de contacto y punto de egreso de los efluentes. Asimismo, algunos datos que se encuentran disponibles para esta etapa son:

²⁰ Implementación de técnicas, operaciones, procesos u otros que permitan devolver al sistema al máximo posible sus condiciones iniciales.

- Reportes del incorrecto funcionamiento de la planta, que detallan las fallencias de la planta y reportan el escaso y deficiente mantenimiento.
- Algunos parámetros físicos, químicos y biológicos del efluente en el punto de salida de la planta, que proporciona valores contra los cuales contrastar los valores de ingreso a la planta, pudiendo estimar la eficiencia en la remoción de los distintos parámetros.
- Análisis de batimétricos, que reportan la altura y perfil longitudinal de los lodos.

Mientras que, algunos datos faltantes son:

- Población asistida actualmente.
- Caudal tratado en la planta de tratado en la planta.
- Sistemas de tratamiento y cobertura del servicio cloacal actualizado, ya que los datos disponibles datan del año 2010.
- Parámetros físicos, químicos y biológicos del punto de ingreso del efluente a la planta y de cada unidad de tratamiento, así como en los puntos de ingreso y salida de estas unidades.
- Volumen, tipo y parámetros físicos, químicos y biológicos de los efluentes volcados por camiones atmosféricos y/o empresas.

La adecuación de las lagunas puede realizarse a través de alguna o la totalidad de las alternativas propuestas por la municipalidad. Estas alternativas son: a) extracción de lodos y deshidratación de lodos mediante el uso de geotextiles y b) desagote de las lagunas mediante bombas en las piletas para la reparación de membrana, que son alternativas generalmente implementadas y reportadas en bibliografías (SENASBA, 2019).

Finalmente, éste ítem podría contemplar la ampliación de las unidades como opción de readecuación del sistema de tratamiento. No obstante, el terreno presenta una limitante al curso de esta alternativa, debido a que el sitio donde se encuentran las unidades de tratamiento, no presenta espacio para la instalación de otra laguna, siendo los predios adyacentes de pertenencia privada.

- **Diseño de un nuevo proyecto de tratamiento de aguas residuales:** implica una gran cantidad de factores y parámetros a tener en cuenta, que por motivos y alcance de este proyecto no se detallan. No obstante, algunas consideraciones básicas que se deben tener en cuenta son: tipo de tratamiento, parámetros básicos de diseño (caudal medio diario, caudal máximo horario,

volumen y parámetros de diseño de las unidades y sus accesorios), ventajas y aplicabilidad al sitio que posee el sistema, crecimiento de la población en los próximos 20 años, antecedentes y debilidades del tratamiento empleado con anterioridad, gestión de los residuos generados, requerimientos de recursos y personal, entre muchos otros.

Asimismo, cabe considerar, a la hora de seleccionar el sistema de tratamiento más adecuado, criterios de selección, que contemplen factores sociales, ambientales, técnicos y tecnológicos y económicos. Como ser (Gutiérrez Lozano, 2017):

- Factores técnicos y tecnológicos: eficiencia requerida, confiabilidad, flexibilidad o resiliencia, entre otros.
- Factores sociales: olores producidos, impacto visual, aceptabilidad, otros.
- Factores ambientales: beneficios/ costos generados en el ambiente, entre otros.
- Factores económicos: costo del terreno, costo del mantenimiento, costo de la operación, costo para el usuario, relaciones costos/beneficios otorgados, durabilidad de las unidades, entre otros.

Finalmente, en este apartado toma gran importancia la implementación de una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) como herramienta para el diseño y puesta en marcha del proceso tecnológico y la infraestructura a implementar.

- **Cierre de la planta de tratamiento:** deberá consistir en la evacuación del agua de las lagunas, la evacuación de lodos y la remediación de las lagunas. Además de estas actividades, se debe contemplar un monitoreo ambiental del sitio, a fin de evaluar la calidad ambiental del sitio luego del cierre.

En cuanto a la evacuación del agua, su retiro, en general, se realiza mediante la utilización de bombas. El agua retirada puede tener algunos de estos destinos:

- a) Ser incorporada al nuevo sistema de tratamiento mediante el sistema de drenaje, de manera paulatina y en días y horarios adecuados; tal que el nuevo tratamiento pueda amortiguar la magnitud de agua ingresada.
- b) Ser vertidas a un cuerpo receptor, siempre y cuando sus parámetros de vuelco se encuentren dentro de los límites establecidos por la normativa vigente.

En cuanto a la evacuación de lodos, su remoción también se realiza a través de bombas. Además, se requiere una previa caracterización de los lodos, no sólo para la selección de su posterior tratamiento, sino para la elección del tipo de bomba más adecuado para succionarlos (Metcalf & Eddy Inc., 1994). Se recomienda que la succión sea, como mínimo, hasta que en la laguna quede un remanente de hasta 15 cm de altura (Departamento de Protección Ambiental, sf). Los lodos succionados deben ser sometidos a deshidratación y tratamiento con cal, hasta alcanzar un pH > 12. Mientras que, el remanente que queda depositado en la laguna, debe ser tratado con cal hasta alcanzar un pH > 12 (SENASBA, 2019) y luego puede ser mezclado con algún sustrato apto, como humus, hasta la altura del nivel topográfico. Una vez alcanzada esta altura, se debe realizar la cobertura mediante siembra (Departamento de Protección Ambiental, sf), siempre preferentemente, de vegetación autóctona como *Poa ligularis* y *Nassella tenuis* (Massara Paletto, 2018). Dicha vegetación se muestra en las figuras 4.2.1 y 4.2.2, respectivamente.



Figura 4.2.1: *Poa ligularis*. Fuente: IBODA,s,f.



Figura 4.2.2: *Nassella tenuis*. Fuente: IBODA,s,f.

Línea de acción II

A fin de atenuar los impactos negativos sobre el cuerpo receptor de efluentes, se propone:

Residuos

Para lograr atenuar el impacto visual provocado por los residuos sólidos se propone la limpieza del sitio mediante la utilización de saca hojas o similares, y posterior disposición de los objetos recolectados en bolsas de residuos. No sólo en el canal, sino también de los alrededores del canal y los terrenos aledaños afectados con residuos sólidos.

En cuanto al canal, el segmento más impactado por los residuos abarca una distancia de 725 metros, los cuales se encuentran comprendidos desde unos 20 m después del punto de vuelco, hasta la bifurcación del canal en sentido este.

En cuanto a los alrededores, el predio impactado ubicado dentro del terreno municipal comprende un área de aproximadamente 143 m de ancho por 553 m de largo (aproximadamente 8 ha en total), de los cuales, 160 m del largo total son ocupados por una vivienda.

Finalmente, el impacto de los residuos sobre el Terreno Privado 1, ubicado al este del canal, abarca aproximadamente 36 ha (figura 4.2.3).

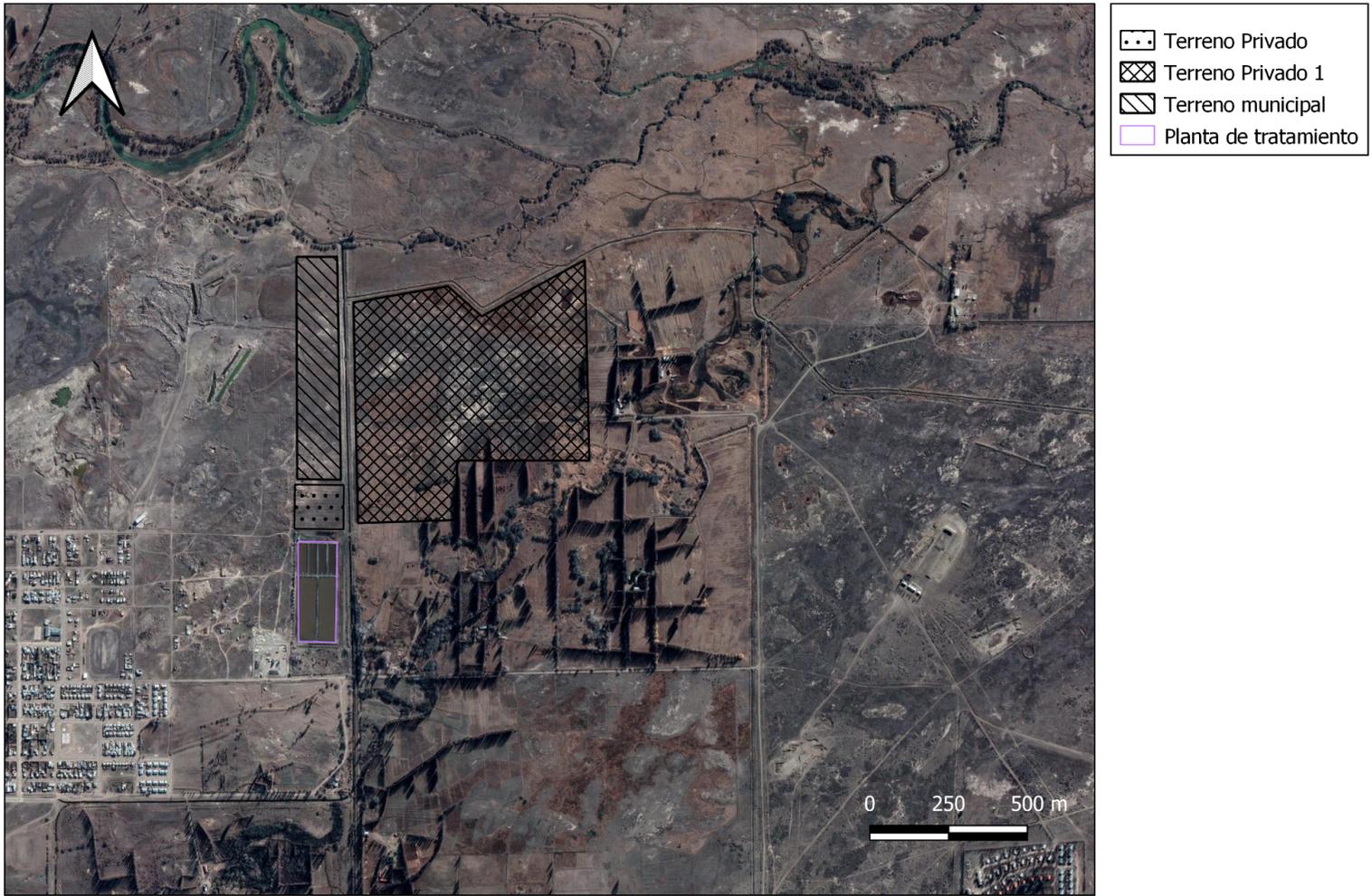


Figura 4.2.3 Zonas de limpieza de residuos. Fuente: propia. Imagen soporte: Google Earth.

➤ Limpieza de terrenos

Descripción de la tarea que se propone realizar: consiste en una jornada de limpieza de las 44 ha que abarcan los predios, siendo requerido con antelación, el permiso de los propietarios y la municipalidad para la realización de la actividad, quienes son propietarios de los terrenos mayormente impactados. El tipo de residuos a recolectar son en su totalidad residuos sólidos inorgánicos, con gran predominio de residuos plásticos, en particular, bolsas.

Además, cabe mencionar, que si bien cada propietario es responsable de la limpieza de su terreno, debido a que el impacto negativo proviene del vertedero, responsabilidad del estado municipal, se debe impulsar la limpieza de los terrenos desde el organismo estatal competente en temáticas ambientales, a fin de evitar que la limpieza de los terrenos que quede sometida a la voluntad de los propietarios.

Además, la tarea no requiere ser llevada por un grupo que requiera gran expertise, siempre y cuando, sean informados de las precauciones, para evitar realizarse heridas debido a las espinas que posee la vegetación autóctona, entre otros riesgos.

El proyecto puede ser extendido a la comunidad, por ejemplo, podría ser adoptado por voluntarios comprometidos con la preservación del ambiente u organizaciones que trabajan en valores ambientales. Sin embargo, es fuertemente recomendable la participación del organismo estatal competente en temáticas ambientales.

Los recursos necesarios son:

- Personal / voluntarios
- Bolsas de residuos
- Guantes de tela, ya que son más resistentes a espinas de los arbustos, entre otros elementos de protección personal.

➤ Limpieza del canal

Descripción de la tarea: consiste en la limpieza de los 725 m del canal receptor de residuos sólidos. El tipo de residuos son en su totalidad inorgánicos. No obstante, a diferencia de los residuos depositados en el predio, estos son más heterogéneos, se observa gran presencia de residuos plásticos de todo

tipo: bolsas, botellas, entre otros. Además, cartones y forestales (malezas). El personal requerido para realizar la tarea debe tener la capacidad de realizar un esfuerzo físico de moderado a intenso, a fin de manipular los saca hojas, redes o similares, debido a que algunos materiales como el cartón se encuentran mojados, presentando mayor densidad.

Los recursos necesarios son:

- Personal
- Herramientas tipo saca hojas o similares
- Bolsas de residuos
- Guantes de tela porque presentan mayor fricción con los materiales a manipular (por ejemplo: para la vara que sostiene el saca hojas o la tela de la red colectora de residuos).

Vuelco de efluentes

Para lograr atenuar la carga másica de fósforo, nitrógeno y materia orgánica del canal receptor de efluentes, se propone la remoción de los contaminantes mediante Islas Flotantes Artificiales (IFA) o en inglés Floating Treatment Wetlands (FTW) o, simplemente, llamadas Eco-islas. Estas surgieron como una variante de humedales artificiales y consisten en el desarrollo hidropónico de plantas emergentes sobre una superficie flotante. En particular, las estructuras superiores de la vegetación se extienden sobre la superficie flotante, mientras que, las raíces se encuentran totalmente sumergidas en la columna de agua, absorbiendo algunos nutrientes disueltos en ella. Asimismo, en las raíces se forman biopelículas que, mediante el metabolismo de los microorganismos, producen la remoción de algunos parámetros de las aguas residuales como fósforo, nitrógeno y coliformes fecales (Headley y Tanner, 2008).

En cuanto a la estructura flotante, existen diversas alternativas. Algunas de ellas son: a) balsas flotantes con mallas que sostienen el sustrato y la vegetación (figura 4.2.4). Estas estructuras flotantes tienen como ventaja que se adaptan a las variaciones del nivel del agua, ya que siempre se encuentran a la altura de la superficie del agua; b) cables suspendidos, a los cuales están sujetas macetas u otros recipientes, sobre los cuales se sostiene la vegetación. Esta estructura tiene la desventaja que no se adapta a las variaciones en el nivel del agua, debido a que los recipientes se encuentran fijos (figura 4.2.5); c) mallas artificiales con materiales capaces de flotar (figura 4.2.6).

Dichas estructuras se adaptan al nivel de agua del cuerpo receptor; y d) estructuras rígidas flotantes suspendidas sobre la superficie, que tienen la desventaja de que no se adapta a las variaciones en el nivel del agua (figura 4.2.7) (Headley y Tanner, 2008).

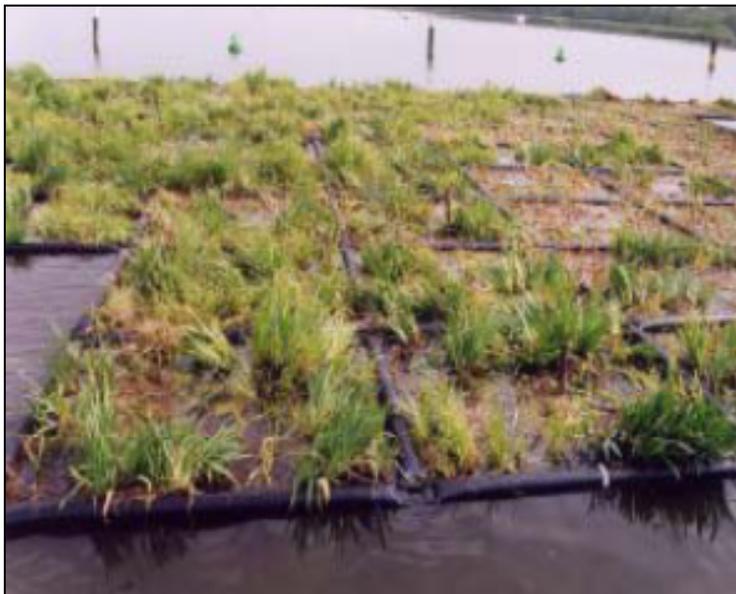


Figura 4.2.4: Estructura flotante compuesta por una balsa revestida con una malla. Fuente: Headley y Tanner, 2008.



Figura 4.2.5: Estructura flotante compuesta por un recipiente sostenido sobre cables. Fuente: Headley y Tanner, 2008.



Figura 4.2.6: Estructura flotante con sistema flotante intrínseco. Fuente: De Stefani, Tocchetto, Salvato y Borin, 2011.

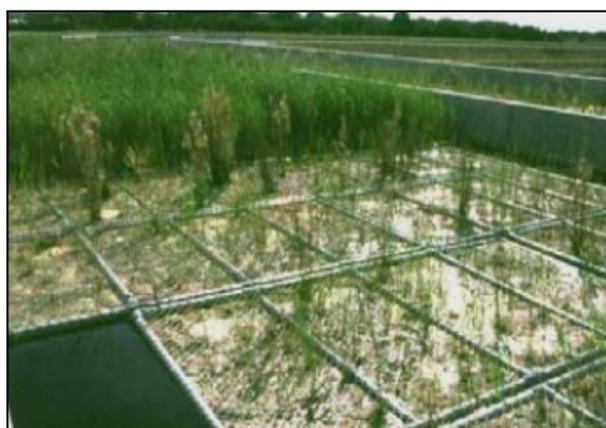


Figura 4.2.7: Estructura flotante rígida. Fuente: Headley y Tanner, 2008.

Debido a la practicidad, viabilidad económica e independencia del nivel de agua del cuerpo receptor, se propone el uso de la alternativa de balsas flotantes, que sostienen el sustrato y la vegetación. Éstas pueden ser realizadas con tubos de PVC, mallas plásticas y precintos (figura 4.2.8) o tubos de PVC, mallas textiles (media sombra) y alambre (figura 4.2.9).



Figura 4.2.8: Diseño de la superficie flotante con tubos de PVC, malla plástica y precintos. Fuente: Ortega Gallegos, 2019.



Figura 4.2.9: Diseño de la superficie flotante con tubos de PVC, malla textil y alambre. Fuente: Escuela de Comercio N° 35, 2016. Expide: Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (Acumar).

Por otra parte, para las dimensiones de la superficie flotante se recomienda un ancho de 50 cm y un largo de 90 cm (De Stefani, Tocchetto, Salvato y Borin, 2011), con suelo, humus o fibra de coco como sustrato para la vegetación (*Escuela de Comercio N° 35, 2016*), dispuestas en el canal formando matrices de 2x6 o 3x6 (filas por columnas), que son dimensiones y disposiciones que otorgan resultados adecuados en la remoción de nitrógeno, fósforo y DQO (De Stefani, Tocchetto, Salvato y Borin, 2011).

En cuanto a la vegetación se deben considerar los siguientes criterios:

- Óptimo: crecimiento de raíces como máximo 40 cm, nativa de la estepa patagónica, macrófita emergente y de práctica adquisición.

En cuanto al criterio de la profundidad, es muy necesario de cumplir ya que se requiere que la vegetación no se adhiera al lecho.

En cuanto al criterio de ser vegetación nativa, es de relevancia debido a que la vegetación está adaptada al clima. Asimismo, se disminuye el riesgo de generar una plaga en caso de que la vegetación se propague y, finalmente, genera valorización de la flora de la región. En caso de que la vegetación seleccionada no cumpla con este requisito, se deberá seleccionar vegetación que sea infértil o de muy escasa propagación.

En cuanto al criterio de macrófita emergente, es de importancia porque los humedales usan ampliamente estas variedades de especies vegetales para la remoción de contaminantes. Además, las macrófitas remueven el fósforo mejor que otras especies vegetales (Claverie et al., 2021).

Una especie vegetal que cumple con la totalidad de los criterios mencionados en una adecuada medida es *Schoenoplectus californicus* (figura 5.1.10) conocido con el nombre vulgar de "totora". Dicha especie vegetal es una macrófita emergente, con crecimiento óptimo en cuerpos de agua entre los 30 a 70 cm y con desarrollo de raíz entre los 12 y 15 cm como máximo (Hidalgo Cordero y García-Navarro, 2018). Asimismo, su distribución se reporta en Chubut, siendo una especie vegetal nativa de América del Sur (IBODA,s,f).



Figura 4.2.10: Schoenoplectus californicus. Fuente: IBODA,s,f.

Respecto del sitio donde se ubicarán, se propone su disposición en el segmento de pertenencia municipal, área de influencia y segmento perteneciente al Terreno Privado 1, los cuales son de mayor accesibilidad. En cuanto al Terreno Privado 1, si bien presenta la complejidad de que se debe contar con autorización de los propietarios, al ser un terreno privado brinda mayor protección a las unidades frente al vandalismo.

Otro aspecto a considerar es la velocidad del canal, la cual no se encuentra determinada. Si bien el caudal fue estimado, dicha estimación se realizó en un sitio donde la velocidad del agua es mayor, debido a la contracción del flujo del canal al atravesar un ducto que se encuentra en este sitio. Debido a la baja velocidad del canal la cual a se observa a simple vista y estima, como máxima, en aproximadamente 0,57 m/s en el punto del experimento de medición del caudal; es probable que se encuentre en órdenes similares a los que puedan hallarse dentro de los parámetros reportados por la bibliografía consultada. Este es un aspecto a atender, al momento de implementar la presente medida de mitigación. Asimismo, otro aspecto a considerar es el ancho del canal, aunque este es variable, por lo cual se puede implementar la

medida de mitigación en las zonas con dimensiones más apropiadas, según lo recomiende la bibliografía.

Finalmente, cabe destacar que un proyecto de similares características fue llevado a cabo por estudiantes de una escuela secundaria en la provincia de Buenos Aires para el arroyo de Riachuelo, la Matanza. Esto evidencia que el proyecto es de fácil aplicabilidad técnica y tecnológica, y el proyecto puede ser tomado o extendido a la comunidad (Escuela de Comercio N° 35, 2016). Siendo siempre recomendable la participación de las entidades con competencia en temáticas ambientales.

Línea de acción III

Algunos aspectos no técnicos relevantes a considerar son:

- La identificación de los actores interesados: es de importancia debido a que la participación de la comunidad en el manejo del recurso hídrico y en la búsqueda de soluciones, es de vital importancia para que la implementación de un proyecto que incluye a un recurso hídrico, sea exitosa. Asimismo, promueve la utilización y distribución equitativa del agua, contemplando los intereses de las partes que utilizan el recurso.

Los actores identificados se presentan en la tabla 4.2.1.

Actores	Intereses	Problemas percibidos	Recursos y mandatos
Municipalidad	-Desarrollo sostenible de la localidad (política de gestión en el sector ambiental).	- Reclamo de los vecinos y pobladores rurales por olores de la planta, coloración en el agua y funcionamiento del sistema de	-Herramienta de difusión. -Tomador de decisiones. -Dar lugar a la problemática dentro de los objetivos de desarrollo sostenible para la ciudad mediante la prestación de soluciones.

		tratamiento.	
Actores	Intereses	Problemas percibidos	Recursos y mandatos
Instituto Provincial del Agua	-Administrar y garantizar el buen uso del agua. Gobernar.	-Reclamo de los vecinos y pobladores rurales por falta de abastecimiento de agua para el riego o consumo.	-Regular las acciones llevadas a cabo sobre los canales. -Solicitar estudios periódicos a la Secretaría de Ambiente. -Participar activamente en la búsqueda de soluciones en conjunto con otras instituciones.
Obras Públicas	- Participar de las políticas públicas de impacto en el territorio. -Participar en la planificación y la gestión del territorio. -Se encuentra a cargo de las redes cloacales.	-	-Prestar información para el desarrollo de proyectos técnicos asociados a las unidades de tratamiento de efluentes. Percepción de la problemática, que ayuda a la búsqueda de soluciones.
Pobladores rurales	-Abastecimiento de agua para consumo y producción.	-El canal es una fuente de agua en algunos sitios, su desvío y mayor alteración ambiental los perjudica.	-Participación en la toma de decisiones -Percepción de la problemática, que ayuda a la búsqueda de soluciones.
Vecinos cercanos a las unidades de tratamiento y del barrio "El Progreso"	-Tener las mejores condiciones de vida posible.	-Olores muy fuertes provenientes de las unidades de tratamiento.	-Participación en la toma de decisiones -Percepción de la problemática, que ayuda a la búsqueda de soluciones.

Actores	Intereses	Problemas percibidos	Recursos y mandatos
Autoconvocados por la cuenca del río Senguer	-Preservación de los recursos hídricos de la localidad.	-Falta de conocimiento del estado de operación de la planta. -Preocupación por el estado en el que se vuelcan los efluentes.	-Participación en la toma de decisiones.

Tabla 4.2.1: Registro de factores interesados a las problemáticas del canal Fuente: propia.

- Sensibilización acerca de la oportunidad del reúso de los efluentes tratados: dicha acción surge de las percepciones reportadas por los habitantes de las zonas aledañas al sistema de tratamiento, quienes perciben el agua residual como agua contaminada, sin capacidad de uso posterior. Cabe destacar que su percepción puede deberse a la falta de respuesta frente a las problemáticas planteadas por los vecinos o debido a la carente o deficiente comunicación por parte de las entidades responsables del recurso comprometido y las entidades responsables acerca del estado de la planta de tratamiento. En este sentido, la transparencia, eficiente comunicación y participación de los vecinos, y otros ciudadanos, es importante para no fomentar percepciones erróneas y desconfianza. Por lo tanto, en caso de aspirar a la reutilización de aguas residuales, está es una barrera a afrontar, donde la educación a través de talleres e instancias de participación en las juntas vecinales, así como los diálogos radiales, puedan ser la respuesta.
- Sensibilización acerca del cuidado del sistema de transporte de efluentes: dicha acción surge como respuesta a las problemáticas reportadas por la entidad de Obras Públicas, cuyo personal reporta las reiteradas reparaciones en el sistema de transporte de efluentes y averías en los equipos de impulsión debido a la disposición de residuos en cámaras sépticas.

Asimismo, el personal reportó los principales barrios donde estos eventos eran más frecuentes.

Por lo tanto, como respuesta a la problemática mencionada, se encuentra la concientización de la adecuada disposición de residuos en los sitios correspondientes. Cabe destacar que a nivel local, se impulsan talleres de separación de residuos sólidos, los cuales son dictados en escuelas primarias. Por lo que la sensibilización acerca del sistema de transporte de efluentes podría incorporarse a estos talleres, añadiendo el tópico que abarque a los residuos que son dispuestos en los espacios sanitarios de los hogares. Dicho tópico debería dictarse, como mínimo, en escuelas que abarquen a las poblaciones donde tienen lugar las problemáticas asociadas al transporte de efluentes.

Finalmente, una estrategia participativa que puede resultar de interés es la de diagnóstico participativo, a fin de identificar las problemáticas percibidas en el barrio, y alrededores, que reciben los perjuicios ambientales del área de influencia.

5.Conclusiones

A lo largo del presente informe se logró atender al objetivo planteado, que consideró la evaluación de la calidad ambiental del cuerpo receptor de efluentes y una propuesta de un plan de mitigación para los principales impactos ambientales encontrados.

❖ **En cuanto al relevamiento y evaluación del cuerpo receptor de efluentes se encontró que:**

En cuanto a los efluentes:

- El canal se encuentra fuertemente impactado negativamente por la magnitud en el cual son vertidos los parámetros de los efluentes cloacales. Como mínimo a 900 m bajo el punto de vuelco, los valores de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos evaluados no varían significativamente de los análogos evaluados directamente en el punto de vuelco.
- En cuanto a la magnitud de los parámetros, la carga másica anual que ingresa al sistema fue estimada en un promedio de: **10 Tn de materia orgánica, 6 Tn de nitrógeno y 0,7 Tn de fósforo**. Mientras que la carga másica anual máxima que podría ingresar al sistema es de **4,5 a 6 Tn de materia orgánica** (los valores dependen si se considera al sistema léntico o lótico, respectivamente), **0,75 Tn de nitrógeno y 0,15 Tn de fósforo**. Las magnitudes mencionadas fueron calculadas en base al límite máximo de vuelco establecido por normativa y las propiedades del canal, en particular, el caudal.
- Los impactos ambientales en el canal se incrementan debido a su **bajo caudal, 0,09 m³/s**, y su **escasa profundidad, 0,6 m**, en promedio. La concentración en las que son vertidos los efluentes podría ser la causante de la coloración verdosa a lo largo de aproximadamente 6,5 km debajo del punto de vuelco, debido al incremento de nutrientes como fósforo, nitrógeno y materia orgánica en el cuerpo de agua.
- La **situación más crítica** se encuentra asociada a los **parámetros microbiológicos**, los cuales se presentaron en un número mayor a **16.000 NMP/100 ml a 900 metros bajo el punto de vuelco**. La concentración en la cual se encuentran los coliformes fecales compromete el uso del agua para su aprovechamiento como agua de irrigación y bebida de ganado; **limitando su uso actual y futuro, en contraposición con el Artículo 27 del**

Anexo A del Decreto Provincial 1540/16, que prohíbe la descarga de líquidos residuales a cuerpos de agua que impidan o limiten los usos actuales o futuros o que impidan la autodepuración del cuerpo receptor. Por otro lado, debido a que en la zona se presentan actividades de agricultura y ganadería, podría decirse que también se ve afectado el desarrollo productivo de los trabajadores rurales.

- Las concentraciones reportadas para los nutrientes en el cuerpo receptor se deben a la ineficiencia del proceso biológico que tiene lugar en las unidades de la planta de tratamiento, así como la culminación de su vida útil y capacidad.

En cuanto al impacto ambiental de los residuos:

- En general, se presentan a lo largo de los aproximadamente 6,5 km recorridos bajo el punto de vuelco.
- Su impacto es más severo en el terreno municipal ubicado dentro del área de influencia, en el Terreno Privado 1 y en el Terreno Privado 2; siendo mayor en este último.

Los impactos en Terreno Privado 2 son más severos debido a que este presenta actividades de ganadería bovina; observándose la muerte de una considerable cantidad de ejemplares, cuyas muertes probablemente se asocien a la ingesta de plástico por accidente²¹. Un escenario similar al observado en el Terreno Privado 2, fue reportado en la entrevista llevada a cabo en el Terreno Privado 1, en el cual, debido a la mortandad de ejemplares bovinos, decidieron desplazar los ejemplares a otra zona y reemplazarlos con ejemplares equinos, quienes pueden evitar la ingesta de plástico.

En ambos campos se observó la interrupción de riego por inundación para el pastoreo del ganado bovino, las cual, probablemente, se deba a lograr el desplazamiento del ganado en direcciones donde el efecto de los residuos sea menor. Este escenario refleja de manera indirecta la necesidad de la implementación de una adecuada gestión de residuos sólidos urbanos, con énfasis en la disposición final, que es la etapa de la gestión de residuos que

²¹ Según las vivencias reportadas por los propietarios de terrenos afectados por el impacto de residuos y efluentes sobre el canal receptor de agua.

ha comprometido no sólo al cuerpo receptor, sino también la producción en los terrenos aledaños.

❖ **En cuanto a las medidas de mitigación propuestas para los impactos encontrados en el canal se destaca:**

➤ La implementación de un cerco perimetral como medida de interrupción al foco de contaminación que produce el impacto de residuos sobre el canal, que éste trae aparejado beneficios no sólo en el vertedero municipal, sino para la comunidad debido a que puede mejorar la seguridad limitando el acceso de las personas al vertedero. Además, la implementación del cerco favorecería la interrupción de la deposición de residuos sólidos sobre el cuerpo receptor y campos aledaños. Sin la realización de análisis costo- beneficio detallado, puede observarse a simple vista cuán beneficioso resultaría la implementación de un cerco perimetral en el vertedero, considerando estos aspectos ambientales y sociales, mencionados con anterioridad.

➤ Las medidas de adecuación, diseño de un nuevo sistema de tratamiento de efluentes y de cierre del actual sistema de tratamiento, como medidas de interrupción al foco de contaminación que produce el impacto de efluentes sobre el canal, las cuales son necesarias no sólo por la ineficiencia en el tratamiento que presenta el actual sistema (reflejada a través de la magnitud de los parámetros en la que son vertidos los efluentes), sino por el cumplimiento de la vida útil del proyecto y materiales empleados (20 años). Asimismo, la altura de lodos la cual se encuentra muy próxima a la altura de diseño de las lagunas primarias en los primeros 25 m, de cada una de ellas.

➤ Las medidas propuestas para disminuir los impactos provocados por los residuos y efluentes sobre el canal, en particular limpieza y remoción de nutrientes a través de IFAS, resultan medidas de adecuado presupuesto y potenciales efectos beneficiosos sobre el sistema.

❖ **En cuanto a los aspectos periféricos que afectan al objetivo general considerado, se destaca:**

- La implementación de un nuevo sistema de tratamiento, que contemple los diferentes actores interesados y lecciones aprendidas del actual tratamiento de efluentes. La consideración de los definidos factores no técnicos, puede brindar beneficios no sólo al sistema de tratamiento en sí, sino también al sistema de transporte de efluentes.
- La percepción de los que habitan en zonas circundantes a la planta de tratamiento, quienes no perciben el agua residual como un recurso, probablemente por la falta de conocimiento o incertidumbre del estado de la planta de tratamiento. En este sentido, la sensibilización, educación y transparencia en la comunicación resultan herramientas que deben desarrollarse en caso de considerarse el reúso de las aguas residuales. En este punto, cabe destacar la actual inexistencia en la potencialidad de reúso de los efluentes provenientes del sistema de tratamiento debido a la magnitud en la cual se encuentran los parámetros microbiológicos. No obstante, el reúso de los efluentes tratados es uno de los aspectos a considerar en el futuro desarrollo e implementación de un sistema de tratamiento de efluentes; sobre todo, teniendo en cuenta que la provincia es una de las únicas que cuenta con normativa que regule el reúso de aguas residuales y es un modelo de reúso de aguas residuales a nivel nacional. Además, dicha práctica se encuentra alineada con la optimización del uso del agua en todas sus formas, lo cual es de suma importancia en el contexto actual de crisis hídrica en la provincia y en la ciudad. Esta última, reflejada a través de la desaparición del lago Colhue Huapi, el aumento de preocupación de la población local en cuanto al uso, distribución y preservación de los recursos hídricos de la localidad; reflejadas a través de las emergentes organizaciones subestatales como autoconvocados y debates radiales frecuentes.

Finalmente, resulta de interés notar que la temática comprende aspectos no exclusivos a las temáticas y competencias ambientales. Sin embargo, es necesario contemplarlas para lograr el alcance de soluciones reales.

6.Referencias

- ❖ Agua y Saneamientos Argentinos S.A.(AySA S.A). (2018). Manual de plantas depuradoras (1): caracterización de efluentes: ensayos físicos y químicos. 1a ed. *Lazos de Agua*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- ❖ Alemanni. (2012). *Reuso de aguas residuales tratadas para riego y su factibilidad de aplicación en la región Andina de la provincia de Río Negro* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Río Negro).
- ❖ Azcona. (2015). Fitorremediación y reutilización de lixiviados producidos en el compostaje de biosólidos mediante humedales artificiales de vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty). *UNRN*.
- ❖ Barreto Saenz. (2010). Protocolo de monitoreo de agua- Laboratorio de calidad ambiental. *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)*. Recuperado de: [Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la ... - IDEAM](#). Fecha de acceso: 9/10/21, 22:03 hs.
- ❖ Calvachi & Ortiz. (2013). *Nitrógeno en aguas residuales: orígenes, efectos y mecanismos de remoción para preservar el ambiente y la salud pública*. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-71072013000100007. Fecha de acceso: 9/10/21, 21:56 hs.
- ❖ Carlosama Mora. (2013). *Máquina vibradora para fabricar postes de hormigón armado para alambrado perimetral* (Bachelor 's thesis).
- ❖ Carta Orgánica Municipal de la Ciudad de Sarmiento. (s,f). *Honorable Convención Constituyente*.
- ❖ Centroamérica M.A.E. (2008). Manual de depuración de aguas residuales urbanas.
- ❖ CIDBIMENA. (S,f). Comportamiento del cloro en el agua. Disponible en: http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/CD_Agua/pdf/spa/doc14587/doc14587-c.pdf. Fecha de acceso: 9/10/21, 21:56 hs.
- ❖ Claverie et al. (2021). Variabilidad estructural de la comunidad de macrófitas en un gradiente pluviométrico en la provincia de Chubut. *Ecología Austral*, 31, 431-443.

- ❖ Comisión Nacional del Agua. (2007). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. México.
- ❖ Comisión Nacional del Agua. (2015). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Lagunas de Estabilización. *Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento*. México.
- ❖ Consultora S.R.L. (2010). Proyecto de riego presurizado para cultivos intensivos en 1.500 ha potenciales existentes sobre la margen izquierda del curso conocido como Falso Senguer, ubicadas al norte de la localidad de Sarmiento en la Provincia Del Chubut. *Consejo Federal de Inversiones (CIF)*. Chubut
- ❖ Constitución de la Provincia del Chubut. (1994). Argentina.
- ❖ Coronato A., Mazzoni, Vázquez y Coronato, F. R. (2017). *Patagonia: una síntesis de su geografía física*.
- ❖ Decreto nacional N° 831/93. (1993). Reglamentación de la Ley N° 24.051.
- ❖ Decreto provincial N° 1540/16. (2016). Reglamentación Parcial de la Ley XI N° 35 “Código Ambiental de la Provincia del Chubut”. *Ministerio de Ambiente y Control de Desarrollo Sustentable*. Chubut.
- ❖ Departamento de Protección Ambiental. (s:f). West Virginia Department of Environmental Protection Sewage Lagoon Closure/Cleaning Procedures. *Division of Water and Waste Management*.
- ❖ De Stefani, Tocchetto, Salvato y Borin. (2011). Performance of a floating treatment wetland for in-stream water amelioration in NE Italy. *Hydrobiologia*, 674(1), 157-167.
- ❖ Edge Analytical. (s:f). Edge Analytical. 2.540 Solids. Recuperado de: <https://edgeanalytical.com/>. Fecha de acceso: 9/10/21, 21:48 hs.
- ❖ Edge Analytical. (s:f). Edge Analytical. 4.500-O Oxygen (Dissolved). Recuperado de: https://edgeanalytical.com/wp-content/uploads/Inorganic_SM4500-O.pdf. Fecha de acceso: 9/10/21, 21:49 hs.

- ❖ EPA. (s;f). Wastewater Technology Fact Sheet Facultative Lagoons. Recuperado de:<https://www3.epa.gov/npdes/pubs/faclagon.pdf>. Fecha de acceso: 9/10/21, 21:52 hs.
- ❖ FAO. (s;f). Código de Prácticas de Higiene para las Frutas y Hortalizas Frescas. *FAO*. Recuperado de: <http://www.fao.org/>. Fecha de acceso: 9/10/21, 21:51 hs.
- ❖ FAO. (2006.) WHO Guidelines for the safe use of wastewater excreta and greywater Volume I. WHO- *UNEP*.
- ❖ FAO. (2014). Estudio del potencial del uso alternativo de fuentes de agua: las aguas residuales. *Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca*.
- ❖ Garzón, M. J. (2015). *Parámetros poblacionales de Ochlerotatus albifasciatus (Diptera: Culicidae) en poblaciones de clima diferente (árido de estepa y templado húmedo)* (Doctoral dissertation, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales).
- ❖ Giosa. (2001). Cámara Séptica. Facultad de arquitectura.
- ❖ Gutiérrez Lozano. (2017). Herramienta de selección de tecnologías de tratamiento de aguas residuales basada en modelos de decisión multicriterio-caso de estudio: municipios de Colombia (Master 's thesis, Uniandes).
- ❖ Gutierrez y Olmos. (2007). Procesos para el tratamiento biológico de aguas residuales industriales. Ed. Universitaria.
- ❖ Headley y Tanner. (2008). Floating treatment wetlands: an innovative option for stormwater quality applications. *In 11th International conference on wetland systems for water pollution control*.
- ❖ Hidalgo Cordero y García-Navarro. (2018). Totorá (*Schoenoplectus californicus* (CA Mey.) Soják) and its potential as a construction material. *Industrial Crops and Products*, 112, 467-480.
- ❖ Instituto de Botánica Darwinion. (s;f). *Schoenoplectus californicus* (C.A. Mey.) Sojak var. californicus. *Darwin*. Fecha de acceso: 9/11/21, 23:53 hs.

- ❖ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). (2011). Protocolo de Muestreo, Transporte y Conservación de Muestras de Agua con Fines Múltiples (consumo humano, abrevado animal y riego). *Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca*.
- ❖ Ley XI -N° 35. Código ambiental de la provincia de Chubut.
- ❖ Ley XVII- N° 88. *Honorable Legislatura del Chubut*.
- ❖ Lozada Rojas. (2011). Diseño del protocolo de muestreo para vertimientos de aguas residuales y planificación del sistema de gestión ambiental bajo los lineamientos de la Norma NTC ISO 14.001:2004 para la empresa JG consultorías S.A.S. *Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de Ingeniería Ambiental*.
- ❖ Lozano Rivas. (2012). Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales. *UNAD*. Colombia, Bogotá.
- ❖ Luna Mendoza. (s,f). Evaluación del dimensionamiento de la laguna de oxidación, propuesta para el mejoramiento del sistema de tratamiento de agua residual del puesto de mando adelantado (PMAD) los Mangos.
- ❖ Martín. (2012). Trabajo Final Integrador para optar al título de Especialista en tratamiento de efluentes y residuos orgánicos. *Universidad Nacional de Río Negro*.
- ❖ Massara Paletto. (2018). Restauración ecológica en la diagonal árida Argentina. 1° Ed. Guaymallén.
- ❖ Matsumoto y Sánchez. (2011). Desempeño de una laguna anaerobia con baffle divisor seguida de una laguna facultativa, posible afectación de la salud pública. *Revista universidad y salud*, 13 (1), 46-60.
- ❖ Matteucci. (2012). Ecorregión Estepa Patagónica. *Ecorregiones y complejos ecosistémicos argentinos. Orientación Gráfica Editora SRL, Buenos Aires*, 549-654.
- ❖ MAyCDS.(2015). Ambiente Chubut. Informe de vegetación y Fauna. *Loteo Terrazas del Golfo*. Recuperado de: <http://www.ambiente.chubut.gov.ar> > 2015/07 . Fecha de acceso: 9/10/21, 22:04 hs.
- ❖ Ministerio de Salud Argentina. (s,f). Programa Abastecimiento y Calidad de Agua, impulsada a través de las últimas Guías de Agua Potable de la OMS.

- ❖ Municipalidad de Laboulaye. (2020). *Cierre antiguo basural abierto de la ciudad de Laboulaye*. Córdoba.
- ❖ Oakley. (2005). Lagunas de estabilización en Honduras. *Manual de diseño, construcción, operación y mantenimiento, monitoreo y sostenibilidad*.
- ❖ Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). (2017). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017- Aguas Residuales El Recurso Desaprovechado.
- ❖ Ortega Gallegos. (2019). *Islas Flotantes Artificiales con: Pasto Guinea (Panicum máximum) como alternativa para la remoción de Nitratos y Fosfatos en el agua procedente del río Cutuchi* (Bachelor's thesis, Ecuador, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi).
- ❖ Ortiz Bardales. (2014). Operación y mantenimiento de Sistemas de Alcantarillado Sanitario y Plantas de Tratamiento de Aguas [Archivo Powerpoint]. *Slideshare*. Recuperado de:
<https://es.slideshare.net/ceshesol/fundamentos-de-tratamiento-por-lagunas>. Fecha de acceso: 9/10/21, 21:53 hs.
- ❖ Ortiz y Matsumoto. (2012). Evaluación del desempeño de la planta de tratamiento de aguas residuales urbanas de ILHA Solteira (SP) por lagunas facultativas primarias. *Ingeniería y desarrollo*, 30(2).
- ❖ Oyarzo Vargas. (2007). Precipitación química del fósforo mediante la adición de sulfato de aluminio en plantas de tratamiento de aguas. *Universidad de Magallanes*. Disponible en:
www.umag.cl > tesis > oyarzo_vargas_2007. Fecha de acceso: 9/10/21, 22:00 hs.
- ❖ Pezzuchi y Fernández. (2001). Hoja Geológica 4569-III: Sarmiento, provincia del Chubut. *Instituto de Geología y Recursos Minerales-SEGEMAR (inédita)*. Escala, 1(250.000), 55.
- ❖ Raguileo. (2020). Trayectorias socio-ecológicas en valles bajo riego: el caso de Sarmiento en la provincia de Chubut.
- ❖ Rojas Herrera. (2018). Propuesta de mitigación alternativa para la operabilidad del tratamiento de las aguas residuales de la localidad Segunda Jerusalén. Rossel Bernedo et

- al. (2020). Radiación ultravioleta-c para desinfección bacteriana (coliformes totales y termotolerantes) en el tratamiento de agua potable. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22 (1), 68-77.
- ❖ Ramalho. (1996). Tratamiento de aguas residuales. Ed. Reverté S.A. Bogotá. Colombia.
 - ❖ Reutelshöfe y Guzmán Bejarano. (2015). Guía para la toma de muestras de agua residual. *Servicio Nacional para la Sostenibilidad de Servicios en Saneamiento Básico (SENASBA)*.
 - ❖ Sánchez Sánchez. (2020). Restauración de los canales eutrofizados de abastecimiento de agua a los Pantanos de Villa.
 - ❖ Sanchis. (2010). Plan de desarrollo Estratégico sustentable del Municipio de Sarmiento y su área de influencia.
 - ❖ Sandoval y Collí. (2004). Tratamiento integral de agua residual municipal, su desinfección y reuso en la agricultura. In XXIX Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. San Juan, Puerto Rico.
 - ❖ Scarpini. y Orfila. (2005). Características de las aguas subterráneas de la provincia del Chubut. *Dirección de Protección Ambiental, Provincia de Chubut, Argentina*.
 - ❖ Scordo. (2018). Dinámica integral de los recursos hídricos de la cuenca del río Senguer.
 - ❖ Scordo et al. (2017). Evolución de los Recursos Hídricos en el "Bajo de Sarmiento" (Patagonia Extra Andina): Impactos Naturales y Antrópico.
 - ❖ Secretaría de Ambiente. (2016). Caracterización Ambiental del Sitio de Disposición Final de RSU Municipalidad de Sarmiento Chubut.
 - ❖ SENASBA. (2019). Guía para el Fortalecimiento Institucional: Operación y Mantenimiento para el Tratamiento de Aguas Residuales mediante Lagunas de Estabilización. *GIZ/PERIAGUA*. Bolivia.
 - ❖ Smith y Smith. (2007). Ecología. 6ta Ed. *Pearson Education S.A*. Madrid.
 - ❖ Tchobanoglous. (2002). *Handbook of solid waste management*. 2 Ed. McGraw-Hill.
 - ❖ Tejedo, Pereyra, Anielli y Jones. (2000). Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina.1:250.000. Carta de Peligrosidad Geológica 4566-III. Boletín;305.

Buenos Aires, Subsecretaría de Minería de la Nación. SEGEMAR. I.G.R.M. Dirección de Geología Ambiental y Aplicada. Comodoro Rivadavia. Provincia de Chubut.

- ❖ Tesis Doctoral en Xarxa (TDX) (Repositorio). (s,f). Depuración biológica de las aguas residuales urbanas. (handle). *Universidad nacional de Cataluña*. Disponible en: www.tdx.cat > [bitstream](#) > [handle](#). Fecha de acceso: 9/10/21, 22:00 hs.
- ❖ UICN (2018). Guía de Monitoreo Participativo de la Calidad de Agua. Quito- Ecuador. *UICN*.
- ❖ Universidad de Salamanca. (s,f). CIDTA. Características de las aguas residuales. Recuperado de: <https://cidta.usal.es/cursos/etap/modulos/libros/Caracteristicas.PDF>. Fecha de acceso: 9/10/21, 21:50 hs.
- ❖ Vázquez (2016). Lagunas de estabilización. *Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica*, 3, 148-163.
- ❖ Winpenny et al. (2013). Reutilización del agua en la agricultura: ¿Beneficios para todos? *FAO*. Rome, Italy.

7.Anexos

Anexo I

A

A.1) Método 2.120 B: Visual Comparison Method

Principio: se determina el color por comparación visual de la muestra con soluciones coloreadas de concentración conocida.

El método estándar para medir el color es el método de platino-cobalto. Se define como unidad de color a la tonalidad producida por 1 mg de platino/L en forma de ion cloroplatino.

Procedimiento: Se llena un tubo Nessler con 50 ml de muestra, comparándola con los estándares, que poseen igual volumen pero distintas diluciones de platino-cobalto, de tal manera que generan un gradiente ascendente de color, a medida que la dilución es menor.

- ❖ APHA, AWWA y WEF. (2005). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

A.2) Método 2.120 C: Spectrophotometric Method

El método es aplicable a las aguas potables, superficiales y residuales, ya sean domésticas o industriales.

Procedimiento:

1) Preparación de la muestra:

Se deben tomar 2 muestras de 50 ml y llevarlas a temperatura ambiente. Una de ellas se utiliza con pH natural, mientras que otra debe regularse a pH a 7,6 mediante la aplicación de ácido sulfúrico (H_2SO_4) y hidróxido de sodio (NaOH). La adición de las anteriores sustancias no debe exceder el 3% del volumen de la muestra.

A continuación se deben centrifugar las muestras para remover el exceso de materiales en suspensión. Para ello, debe agregarse a cada muestra 10 g de coadyuvante y filtrar la muestra. Se generará un precipitado, que quedará depositado sobre el filtro.

Seguidamente, al líquido obtenido de la operación de filtrado se le añaden 40 mg de coadyuvante. Luego, se pasa el líquido claro, resultante del proceso de filtrado segundo, a un matraz mediante la utilización de una bomba de vacío, a través del mismo filtro que se utilizó para filtrar la muestra

por primera vez. Una vez obtenido el líquido clarificado, se toman 25 ml para la medición de la transmitancia o absorbancia.

Las filtraciones se realizan a través de una bomba de vacío.

Para la medición de las muestras en espectrofotómetro, se deben limpiar las cubas mediante agua, y luego enjuagarlas dos veces con la muestra, descartando su contenido. Se debe ajustar el instrumento para leer el 100% de transmitancia o 0% de absorbancia en el blanco, utilizando como blanco agua destilada (APHA, AWWA y WEF, 2005).

- ❖ APHA, AWWA y WEF. (2005). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

B

B.1) Standard Method 2.540 B: Determinación de Sólidos Totales secados a 103- 105°C

Procedimiento: En caso de que no se midan los sólidos disueltos totales, se toma una muestra y se deja evaporar a una temperatura entre 103 a 105°C hasta peso constante. La diferencia entre el peso de la antes de su calentamiento y el peso de la muestra cuando presenta peso constante en mg, sobre el volumen de la muestra en ml, representa el total de sólidos. Es aplicable para un rango de hasta 20.000 mg de sólidos totales/l.

Interferencias en aguas residuales: grasas y aceites sobre la superficie, a la hora de tomar la muestra.

B.2) Standard Method 2.540 C: Determinación de Sólidos Disueltos Totales a 180°C

Procedimiento: una muestra se filtra a través de un filtro de fibra de vidrio de 0,45 µm. La porción sólida resultante del proceso de filtrado se somete a secado a 180°C en un crisol hasta peso constante. La diferencia entre el peso del crisol luego de ser secado y el peso del recipiente, en mg, sobre el volumen de la muestra en ml son los sólidos disueltos totales.

- ❖ Edge Analytical (b). (s:f). Edge Analytical. 2.540 Solids. Recuperado de: <https://edgeanalytical.com/>

C

Standard Method 4.500 O B: Determinación de Oxígeno Disuelto

Procedimiento: Se añade una solución de Mn (II), como MnSO_4 , inmediatamente seguida de la adición de una base fuerte, como NaOH, a la muestra contenida en un frasco tipo Winkler. El producto entre el MnSO_4 y el NaOH genera un Mn(OH)_2 , que reacciona rápidamente con oxígeno disuelto produciendo Mn(OH)_3 , que se presenta como un precipitado color marrón. Luego, en solución ácida y en presencia de yoduros, el Mn del Mn(OH)_3 retorna a su valencia original (II), generando yoduros equivalentes al oxígeno presente en el compuesto de Mn. Finalmente, los yoduros generados son medidos a través de una titulación con tiosulfato 0.025N.

- ❖ Edge Analytical (a). (s,f). Edge Analytical. 4500-O Oxigen (Dissolved). Recuperado de: https://edgeanalytical.com/wp-content/uploads/Inorganic_SM4500-O.pdf
- ❖ Gaitán, Hernández y Coy. (2004). Determinación de Oxígeno Disuelto por el método yodométrico modificación de azida. *IDEAM*

D

D.1) EPA 351.1: Nitrógeno, Kjeldahl, Total

El nitrógeno Kjeldahl es la suma del nitrógeno correspondiente al amoníaco libre y el nitrógeno asociado a compuestos orgánicos, que son convertidos a $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ en condiciones de digestión específicas, dadas por el mismo método.

Procedimiento: la muestra se dispone en un aparato de destilación Kjeldahl. Primeramente, es digerida mediante una solución de ácido sulfúrico, con adición de sulfato de potasio y mercurio como catalizadores para aumentar el punto de ebullición. En esta etapa se busca romper los enlaces de nitrógeno de la muestra y convertir todo el nitrógeno contenido en estructuras orgánicas a amonio. Como producto de la digestión de la muestra se produce $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

Seguidamente, una vez digerida la muestra, se deja enfriar y se realiza la destilación. El objetivo de esta etapa es convertir el amonio del $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ a amoníaco, mediante la adición de una base fuerte. En esta etapa también se coloca una solución absorbente, en general ácido bórico (B(OH)_3), para capturar el gas amoníaco disuelto resultante de la reacción entre el $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ y la

base fuerte. Asimismo, luego el material absorbente produce la liberación, en medio acuoso, de gas amoníaco como amonio.

Finalmente, cuando se utiliza el ácido bórico como absorbente, se lleva a cabo una valoración ácido-base utilizando una solución estandarizada de ácido sulfúrico o clorhídrico e indicadores. s.

El rango de concentración de la solución utilizada varía entre 0,01 N a 0,5 N.

- ❖ EPA. (1978). Method 351.1: Nitrogen, Kjeldahl, Total (Colorimetric, Automated, Phenate) by Autoanalyzer. Recuperado de:
https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-08/documents/method_351-1_1978.pdf
- ❖ Panreac Applichem. (s,f).Determinación de Nitrógeno por el Método Kjeldahl. Recuperado de: https://www.itwreagents.com/uploads/20180122/A173_ES.pdf

D.2) Standard Method 4500-NH₃: Nitrogen (Ammonia)

El método consiste primeramente en una destilación, que figura en esta normativa, en su inciso B. Para llevar a cabo dicha destilación se debe llevar la muestra a pH 9,5 ,mediante la adición de una solución que contenga borato, esto disminuye la hidrólisis del nitrógeno asociado a sustancias orgánicas. Seguidamente, el amonio resultante del proceso de destilación se mide mediante titulación (inciso C) en la que se utiliza una solución 0.02N de H₂SO₄ como patrón.

- ❖ Standard Methods. (1997). Standard Method 4500-NH₃ Nitrogen (Ammonia).

E

Standard Method 4500-P: Phosphorus Total

Primeramente se digiere la muestra en persulfato de amonio o potasio. Para ello se toman 50 ml de muestra y se le añade una gota de indicador, fenolftaleína. En caso de que la solución desarrolle una coloración rojiza, se le añade un ml de H₂SO₄. Seguidamente, se digiere la muestra en una placa precalentada durante 30 a 40 minutos. Luego de la digestión, se retira la muestra y se deja enfriar. Seguidamente, se le añade una gota de fenolftaleína y se añade NaOH hasta adquirir una coloración rosa tenue. Se lleva la muestra a 100 ml y se determina el fósforo por el método del ácido ascórbico u otro.

Para el caso de la aplicación del método por ácido ascórbico se deben tomar 50,0 ml de muestra y colocarlos en un matraz. Luego se le añade 1 gota de fenolftaleína; añadiendo H_2SO_4 , si aparece una tonalidad rojiza, a fin de disipar tal coloración. Seguidamente, se añaden 8 mL de reactivo combinado y, tras esperar 10 minutos, se mide la solución generada a una absorbancia a 880 nm.

- ❖ Standard Method.(1999).Standard Method 4500-P Phosphorus.
- ❖ Severiche Sierra, Luna Jara y Gonzalez García. (2013). Evaluación analítica para la determinación de fósforo total en aguas por el método del ácido ascórbico.

F

Standard Method 9221 Multiple-tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group

Para la determinación de la densidad de coliformes fecales, primeramente se llenan tubos de ensayo con medio de cultivo líquido apropiado para el desarrollo de los microorganismos, en general caldo Mac Conkey. El número de estos tubos de ensayo suelen ser entre 5 y 10. Cada uno de los tubos es inoculado, mediante el uso de un asa, con la muestra. Ésta debió ser sometida, previamente, a una dilución seriada. Es decir, cada uno de los tubos será inoculado con cada una de las diluciones realizadas.

Una vez realizada la inoculación, se incuban los tubos durante 24 hs a 35°C.

Pasado el periodo de incubación, se toma un inóculo de aquellos tubos que hayan presentado desarrollo de gas y se los siembra en otro cultivo. Seguidamente son incubados en un nuevo caldo de cultivo análogo durante 24 hs a 35°C.

Pasado el segundo periodo de incubación, se toma un inóculo de aquellos tubos que hayan presentado desarrollo de gas y se los siembra en cultivo análogo y se los incuba durante 48 hs a 44°C. Finalmente, se cuenta el número de tubos con desarrollo de gas, resultado positivo, y se calcula el Número Más Probable NMP mediante tabla que muestra la densidad de bacterias más probable para el número de tubos positivos que tuvieron lugar en cada una de las incubaciones.

- ❖ Standard Method.(2006).Standard Method 9221.

Anexo II

A

Niveles guía de calidad de agua para irrigación

CONSTITUYENTE PELIGROSO	# C A S Y	NIVEL GUIA (ug/l)	REFERENCIAS
ALUMINIO (TOTAL)	7429-90-5	5000	I
ARSENICO (TOTAL)	7440-38-2	100	I
BERILIO (TOTAL)	7440-41-7	100	I
BORO (TOTAL)	7440-42-8	500	B
CADMIO (TOTAL)	7440-43-9	10	I
CINC (TOTAL)	7440-66-6	2000	I
COBALTO (TOTAL)		50	I
COBRE (TOTAL)	7440-50-8	200	I
CROMO (TOTAL)	7440-47-3	100	I
FLUOR	7782-41-4	1000	I
HIERRO (TOTAL)	7439-89-6	5000	I
LITIO (TOTAL)	7439-93-2	2500	I
MANGANESO (TOTAL)	7439-96-5	200	I

NIQUEL (TOTAL)	7440-02-0	200	I
PALADIO (TOTAL)		5000	I
PLOMO (TOTAL)	7439-92-1	200	B
SELENIO (TOTAL)	7782-49-2	20	I
URANIO (TOTAL)		10	B
VANADIO		100	I

TABLA 6 -

NIVELES GUIA DE CALIDAD DE AGUA PARA BEBIDA DE GANADO

CONSTITUYENTE PELIGROSO	# CAS	Y	NIVEL GUIA (ug/l)	REFERENCIAS
ALUMINIO	7429-90-5		5000	B
ARSENICO (TOTAL)	7440-38-2		500	B

BERILIO	7440-41-7	100	B
BORO	7440-42-8	5000	B
CADMIO	7440-43-9	20	B
CINC	7440-66-6	50	B
COBALTO		1000	B
COBRE (TOTAL)	7440-50-8	1000	B
CROMO (TOTAL)	7440-47-3	1000	B
FLUOR	7782-41-4	1000	B
MERCURIO	7439-97-6	3	B
MOLIBDENO		500	B
NIQUEL	7440-02-0	1000	B
PLOMO	7439-92-1	100	B
SELENIO	7782-49-2	50	B
URANIO		200	B
VANADIO		100	B

❖ Decreto nacional N° 831/93. (1993). Reglamentación de la Ley N° 24.051.

B

Límites permisibles en efluentes descargados a un cuerpo hídrico

24.-

ANEXO II**Tabla I. Límites permisibles en efluente descargado a cuerpo receptor hídrico.**

Observación: La Autoridad de aplicación, se reserva el derecho de exigir la aplicación de ciertos pretratamientos sobre las muestras, previo análisis. Esto será determinado caso por caso, mediante decisión fundada.

Parámetros	UNIDAD ¹	Límite permisible para descargar a:		
		Cuerpo de agua superficial	Costa marítima	Mar abierto mediante emisario
Cianuro total ²	mg/l	≤ 0,1	≤ 0,1	≤ 0,1
Cloro libre	mg/l	≤ 0,5	≤ 0,5	-
Cloruros	mg/l	≤ 350	-	-
Color (método espectrofotométrico)	Unidades de absorbancia	≤ 1	≤ 1	≤ 1
Olor	-	No se permitirá el vuelco de efluentes con olores ofensivos		

DBO ₅ días, 20 C	mg O ₂ /l	<p><i>Para cuerpos lóticos:</i></p> <p>Si el factor de dilución se encuentra entre 25:1 y 40:1, el valor de DBO deberá ser ≤ 20</p> <p>Si el factor de dilución es ≥ 40:1, el valor de DBO deberá ser ≤ 45</p> <p>Según Art. 8 no se permitirán vuelcos con factores de dilución inferiores a 25:1.</p> <p><i>Para cuerpos lénticos:</i></p> <p>≤ 30</p>	≤ 50	≤ 130
DQO al dicromato de potasio	mg/l	<p><i>Para cuerpos lóticos:</i></p> <p>Si el factor de dilución se encuentra entre</p>	≤ 250	≤ 500

Parámetros	UNIDAD ¹	Límite permisible para descargar a:		
		Cuerpo de agua superficial	Costa marítima	Mar abierto mediante emisario
		25:1 y 40:1, el valor de DQO deberá ser ≤ 100 Si el factor de dilución es $\geq 40:1$, el valor de DQO deberá ser ≤ 250 Según Art. 8 no se permitirán vuelcos con factores de dilución inferiores a 25:1. <i>Para cuerpos lénticos:</i> ≤ 150		
Fenoles (sustancias fenólicas)	mg C ₆ H ₅ OH/l	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$	≤ 1
Fluoruro total	mg/l	≤ 1	$\leq 1,5$	≤ 6
Hidrocarburos totales del petróleo	mg/l	$\leq 5,0$	≤ 10	≤ 15
Hierro soluble	mg/l	$\leq 2,0$	≤ 10	-
pH	-	6-9	6-9	6-9
SAAM	mg/l	≤ 1	≤ 5	≤ 5

Fenoles (sustancias fenólicas)	mg C ₆ H ₅ OH/l	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 1
Fluoruro total	mg/l	≤ 1	≤ 1,5	≤ 6
Hidrocarburos totales del petróleo	mg/l	≤ 5,0	≤ 10	≤ 15
Hierro soluble	mg/l	≤ 2,0	≤ 10	-
pH	-	6-9	6-9	6-9
SAAM	mg/l	≤ 1	≤ 5	≤ 5
Sólidos disueltos totales	mg/l	La fluctuación será menor al 10 % en el cuerpo receptor, fuera de la zona de mezcla, en el momento de la descarga, para esa profundidad. NO debe afectar el funcionamiento de las tomas de agua para consumo/potabilización ni la calidad del agua para los diferentes usos.	La fluctuación será menor al 10 % en el cuerpo receptor, fuera de la zona de mezcla, en el momento de la descarga, para esa profundidad.	La fluctuación será menor al 10 % en el cuerpo receptor, fuera de la zona de mezcla, en el momento de la descarga, para esa profundidad.
Sólidos Sedimentables 10'	ml/l	Ausente	Ausente	-
Sólidos sedimentables 2 hs	ml/l	≤ 1	≤ 1	≤ 1

//

Parámetros	UNIDAD ¹	Límite permisible para descargar a:		
		Cuerpo de agua superficial	Costa marítima	Mar abierto mediante emisario
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	<u>Para cuerpos lóticos:</u> Si el factor de dilución se encuentra entre 25:1 y 40:1, el valor deberá ser ≤ 20 Si el factor de dilución es $\geq 40:1$, el valor deberá ser ≤ 45 Según Art. 8 no se permitirán vuelcos con factores de dilución inferiores a 25:1. <u>Para cuerpos lénicos:</u> ≤ 30	≤ 50	≤ 200
Grasas y aceites	mg/l	≤ 20	≤ 20	≤ 50
Sulfatos	mg/l	≤ 400	Que no exceda la concentración de sulfato de agua de mar en Océano Atlántico	Que no exceda la concentración de sulfato de agua de mar en Océano Atlántico
Sulfuros	mg/l	Ausente	Ausente	Ausente

Temperatura ³	°C	≤ 30	≤ 30	≤ 30
Fósforo total	mg/l	≤ 1	≤ 5	≤ 10
Ortofosfato	mg/l	≤ 0.5	≤ 0.5	-
Nitrógeno amoniacal	mg N-NH ₃ /l	≤ 5	≤ 20	≤ 75
Nitrógeno total ⁴	mg N/l	≤ 10	≤ 50	-
Nitrato	mg N-NO ₃ /l	≤ 10	≤ 25	-
Coliformes totales	NMP/100 ml	1000	1000	100000
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	≤ 250 $\leq 70^5$	≤ 250 $\leq 70^6$	<20000
Huevos Helmintos	NMP/100 ml	Ausente	Ausente	-

Parámetros	UNIDAD ¹	Límite permisible para descargar a:		
		Cuerpo de agua superficial	Costa marítima	Mar abierto mediante emisario
Aluminio total		La concentración permitida en la descarga para un analito, dependerá del valor de fondo del cuerpo receptor, no debiendo superar en ningún caso, en el efluente, la concentración del nivel guía del cuerpo receptor para el uso más restrictivo, de modo que se mantenga su calidad.		
Arsénico total	mg/L	≤0.2	≤0.2	≤0.5
Antimonio		La concentración permitida en la descarga para un analito, dependerá del valor de fondo del cuerpo receptor, no debiendo superar en ningún caso, en el efluente, la concentración del nivel guía del cuerpo receptor para el uso más restrictivo, de modo que se mantenga su calidad		
Bario total	mg/L	≤0.1	≤0.1	≤0.1
Berilio		La concentración permitida en la descarga para un analito, dependerá del valor de fondo del cuerpo receptor, no debiendo superar en ningún caso, en el efluente, la concentración del nivel guía del cuerpo receptor para el uso más restrictivo, de modo que se mantenga su calidad		
Boro total	mg/L	≤1	La concentración permitida en la descarga para un analito, dependerá del valor de fondo del cuerpo receptor, no debiendo superar en ningún caso, en el efluente, la concentración del nivel guía del cuerpo receptor para el uso más restrictivo, de modo que se mantenga su calidad	
Cadmio total	mg/L	≤0.1	≤0.1	≤0.1

Cobalto total		La concentración permitida en la descarga para un analito, dependerá del valor de fondo del cuerpo receptor, no debiendo superar en ningún caso, en el efluente, la concentración del nivel guía del cuerpo receptor para el uso más restrictivo, de modo que se mantenga su calidad		
Cobre total	mg/L	≤1	≤1	≤3
Cromo hexavalente	mg/L	≤0.2	≤0.2	≤0.2
Cromo total	mg/L	≤0.5	≤0.5	≤0.5
Estaño total		La concentración permitida en la descarga para un analito, dependerá del valor de fondo del cuerpo receptor, no debiendo superar en ningún caso, en el efluente, la concentración del nivel guía del cuerpo receptor para el uso más restrictivo, de modo que se mantenga su calidad		
Litio total				
Manganeso soluble	mg/L	≤1	≤2	≤4
Mercurio total	mg/L	≤0.005	≤0.005	≤0.005
Molibdeno total		La concentración permitida en la descarga para un analito, dependerá del valor de fondo del cuerpo receptor, no debiendo		

Parámetros	UNIDAD ¹	Límite permisible para descargar a:		
		Cuerpo de agua superficial	Costa marítima	Mar abierto mediante emisario
		superar en ningún caso, en el efluente, la concentración del nivel guía del cuerpo receptor para el uso más restrictivo, de modo que se mantenga su calidad		
Níquel total	mg/L	≤2	≤2	≤4
Paladio total		La concentración permitida en la descarga para un analito, dependerá del valor de fondo del cuerpo receptor, no debiendo superar en ningún caso, en el efluente, la concentración del nivel guía del cuerpo receptor para el uso más restrictivo, de modo que se mantenga su calidad		
Plata total				
Plomo total	mg/L	≤0.1	≤0.1	≤0.1
Selenio total	mg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.03
Talio total		La concentración permitida en la descarga para un analito, dependerá del valor de fondo del cuerpo receptor, no debiendo superar en ningún caso, en el efluente, la concentración del nivel guía del cuerpo receptor para el uso más restrictivo, de modo que se mantenga su calidad		
Titanio total				
Vanadio total				
Zinc total	mg/L	≤2	≤2	≤5
Turbidez	NTU	≤30	≤50	-
Pesticidas ⁷	µg/l	Ausente	Ausente	Ausente
Tributilestaño ⁸	µg/l	Ausente	Ausente	Ausente

- ❖ Decreto provincial N° 1540/16. (2016). Reglamentación Parcial de la Ley XI N° 35 “Código Ambiental de la Provincia del Chubut”. *Ministerio de Ambiente y Control de Desarrollo Sustentable*. Chubut.

C

Niveles guías de calidad de agua para bebida de ganado (tabla 6 y 7)

75

Tabla 6. Niveles guía de calidad de agua para bebida de ganado

Parámetros	Unidad	Nivel Guía	Observaciones
1,1,2-tricloroetano TCE(tricloroetileno)	µg/l	50	
1,2-dicloroetano	µg/l	5	
Ácido Metilclorofenoxiacético (Fenoxi-4-Cloro-2-metil ácido acético; 2-Metil-4-cloro ácido acético fenoxi) MCPA	µg/l	25	
Aldicarb	µg/l	11	
Aluminio	µg/l	≤5000	
Arsénico total	µg/l	≤25	
Atrazina	µg/l	5	
Berilio	µg/l	≤100	
Boro	µg/l	≤5000	
Bromacil	µg/l	1100	
Bromoxinil	µg/l	11	
Cadmio	µg/l	80	
Captan	µg/l	13	
Carbaril	µg/l	1100	
Carbofurano	µg/l	45	
Cianazina	µg/l	10	
Clorotalonil	µg/l	170	
Clorpirifos	µg/l	24	
Cobalto	µg/l	≤1000	

Cobre	mg/l	$\leq 0,03$ (1) $\leq 1,52$ (2) $\leq 0,03$ (3)	(1): Referido a la muestra de agua sin filtrar, aplicable a la producción animal conformada por mamíferos. (2): Referido a la muestra de agua sin filtrar, aplicable a la producción animal conformada por aves. (3): Referido a la muestra de agua sin filtrar, aplicable a la producción animal conformada por mamíferos y aves.
Cromo total	$\mu\text{g/l}$	≤ 20 (1)	(1): Para cromo total; referido a la muestra de agua sin filtrar.
Deltamentrina	$\mu\text{g/l}$	2,5	
Dibromoclorometano	$\mu\text{g/l}$	100	
Dicamba	$\mu\text{g/l}$	122	
Diclorobromometano	$\mu\text{g/l}$	100	
Diclorometano	$\mu\text{g/l}$		
Cloruro de metileno	$\mu\text{g/l}$	50	
Diclofop-metil	$\mu\text{g/l}$	9	
Dimetoato	$\mu\text{g/l}$	3	
Dinoseb	$\mu\text{g/l}$	150	
Etilbenceno	$\mu\text{g/l}$	2,4	
Fenoles (mono y divalentes)	$\mu\text{g/l}$	2	
fenoxi herbicidas 2,4 D, ácido 2,4-	$\mu\text{g/l}$	100	

Tabla 7. Niveles guía de calidad de agua para irrigación

Parámetros	Unidad	Nivel Guía	Observaciones
Ácido Metilclorofenoxiacético (Fenoxi-4-Cloro-2-metil ácido acético; 2-Metil-4-cloro ácido acético fenoxi). MCPA	µg/l	0,025	
Aluminio total	µg/l	5000	
Aldicarb	µg/l	≤ 157 (1) ≤ 78 (2) ≤ 46 (3)	(1): Tasa de Riego ≤ 3500 m ³ /ha, referido a la muestra de agua sin filtrar. (2): 3500 m ³ /ha < Tasa de Riego ≤ 7000 m ³ /ha, referido a la muestra de agua sin filtrar. (3): 7000 m ³ /ha < Tasa de Riego ≤ 12000 m ³ /ha, referido a la muestra de agua sin filtrar.
Arsénico total	µg/l	100	
Atrazina	µg/l	≤ 0,13 (1) ≤ 0,07 (2) ≤ 0,04 (3)	(1): Tasa de Riego ≤ 3500 m ³ /ha, referido a la muestra de agua sin filtrar. (2): 3500 m ³ /ha < Tasa de Riego ≤ 7000 m ³ /ha, referido a la muestra de agua sin filtrar. (3): 7000 m ³ /ha < Tasa de Riego ≤ 12000 m ³ /ha, referido a la muestra de agua sin filtrar.
Berilio total	µg/l	100	
Bromacil	µg/l	0,2	
Bromoxinil	µg/l	0,33	

Berilio total	µg/l	100	
Bromacil	µg/l	0,2	
Bromoxinil	µg/l	0,33	
Cadmio	µg/l	≤ 13 (1) ≤ 7 (2) ≤ 4 (3)	(1): Tasa de Riego ≤ 3500 m ³ /ha, referido a la muestra de agua sin filtrar. (2): 3500 m ³ /ha < Tasa de Riego ≤ 7000 m ³ /ha, referido a la muestra de agua sin filtrar. (3): 7000 m ³ /ha < Tasa de Riego ≤ 12000 m ³ /ha, referido a la muestra de agua sin filtrar.
Cianazina	µg/l	0,5	
Clorotalonil	µg/l	5,8	
Cobalto total	µg/l	50	
Cobre	µg/l	≤ 223 (1) ≤ 111 (2) ≤ 65 (3)	(1): Tasa de Riego ≤ 3500 m ³ /ha, referido a la muestra de agua sin filtrar. (2): 3500 m ³ /ha < Tasa de Riego ≤ 7000 m ³ /ha, referido a la muestra de agua sin filtrar. (3): 7000 m ³ /ha < Tasa de Riego ≤ 12000 m ³ /ha, referido a la muestra de agua sin filtrar.
Cromo	µg/l	≤ 8 (1)	(1): Para cromo total; referido a la muestra de agua sin filtrar.
Dicamba	µg/l	0,006	
Diclofop-metil	µg/l	0,18	
Diisopropanolamina DIPA	µg/l	2000	
Dinoseb	µg/l	16	
Flúor	µg/l	1000	
Glifosato	µg/l	≤ 0,13 (1) (2) ≤ 0,06 (3)	(1): Expresado como sal de glifosato con isopropilamina.

		≤ 0,04 (4)	(2): Tasa de Riego ≤ 3500 m ³ /ha, referido a la muestra de agua sin filtrar. (3): 3500 m ³ /ha < Tasa de Riego ≤ 7000 m ³ /ha, referido a la muestra de agua sin filtrar. (4): 7000 m ³ /ha < Tasa de Riego ≤ 12000 m ³ /ha, referido a la muestra de agua sin filtrar.
Hierro total	µg/l	5000	
Linuron	µg/l	≤ 0,12 (1) ≤ 0,06 (2) ≤ 0,03 (3)	(1): Tasa de Riego ≤ 3500 m ³ /ha, referido a la muestra de agua sin filtrar. (2): 3500 m ³ /ha < Tasa de Riego ≤ 7000 m ³ /ha, referido a la muestra de agua sin filtrar. (3): 7000 m ³ /ha < Tasa de Riego ≤ 12000 m ³ /ha, referido a la muestra de agua sin filtrar.
Litio total	µg/l	2500	
Manganeso total	µg/l	200	
Metaloclor	µg/l	28	
Metribuzin	µg/l	≤ 3,3 (1) ≤ 1,7 (2) ≤ 1 (3)	(1): Tasa de Riego ≤ 3500 m ³ /ha, referido a la muestra de agua sin filtrar. (2): 3500 m ³ /ha < Tasa de Riego ≤ 7000 m ³ /ha, referido a la muestra de agua sin filtrar. (3): 7000 m ³ /ha < Tasa de Riego ≤ 12000 m ³ /ha, referido a la muestra de agua sin filtrar.

Molibdeno	µg/l	10	
Níquel	µg/l	≤ 35 (1)	(1): Referido a la muestra de agua sin filtrar.
Paladio total	µg/l	5000	
Plomo total	mg/l	≤ 3,3 (1) ≤ 1,6 (2) ≤ 0,9 (3)	(1): Tasa de Riego ≤ 3500 m ³ /ha, referido a la muestra de agua sin filtrar. (2): 3500 m ³ /ha < Tasa de Riego ≤ 7000 m ³ /ha, referido a la muestra de agua sin filtrar. (3): 7000 m ³ /ha < Tasa de Riego ≤ 12000 m ³ /ha, referido a la muestra de agua sin filtrar.
Selenio total	µg/l	20	
Simazina	µg/l	0,5	
Sulfolano	µg/l	500	
Bondelane			
Tebuthiuron	µg/l	0,27 (cereales, heno doméstico y pastos)	
Uranio total	µg/l	10	
Vanadio	µg/l	100	
Zinc	µg/l	≤ 539 (1) ≤ 269 (2) ≤ 157 (3)	(1): Tasa de Riego ≤ 3500 m ³ /ha, referido a la muestra de agua sin filtrar. (2): 3500 m ³ /ha < Tasa de Riego ≤ 7000 m ³ /ha, referido a la muestra de agua sin filtrar.

- ❖ Decreto provincial N° 1540/16. (2016). Reglamentación Parcial de la Ley XI N° 35 “Código Ambiental de la Provincia del Chubut”. *Ministerio de Ambiente y Control de Desarrollo Sustentable*. Chubut.

D

Niveles de calidad de agua para irrigación

Tabla B. Directrices sobre la calidad parasitológica y microbiológica de aguas residuales para uso en agricultura^a

Categoría	Condiciones de reuso	Grupo expuesto	Técnica de riego	Nematodos intestinales ^b	Coliformes fecales	Tratamiento ^h del líquido residual que se espera alcance la calidad microbiológica requerida
				(promedio aritmético del número huevos/l ^c)	(promedio geométrico NMP/ 100 ml ^d)	
A	Riego irrestricto A1: Riego de cultivos de verduras y hortícola que generalmente se consumen crudos, campos de deporte, parques públicos ^e	Agricultores, consumidores público	Cualquiera	$\leq 0,1^f$	$\leq 10^3$	I
B	Riego restringido Cereales, cultivos industriales, forrajes, pasturas y árboles ^g	B1: Agricultores, pero no niños < 15 años, y comunidades cercanas	Por aspersión	≤ 1	$\leq 10^3$	II
		B2 (como B1): Agricultores, pero no niños < 15 años, y comunidades cercanas	Por inundación y por sarcos	≤ 1	$\leq 10^3$	III

		B3: Agricultores, incluyendo niños < 15 años, y comunidades cercanas	Cualquiera	$\leq 0,1$	$\leq 10^3$	IV
C	Riego localizado de cultivos de la categoría B cuando ni los trabajadores ni el público están expuestos	ninguno	Por goteo o de burbuja	No aplicable	No aplicable	V

- ❖ Decreto provincial N° 1540/16. (2016). Reglamentación Parcial de la Ley XI N° 35 “Código Ambiental de la Provincia del Chubut”. *Ministerio de Ambiente y Control de Desarrollo Sustentable*. Chubut.

Anexo III

Estudios de la hidrología del subsuelo en cercanías al canal receptor de aguas residuales

La detección del nivel de la capa freática mediante técnicas indirectas fue llevada a cabo por alumnos avanzados de la carrera de Geología para la cátedra de Geofísica General y Sísmica, dictada en la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, localizada en la localidad de Comodoro Rivadavia. Dicho trabajo fue realizado entre los días 8 y 9 de noviembre de 2018, a 600 metros del canal, en la zona noreste del vertedero municipal.

El estudio tuvo como objetivo emplear técnicas de prospección geoelectricas y generar información relevante para la comunidad, mediante la detección indirecta del nivel de la capa freática en el área aledaña al vertedero municipal de la localidad de Sarmiento.

En cuanto a las técnicas de prospección geoelectrica empleadas, se realizaron sondeos eléctricos verticales (SEV) y tomografías eléctricas.

El sondeo eléctrico vertical permite conocer la distribución de la resistividad aparente en profundidad bajo el punto sondeado mediante la diferencia de potencial medida en superficie. De esta manera, se puede discernir entre unidades rocosas en profundidad, de acuerdo a la

diferencia de la resistividad aparente de cada unidad. Para su realización, se debe medir la resistividad aparente en el suelo, mediante electrodos. La disposición de los electrodos con la que se mide la diferencia de potencial es relevante, y para el caso del estudio se empleó la configuración de Schlumberger. En esta configuración los electrodos se disponen como se muestra en la figura I. Una vez medidas las resistividades se realiza una curva doble logarítmica en la cual se grafica la resistividad aparente en función de la mitad de la apertura de los electrodos. La curva tal resultante de esta graficación se conoce como curva de campo y mediante métodos numéricos es procesada, tal que su interpretación resulta más fácil. Finalmente, deben tenerse en cuenta el solape de empalmes generados en la curva campo, en caso de ser generados por la apertura de los electrodos fijos.

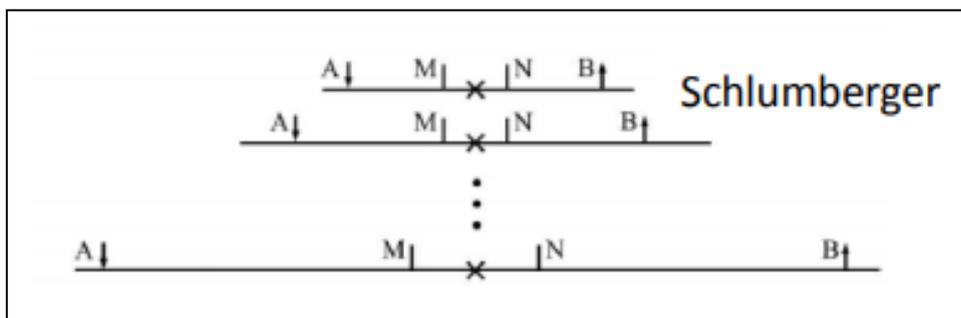


Figura I: Disposición de electrodos según la configuración de Schlumberger. Donde los electrodos M y N permanecen fijos y A y B son móviles. Cortesía de la cátedra de Geofísica General y Sísmica.

En cuanto a las tomografías eléctricas (TE), permiten determinar el valor de resistividad eléctrica y conocer la distribución tanto en profundidad como longitudinalmente, son combinadas con los resultados obtenidos en la SEV y mediante herramientas informáticas, se obtienen gráficos de práctica interpretación. La lectura de los datos recolectados en las TE pueden llevarse a cabo de manera automática o manual, en este caso fueron llevadas a cabo de manera automática. Para ello, se colocan varios electrodos sobre el terreno y conectan al aparato de medida, este ordena la combinación y disposición de los 4 electrodos que tienen que realizar la medición en cada momento.

Los tramos seleccionados para realizar las tomografías eléctricas y SEVs se muestran en la figura II. Notar que los SEV fueron llevados a cabo en dirección perpendicular al cauce del río.

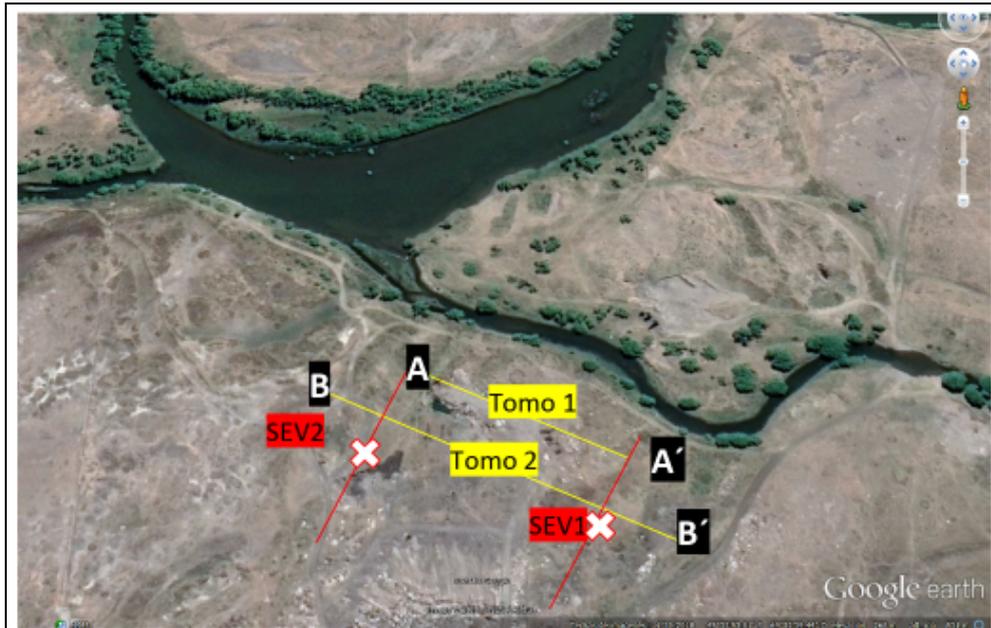


Figura II: Tramos para la realización de tomografías eléctricas y sondeo eléctrico vertical. Cortesía de la cátedra de Geofísica General y Sísmica.

Los resultados obtenidos de las tomografías eléctricas, en combinación con los SEVs, se muestran a continuación. Primeramente, se muestra la curva de campo procesada (figura III). En esta se muestra la resistividad aparente en ohm.m en función de la mitad de la distancia entre cada electrodo móvil en metros.

A partir de este gráfico, se interpreta la existencia de tres zonas de resistividad aparente bien diferenciadas y por lo tanto, interpretables debido a que sus valores de resistividad coinciden con formaciones del subsuelo. En particular, se distingue una zona con baja resistividad aparente, menor a 10 ohm.m, en la cual la resistividad aumenta hasta llegar a una segunda capa, que va entre los 110 y 120 ohm.m. Dicha capa se encuentra entre los 2 y 20 metros de profundidad. Luego de esta capa la resistividad vuelve a disminuir (Mendéz, 2018). Estos resultados son de importancia porque ayudan a la interpretación de las tomografías eléctricas.

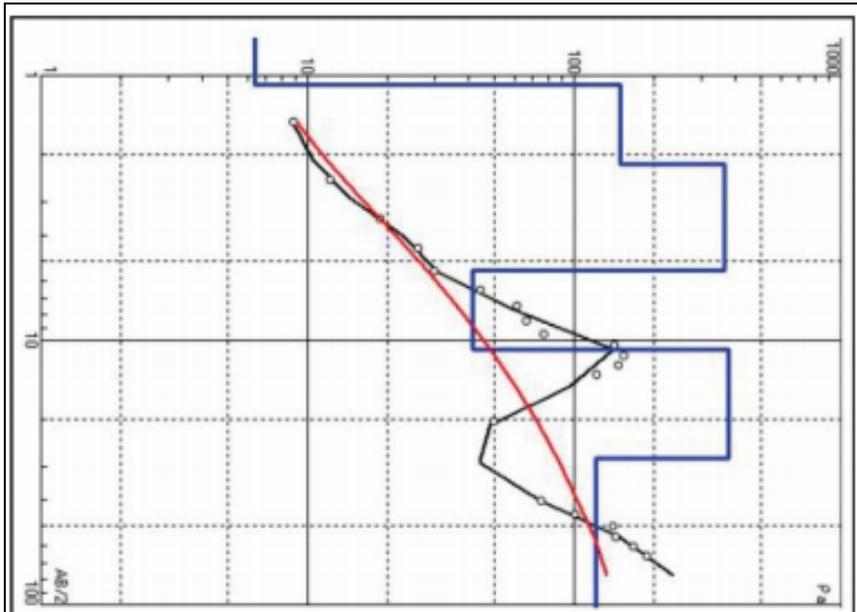


Figura III: Curva de campo procesada. Fuente: Méndez, 2018.

Para el tramo A-A', a continuación se muestra la tomografía eléctrica resultante (figura IV), donde se observa en el gráfico la distancia en metros, en función de la profundidad en metros, y en cada par, se muestra la resistividad en ohm.m. En este gráfico, se lograron identificar las mismas capas que en el sondeo eléctrico vertical. Asimismo, se observa una primera capa de 2 metros de espesor con resistividades de 4 a 10 ohm.m, la cual se interpreta como una capa sedimentaria arcillosa moderna. Por debajo de este, se encuentra una capa de 4 metros de espesor, abarcada desde los 2 metros hasta los 10 metros de profundidad, y con resistividades de 60 a 200 ohm.m. Esta capa se interpreta como un depósito sedimentario arenoso con presencia de agua dulce. Por debajo de esta capa, se halla una capa con resistividades menores a 30 ohm. m, la cual se interpreta como un depósito sedimentario arcilloso más compactado y menos permeable que actúa como un sello infrayacente (Méndez, 2018).

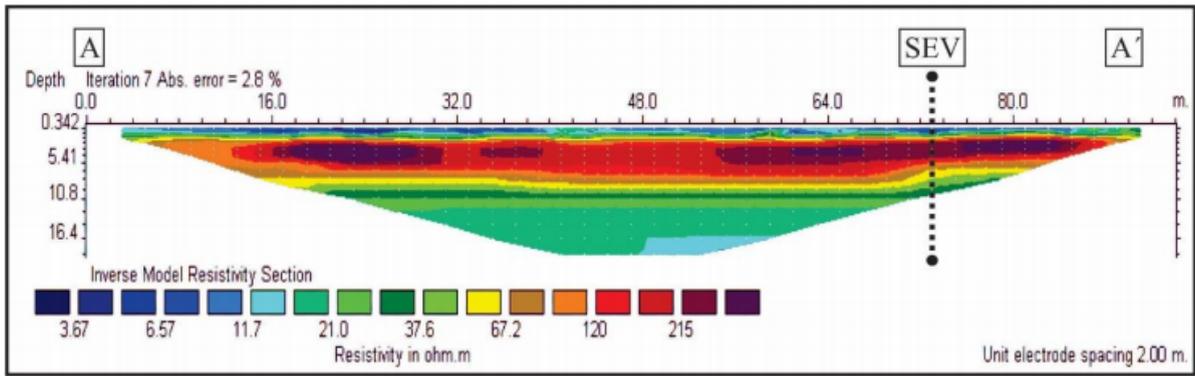


Figura IV: Tomografía para el tramo A-A'. Fuente: Mendez, 2018

Este estudio es de relevancia, ya que es extrapolable a la zona de estudio y permite obtener el conocimiento indirecto del nivel de la capa freática en el sitio, la cual es contrastada con la observación directa de que se observa la afloración del agua subsuperficial en cavas de 2 metros o más de profundidad en el predio del vertedero municipal. Por lo tanto, su importancia radica en el conocimiento del subsuelo, con posible aplicaciones en el diseño de tecnologías o implementación de obras relacionadas con la mitigación.

- ❖ Mendéz. (2018). Salida de campo – Geofísica General y Sísmica. *UNSUB*

Anexo IV

Protocolo de entrevistas y encuentros

Para la entrevista, en el contexto de pandemia causada por el SARS-CoV-2, se deberán respetar los protocolos ya ampliamente conocidos por los ciudadanos como lo son:

- El uso de barbijo o tapaboca.
- Cumplimiento de distanciamiento social obligatorio de 1, 5 metros.
- Limitar el número de personas en caso de que se realice una reunión.
- El límite de personas se establecerá como la mitad de la capacidad del sitio.
- Disponer de elementos de desinfección en sitio de reunión ya sea con profesionales y personas allegadas al barrio o en el encuentro con los vecinos.
- No compartir bebidas o utensilios.
- Limitar el tiempo de la entrevista al máximo posible.

Anexo V

A

Planilla para la caracterización de la muestra de efluentes y afluentes

Nombre (Cód)			
Fecha		Hora	
Lugar		Provincia	
Nombre de la planta			
Etapa de tratamiento			
T (°C) del día		Tipo de muestra	
Lluvia últimos días			
Sitio de muestreo			
Tipo de análisis	Físico	Químico	Microbiológico
T (°C) muestra		Caudal (Q)	
Observaciones	Color del agua: Olor: Otras:		

B

Planilla de caracterización resultante para cada muestra. En base a las originales. Muestreo I

B.1

Nombre (Cód)	ESAFQI		
Fecha	14/06/21	Hora	16:19
Lugar	Sarmiento	Provincia	Chubut
Nombre de la planta	Planta de tratamiento municipal		
Etapas de tratamiento	Secundario por lagunas facultativas		
T (°C) del día	9°C	Tipo de muestra	Puntual
Lluvia últimos días	Último día con precipitaciones jueves 10/06/21 18:18 hs.		
Sitio de muestreo	Conducto de vuelco del efluente de salida		
Tipo de análisis	Físico X	Químico X	Microbiológico
T (°C) muestra	5°C	Caudal (Q)	(3,08± 0,69) l/s
Observaciones	Color del agua: verde grisáceo Olor: Otras: se observó abundante espuma		

B.2

Nombre (Cód)	ESAFQII		
Fecha	14/06/21	Hora	16:22
Lugar	Sarmiento	Provincia	Chubut
Nombre de la planta	Planta de tratamiento municipal		
Etapa de tratamiento	Secundario por lagunas facultativas		
T (°C) del día	9°C	Tipo de muestra	Puntual
Lluvia últimos días	Último día con precipitaciones jueves 10/06/21 18:18 hs.		
Sitio de muestreo	Conducto de vuelco del efluente de salida		
Tipo de análisis	Físico X	Químico X	Microbiológico
T (°C) muestra	5°C	Caudal (Q)	(3,08± 0,69) l/s
Observaciones	Color del agua: verde grisáceo Olor: Otras: se observó abundante espuma		

B.3

Nombre (Cód)	ESAMB		
Fecha	14/06/21	Hora	16:24
Lugar	Sarmiento	Provincia	Chubut
Nombre de la planta	Planta de tratamiento municipal		
Etapa de tratamiento	Secundario por lagunas facultativas		
T (°C) del día	9°C	Tipo de muestra	Puntual
Lluvia últimos días	Último día con precipitaciones jueves 10/06/21 18:18 hs.		
Sitio de muestreo	Conducto de vuelco del efluente de salida		
Tipo de análisis	Físico	Químico	Microbiológico X
T (°C) muestra	5°C	Caudal (Q)	(3,08± 0,69) l/s
Observaciones	Color del agua: verde grisáceo Olor: Otras: se observó abundante espuma		

C

Planilla de caracterización resultante para cada muestra. En base a las originales. Muestreo II

C.1

Nombre (Cód)	ESAFQ s/ca y ESAMB c/ca		
Fecha	05/09/21	Hora	16:44 hs
Lugar	Sarmiento	Provincia	Chubut
Nombre de la planta	Planta de tratamiento municipal		
Etapas de tratamiento	Secundario por lagunas facultativas		
T (°C) del día	12,5°C	Tipo de muestra	puntual
Lluvia últimos días	Último día con precipitaciones miércoles 01/09/21.		
Sitio de muestreo	Conducto de vuelco del efluente de salida		
Tipo de análisis	Físico x	Químico x	Microbiológico x
T (°C) muestra	10,7 °C	Caudal (Q)	(6,39±2,04)l/s
Observaciones	Color del agua: verdosa Olor: característico de las aguas residuales Otras: se observó abundante espuma		

Anexo VI

A

Planilla para la caracterización de la muestra sobre el cuerpo receptor

Nombre (Cód)			
Fecha		Hora	
Lugar		Provincia	
T (°C) del día		Tipo de muestra	
Lluvia últimos días			
Sitio de muestreo			
Tipo de análisis	Físico	Químico	Microbiológico
T (°C) muestra			
Observaciones	Color del agua: Olor: Otras:		

B

Planilla de caracterización resultante para cada muestra. En base a las originales. Muestreo I

B. 1

Nombre (Cód)	S1AFQs/ca y S1AMB c/ca		
Fecha	5/09/21	Hora	16:27
Lugar	Sarmiento	Provincia	Chubut
T (°C) del día	13°C	Tipo de muestra	puntual
Lluvia últimos días	Último día con precipitaciones miércoles 01/09/21.		
Sitio de muestreo	Blanco. Puente de ingreso al B° "El Progreso"		
Tipo de análisis	Físico x	Químico x	Microbiológico x
T (°C) muestra	10,2 °C		
Observaciones	Color del agua: transparente Olor: no Otras: no		

B.2

Nombre (Cód)	S2AFQs/ca y S2AMB c/ca		
Fecha	05/09/21	Hora	16:44 hs
Lugar	Sarmiento	Provincia	Chubut
T (°C) del día	13°C	Tipo de muestra	puntual
Lluvia últimos días	Último día con precipitaciones miércoles 01/09/21.		
Sitio de muestreo	Puente ubicado en la intersección de "Calle 10" y Av. 12 de Octubre		
Tipo de análisis	Físico x	Químico x	Microbiológico x
T (°C) muestra	10,7°C		
Observaciones	Color del agua: transparente Olor: no Otras: restos vegetales flotantes		

B.3

Nombre (Cód)	S4AFQs/ca y S4AMB c/ca		
Fecha	05/09/21	Hora	17:13 hs
Lugar	Sarmiento	Provincia	Chubut
T (°C) del día	12,5°C	Tipo de muestra	puntual
Lluvia últimos días	Último día con precipitaciones miércoles 01/09/21.		
Sitio de muestreo	Puente ubicado en el Terreno privado N°1		
Tipo de análisis	Físico x	Químico x	Microbiológico x
T (°C) muestra	9,9°C		
Observaciones	Color del agua: grisáceo Olor: característico de aguas residuales Otras: en el cuerpo de agua se percibe verde		

Anexo VII

A

Muestreo I

Tipo de muestra: agua. **Uso:** descarga a cuerpo de agua superficial léntico (Decreto 1540/16, Prov. Chubut)

Muestreo a cargo de: Milagros Tartalo (personal de Universidad Nacional de la Patagonia SJB)

Punto de muestreo: Conducto de salida de vuelco efluente, Planta de Tratamiento Municipal, Sarmiento, Chubut. -

Muestreo: 14/06/2021 **Recepción de la muestra:** 15/06/2021 **Emisión del informe:** 02/07/2021

Resultados

Determinación	Método	Resultado	Incerteza	Rango de cuantificación	Valor de referencia	Unidad
Color	SM 2120 B	50	---	3 - 500	---	Escala Pt-Co
pH	SM 4500-H+ B	7,4	0,2	1,0 - 13,0	6 - 9	---
Temperatura	SM 2550 B	5	---	-10,0 - 50,0	≤ 30	°C
DQO	SM 5220 D	185	20	50 - 200000	≤ 150	mg O ₂ / L
DBO5	SM 5210 B	71	10	5 - 200000	≤ 30	mg O ₂ / L
Coliformes fecales	SM 9221 E	> 16000	---	1,8 - 16000	≤ 250	NMP / 100 mL
Nitrógeno amoniacal	SM 4500-NH ₃ B, SM 4500-NH ₃ C	38	2	5 - 1000	≤ 5	mg N / L
Fósforo total	SM 4500-P B5 SM 4500-P E	4,5	0,2	0,10 - 200	≤ 1	mg P / L

La incerteza se obtuvo multiplicando la incerteza estándar por el factor de cobertura $k = 2$, que para una distribución normal corresponde a un nivel de confianza del 95%.

Valores de referencia tomados del Decreto 1540/16 de la Provincia del Chubut para descarga a cuerpo de agua superficial léntico.

Instrumental utilizado

- Autoclave Labklass YXQ-280MD
- Balanza analítica Denver Inst. APX 200
- Baño termostático HH-W420
- Digestor Machery-Nagel Nanocolor Vario C2
- Espectrofotómetro UV-Vis Spectrum SP2000 UV
- Estufa de cultivo MCH 60x40x40
- Incubadora Ingelab I-500D
- Medidor de pH y temperatura digital ETI 860-810

Conclusiones

De acuerdo a los parámetros estudiados, la muestra **no cumple** con lo establecido por el Decreto 1540/16 de la Provincia del Chubut para descarga a cuerpo de agua superficial léntico.

B

Muestreo II

Muestra						
Tipo de muestra: agua.		Uso: descarga a cuerpo de agua superficial léntico (Decreto 1540/16, Prov. Chubut)				
Muestreo a cargo de: Milagros Tártalo (personal de Universidad Nacional de la Patagonia SJB)						
Punto de muestreo: Planta de tratamiento Municipal. Punto de vuelco de efluentes al canal. Sarmiento. Chubut. -						
Muestreo: 05/09/2021		Recepción de la muestra: 06/09/2021		Emisión del informe: 28/09/2021		
Resultados						
Determinación	Método	Resultado	Incerteza	Rango de cuantificación	Valor de referencia	Unidad
DQO	SM 5220 D	245	30	50 - 200000	≤ 150	mg O ₂ / L
DBO5	SM 5210 B	63	10	5 - 200000	≤ 30	mg O ₂ / L
Nitrógeno amoniacal	SM 4500-NH ₃ B, SM 4500-NH ₃ C	37	2	1 - 1000	≤ 5	mg N / L
Fósforo total	SM 4500-P B5 SM 4500-P E	4,6	0,2	0,10 - 200	≤ 1	mg P / L
Coliformes fecales	SM 9221 E	> 16000	---	1,8 - 16000	≤ 250	NMP / 100 mL
pH	SM 4500-H+ B	7,2	0,2	1,0 - 13,0	6 - 9	---
Color	SM 2120 B	50	---	3 - 500	---	Escala Pt-Co

La incerteza se obtuvo multiplicando la incerteza estándar por el factor de cobertura $k = 2$, que para una distribución normal corresponde a un nivel de confianza del 95%.

Valores de referencia tomados del Decreto 1540/16 de la Provincia del Chubut para descarga a cuerpo de agua superficial léntico.

Instrumental utilizado

- Autoclave Labklass YXO-280MD
- Balanza analítica Denver Inst. APX 200
- Baño termostático HH-W420
- Digestor Machery-Nagel Nanocolor Vario C2
- Espectrofotómetro UV-Vis Spectrum SP2000 UV
- Estufa de cultivo MCH 60x40x40
- Incubadora Ingelab I-500D
- Medidor de pH y temperatura digital ETI 860-810

C

Muestreo I

Carga másica de materia orgánica sobre el cuerpo de agua: es la cantidad de materia orgánica que ingresa al cuerpo receptor de agua debido al vuelco de efluentes por unidad de tiempo.

Entonces, se sabe que:

Q diario = 266.112 l/día y que la DBO reportada por el laboratorio fue de: $DBO_5 = 71 \text{ mg } O_2/l$. Además, como la DBO es una medida indirecta de la materia orgánica, se puede realizar la siguiente transformación en las unidades $DBO_5 = 71 \text{ mg de MO/l}$, donde MO representa la materia orgánica.

De esta manera, puede calcularse la **carga másica diaria** de materia orgánica como:

$$71 \frac{\text{mg de MO}}{l} * 266.112 \frac{l}{\text{día}} = 18.893.952 \frac{\text{mg MO}}{\text{día}} \text{ o expresado en kg/día: } \\ 18,89 \frac{\text{Kg de MO}}{\text{día}}.$$

Si además se considera que es emitido 365 días al año de manera constante, se puede calcular la **carga másica anual** de materia orgánica como:

$$18,89 \frac{\text{Kg de MO}}{\text{día}} * 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 6.896 \frac{\text{Kg de MO}}{\text{año}} \simeq 7 \frac{\text{Tn de MO}}{\text{año}}$$

Carga másica de nitrógeno amoniacal sobre el cuerpo de agua: es la cantidad de nitrógeno (amoniacal) que ingresa al cuerpo receptor de agua debido al vuelco de efluentes por unidad de tiempo.

Se sabe que:

Q diario = 266.112 l/día y que el nitrógeno amoniacal reportado por el laboratorio fue de: N amoniacal = 38 mg N amoniacal/l.

Entonces, puede calcularse la **carga másica diaria** de nitrógeno amoniacal como:

$$38 \frac{\text{mg N amoniacal}}{l} * 266.112 \frac{l}{\text{día}} = 10.112.256 \frac{\text{mg N amoniacal}}{\text{día}} \text{ o expresado en kg/día } \\ 10,11 \frac{\text{Kg N amoniacal}}{\text{día}}.$$

Si además se considera que es emitido 365 días al año de manera constante, se puede calcular la **carga másica anual** como:

$$10,11 \frac{\text{Kg N amoniacal}}{\text{día}} * 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 3.690,97 \frac{\text{Kg N amoniacal}}{\text{año}} \simeq 4 \frac{\text{Tn N amoniacal}}{\text{año}}$$

Carga másica de fósforo total sobre el cuerpo de agua: es la cantidad de fósforo (total) que ingresa al cuerpo receptor de agua debido al vuelco de efluentes por unidad de tiempo.

Se sabe que:

Q diario = 266.112 l/día y que el fósforo total reportado por el laboratorio fue de:
Fósforo total = 4,5 mg P Total /l.

Entonces, puede calcularse la **carga másica diaria** como:

$$4,5 \frac{\text{mg P Total}}{\text{l}} * 266.112 \frac{\text{l}}{\text{día}} = 1.197.504 \frac{\text{mg P total}}{\text{día}} \text{ o expresado en kg/día}$$

$$1,2 \frac{\text{Kg P total}}{\text{día}} .$$

Si además se considera que es emitido 365 días al año de manera constante, se puede calcular la **carga másica anual** como:

$$1,2 \frac{\text{Kg P total}}{\text{día}} * 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 437.089 \frac{\text{Kg P total}}{\text{año}} \simeq 0,4 \frac{\text{Tn P total}}{\text{año}}$$

Muestreo II

Si se realizan cálculos análogos a los empleados en el Muestreo I, se obtiene que:

Carga másica de materia orgánica sobre el cuerpo de agua:

Se sabe que:

Q diario = 552.096 l/día y que la DBO reportada por el laboratorio fue de:
DBO5 = 63 mg O2/l, aproximada a *DBO5* = 63 mg MO/l.

Entonces, puede calcularse la **carga másica diaria** como:

$$63 \frac{\text{mg de MO}}{\text{l}} * 552.096 \frac{\text{l}}{\text{día}} = 34.782.048 \frac{\text{mg MO}}{\text{día}} \text{ o expresado en kg/día: } 34,78 \frac{\text{Kg de MO}}{\text{día}}$$

Si además se considera que es emitido 365 días al año de manera constante, se puede calcular la **carga másica anual** como:

$$34,78 \frac{\text{Kg de MO}}{\text{día}} * 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 12.675,4 \frac{\text{Kg de MO}}{\text{año}} \simeq 12,7 \frac{\text{Tn de MO}}{\text{año}}$$

Carga másica de nitrógeno amoniacal sobre el cuerpo de agua:

Se sabe que:

Q diario = 552.096 l/día y que el nitrógeno amoniacal reportado por el laboratorio fue de:

N amoniacal = 37 mg N amoniacal/l.

Entonces, puede calcularse la **carga másica diaria** como:

$$37 \frac{\text{mg N amoniacal}}{\text{l}} * 552.096 \frac{\text{l}}{\text{día}} = 20.457.552 \frac{\text{mg N amoniacal}}{\text{día}} \text{ o expresado en kg/día}$$
$$20,23 \frac{\text{Kg N amoniacal}}{\text{día}}.$$

Si además se considera que es emitido 365 días al año de manera constante, se puede calcular la **carga másica anual** como:

$$20,23 \frac{\text{Kg N amoniacal}}{\text{día}} * 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 7.456 \frac{\text{Kg N amoniacal}}{\text{año}} \simeq 7,4 \frac{\text{Tn N amoniacal}}{\text{año}}$$

Carga másica de fósforo total sobre el cuerpo de agua:

Se sabe que:

Q diario = 552.096 l/día y que el fósforo total reportado por el laboratorio fue de:

F ósforo total = 4,6 mg P Total /l.

Entonces, puede calcularse la **carga másica diaria** como:

$$4,6 \frac{\text{mg P Total}}{\text{l}} * 552.096 \frac{\text{l}}{\text{día}} = 2.539.641 \frac{\text{mg P total}}{\text{día}} \text{ o expresado en kg/dí}$$
$$2,53 \frac{\text{Kg P total}}{\text{día}}.$$

Si además se considera que es emitido 365 días al año de manera constante, se puede calcular la **carga másica anual** como:

$$2,53 \frac{\text{Kg P total}}{\text{día}} * 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 926 \frac{\text{Kg P total}}{\text{año}} \simeq < 1 \frac{\text{Tn P total}}{\text{año}}$$

Anexo VIII

A

Sitio 1

Tipo de muestra: efluente.					
Muestreo a cargo de: Milagros Tártalo (personal de Universidad Nacional de la Patagonia SJB)					
Punto de muestreo: Blanco - Puente ingreso. Bº El Progreso. Sarmiento. Chubut. -					
Muestreo: 05/09/2021		Recepción de la muestra: 06/09/2021		Emisión del informe: 28/09/2021	
Resultados					
Determinación	Método	Resultado	Incerteza	Rango de cuantificación	Unidad
Demanda química de oxígeno	SM 5220 D	< 50	---	50 - 200000	mg O ₂ / L
Demanda bioquímica de oxígeno	SM 5210 B	< 5	---	5 - 200000	mg O ₂ / L
Nitrógeno amoniacal	SM 4500-NH ₃ B, SM 4500-NH ₃ C	< 1	---	1 - 1000	mg N / L
Fósforo total	SM 4500-P B5 SM 4500-P E	0,12	0,02	0,10 - 200	mg P / L
Coliformes fecales (cuatro diluciones)	SM 9221 E	27	-17 +45	1,8 - 16000	NMP / 100 mL
pH	SM 4500-H+ B	7,7	0,2	1,0 - 13,0	---
Color aparente	SM 2120 B	25	---	3 - 500	Escala Pt-Co
La incerteza se obtuvo multiplicando la incerteza estándar por el factor de cobertura $k = 2$, que para una distribución normal corresponde a un nivel de confianza del 95%.					
Instrumental utilizado					
<ul style="list-style-type: none">• Autoclave Labklass YXQ-280MD• Balanza analítica Denver Inst. APX 200• Baño termostático HH-W420• Digestor Machery-Nagel Nanocolor Vario C2• Espectrofotómetro UV-Vis Spectrum SP2000 UV• Estufa de cultivo MCH 60x40x40• Incubadora Ingelab I-500D• Medidor de pH y temperatura digital ETI 860-810					

BSitio 2**Muestreo a cargo de:** Milagros Tártalo (personal de Universidad Nacional de la Patagonia SJB)**Punto de muestreo:** Puente intersección calle 10 y Av. 12 de Octubre. Sarmiento. Chubut. -**Muestreo:** 05/09/2021**Recepción de la muestra:** 06/09/2021**Emisión del informe:** 28/09/2021**Resultados**

Determinación	Método	Resultado	Incerteza	Rango de cuantificación	Unidad
Demanda química de oxígeno	SM 5220 D	< 50	---	50 - 200000	mg O ₂ / L
Demanda bioquímica de oxígeno	SM 5210 B	< 5	---	5 - 200000	mg O ₂ / L
Nitrógeno amoniacal	SM 4500-NH ₃ B, SM 4500-NH ₃ C	< 1	---	1 - 1000	mg N / L
Fósforo total	SM 4500-P B5 SM 4500-P E	0,18	0,02	0,10 - 200	mg P / L
Coliformes fecales (cuatro diluciones)	SM 9221 E	128	-81 +220	1,8 - 16000	NMP / 100 mL
pH	SM 4500-H+ B	7,7	0,2	1,0 - 13,0	---
Color aparente	SM 2120 B	25	---	3 - 500	Escala Pt-Co

La incerteza se obtuvo multiplicando la incerteza estándar por el factor de cobertura $k = 2$, que para una distribución normal corresponde a un nivel de confianza del 95%.

Instrumental utilizado

- Autoclave Labklass YXQ-280MD
- Balanza analítica Denver Inst. APX 200
- Baño termostático HH-W420
- Digestor Machery-Nagel Nanocolor Vario C2
- Espectrofotómetro UV-Vis Spectrum SP2000 UV
- Estufa de cultivo MCH 60x40x40
- Incubadora Ingelab I-500D
- Medidor de pH y temperatura digital ETI 860-810

C

Sitio 4

Muestra**Tipo de muestra:** efluente.**Muestreo a cargo de:** Milagros Tártalo (personal de Universidad Nacional de la Patagonia SJB)**Punto de muestreo:** Puente terreno privado N°1. Sarmiento. Chubut. -**Muestreo:** 05/09/2021**Recepción de la muestra:** 06/09/2021**Emisión del informe:** 28/09/2021**Resultados**

Determinación	Método	Resultado	Incerteza	Rango de cuantificación	Unidad
Demanda química de oxígeno	SM 5220 D	133	30	50 - 200000	mg O ₂ / L
Demanda bioquímica de oxígeno	SM 5210 B	26	5	5 - 200000	mg O ₂ / L
Nitrógeno amoniacal	SM 4500-NH ₃ B, SM 4500-NH ₃ C	25	1	1 - 1000	mg N / L
Fósforo total	SM 4500-P B5 SM 4500-P E	3,0	0,2	0,10 - 200	mg P / L
Coliformes fecales (cuatro diluciones)	SM 9221 E	> 16000	---	1,8 - 16000	NMP / 100 mL
pH	SM 4500-H+ B	7,1	0,2	1,0 - 13,0	---
Color aparente	SM 2120 B	50	---	3 - 500	Escala Pt-Co

La incerteza se obtuvo multiplicando la incerteza estándar por el factor de cobertura $k = 2$, que para una distribución normal corresponde a un nivel de confianza del 95%.

Instrumental utilizado

- Autoclave Labklass YXQ-280MD
- Balanza analítica Denver Inst. APX 200
- Baño termostático HH-W420
- Digestor Machery-Nagel Nanocolor Vario C2
- Espectrofotómetro UV-Vis Spectrum SP2000 UV
- Estufa de cultivo MCH 60x40x40
- Incubadora Ingelab I-500D
- Medidor de pH y temperatura digital ETI 860-810

