


 Responder  Responder a todos  Reenviar  MI

miércoles 15-06-2022 14:06





 Pedro Bustamante Del Rio 

**RV: Informe de Aguas Andinas DS90**

Para  Carmen Veronica Droppelmann Cuneo

CC  Hernan Vicente Konig Besa

 Respondió a este mensaje el 15-06-2022 14:30.

 Mensaje  CARTA\_53280.pdf (2 MB)  Análisis ambiental sistema tratamiento de lodos.pdf (4 MB)  
 Resumen ejecutivo análisis ambiental sistema tratamiento de lodos.pdf (217 KB)

Estimada Carmen:

De acuerdo a lo solicitado, adjunto el informe denominado "Análisis Ambiental Sistema de Tratamiento de Lodos" para la consideración del Ministerio del Medio Ambiente en la revisión del DS 90.

Saluda atentamente,

Pedro Bustamante



Señor  
**Javier Naranjo Solano**  
 Ministro del Medio Ambiente  
Presente

**Ant.:** Revisión D.S. N°90/00  
 Minsegpres

**Mat.:** Exclusión de lodos de Plantas de  
 Tratamiento de Agua Potable  
 (PTAP)

De nuestra consideración:

En relación a la actual revisión DS 90, norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales, nos permitimos adjuntar a usted para la consideración del Ministerio del Medio Ambiente, el informe de la consultora ECOS, de diciembre de 2021, denominado **“Análisis ambiental de la implementación de un sistema de tratamiento de lodos para el cumplimiento del DS 90 en plantas de tratamiento de agua potable: estudio de caso aplicado a las PTAP La Florida y Vizcachas”**, cuyo objeto es presentar una evaluación de los efectos ambientales que estas plantas de tratamiento de agua potable (PTAP), que abastecen a gran parte de la población de Santiago, presentarían en el caso de contar o no con un sistema de tratamiento de lodos.

Lo anterior en consideración a que el actual anteproyecto por la revisión del DS 90 no excluye de su aplicación a las instalaciones de esta naturaleza y de aprobarse no solo tendría impactos económicos significativos para los clientes del sector, sino que, además, de acuerdo a lo concluido en el trabajo que adjuntamos, generaría en definitiva importantes impactos ambientales.

En efecto, sobre la base de una metodología de evaluación cualitativa y cuantitativa de calificación de los impactos que causan las actividades operativas que se realizan actualmente en las PTAP y de los que se generarían durante las etapas de construcción y operación de plantas de tratamiento de lodos que serían necesarias para dar cumplimiento



a los requisitos contemplados en el DS 90, se concluye que en el caso de las dos PTAP analizadas, el escenario con plantas de tratamiento de lodos es altamente inconveniente.

El informe contiene el contexto general del tratamiento de lodos en PTAP de Aguas Andinas, identificando potenciales impactos ambientales, así como algunos dimensionamientos tales como volúmenes de lodo producidos por el proceso y la calidad del agua resultante del mismo, como también la revisión de normas ambientales internacionales aplicadas al tratamiento de lodos en plantas de tratamiento de agua potable.

Cada uno de los efectos analizados, en función de la información disponible, ya sea cuantitativa o cualitativa, fue evaluado en escenarios de PTAP con y sin sistema de tratamiento de lodos, a partir de sus impactos ambientales potenciales. A esos efectos se les asignó criterios de prioridad que permitió conocer los pesos relativos de cada uno de ellos, los que fueron incorporados en una matriz de efectos.

En el informe se consideraron las actividades en la operación de una PTAP, construcción y operación de una planta de tratamiento de lodos, el tratamiento final de lodos y su disposición. Se consideraron especialmente las emisiones atmosféricas de material particulado, olores, ruido ambiental y vibraciones, receptores humanos de las emisiones mencionadas, superación de la carga en la infraestructura vial y sitio de tratamiento y disposición final. En ese ejercicio los valores asignados van de 0 a 1, siendo el 1 el de mayor impacto medioambiental.

En el caso de la PTAP La Florida, el escenario sin planta de tratamiento de lodos arrojó un valor de 0,38 puntos, mientras que en el escenario con esa planta dio un 0,61.

Por otra parte, la PTAP Las Vizcachas también obtuvo como resultado un mayor puntaje para el escenario con planta de tratamiento de lodos, con un 64% del impacto respecto de un 100% del total, versus un 35% de impacto para el escenario sin esa planta.

Es posible observar en el informe que el mayor puntaje recae en el escenario con planta de tratamiento de lodos, es decir, que los mayores impactos ambientales se manifiestan al considerar la construcción y operación de estas plantas de tratamiento en cada una de las PTAP.

Esto indica que si bien el escenario con planta de tratamiento de lodos posee algún grado de impacto ambiental dadas las actividades actuales que se realizan en la PTAP, es la consideración de la construcción y operación de una planta de tratamiento de lodos lo que generaría los mayores impactos ambientales asociados principalmente a: alteración del valor paisajístico, suelo y planificación territorial, emisiones atmosféricas de material



particulado, olores, ruido ambiental y vibraciones, comunidades receptoras de las emisiones mencionadas (lo cual genera el fenómeno NIMBY (Not In My Back Yard) gatillado por el tener un sitio de tratamiento y disposición final), superación de la carga en la infraestructura vial y sitio de tratamiento y disposición final (no es fácil contar con terrenos que permitan esta infraestructura en un radio cercano a fin de no incrementar en exceso emisiones de transporte).

Adicionalmente, es necesario tener en consideración los altos costos que deberán ser asumidos por los clientes del sector, toda vez que la implementación de los procesos para el tratamiento de los lodos provenientes de las PTAP importará elevadas inversiones y costos operacionales. A continuación, se muestra una estimación del impacto en tarifas, para los mayores prestadores sanitarios de la Región Metropolitana:

Prestador	CAPEX (MMUSD)	OPEX MM USD/AÑO)	IMPACTO TARIFA (%)
AGUAS ANDINAS	407	28	12%
AGUAS CORDILLERA	104	13	40%
AGUAS MANQUEHUE	7	1	9%

Es por todo lo anterior, que reiteramos respetuosamente a usted nuestras observaciones a la revisión del DS 90 y solicitamos nuevamente excluir del proyecto de esa norma a las Plantas de Tratamiento de Agua Potable, para de esa manera fijar una normativa específica para el control de las descargas provenientes de estas instalaciones, considerando el principio de gradualidad.



Sin otro particular, saluda atentamente a usted,

**Marta Colet Gonzalo**  
Gerenta General

Cc: Alfredo Moreno Charme, Ministro de Obras Públicas  
Jorge Rivas Chaparro, Superintendente de Servicios Sanitarios

**Inc:** Informe ECOS- "Análisis ambiental de la implementación de un sistema de tratamiento de lodos para el cumplimiento del DS 90 en plantas de tratamiento de agua potable: estudio de caso aplicado a las PTAP La Florida y Vizcachas"



## **RESUMEN EJECUTIVO**

**ANÁLISIS AMBIENTAL DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN  
SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LODOS PARA EL  
CUMPLIMIENTO DEL DS90 EN PLANTAS DE TRATAMIENTO  
DE AGUA POTABLE: ESTUDIO DE CASO APLICADO A LAS  
PTAP LA FLORIDA Y VIZCACHAS**

**AGUAS ANDINAS S.A.**

Enero, 2022





El presente documento corresponde a un resumen ejecutivo de la opinión ambiental estratégica de escenarios de implementación de un sistema de tratamiento de lodos para dar cumplimiento del DS90/2000 en las PTAP La Florida y Las Vizcachas.

En primer lugar se realizó una revisión bibliográfica que permitió identificar los efectos ambientales que se podrían presentar en escenarios con y sin tratamiento de lodos en una PTAP. Posteriormente se compararon los efectos ambientales identificados a través de una metodología de análisis jerárquico para determinar su importancia relativa. Como tercer paso, el estudio evaluó cada efecto ambiental bajo dos escenarios propuestos: PTAP sin y con planta de tratamiento de lodos, obteniendo como resultado una ponderación cuantitativa del impacto ambiental asociado a la construcción y operación de dicha planta. Es importante mencionar que la metodología considerada, permite una evaluación exploratoria de variables ambientales, en evaluación inicial de proyectos de inversión, permitiendo conocer la magnitud e importancia de sus impactos ambientales, identificando aspectos claves que puedan comprometer su desarrollo.

De acuerdo con la revisión realizada, el tratamiento de lodos genera impactos ambientales positivos tales como la mejora en la calidad del agua y biota acuática, esto bajo el contexto de que el sistema de tratamiento de lodos garantice los valores normativos del DS 90/2000 o que, al menos, la descarga mantenga la calidad de las aguas que son captadas.

Por otra parte, entre los impactos ambientales negativos se encuentran la generación de emisiones atmosféricas de material particulado y gases, olores, ruido ambiental y vibraciones, superación de la carga en la infraestructura vial y aquellos impactos producidos por un nuevo sitio de tratamiento y disposición final de los lodos. Estos impactos se relacionan directamente con el transporte de lodos desde las PTAP a un sitio de tratamiento y disposición final de similares características a El Rutal, pero de tamaño mucho mayor. En efecto, a pesar de que se considera el transporte de un lodo al 50% de humedad, la producción en las PTAP superarían en 43 veces la capacidad de tratamiento de El Rutal. A mayor abundamiento, el sitio El Rutal se encuentra a unos 90 km de distancia de las PTAP, lo que implica el atravesado de 15 comunas de la Región Metropolitana, incrementando de esta manera el impacto por emisiones atmosféricas y superación de carga de la infraestructura vial.

En dicho contexto y considerando una evaluación global de los efectos ambientales de la implementación de sistemas de tratamientos de lodos para las PTAP, basados en los casos estudiados, se presentarían impactos ambientales significativos, respecto a la situación actual en la cual no existe dicho tratamiento.



Como recomendación estratégica principal, se visualiza la necesidad de realizar un acercamiento de parte de Aguas Andinas, ya sea en forma independiente o con apoyo de la Asociación Nacional de Empresas Sanitarias de Chile (ANDESS), a las autoridades a fin de sensibilizar respecto de la importancia de excluir explícitamente el tratamiento de las aguas residuales de los procesos de potabilización (especialmente el parámetro sólidos suspendidos totales) del anteproyecto de la norma de emisión de descarga de aguas residuales actualmente en discusión (actual DS90).

En el mismo sentido, en caso de que las autoridades tengan un interés real en normar las descargas de las PTAP, se recomienda posicionar una propuesta de normativa específica para el control de las descargas provenientes de estas instalaciones, tal como es el caso de Colombia y México, considerando la necesidad de aplicación del principio de gradualidad (realismo), en cuya virtud las mejoras normativas deben ser introducidas en compatibilidad con el nivel del desarrollo económico del país, pudiéndose establecer, por ejemplo, períodos de vacancia legal.

Adicionalmente, se recomienda considerar dentro de las argumentaciones, la realización de análisis costo-beneficio específicos de lo que significa la implementación del DS90 en las PTAP. Estos análisis podrían entregar antecedentes desde una perspectiva de economía ambiental (es decir llevando los impactos ambientales tanto positivos o negativos a beneficios y costos), para ver la factibilidad económica real de llevar a cabo esta política.

Finalmente, se recomienda dar paso a una segunda etapa de análisis basados en estudios más específicos y prioritarios para dilucidar si los efectos cuantificados en este estudio pueden ser aminorados. Entre otros, los estudios recomendados son: análisis de la flora y fauna acuática, hidrología y calidad de aguas, paisaje y suelo, aire y emisiones, análisis de gases de efecto invernadero, superación de carga de la infraestructura vial y la búsqueda de alternativas de emplazamiento de un sitio de tratamiento y disposición final, evaluando áreas cercanas a las PTAP analizadas, con tal de disminuir los impactos asociados al transporte y mantener, además, concordancia con lo establecido en los Instrumentos de planificación territorial.





---

**ANÁLISIS AMBIENTAL DE LA IMPLEMENTACIÓN DE  
UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LODOS PARA EL  
CUMPLIMIENTO DEL DS90 EN PLANTAS DE  
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE: ESTUDIO DE  
CASO APLICADO A LAS PTAP LA FLORIDA Y  
VIZCACHAS  
AGUAS ANDINAS S.A.**

---

Diciembre, 2021

## INDICE

1	INTRODUCCIÓN .....	4
2	OBJETIVO .....	5
3	METODOLOGÍA .....	5
3.1	Antecedentes del proyecto; PTAP y sus contextos.....	5
3.2	Revisión bibliográfica; aspectos ambientales y legislativos.....	6
3.3	Evaluación de impactos .....	6
3.4	Recomendaciones.....	9
4	ANTECEDENTES DEL PROYECTO.....	10
5	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	20
5.1	Antecedentes ambientales .....	20
5.2	Antecedentes legales y Normativa Internacional .....	21
6	EVALUACIÓN AMBIENTAL.....	24
6.1	Matriz general de efectos .....	24
6.1.1	Potenciales Efectos.....	28
6.1.1.1	Flora: Afectación de riqueza y abundancia de especies de vegetación acuática y ribereña .....	28
6.1.1.2	Fauna nativa: Afectación de la riqueza y abundancia de especies de Fauna nativa y fragmentación de hábitat .....	29
6.1.1.3	Calidad de aguas: alteración de parámetros fisicoquímicos de aguas superficiales durante operación por uso de sustancias químicas en tratamiento .....	31
6.1.1.4	Calidad de aguas: Sedimentación .....	32
6.1.1.5	Calidad de aguas: Percolación de líquidos a aguas subterráneas 32	
6.1.1.6	Aire: Emanaciones de olores.....	33
6.1.1.7	Aire: Emisiones de atmosféricas de material particulado .....	33
6.1.1.8	Emisiones de ruido y vibraciones durante la construcción, operación de la planta de lodos y por transporte de lodos en camiones... 34	
6.1.1.9	Paisaje: Alteración del Valor Paisajístico.....	34



6.1.1.10	Suelo: Erosión, compactación y alteración de parámetros físicoquímicos del suelo.....	35
6.1.1.11	Medio Humano .....	36
6.1.1.12	Infraestructura Vial: Superación de capacidad de carga de la infraestructura vial.....	36
6.2	Análisis Jerárquico Multicriterio.....	37
6.3	Evaluación de efectos.....	39
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	58
7.1	Síntesis de hallazgos .....	58
7.2	Conclusiones.....	59
7.3	Recomendaciones.....	60
8	BIBLIOGRAFÍA .....	62



## 1 INTRODUCCIÓN

Conforme a lo solicitado por Aguas Andinas, el presente constituye el informe sobre la emisión de una opinión ambiental estratégica, respecto del proyecto de implementación de sistemas de tratamiento de lodos en las plantas de tratamiento de agua potable (PTAP) Las Vizcachas y La Florida, con el objeto de dar cumplimiento al Decreto Supremo N° 90/2000 del MINSEGPRES en las descargas de dichas plantas de tratamiento, ubicadas en la cuenca del río Maipo-Mapocho, Región Metropolitana, ante una eventual exigencia normativa a las Plantas de tratamiento de agua potable (PTAP) en el contexto de la presente actualización de este cuerpo legal.

Es importante mencionar que este decreto no ha sido exigido en la actualidad para el cumplimiento por parte de las PTAP, sin embargo, desde su vigencia las autoridades estatales han discutido su aplicación a las aguas residuales de los procesos de tales plantas. Actualmente, el decreto se encuentra en proceso de revisión y elaboración del anteproyecto definitivo por parte del Ministerio del Medio Ambiente, quedando como última etapa la tramitación final del documento y su posterior promulgación. Dentro de los nuevos elementos que se incorporan en este decreto, es la exclusión de distintas actividades, dentro de las cuales no se encuentran las PTAP.

Bajo dicho contexto, esta consultoría realiza un análisis exploratorio (Sampieri, Fernandez, & Baptista, 2010) que sirven para adentrarse a fenómenos relativamente desconocidos, investigar nuevos problemas, identificar variables o conceptos promisorios, establecer prioridades para investigaciones futuras, sugerir afirmaciones y obtener información para llevar a cabo una investigación más completa respecto de un contexto en particular, utilizando en este estudio en específico, antecedentes ambientales y legislativos disponibles, impactos ambientales que las PTAP presentarían en el caso de contar o no con un sistema de tratamiento de lodos, hoy en día no implementado ni exigido por la autoridad. De esta forma, la evaluación ambiental se realiza de acuerdo con 2 escenarios propuestos: i. escenario actual con planta de tratamiento de agua potable, y ii. Planta de tratamiento de agua potable con tratamiento de lodos. El documento finaliza con recomendaciones para seguir profundizando en la materia.



## 2 OBJETIVO

Entregar una opinión ambiental estratégica, respecto de escenarios de implementación de proyecto de tratamiento de lodos para el cumplimiento del D.S. N°90/00 MINSEGPRES en PTAP seleccionadas de Aguas Andinas en la Región Metropolitana de Santiago (PTAP La Florida y Vizcachas).

## 3 METODOLOGÍA

### 3.1 Antecedentes del proyecto; PTAP y sus contextos.

Los antecedentes del proyecto se basaron en información compartida por Aguas Andinas, así como antecedentes recabados respecto de sistema de tratamiento de lodos de la PTAP de Chamisero disponibles en las plataformas de servicios públicos tales como la Superintendencia de Medio Ambiente, a través del portal SNIFA (<https://snifa.sma.gob.cl/>) y el Servicio de Evaluación Ambiental (<https://www.sea.gob.cl/>).

La información recibida de Aguas Andinas es:

- Cetaqua 2019. Estudio de caracterización de lodos y alternativas de disposición y valorización.
- Minuta interna Aguas Andinas 2021. Impactos Ambientales de la Aplicación del DS90 a los Lodos del Tratamiento de Agua Potable. Caso específico de los ríos Maipo - Mapocho y su principales PTAP.
- Presentación Power Point Aguas Andinas 2021. Estimación Dimensionamiento cantidad de lodos y camiones para PTAP Vizcachas y PTAP La Florida. Análisis Preliminar.

Esta información proporcionó un contexto general del tratamiento de lodos en PTAP de Aguas Andinas, apoyando la identificación de potenciales impactos ambientales así como algunos dimensionamientos tales como volúmenes de lodo producidos por el proceso y la calidad del agua resultante del mismo.

Bajo esta información adicionalmente fue posible analizar particularidades de las PTAP Las Vizcachas y La Florida, principalmente en cuanto a la magnitud de lodo que estas plantas podrían contribuir en un establecimiento donde se tratasen los lodos en una etapa final de su ciclo, tal como lo realiza el Centro de Gestión integral de biosólidos El Rutal con los lodos producidos de las PTAP de Aguas Andinas. Para ello se trabajará con la capacidad de carga de este centro, con el



objeto de simular y visualizar las magnitudes de lodos producidas por las PTAP analizadas y cuantificar el eventual establecimiento que debiese tratar estos lodos en su etapa final.

### **3.2 Revisión bibliográfica; aspectos ambientales y legislativos.**

Se realizó una revisión bibliográfica a través de buscadores web, sitios gubernamentales, organizaciones internacionales y académicas con el objeto de recopilar información sobre beneficios ambientales del tratamiento del agua y lodos asociados y sus posibles impactos. Lo anterior se aplicó principalmente a plantas de agua potable con generación de lodos, tipos de tratamientos y posibles soluciones para disminuir tanto su generación como su impacto ambiental.

Paralelamente, se revisaron normativas ambientales internacionales aplicadas al tratamiento de lodos en plantas de tratamiento de agua potable. Esto como objetivo de tener un contexto general de la situación normativa en la producción y/o descarga de lodos a cursos de agua superficial.

### **3.3 Evaluación de impactos**

Esta etapa de análisis posee tres grandes pasos. En primer lugar, se realiza una identificación de potenciales efectos ambientales de la instalación de sistemas de tratamiento de lodos, basado en los casos de estudio. Posteriormente en un segundo paso se realiza un análisis jerárquico multicriterio, para poder comparar dichos efectos y determinar la importancia de cada uno de ellos. Finalmente cada uno de los efectos en función de la información disponible, ya sea cuantitativa o cualitativa, es evaluado en escenarios de PTAP con y sin sistema de tratamiento de lodos, a partir de sus impactos ambientales potenciales. A continuación se detallan cada uno de estos pasos.

#### **i. Matriz de efectos**

Se revisó material bibliográfico desde portales web tales como Google Académico, identificando palabras claves tales como "efectos ambientales + tratamiento de agua potable" y "efectos ambientales + tratamiento de lodos" con tal de encauzar la búsqueda de información y obtener los principales efectos ambientales que se han descrito en literatura científica y técnica.

Dichos efectos ambientales se relacionaron con las diferentes actividades asociadas a la operación de una planta de tratamiento de aguas y a la construcción y operación de una planta de tratamiento de lodos, dando un





contexto más específico y personalizado a la realidad de Aguas Andinas y al objetivo de este servicio.

De esta manera se construyó una matriz con nueve (9) actividades asociadas a la potabilización y tratamiento de lodos vs. diez (10) componentes ambientales, en donde la intersección de ellos posiciona el efecto ambiental descrito en la literatura.

## ii. Análisis Jerárquico Multicriterio

Se consideró pertinente el desarrollo de este análisis ya que la descripción de los efectos ambientales identificada en el paso previo dio cuenta que algunos de estos efectos podrían tener mayor importancia que otros bajo la realidad de las plantas de tratamiento de agua potable abordadas en este servicio, por ende, habría que considerar que no todos los efectos ambientales tienen igual peso.

En base a lo anterior, el análisis jerárquico multicriterio (Saaty, 1980) se aplica de manera precisa al desarrollo de una evaluación ambiental general, ya que está diseñada para resolver problemas complejos con criterios múltiples, a través de una jerarquización de criterios según evaluación experta respecto a la importancia relativa de cada efecto ambiental, en este caso. Para ello se realiza una tabla de doble entrada con las variables que se quieren incorporar a la evaluación ambiental, realizando de esta forma un contraste de preferencia entre pares de criterios, con el objeto de obtener dichos criterios con un puntaje de priorización. La ventaja de este análisis en la aplicación del presente servicio es que se pueden incluir tanto datos cuantitativos como aspectos cualitativos de las variables.

Para este estudio de caso se hizo una evaluación entre pares de acuerdo con:

1. Antecedentes revisión bibliográfica
2. Espacialización de características del territorio.

La evaluación entre pares se realiza de acuerdo con la asignación de criterios (Tabla 1) y sus respectivos puntajes, ejercicio que fue realizado considerando los dos criterios anteriormente señalados.

Tabla 1. Criterios de priorización asignados entre pares de efectos ambientales identificados.

Valor	Descripción
0.5	Medianamente preferible
1	Igualmente preferible
2	Preferible
3	Extremadamente preferible

El resultado de la asignación de criterios de prioridad permitió conocer los pesos relativos de cada uno de los efectos ambientales incorporados en la matriz de efectos.

iii. Evaluación de efectos

Para cada una de las plantas de tratamiento de agua potable bajo análisis, se evaluaron cuantitativamente cada uno de los efectos ambientales bajo dos (2) escenarios propuestos:

- i. **Escenario 1: situación actual de las PTAP.**
- ii. **Escenario 2: PTAP con tratamiento de lodos.**

Cada efecto ambiental fue analizado cuantitativa o cualitativamente en función de los antecedentes disponibles pudiendo determinar para cada uno de los dos escenarios propuestos, aquel que representa una mayor generación de impactos ambientales, vinculándolo a cada una de las situaciones y contextos de las PTAP La Florida y Vizcachas.

Posteriormente se asigna una puntuación a cada efecto según criterio experto del equipo consultor, basado en la determinación de impactos ambientales y la relación entre los escenarios. El puntaje asignado a cada efecto se muestra a continuación en la Tabla 2, distribuyendo un punto (1) entre ambos escenarios, tomando por ejemplo valor "1" aquel que presenta un mayor impacto ambiental, "0" aquel que presenta un menor impacto ambiental o "0,5" en el caso de que en ambos escenarios el impacto ambiental sea similar, entre otros valores intermedios posibles de asignar.

Tabla 2. Puntaje de evaluación del efecto ambiental en escenarios propuestos.

Peso	Categoría
0	bajo
1	alto
0,33	medio-bajo
0,66	medio-alto
0,5	en caso de empate

Finalmente, se calculó la evaluación final de cada escenario propuesto en base a una suma ponderada entre el puntaje del efecto proporcionado por el análisis jerárquico multicriterio y el puntaje de evaluación de este.

### 3.4 Recomendaciones

Considerando que este es un análisis exploratorio, a partir de las distintas actividades realizadas, se generan recomendaciones para profundizar respecto de contextos generales o estratégicos relativos a los sistemas de tratamiento de lodos de PTAP, así como de temáticas específicas por componente ambiental en las cuales la información aún no cuenta con una robustez adecuada para generar opiniones más concluyentes.

#### 4 ANTECEDENTES DEL PROYECTO

Las plantas de tratamiento de agua potable (PTAP) incluidas en este análisis corresponden a PTAP La Florida y PTAP Las Vizcachas (Figura 1). Dichas plantas de tratamiento producen agua potable con una capacidad máxima de 4 m<sup>3</sup>/s y 7,2 m<sup>3</sup>/s, respectivamente.

*Figura 1. Ubicación geográfica PTAP bajo análisis.*



Fuente: elaboración propia a partir de información de Google Earth.

Ambas plantas de tratamiento mencionadas no cuentan con un sistema de tratamiento de lodos debido a que históricamente este aspecto no ha sido considerado dentro de las evaluaciones de impacto ambiental, a excepción de la PTAP Chamisero, calificada ambientalmente favorable por medio de la RCA 468/2012, la que constituye una excepción y por razones de su evaluación ambiental si la incluyó.

En base a una eventual exigencia ambiental y/o normativa por parte de la autoridad hacia las empresas sanitarias, se hace relevante conocer las implicancias ambientales que podrían generar la construcción y operación de un sistema de tratamiento de lodos provenientes de PTAP. De esta manera Aguas Andinas proyecta la construcción de estos sistemas en áreas preliminares a evaluar, siendo estas presentadas en la Figura 2 y Figura 3.

*Figura 2. PTAP La Florida y área de emplazamiento sistema de tratamiento de lodos.*





Figura 3. PTAP Las Vizcachas y área de emplazamiento sistema de tratamiento de lodos.



La Figura 2 muestra en rojo el área donde se podría construir la planta de tratamiento de lodos, superficie que se dispone dentro del área donde se emplaza la actual PTAP La Florida. Por otra parte, la proyección del sistema de tratamiento de lodos de Las Vizcachas se encuentra fuera de la PTAP del mismo nombre (Figura 3, en rojo área sistema tratamiento de lodos, en verde actual PTAP).

En la evaluación ambiental del proyecto PTAP Chamisero, la autoridad ambiental consideró pertinente solicitar una alternativa para el manejo de lodos, con el objeto de resguardar la calidad de las aguas del canal Batuco, ya que primeramente en la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) del proyecto, se contemplaba “un estanque de almacenamiento y homogenización de lodos de 300 m<sup>3</sup>, con una descarga continua hacia el canal Batuco de aproximadamente 15 l/s” y “en caso que aumente la frecuencia de lavado debido a incrementos de la turbiedad en el agua cruda, y por lo tanto aumente la frecuencia de lavado, se operará con dos bombas de descarga (40 l/s)”. A raíz de esta declaración por parte del titular, y considerando que aguas abajo de la descarga de este





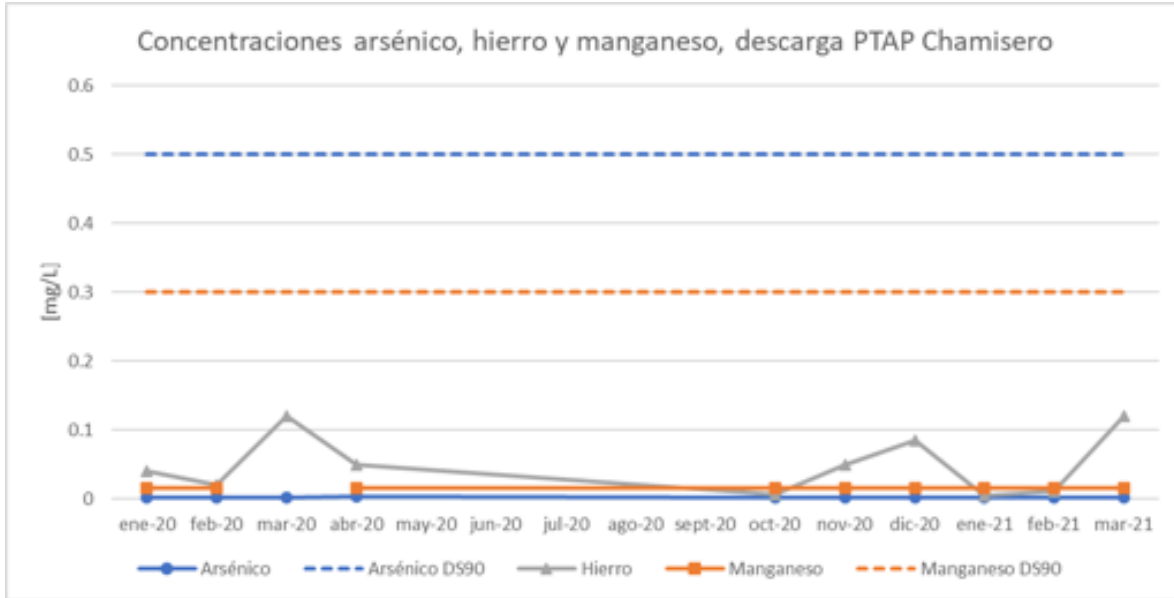
proyecto se utiliza el agua del canal Batuco como riego, la autoridad ambiental condiciona a Aguas Andinas al tratamiento y traslado de lodos a un establecimiento autorizado como disposición final de estos.

De acuerdo con el Plan de seguimiento ambiental de la PTAP de Chamisero, los efluentes líquidos resultado del tratamiento de agua potable se monitorean de forma trimestral bajo parámetros de calidad de agua establecidos en los siguientes parámetros:

- Caudal con frecuencia diaria
- Medición de parámetros NCh 409
- Medición mensual de:
  - Arsénico
  - Fierro
  - Manganeso
  - Olor
  - Sabor
  - Coliformes fecales
  - Sólidos suspendidos totales

En este sentido, en base a los informes de seguimiento de la PTAP Chamisero, la calidad de aguas del efluente se observa en la Figura 4 y Figura 5. De manera referencial, se incluyen en las figuras mencionadas los límites normativos establecidos en el Decreto supremo 90/2000 MINSEGPRES, observando que durante el periodo enero 2020 a marzo del año 2021 los parámetros medidos se mantienen, en general, por debajo de los límites normativos señalados.

Figura 4. Calidad de aguas del efluente, PTAP Chamisero periodo enero 2020 – marzo 2021.



Fuente: elaboración propia a partir de datos SNIFA.

Figura 5. Calidad de aguas del efluente, PTAP Chamisero, periodo enero 2020 – marzo 2021.



Fuente: elaboración propia a partir de datos SNIFA.

De manera de comparar estos resultados con una PTAP sin tratamiento de lodos, la Tabla 3 muestra los resultados de un monitoreo realizado al efluente de la PTAP La Florida bajo los parámetros establecidos en la Tabla N°1 del D.S. N° 90/2000 del MINSEGPRES. En estos resultados es posible apreciar superaciones a la normativa en cuanto a los parámetros aluminio, manganeso y sólidos suspendidos totales.

Tabla 3. Resultados monitoreo descarga PTAP La Florida, 2013.

Parámetro	Resultado análisis	Unidad	Requisito normativo DS 90
Aceites y Grasas (A y G)	<1	mg/L	<=20
<b>Aluminio Total</b>	<b>9,619<sup>1</sup></b>	<b>mg/L</b>	<b>&lt;=5</b>
Arsénico Total	0,083	mg/L	<=0,50
Benceno	<0,0028	mg/L	<=0,7
Boro Total	0,37	mg/L	<=0,75
Bromodiclorometano	<0,00073	mg/L	-
Bromoformo	<0,00060	mg/L	-
Cadmio Total	0,003	mg/L	<=0,01
Cianuro (CN-)	<0,018	mg/L	<=0,2
Cloruro (Cl)	266	mg/L	<=400
Cobre Total	0,032	mg/L	<=1,0
Coliformes fecales	640	NMP/100mL	<=1000
Cromo hexavalente (Cr)	<0,02	mg/L	<=0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno	4	mg/L	<=35
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	<6	mg/L	-
Dibromoclorometano	<0,00046	mg/L	-
Fluoruro (F-)	0,216	mg/L	<=1,5
Fosforo (P)	1,0	mg/L	<=10

<sup>1</sup> De acuerdo con los datos del análisis de descarga de la PTAP La Florida, la cantidad de Aluminio total presente en la descarga supera el límite indicado en el DS 90.

Parámetro	Resultado análisis	Unidad	Requisito normativo DS 90
Hidrocarburos Fijos	<1	mg/L	<=10
Hidrocarburos Totales	<1	mg/L	-
Hidrocarburos Volátiles	<0,2	mg/L	-
Hierro disuelto	<0,03	mg/L	<=5
Índice de Fenol	<0,0060	mg/L	<=0,50
m+p-Xileno	<0,0050	ug/L	-
<b>Manganeso Total</b>	<b>0,781<sup>2</sup></b>	<b>mg/L</b>	<b>&lt;=0,3</b>
Mercurio total (Hg)	<0,0003	mg/L	<=0,001
Molibdeno Total	<0,01	mg/L	<=1,0
Níquel Total	<0,012	mg/L	<=0,2
Nitrógeno Total Kjeldhal (NKT)	2,12	mg/L	<=50
o-Xileno	<0,0025	mg/L	-
Pentaclorofenol	<0,0021	mg/L	<=0,009
pH	7,7	UNID	6,0 - 8,5
Plomo Total	<0,012	mg/L	<=0,10
Poder Espumógeno (PE)	<0,8	mm	<=7
Selenio Total	<0,009	mg/L	<=0,01
<b>Sólidos Suspendidos Totales</b>	<b>539<sup>3</sup></b>	<b>mg/L</b>	<b>&lt;=80</b>
Sulfato (SO <sub>4</sub> -2)	283	mg/L	<=1000
Sulfuro (S-2)	<0,03	mg/L	<=1
Tetracloroetano	<0,0005	mg/L	<=0,04
Tolueno	<0,0025	mg/L	<=0,7
Triclorometano	<0,00059	mg/L	<=0,2

<sup>2</sup> De acuerdo con los datos del análisis de descarga de la PTAP La Florida, la cantidad de Manganeso total presente en la descarga supera el límite indicado en el DS 90.

<sup>3</sup> De acuerdo con los datos del análisis de descarga de la PTAP La Florida, la cantidad de Sólidos Suspendidos totales presente en la descarga supera el límite indicado en el DS 90.

Parámetro	Resultado análisis	Unidad	Requisito normativo DS 90
Xilenos Totales	<0,0050	mg/L	<=0,5
Zinc Total	0,094	mg/L	<=3

Fuente: Aguas Andinas (2021)

De acuerdo con este análisis, se incorpora a la evaluación el supuesto de que un tratamiento de lodos disminuiría las concentraciones de todos los parámetros que las descargas de esta PTAP y de la PTAP Las Vizcachas superen a los límites normativos del D.S. N°90/00 MINSEGPRES. Sin embargo, para evaluar ambientalmente la instalación de un sistema de tratamiento de lodos en las PTAP analizadas, es necesario estimar la cantidad de lodos generados en dichas plantas, la magnitud del transporte y logística de la disposición final de esta actividad.

i. Magnitud del transporte

La consultora Cetaqua (Cetaqua, 2019) estimó la cantidad de camiones de 20 m<sup>3</sup> para el transporte de lodos de acuerdo con tres alternativas como contenido de humedad de lodos. La Tabla 4 expone estos resultados.

Para el escenario del transporte de lodos con un 97,5% de humedad, en el peor escenario de deshielo se estima un flujo de 10.687 y 60.751 camiones al día para las PTAP La Florida y PTAP Las Vizcachas, respectivamente, lo que se traduce en 890 y 5.062 camiones/hora, respectivamente, si se trabajan con jornadas de 12 horas al día. Bajo este escenario se generarían los mayores impactos ambientales y sociales debido al flujo de camiones en el área circundante de las PTAP, la cual en ambos casos se ubican colindantes al área urbana de sus respectivas comunas.

Tabla 4. Cantidad de camiones al día para transporte de lodos

PTAP	Periodo	Humedad 97,5%	Humedad 50%	Humedad 30%
La Florida	Deshielo <sup>4</sup>	1.695	25	18
	Deshielo <sup>5</sup>	10.687	158	114
	Invierno	164	2	1
Vizcachas	Deshielo <sup>4</sup>	6.707	84	60
	Deshielo <sup>5</sup>	60.751	761	544
	Invierno	365	5	3

Fuente: Cetaqua (2021)

Bajo los escenarios de transporte de lodos con un 50% y 30% de humedad, el número de camiones disminuye considerablemente, sin embargo, en el peor escenario de deshielo, se estiman 158 y 114 camiones por día para las PTAP La Florida y PTAP Las Vizcachas, respectivamente, lo que se traduce en 13 y 63 camiones por hora para las PTAP La Florida y PTAP Las Vizcachas, respectivamente, para un 50% de humedad, mientras que para un 30% de humedad estas cifras bajan a 9 y 46 camiones por hora, respectivamente.

## ii. Estimación de la cantidad de lodos

La misma consultora Cetaqua (Cetaqua, 2019) realizó una estimación de los caudales de lodo producidos al día por la operación de las PTAP La Florida y Las Vizcachas (Tabla 5). En esta estimación es posible observar que en época de deshielo se generan las mayores cantidades de lodos en ambas plantas de tratamiento comparado con la época de invierno, esto producto de la carga de sólidos suspendidos que aumenta con el deshielo y arrastre de material hacia los

<sup>4</sup> Los valores correspondientes a Deshielo1 fueron determinados a partir del promedio de turbiedad de los hidrosólidos caracterizados, que fueron de 1.568 y 1.104 (NTU) para las plantas La Florida y Complejo Vizcachas respectivamente.

<sup>5</sup> Los valores correspondientes a Deshielo2 fueron estimados considerando una turbiedad extrema de 10.000 (NTU).



afluentes y cauce del río Maipo. Lo anterior se da con mayor magnitud en la PTAP Las Vizcachas dado por la cercanía que tiene esta PTAP con el río Maipo, cauce desde donde extrae agua para su potabilización.

Tabla 5. Estimación del caudal de lodos generados en las PTAP La Florida y Las Vizcachas.

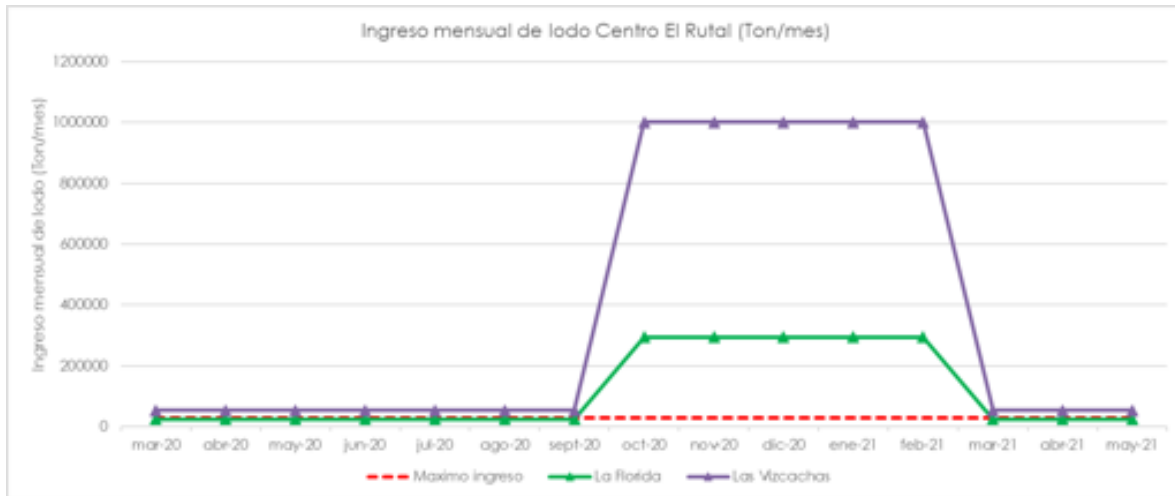
PTAP	Periodo	Caudal lodo (m <sup>3</sup> /día)	Caudal lodo (Ton/día)	Caudal lodo (Ton/mes)
La Florida	Deshielo	9.711	9.808	294.240
	Invierno	812	815	24.450
Las Vizcachas	Deshielo	33.143	33.375	1.001.250
	Invierno	1.805	1.811	54.330

Fuente: Cetaqua (2019)

### iii. Espacio para tratamiento y disposición final de lodos

A modo de analizar la magnitud de lodos producidos por las PTAP La Florida y Vizcachas y contrastarlos con la capacidad máxima de un sitio de manejo de lodos actualmente operativo por parte de Aguas Andinas, la Figura 6 grafica las toneladas mensuales de lodo dadas las estimaciones expuestas en la Tabla 5, contrastadas referencialmente con el límite máxima de lodo ingresado a El Rotal. La gráfica muestra que en época de deshielo (octubre a febrero) la producción de lodo en la PTAP La Florida y Vizcachas supera en 9,8 y 33,4 veces la capacidad máxima de ingreso de lodos a El Rotal. En época de invierno, solo la PTAP Las Vizcachas sigue superando este límite máximo.

Figura 6. Capacidad máxima de ingreso de lodos a El Rotal y producción de lodos en PTAP La Florida y Vizcachas.



Fuente: elaboración propia a partir de datos SNIFA.

## 5 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

A continuación, se presentan los resultados de la revisión bibliográfica sobre las principales implicancias asociadas a las descargas de aguas residuales provenientes de PTAP, los beneficios ambientales de realizar tratamiento a las aguas residuales y sus posibles impactos.

### 5.1 Antecedentes ambientales

El estado del arte de la investigación asociada a los potenciales impactos del vertimiento de aguas residuales provenientes de PTAP y en particular los efectos del tratamiento de lodos residuales es un tema relativamente nuevo en el escenario ambiental internacional y es posible hablar de una escasa investigación a nivel nacional. Sin embargo, a pesar de esta situación, en distintos estudios se han demostrado diversos efectos que pueden tener los lodos sobre cuerpos de agua superficiales y las componentes ambientales que les rodean.

La Tabla 6 expone en forma resumida los principales factores a considerar en el análisis de estimación de impactos ambientales asociados a PTAP y tratamientos residuales de PTAP. Estos factores han sido considerados en estudios internacionales y nacionales sobre la temática abordada.

Tabla 6. Principales aspectos ambientales considerados a partir de revisión bibliográfica

Aspectos Ambientales
Pérdida de agua en regiones con escasez hídrica producto de la descarga de aguas residuales de PTAP que podrían ser recirculadas (Fernández, 2015).
Impactos sobre suelo y salud pública producto de la sedimentación de lodos de aguas residuales sin tratamiento, dada su naturaleza física, química y microbiológica (Torres et al., 2012).
Efectos negativos sobre el crecimiento de raíces de plantas expuestas a la descarga de lodos residuales ricos en presencia de aluminio (Taylor, 1989; Kaggwa et col, 2001; Rodríguez, 2013).
Efectos negativos sobre la conducta, metabolismo y parámetros sanguíneos en peces expuestos a lodos ricos en aluminio provenientes de descargas de PTAP en cuerpos de aguas superficiales (Ciencias acuáticas, 1999; Mortula, Walsh & Gagnon, 2009).
Saturación de ciénagas y humedales, donde lodos son dispuestos sin tratamiento en cuerpos de agua superficiales, debido a que la sedimentación impide la aireación de las mismas (Rodríguez, 2013).
Bajo impacto socioambiental de Plantas de tratamiento de lodos, ya que estos son mínimos respecto de las ventajas que benefician el ambiente y a la población receptora (Rodríguez, 2013).
La utilización de Ecuizador en el sistema de tratamiento de lodos residuales, cuya función implica almacenamiento de desagües de la planta puede generar problemas con emanaciones de olores y/o presencia de vectores (Rodríguez, 2013)

## 5.2 Antecedentes legales y Normativa Internacional

A partir de la revisión bibliográfica fue posible dilucidar que en la mayor parte de los países americanos la normativa vigente ha sido poco específica con la regulación de PTAP. En general no se ha constatado el establecimiento de límites máximos permisibles para parámetros específicos de aguas residuales provenientes de PTAP. Se encontró una particularidad en México, donde se tiene una normativa vigente que se enfoca al tratamiento de lodos y que establece los límites máximos permisibles de contaminantes, los cuales incluye aquellos biosólidos generados de Plantas de tratamiento de Agua Potable (PTAP) y Plantas

de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), sin embargo, no establece límites específicos que caractericen a este tipo de residuos.

Por otra parte, un hallazgo interesante corresponde a la normativa colombiana que regula las descargas de aguas residuales según sector productivo, estableciendo 8 áreas productivas principales, diferenciando entre ellas a generadores de Aguas Residuales Domésticas. En esta normativa se definen 56 parámetros y valores según las características de las actividades productivas.

En el caso de países europeos, se observan distintos tipos de normativas, algunas más exigentes y restrictivamente específicas para PTAP y PTAR, mientras que otras más generalizadas, acogándose netamente a las directivas marco emitidas por la Unión Europea.

La Tabla 7 resume los principales hallazgos de algunas de las normativas internacionales revisadas.

*Tabla 7. Instrumentos normativos revisados en materia de regulación de descargas de aguas residuales*

País	Instrumento normativo	Descripción
Chile	D.S. MINSEGPRES N°90/2000, Norma de Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Superficiales	<b>Regula las concentraciones máximas de las descargas de residuos líquidos a cuerpos de agua superficiales. Las fuentes emisoras pueden aprovechar la capacidad de dilución del cuerpo receptor,</b> incrementando las concentraciones límites que se establecen en la normativa.
EEUU	NPDES General and Individual Permit - Water Treatment Plants - Wastewater Discharge.	No existe una norma que regule específicamente las descargas de PTAP a cuerpos superficiales. Las descargas son autorizadas a nivel estatal mediante un sistema de permisos (Programa NPDES) individuales (planta particular) o generales (múltiples plantas). <b>Cada estado establece los límites permisibles y parámetros.</b>
Colombia	RESOLUCIÓN 631 DE 2015	Especificidad de las actividades objeto de regulación a través de un anexo descriptivo a la resolución. <b>Define 56 parámetros y valores según las características de las actividades productivas. No está permitida la dilución.</b>
México	Norma Oficial Mexicana	NOM-001-SEMARNAT-1996: establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las

País	Instrumento normativo	Descripción
		descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales <b>NOM-004-SEMARNAT-2002: Establece límites máximos permisibles de contaminantes en los lodos y biosólidos provenientes de PTAP y de las plantas de tratamiento de aguas residuales,</b> con el fin de posibilitar su aprovechamiento o disposición final. Los biosólidos se clasifican en función de su contenido de metales pesados y en función de su contenido de patógenos y parásitos.
España	European Waste List 2014/955 / EU (Comisión Europea, 2014)	<b>La normativa española no permite la descarga en cursos de agua superficiales ni marinos,</b> y la descarga en red de alcantarillados está regulada por autoridades de acuerdo con la European Waste List 2014/955 / EU (Comisión Europea, 2014).
Unión Europea	Directivas Marco	Diversas directivas cuyos objetivos son garantizar una reducción progresiva del depósito de vertidos, en particular de los vertidos aptos para el reciclado u otro tipo de valorización y, mediante rigurosos requisitos técnicos y operativos en materia de residuos y vertidos, establecer medidas, procedimientos y orientaciones para impedir o reducir, en la medida de lo posible, los efectos negativos en el medio ambiente del vertido de residuos.
Alemania	Ordenanza de Aguas Residuales Federales (Abwasserordnung- AbwV)	<b>Las descargas de aguas residuales provenientes de PTAP no deben contener sustancias utilizadas en los tratamientos de potabilización.</b> Pago de cuotas para la descarga de aguas residuales, la cual se utiliza para financiar la gestión de aguas residuales públicas.
Ecuador	Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes	Los valores establecidos en las tablas de parámetros máximos corresponden a promedios diarios. Se prohíbe la utilización de cualquier tipo de agua para diluir los efluentes no tratados



## 6 EVALUACIÓN AMBIENTAL

### 6.1 Matriz general de efectos

De acuerdo con la revisión bibliográfica realizada, se identificaron un total de 14 efectos ambientales asociados a nueve actividades realizadas en una PTAP y tratamiento de lodos, los cuales a su vez actúan potencialmente con 10 componentes ambientales relevantes.

Entre la fundamentación técnico-científica es posible describir cada uno de los efectos, los cuales se asocian a 7 macro temas: Flora y Fauna, Hidrología y calidad de las aguas, paisaje, suelo, aire, vialidad y disposición final.

En base a esta información, se construyó la matriz general de los principales efectos ambientales derivados de las actividades de una Planta de Tratamiento de Agua Potable operando en la Región Metropolitana y las respectivas actividades asociadas a la construcción y operación de una planta de tratamientos de lodos residuales, resultado que se muestra a continuación en la Tabla 8.



Tabla 8. Efectos ambientales identificados en el tratamiento de agua potable y lodos.

#	Actividad/ Componente	Flora	Fauna	Calidad agua	Cantidad agua	Aire	Ruido	Paisaje	Suelo	Medio Humano	Infraestructura vial
1	<b>Descarga actual PTAP</b>	Afectación de riqueza y abundancia de especies de vegetación ribereña	Afectación de riqueza y abundancia de especies nativas	Alteración de parámetros fisicoquímicos de aguas superficiales. Sedimentación.						Alteración de parámetros fisicoquímicos de aguas superficiales	
2	<b>Construcción planta de lodos</b>	Afectación de riqueza y abundancia de especies nativas	Afectación de la riqueza y abundancia de especies nativas, fragmentación de hábitat	Alteración de parámetros fisicoquímicos de aguas superficiales.				Alteración del valor paisajístico	Erosión, compactación, alteración de parámetros fisicoquímicos del suelo		
3	<b>Operación planta de tratamiento de lodos</b>		Afectación de la riqueza y abundancia de especies nativas, fragmentación de hábitat		Disminución caudal efluente a cuerpo receptor	Emanaciones de olores				Receptores sensibles de ruido y olores	

#	Actividad/ Componente	Flora	Fauna	Calidad agua	Cantidad agua	Aire	Ruido	Paisaje	Suelo	Medio Humano	Infraestructura vial
4	<b>Almacenamiento de lodos</b>			Percolación de líquidos a aguas subterráneas		Emanaciones de olores			Alteración de parámetros fisicoquímicos del suelo		
5	<b>Uso sustancias químicas en tratamiento</b>	Afectación de riqueza y abundancia de especies de vegetación ribereña	Afectación de la riqueza y abundancia de especies nativas	Alteración de parámetros fisicoquímicos de aguas superficiales					Alteración de parámetros fisicoquímicos del suelo	Alteración de parámetros fisicoquímicos de aguas superficiales	
6	<b>Disposición final de lodos</b>			Percolación de líquidos a aguas subterráneas		Emanaciones de olores		Alteración del valor paisajístico	Alteración de parámetros fisicoquímicos del suelo, compactación		Superación de capacidad de carga de la infraestructura vial
7	<b>Transporte de lodos</b>					Emissiones atmosféricas de Material Particulado	Emissiones de Ruido ambiental y vibraciones			Receptores sensibles de ruido y MP	Superación de capacidad de carga de la infraestructura vial

#	Actividad/ Componente	Flora	Fauna	Calidad agua	Cantidad agua	Aire	Ruido	Paisaje	Suelo	Medio Humano	Infraestructura vial
8	Ubicación PTL Las Vizcachas							Alteración del valor paisajístico		Receptores sensibles de ruido, olores y MP	Superación de capacidad de carga de la infraestructura vial
9	Espacio disposición final								Capacidad de carga en sitio de tratamiento final		

### 6.1.1 Potenciales Efectos

A partir de los potenciales efectos identificados en la bibliografía revisada, es importante hacer hincapié que las principales alteraciones a los componentes ambientales tienen relación con la afectación producto de los vertimientos de aguas residuales sin tratar, así como también por los cambios físicos en el lecho del río.

En el caso de los tratamientos de potabilización, así como también en el tratamiento de lodos es preciso tener en cuenta que existen diversos contaminantes presentes en estos procesos que podrían generar algún tipo de efecto que no ha sido cuantificado específicamente para esta industria en el País. Así como también actividades derivadas de la implementación de una planta de tratamiento de lodos residuales pueden provocar tener efectos sobre las distintas componentes ambientales.

A continuación, se describen en forma más detallada los efectos potenciales proyectados.

#### 6.1.1.1 Flora: Afectación de riqueza y abundancia de especies de vegetación acuática y ribereña

En la literatura se ha visto que los potenciales efectos al metabolismo de las plantas producto de descargas de lodos residuales de agua potable, se vieron asociados principalmente a la alteración fisicoquímica de la calidad del agua a través de la descarga con contenido residual derivado del coagulante de aluminio. En estudios de casos se han encontrado anomalías en las raíces de las plantas acuáticas (Poáceas y Cyperaceas) y deficiencia en la fijación de fósforo, atribuyéndose a la concentración de aluminio como limitante en la correcta asimilación de nutrientes en las plantas (Kaggwa et col, 2001). Por otro lado, para el caso de las plantas terrestres, se ha registrado que el fósforo unido a aluminio han demostrado ser limitantes del crecimiento de las plantas y ser causante de estrés fisiológico (Goransson y Eldhuset, 1991). el impacto podría ser de mayor significancia en un escenario sin tratamiento ya que los principales efectos negativos sobre la flora acuática y flora ribereña se han visto asociados a lodos residuales ricos en aluminio (Kaggwa et col, 2001).

Si bien el efecto y la caracterización de lodos residuales de PTAP y su potencial impacto no ha sido profundamente investigado en la vegetación a nivel de cuencas en Chile, por lo tanto, para el análisis del presente informe no es posible cuantificar en forma precisa el comportamiento de la vegetación acuática y

terrestre ante la presencia de lodos residuales ricos en aluminio. Sin embargo, se recomienda dirigir esfuerzos a evaluar monitorear en forma paralela las propiedades fisicoquímicas del agua, sedimentos y experimentos que permitan evaluar la variación de biomasa en presencia de contaminantes contenidos en los coagulantes. Esta recomendación se apoya también en los antecedentes de superación de límites máximos permisibles en la norma D.S.N°90/00 del MINSEGPRES para los metales Aluminio y Manganeso ya registrados por la Aguas Andinas con anterioridad en la PTAP La Florida y teniendo en cuenta la gran riqueza de especies de flora acuática y terrestres que se desarrollan en el lecho del río Maipo, algunas de ellas registradas con anterioridad en el diagnóstico de la Cuenca Río Maipo realizado por la Dirección General de Aguas (DGA, 2004).

#### **6.1.1.2 Fauna nativa: Afectación de la riqueza y abundancia de especies de Fauna nativa y fragmentación de hábitat**

La contaminación en los ecosistemas acuáticos es un tema ampliamente abordado en la literatura, donde se ha determinado que puede tener efectos negativos sobre distintos factores biológicos en los organismos. Algunos ejemplos de ello es la alteración en su comportamiento, patrones de migraciones y alimentación, así como también el desarrollo de ciertas enfermedades y daños a procesos fisiológicos producto de sustancias tóxicas y sedimentos suspendidos que puede degradar la mucosa de las branquias en los peces y afectar su respiración (Lawrence y Hemingway 2003).

A partir de lo anterior las descargas de lodos PTAP sin tratar se han identificado como un segundo potencial efecto sobre la fauna acuática debido a que las concentraciones de aluminio y metales pesados pueden alterar el metabolismo de peces de agua dulce. En esta misma línea, la literatura muestra diversos casos a lo largo de mundo sobre los efectos de la contaminación de aguas en las comunidades de macroinvertebrados. Tal es el caso del río Namari en Japón, donde se evaluó el efecto de la contaminación por metales pesados en macroinvertebrados bentónicos (Iwasaki et col. 2009) pudiendo observar que hay efectos de la contaminación sobre la disponibilidad de alimentos para la conservación de poblaciones de peces que dependen de otros macroinvertebrados, en particular se evidenció una alteración de la abundancia y riqueza de varios taxones, reduciéndose drásticamente incluso en niveles moderados de contaminación por metales pesados.

Por otro lado, estudios realizados principalmente en México y Canadá, sobre la utilización de ciertos productos químicos derivados del aluminio en el tratamiento

de agua potable y cuyos lodos residuales no son tratados, han arrojado luces de que la solubilidad de algunos metales podría aumentar al verter estas descargas en cuerpos de agua superficiales, alterando el pH y reduciendo la tasa de oxígeno disuelto. En el caso particular del estudio realizado en Los Berros, México, se pudo constatar que las aguas residuales de PTAP tienen una baja toxicidad, más se debe tener en cuenta siempre los compuestos con presencia de aluminio, ya que este elemento en forma particular ha llegado a tener efectos subletales en peces salmónidos (Castañeda, 1999).

Para el caso de Chile, en relación con la biodiversidad de fauna acuática en el Río Maipo se ha reportado la presencia de 16 especies, 10 de ellas de origen nativo y 6 introducidas (DGA, 2004). Sin embargo, producto de la alta intervención a la cuenca la abundancia y riqueza de especies nativas ha tenido una merma significativa, señalándose como principales causantes a la degradación del hábitat y la contaminación (Muñoz, 2007). Adicionalmente, este cuerpo de agua se caracteriza por traer un alto contenido de sedimentos desde las cabeceras de sus afluentes, sin embargo se desconoce el efecto de estos sobre la fauna y más aún, por el incremento en la concentración de sólidos suspendidos a través del tiempo.

Si bien en Chile no se han desarrollado estudios específicos para evaluar el efecto de la descarga por contaminantes derivados de las PTAP en fauna acuática, si se han realizado estudios que indican los efectos en la fauna producto de la contaminación antrópica en aguas superficiales. En el río Maipo, se ha desarrollado un estudio de caso enfocado en la especie nativa que habita en él, como es el caso del pejerrey *Basilichthys microlepidotus*, el cual habita en el Río Maipo tanto en canales como en el cauce central de río, registrando su presencia en zonas muy contaminadas como en zonas menos perturbadas. En dicho estudio se pudo corroborar que la especie se vio afectada principalmente por la calidad y disponibilidad de su alimento, siendo menor la disponibilidad de especies en la cadena trófica en sitios más contaminados del río Maipo (Briones, 2018).

Con los antecedentes presentados y en vista de la escasa investigación acerca de los efectos e impactos provocados por la composición de lodos residuales de PTAP vertidos en aguas superficiales en las cuencas de Chile, se hace necesario generar un mayor conocimiento de los efectos que pudieran estar siendo generados por las descargas efectuadas en ambas plantas consideradas en este estudio. Sobre todo, teniendo en cuenta antecedentes existentes de superación en la concentración de metales pesados como Aluminio y Manganeso.

En cuanto a la potencial Fragmentación de hábitat, esta se define como un potencial impacto para especies terrestres que estén presentes en las áreas donde posiblemente se podrían instalar las plantas de tratamiento de Lodos tanto para La Florida como Las Vizcachas. Sin embargo, para poder estimar el grado de afectación a la fauna, primero es necesario llevar a cabo una caracterización de las áreas de influencia de los respectivos proyectos y la presencia de las especies registradas en los estudios antes señalados, sobre todo en el canal de La Luz asociado a las descargas de la PTAP La Florida.

#### **6.1.1.3 Calidad de aguas: alteración de parámetros fisicoquímicos de aguas superficiales durante operación por uso de sustancias químicas en tratamiento**

En relación con los efectos sobre la calidad del agua, se observa que se podría producir una alteración de parámetros fisicoquímicos de aguas superficiales, correspondientes al efluente río Maipo para el caso de las plantas La Florida y Las Vizcachas. Esta alteración fisicoquímica se daría principalmente en el escenario de descargas de aguas residuales de la potabilización sin tratamiento, que estarían ingresando al sistema superficial, donde se liberan compuestos químicos utilizados en el tratamiento de potabilización (coagulación y ablandamiento, entre otros). Si la carga de estos compuestos residuales es muy alta y la capacidad de dilución no es suficiente, se podría alterar parámetros críticos (arsénico, fierro, manganeso, cloruros y sulfatos) al ser vertidos directamente al río, haciendo que las concentraciones de estos elementos superen las concentraciones del cauce natural (Fernández, 2015). Se ha concluido que, si bien las aguas residuales producto de la potabilización presentan una toxicidad baja, se debe poner especial atención a su manejo y disposición, ya que el aluminio ha mostrado tener efectos nocivos en el ambiente (Castañeda, 1999).

Según muestreos realizados por el titular al PTAP de La Florida, las aguas residuales vertidas estarían compuestas por metales pesados, materia orgánica, coliformes fecales y sólidos suspendidos totales, algunos de estos compuestos son residuales de la aplicación de coagulantes y otros productos en el tratamiento de potabilización. Cabe destacar que con el objetivo de ajustarse al cumplimiento ante una eventual aplicación de la normativa DS 90, es importante que el titular este en conocimiento de la calidad de las aguas residuales generadas por sus procesos y llevar un seguimiento de los parámetros.

#### **6.1.1.4 Calidad de aguas: Sedimentación**

Se pueden producir alteraciones a los cauces producto del vertimiento de lodos residuales con alta carga de sólidos suspendidos sin tratar en el efluente aguas abajo. Si la carga de sólido es muy superior a la capacidad de disolución del cauce, se podrían formar depósitos de sedimentos, alterando el cuerpo de agua lo que podría desencadenar en algún tipo efecto sobre la biota que se relaciona con el curso de agua (Fernández, 2015). Si bien en Chile no se ha levantado suficiente investigación sobre el tema, no se debe descartar que cambios significativos en la sedimentación de un río pueden generar perturbaciones físicas y químicas que afecten la biota y la dinámica de la cuenca (Escobar, 2002).

Es necesario verificar la carga de sólidos suspendidos que llevan los lodos residuales de cada planta de tratamiento y descartar cualquier posibilidad de que la concentración sea significativa como para disminuir la actividad fotosintética de las plantas acuáticas, aumentar la turbiedad o variar el color de las aguas receptoras (Taylor, 1989). Por otro lado, si bien actualmente se riega con una alta concentración de sólidos suspendidos dada la condición natural del río Maipo, el cambio en la sedimentación podría generar problemas frente a otros usos del agua como por ejemplo el riego agrícola ocasionando que estos sedimentos se depositen sobre el suelo u obstruyan los sistemas de riego, efectos que aún no han sido medidos ni se tiene evidencia de su magnitud.

#### **6.1.1.5 Calidad de aguas: Percolación de líquidos a aguas subterráneas**

El efecto tiene relación con una potencial infiltración y percolación de líquidos provenientes de la disposición de los lodos hacia cursos de aguas subterráneas, este efecto podría verse particularmente en el área de influencia de Las Vizcachas, en el caso que se utilicen canchas de secado para su deshidratación parcial en el proceso de tratamiento de lodos (Rodríguez, 2013). El diseño de las PTAR debe considerar un buen sistema de impermeabilización de las áreas en las que se dispondrán los lodos, así como también un sistema de drenaje superficial o canalización para la recolección de estos líquidos. Todo esto con el fin de evitar posibles infiltraciones que pudieran llegar a aguas subterráneas.

De todas maneras, como ha sido anteriormente mencionado, se debe tener especial consideración en la caracterización de la calidad de los lodos residuales (Cetaqua, 2019) tanto en la entrada al proceso de tratamientos como a la salida, para poder comprobar la eficiencia del sistema de tratamiento y así mismo conocer el tipo de producto que se está generando y cuáles son sus potenciales usos.



#### **6.1.1.6 Aire: Emanaciones de olores**

Para el caso de las plantas de Las Vizcachas y La Florida, se tomó como supuesto para el proceso de tratamiento de lodos residuales el uso de ecualizador. Este método es un tipo de proceso continuo que recibe los desagües de la planta en un mismo punto, esto permite un flujo constante y además retornar agua clarificada para ser reutilizada en el proceso de potabilización. Sin embargo, a pesar de esta ventaja, se ha identificado un potencial efecto en el uso de ecualizador, debido a que su función es la de almacenar desagües de la planta, lo que podría generar problemas con vectores y/o emanaciones de olores por el almacenamiento de aguas residuales (Rodríguez, 2013). El efecto podría recaer directamente a la población más aledaña a ambas plantas, por lo que se hace relevante tener en consideración a posibles receptores sensibles de estos olores.

#### **6.1.1.7 Aire: Emisiones de atmosféricas de material particulado**

Para ambas PTAP el lodo pretratado sería transportado en camiones de 20 m<sup>3</sup> a un sitio para continuar con su tratamiento y disposición final. Con lodos al 50% de humedad, se estiman 158 camiones/día para la planta de La Florida, mientras que con lodos al 50% de humedad, se estiman 761 camiones/día para la Planta de Las Vizcachas. En el eventual escenario en el que se puedan trasladar los lodos a un establecimiento de las características de El Rutal, como ocurre con la Planta de Chamisero, se debe tomar en cuenta que los camiones recorrerían una distancia aproximada de 90 kilómetros atravesando alrededor de 15 comunas de la Región Metropolitana. Cabe destacar que esta región se encuentra declarada Zona Saturada y cuenta con su respectivo Plan de prevención y descontaminación de emisiones.

Se detecta un efecto en base al aporte de material particulado a la atmósfera que podría significar el flujo de estos camiones. Estas partículas pueden quedar suspendidas en la troposfera por semanas e incluso ser transportadas a grandes distancias, acarreando problemas en la salud respiratoria de las personas y alterando la calidad del aire (Schwartz et al, 1996).

Por lo tanto, es importante reconocer que el tratamiento de lodos para ambas PTAP implicaría una importante Huella de Carbono. Dado que este efecto no es posible cuantificarlo con los antecedentes disponibles, se recomienda llevar a cabo una estimación que permita cuantificar preliminarmente las emisiones que se podrían llegar a producir y propuestas de mitigación.

#### **6.1.1.8 Emisiones de ruido y vibraciones durante la construcción, operación de la planta de lodos y por transporte de lodos en camiones.**

Considerando la implementación de un sistema de tratamiento de lodos se prevé un potencial efecto sobre receptores sensibles cercanos a ambos emplazamientos de las PTAP, ya que, durante la operación de las plantas de tratamiento de lodos, se generan emisiones de ruido y vibraciones provocadas por el funcionamiento de bombas y motores en las distintas etapas y métodos dentro del proceso de tratamiento (Rodríguez, 2013).

Por otro lado, el flujo de camiones diarios para el transporte de lodos hasta su lugar de disposición final también podría tener efectos sobre la situación basal de ruido de las áreas de influencia.

Dado que este efecto no es posible cuantificarlo con los antecedentes disponibles, se recomienda llevar a cabo un estudio y estimación de las emisiones de ruido y vibraciones una vez definida la implementación de ambas plantas de tratamientos de lodos con el fin de identificar a todos los posibles receptores de ruido e identificar posibles superaciones al Decreto 38 que establece la Norma de Emisión de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas.

#### **6.1.1.9 Paisaje: Alteración del Valor Paisajístico**

El área de influencia y sectores adyacentes a la PTAP La Florida se encuentran dentro del sector precordillerano, el cual ha sido identificado por poseer un valor paisajístico-ambiental, existiendo una percepción positiva respecto de la proximidad a la cordillera y de las vistas panorámicas que se generan hacia la ciudad (Asesoría Urbana, Municipalidad de La Florida, 2021). Por otro lado, se debe tener en cuenta que área de influencia podría encontrarse dentro de zona P.E.D.C 3 Pie de monte La Florida Alta (PRMS, 2008) que corresponde a un sector de protección ecológica con desarrollo controlado, que establece ciertas directivas a las actividades de carácter urbano, en tanto contribuyan al mejoramiento de la calidad al medio ambiente o incrementen su valor paisajístico (Asesoría Urbana, Municipalidad de La Florida, 2021). Con estos antecedentes se percibe un potencial efecto sobre el valor paisajístico de implementarse una planta de tratamiento de lodos en la locación propuesta por el titular.

Para el caso de PTAP Las Vizcachas, a partir de la revisión bibliográfica, se identifica en el área de influencia que su valor paisajístico y atributos han sido poco estudiados por la literatura local, por lo tanto, no es posible estimar una potencial afectación significativa al componente paisaje. Sin embargo, el contexto de menor urbanización, ruralidad cercana y ubicación junto al río, sumado a la zonificación del área en el Plan Regulador Metropolitano (Áreas

Verdes y Habitacional Mixta), dan cuenta al menos de una percepción positiva de los actores locales en torno a los atributos paisaje del área de influencia. Estas condiciones indican la necesidad de realizar un levantamiento de información más profundo en torno al componente paisaje para así poder estimar objetivamente una potencial afectación bajo un escenario de implementación de la planta de tratamiento de lodos para PTAP Las Vizcachas.

#### **6.1.1.10 Suelo: Erosión, compactación y alteración de parámetros fisicoquímicos del suelo**

Para el caso de Planta de La Florida no se identifican potenciales efectos sobre el componente suelo por compactación asociada a la etapa de construcción y funcionamiento, ya que este proyecto se sitúa en un contexto de planificación territorial clasificado como suelo urbano y sin capacidad de uso agrícola (Plan Regulador Metropolitano).

Para el caso de la PTAP Las Vizcachas si se identifica un riesgo afectación a la componente suelo, principalmente asociado a la etapa de construcción del proyecto, producto de la compactación y remoción de suelo, ya que este proyecto se encontraría ubicado en sobre un suelo clasificado como Área verde y Habitacional mixto (Plan Regulador Metropolitano). Dada la zonificación asignada al área de influencia de este proyecto se debería tener en consideración las limitantes y normativas técnico-urbanísticas que apliquen para las zonas descritas.

Se identifica un potencial efecto sobre el suelo en la etapa de operación de plantas de tratamiento de lodos, principalmente asociado a la disposición de los lodos durante el tratamiento y destino final de ellos. Para el caso de los lodos derivados de tratamientos de potabilización de aguas, se generan productos post tratamientos con una alta concentración de aluminio derivado de los agentes coagulantes (Matamoros, 2005). Estos compuestos quedan disueltos en los lodos, lo cual es un parámetro que se deberá tener en cuenta al momento de disponer los lodos sobre el suelo, en caso de aplicar, ya que el ion Aluminio se comporta como agente generador de erosión, al desestabilizar propiedades físicas (agregación, retención de agua, entre otros) y químicas del suelo (disminución de capacidad de intercambio catiónico, acidificación, entre otros) (Acevedo, 2007). Es por este motivo, que a modo de prevenir posibles efectos de este tipo se debe caracterizar la composición química de los lodos antes y después de tratar, con el fin de conocer la carga de compuestos con aluminio. Por otro lado, es conveniente considerar medidas en el diseño del sistema de tratamiento de lodos, que permitan evitar la disposición de estos lodos sobre suelo desnudo en



cualquiera de las etapas del tratamiento, o considerar la impermeabilización del suelo en caso de aplicar.

#### **6.1.1.11 Medio Humano**

Se identificó la potencial alteración de parámetros fisicoquímicos de aguas superficiales producto de la descarga directa de estos lodos al efluente de ambas PTAP. Si bien el titular no realiza un seguimiento ni monitoreo de parámetros asociados a la composición de los líquidos vertidos, ni tampoco existe una entidad ni normativa actualmente que regule y cuantifique este efecto, no se puede descartar que la afectación de la calidad del agua del efluente genere efectos indirectos en la actividad humana en torno al uso del recurso natural aguas abajo.

Por otro lado, se percibe un efecto al medio humano asociados a la etapa de operación de plantas de lodos, asociado a la emisión de ruido y vibraciones mencionados en el acápite de ruido. Este efecto lleva a superar límites máximos permisibles por el funcionamiento de bombas y motores en el proceso de tratamiento o camiones de transporte de lodos, y afectarían directamente a receptores sensibles cercanos a las áreas de influencia de las PTAP. Ante este eventual efecto, será necesario generar una estimación que permita cuantificar el ruido y vibraciones emitidas con el objetivo de evaluar si se ajustan a la normativa vigente y detectar la probabilidad de superación de límites máximos. Adicionalmente, el flujo de camiones afectaría los tiempos de desplazamiento actuales de las áreas urbanas y centros poblados próximos a las PTAP, considerando que los accesos a estas plantas no están acondicionadas a altos flujos vehiculares.

Además, derivado del funcionamiento de un sistema de tratamiento de lodos, cabe la posibilidad de emanación de olores que podrían ser captados igualmente por receptores de las residencias aledañas. Estos mismos receptores tienen riesgo de ser afectados por la emisión de material particulado liberado por los camiones que acudirían diariamente al retiro de lodos para su traslado a disposición final.

#### **6.1.1.12 Infraestructura Vial: Superación de capacidad de carga de la infraestructura vial**

Se estima para ambas plantas un flujo diario de camiones para el transporte de lodos tratados a su disposición final. En un escenario de producción de lodos al 50% de humedad se estimó un flujo de 158 camiones/día y 761 camiones/día para PTAP La Florida y PTAP Las Vizcachas respectivamente. Esta situación implica una presión sobre la capacidad de carga de la infraestructura de redes viales



que conectan a las respectivas PTAP con el sitio de disposición final de lodos. Por lo tanto, se visualiza una potencial afectación a la infraestructura vial. En todo caso, de implementarse los proyectos de PTAR se deberá considerar el cumplimiento a lo establecido en el D.S N° 158/80 que "Fija peso máximo de vehículos que pueden circular por caminos públicos" y DS N°75/87 que "Establece Condiciones para el Transporte de Carga" de modo de no influir en la operación normal de la vialidad de las respectivas áreas de influencia.

## **6.2 Análisis Jerárquico Multicriterio**

El proceso de evaluación de los efectos ambientales a través del análisis jerárquico multicriterio se desarrolló a través de la evaluación entre pares de efectos, asignando criterios cuantitativos de prioridad entre ellos. El resultado de este primer ejercicio se muestra en la Tabla 9, donde fueron asignados los criterios para poder determinar finalmente los pesos que se asignarán a cada uno de los efectos en la evaluación ambiental cuantitativa posterior (Tabla 10).

Cabe destacar que el proceso de asignación de criterios cualitativos se ajusta al contexto y realidad de las plantas de tratamiento evaluadas en este servicio, por lo cual la asignación puede reajustarse en base a nueva información; antecedentes o estudios que complementen los efectos identificados, incorporación de tratamientos adicionales a los actualmente realizados en las PTAP, objetivos de la compañía, normativas sectoriales, entre otros aspectos.

Tabla 9. Tabla pareada con asignación de criterios cualitativos de priorización entre efectos.

	Afectación de riqueza y abundancia de especies de vegetación ribereña	Afectación de riqueza y abundancia de especies nativas	Alteración de parámetros fisicoquímicos de aguas superficiales. Sedimentación.	Alteración del valor paisajístico	Erosión, compactación, alteración de parámetros fisicoquímicos del suelo	Emisiones atmosféricas de Material Particulado	Emisiones de Ruido ambiental y vibraciones	Receptores sensibles de ruido y MP	Superación de capacidad de carga de la infraestructura vial	Disminución caudal efluente a cuerpo receptor	Emanaciones de olores	Receptores sensibles de ruido y olores	Percolación de líquidos a aguas subterráneas	Espacio disposición final de lodos	Suma
Afectación de riqueza y abundancia de especies de vegetación ribereña	1	2	0.5	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	25
Afectación de riqueza y abundancia de especies nativas	0.5	1	1	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	23
Alteración de parámetros fisicoquímicos de aguas superficiales. Sedimentación.	2	2	1	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	23
Alteración del valor paisajístico	0.5	0.5	0.5	1	1	0.5	1	2	1	1	1	2	2	2	16
Erosión, compactación, alteración de parámetros fisicoquímicos del suelo	0.5	0.5	0.5	1	1	1	2	2	1	2	2	2	2	2	20
Emisiones atmosféricas de Material Particulado	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	17
Emisiones de Ruido ambiental y vibraciones	0.5	0.5	1	1	0.5	1	1	1	2	1	1	2	1	2	16
Receptores sensibles de ruido y MP	0.5	0.5	1	0.5	0.5	0.5	1	1	1	1	1	1	1	1	12
Superación de capacidad de carga de la infraestructura vial	0.5	0.5	1	1	1	1	0.5	1.0	1	2	2	2	1	2	17
Disminución caudal efluente a cuerpo receptor	0.5	0.5	0.5	1	0.5	1	1	1	0.5	1	1	2	2	1	14
Emanaciones de olores	0.5	0.5	0.5	1	0.5	1	1	1	0.5	1	1	1	1	1	12
Receptores sensibles de ruido y olores	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	0.5	1	0.5	0.5	1	1	2	1	11
Percolación de líquidos a aguas subterráneas	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1	1	1	0.5	1	0.5	1	1	11
Espacio disposición final de lodos	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	0.5	1	1	1	1	1	10
Suma	9.5	11.0	9.5	16.0	13.5	12.5	15.5	19.0	15.0	18.0	19.0	21.5	21.0	22.0	223.0

Tabla 10. Matriz de Saaty aplicado al estudio

Aspecto ambiental	Efectos ambientales	Pesos
Flora y fauna	Afectación de riqueza y abundancia de especies de vegetación ribereña	11%
	Afectación de riqueza y abundancia de especies nativas	10%
Hidrología y calidad de aguas	Alteración de parámetros fisicoquímicos de aguas superficiales. Sedimentación.	10%
	Disminución caudal efluente a cuerpo receptor	6%
	Percolación de líquidos a aguas subterráneas	5%
Paisaje	Alteración del valor paisajístico	7%
Suelo	Erosión, compactación, alteración de parámetros fisicoquímicos del suelo	9%
Aire	Emisiones atmosféricas de Material Particulado	8%
	Emisiones de Ruido ambiental y vibraciones	7%
	Receptores sensibles de ruido y MP	5%
	Emanaciones de olores	5%
	Receptores sensibles de olores	5%
Vialidad	Superación de capacidad de carga de la infraestructura vial	7%
Disposición final	Espacio disposición final de lodos	4%

Con estos puntajes se procedió a realizar la evaluación de cada uno de los efectos ambientales para cada escenario propuesto, resultados que se exponen y justifican a continuación.

### 6.3 Evaluación de efectos

En este capítulo se presenta la evaluación de los efectos identificados y priorizados en las etapas anteriores, cuyo análisis se basó bajo en la asignación de puntajes de evaluación considerando los dos escenarios propuestos. Los resultados de cada efecto ambiental evaluado se presentan por aspecto ambiental, ya que la justificación para su evaluación compartía los mismos argumentos técnicos y/o territoriales.

La Tabla 11 muestra la evaluación de los efectos relacionados con el aspecto ambiental #1: Flora y Fauna. Este efecto se describe de acuerdo con la literatura

revisada y presentada en capítulo 5, y tiene relación con que la alta presencia de aluminio y sólidos suspendidos en los cuerpos de agua superficial puede provocar efectos negativos sobre la fauna acuática y de ribera asociada a los cursos de agua. Estos parámetros se asocian al tratamiento de agua potable debido a que en muchos casos la potabilización del agua considera la incorporación de coagulantes derivados del aluminio (Kaggwa et col, 2001). Por otra parte, los sólidos suspendidos se relacionan con la alta turbidez que ha presentado el río Maipo, importante parámetro que ha sido objeto de análisis para alcanzar su pronóstico (Poblete, y otros, 2020) y de esta manera contribuir a la mejora en la gestión sanitaria de las aguas de la cuenca.

En el caso de la PTAP La Florida, el puntaje asignado en ambos escenarios corresponde a 0,5 debido a que este efecto no tendría repercusiones significativas sobre la componente flora y fauna debido a que la descarga de esta planta de tratamiento se ubica en un canal utilizado para el riego, canal de La Luz. En primer lugar, este canal tiene un acceso controlado del caudal de agua, por lo cual no se considera un curso libre en el cual puedan acceder especies acuáticas en cualquier momento, por ende se considera una baja o nula presencia de especies que habiten en este canal. Por otra parte, el canal está impermeabilizado en gran parte de su trayecto (Figura 7), lo cual disminuye la presencia de especies de ribera importantes. Bajo este contexto, el tratamiento o no de lodos en la PTAP La Florida, no es una medida que haga una diferencia significativa en cuanto al impacto ambiental sobre la fauna y flora asociada a cursos de agua superficial.

Tabla 11. Evaluación de Impactos ambientales potenciales de la PTAP La Florida, Flora y Fauna.

Aspecto ambiental #1: Flora y Fauna	<b>Efecto: Ante la presencia de aluminio y sólidos suspendidos en el agua, se han evidenciado, efectos sobre la flora y fauna acuática y de ribera presente en los cursos de agua superficial.</b>	
	PTAP La Florida	PTAP Las Vizcachas
Contexto PTAP	Descarga se produce en canal de La Luz, por lo que se estima baja presencia de especies acuáticas y de ribera.	Descarga en río Maipo (curso de agua más próximo a PTL), presencia de especies en categoría Vulnerable y En peligro.



Aspecto ambiental #1: Flora y Fauna		Efecto: Ante la presencia de aluminio y sólidos suspendidos en el agua, se han evidenciado, efectos sobre la flora y fauna acuática y de ribera presente en los cursos de agua superficial.	
Puntaje evaluación ambiental	Escenario 1: sin tratamiento de lodos	0,5	1
	Escenario 2: con tratamiento de lodos	0,5	0

Figura 7. Canal de La Luz, PTAP La Florida.



Fuente: Terreno Ecos 2021

Por otra parte, la evaluación realizada para la PTAP Las Vizcachas determinó que el mayor impacto ambiental potencial se puede obtener en el escenario sin tratamiento de lodos (puntaje = 1) vs. Con tratamiento de lodos (puntaje = 0). Esto bajo el supuesto que la descarga de la nueva planta de tratamiento de lodos se

ubique en la ribera del río Maipo, y por ende, su descarga se realice en este mismo curso de agua. En el río Maipo se han descrito especies de peces nativos de nuestro país, tales como *Pigidium aerolatum* (Bagre chico), *Nematogenys inermis* (Bagre grande), *Trichomycterus areolatus* (Bagrecito) (Duarte, Feito, Jara, Moreno, & Orellana, 1971), estas dos últimas especies consideradas en peligro y vulnerable, respectivamente, por el 16 proceso de Clasificación de especies llevado a cabo por el Ministerio de Medio Ambiente. Bajo este contexto, se busca proteger a estas especies de los efectos mencionados con anterioridad.

Figura 8. Ubicación actual PTAP Las Vizcachas y planta de tratamiento de lodos (PTL) proyectada.



Fuente: elaboración propia.

La Tabla 12 presenta la evaluación de efectos ambientales relacionados con el aspecto ambiental #2 relativo a la calidad de las aguas e hidrología. Los efectos específicos evaluados en este punto tienen que ver con la alteración de los parámetros fisicoquímicos y la sedimentación a causa de las descargas producidas tanto por el tratamiento de agua como de lodos.

Como ya se abordó en el capítulo 3.1, la PTAP La Florida cuenta con un monitoreo del efluente de la planta de tratamiento del año 2013 (Tabla 3), en el cual se puede apreciar que las descargas contienen una alta concentración de aluminio, manganeso y sólidos suspendidos totales con respecto al límite normativo estipulado en el DS 90/2000. Este análisis se aborda de manera

referencial y con el objeto de simular una eventual aplicación de esta norma a las PTAP en general. Adicional a lo anterior, se revisó la información disponible de la calidad de las emisiones de la descarga de la PTAP de Chamisero, con tal de tener una referencia de la calidad de estas producto de una PTAP con tratamiento de lodos. Al respecto el periodo analizado 2020-2021, muestra que los parámetros incluidos en el seguimiento ambiental del proyecto cumplen con la normativa de referencia aplicada a este ejercicio (DS 90/2000), lo cual podría señalar que el tratamiento de lodos puede mejorar la calidad de las aguas que se descargan de este proceso. En este sentido, la evaluación de los efectos para ambas PTAP consideró con un mayor impacto (puntaje = 1) el hecho de no contar con planta de tratamiento de lodos (escenario 1).

*Tabla 12. Evaluación de Impactos ambientales potenciales de la PTAP La Florida, Hidrología y calidad de aguas.*

<b>Aspecto ambiental #2: Hidrología y calidad de aguas</b>		<b>Efecto: Alteración de parámetros fisicoquímicos de aguas superficiales y sedimentación a causa del vertimiento de lodos a cuerpos receptores.</b>	
		PTAP La Florida	PTAP Las Vizcachas
Contexto PTAP		Descarga se produce en canal de La Luz. Monitoreo efluente 2013: parámetros >DS90: aluminio, manganeso y SST. Se desconoce efecto y magnitud de la sedimentación.	Descarga en río Maipo. Se desconoce calidad del efluente y su efecto en la sedimentación. Puntaje acorde a escenario más conservador.
Puntaje evaluación ambiental	Escenario 1: sin tratamiento de lodos	1	1
	Escenario 2: con tratamiento de lodos	0	0

Respecto a la sedimentación, se desconoce el efecto que los sólidos suspendidos totales pueden tener sobre el lecho de ambos cauces, por lo cual su mayor impacto se consideró dentro de un escenario más conservador, sin tratamiento de lodos.

La Tabla 13 muestra la evaluación del efecto ambiental relacionado a la percolación de líquidos provenientes del secado de lodos, tanto en un área de pretratamiento o disposición temporal como en el área de disposición final. Lo anterior dado que si se consideran canchas de secado en estas etapas, existe la posibilidad de que los líquidos asociados a la humedad de los lodos percolen por el suelo hasta las aguas subterráneas asociadas al área de influencia de cada planta. Este hecho aumenta su probabilidad de ocurrencia si es que no se considera una correcta impermeabilización de las canchas de secado.

Al respecto, se considera que el impacto puede ser desestimado en ambos casos debido a que en la evaluación ambiental del proyecto El Rutal sí se tiene en cuenta la impermeabilización de las canchas de secado, situación que se tomaría como referencial en el nuevo establecimiento de tratamiento final de lodos y, por lo cual, el puntaje asignado para ambos escenarios y PTAP es cero (0). Cabe señalar que el puntaje de priorización de este efecto es del 5% respecto del total, por lo cual la influencia de las consecuencias ambientales de este efecto es baja en comparación con otros efectos identificados.

*Tabla 13. Evaluación de Impactos ambientales potenciales de la PTAP La Florida, Hidrología y calidad de aguas.*

<b>Aspecto ambiental #2: Hidrología y calidad de aguas</b>	<b>Efecto: Percolación de líquidos a aguas subterráneas</b>	
	PTAP La Florida	PTAP Las Vizcachas
Contexto PTAP	De considerarse canchas de secado en una etapa previa a la disposición final de lodos, existe la posibilidad de una percolación de líquidos asociados a los lodos húmedos si es que no se considera una correcta impermeabilización.	

Aspecto ambiental #2: Hidrología y calidad de aguas		Efecto: Percolación de líquidos a aguas subterráneas	
Puntaje evaluación ambiental	Escenario 1: sin tratamiento de lodos	0	0
	Escenario 2: con tratamiento de lodos	0	0

La Tabla 14 presenta la evaluación del efecto ambiental asociado al aspecto Suelo. Este efecto tiene que ver con la erosión, compactación y alteración de parámetros fisicoquímicos del suelo, características que están reflejadas y sectorizadas, en general, por los Planes Reguladores comunales y Metropolitano. En base a esta información se aprecia en la Figura 9 y Figura 10 que las áreas consideradas para el emplazamiento de las plantas de tratamiento de lodos respectivas se disponen en ciertas categorías de uso de suelo estipuladas por el Plan Regulador Metropolitano (1994), información que fue utilizada para asignar el puntaje de evaluación en este caso. Para la PTAP La Florida (Figura 9) el área es clasificada como "Equipamiento metropolitano e intercomunal" lo que quiere decir que para el tipo de proyecto no presenta limitaciones de uso. En base a lo anterior, el puntaje otorgado para esta PTAP en ambos escenarios 1 y 2 es de 0,5, ya que con o sin planta de tratamiento de lodos no existe una afectación al uso de suelo. No obstante lo anterior, en caso de que el proyecto se desarrolle, es necesaria la evaluación potencial de ingreso al Sistema de Evaluación Ambiental (SEA), caso en el que deberían evaluarse con mayor detalle la presente componente suelo.

Por otro lado, en el caso de la PTAP Las Vizcachas el Plan Regulador Metropolitano clasifica en 3 zonas el área potencial de emplazamiento de la planta de tratamiento de lodos; en donde la mayor área considerada cae en la categoría "Área verde y recreación". Dada esta condición es que se evalúa con un mayor impacto el escenario donde se considera la construcción de la planta de tratamiento de lodos, siendo un área restrictiva para las actividades sanitarias proyectadas.

Tabla 14. Evaluación de Impactos ambientales potenciales de la PTAP La Florida, Suelo.

Aspecto ambiental #3: suelo		Efecto: Erosión, compactación, alteración de parámetros físicoquímicos del suelo	
		PTAP La Florida	PTAP Las Vizcachas
Contexto PTAP		Suelo clasificado como equipamiento y sin capacidad de uso agrícola. Erosión no evaluada, sin embargo no se presenta riesgo.	Suelo clasificado como Área verde y habitacional mixto. Se identifica categoría de riesgo severo.
Puntaje evaluación ambiental	Escenario 1: sin tratamiento de lodos	0,5	0
	Escenario 2: con tratamiento de lodos	0,5	1

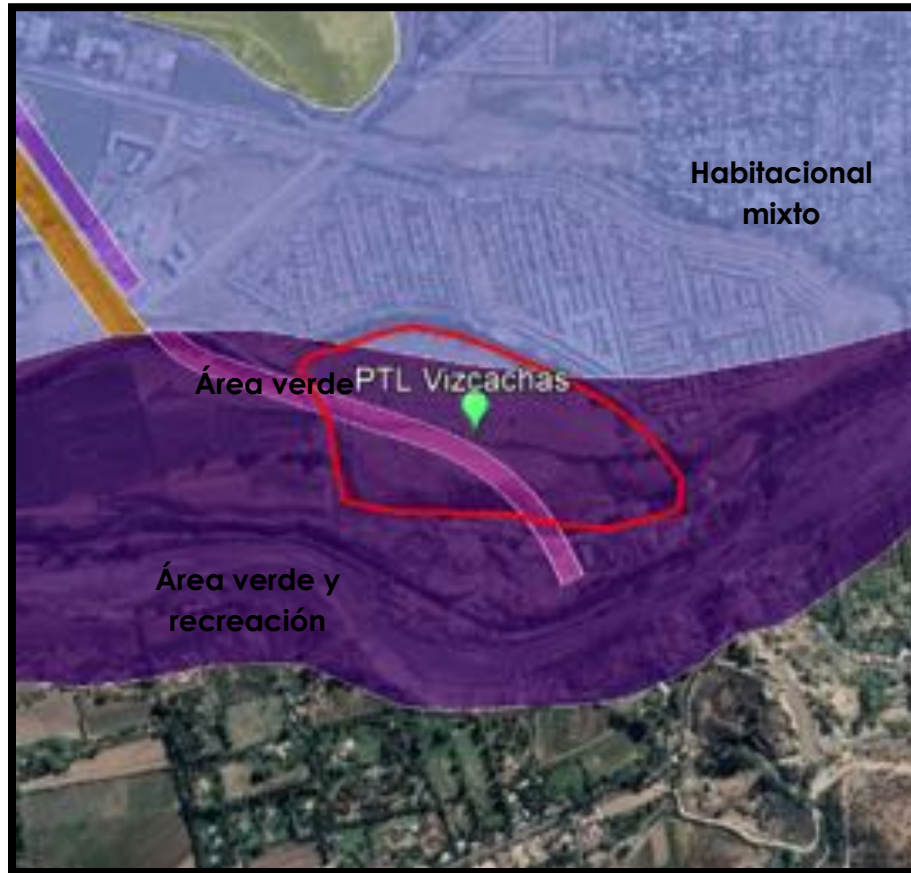


Figura 9. Plan Regulador Metropolitano y área de emplazamiento planta de tratamiento de lodos PTAP La Florida.



Fuente: elaboración propia

Figura 10. Plan Regulador Metropolitano y área de emplazamiento planta de tratamiento de lodos PTAP Las Vizcachas.



Fuente: elaboración propia

La Tabla 15 da cuenta de la evaluación de efectos ambientales asociados al aspecto ambiental #4 Aire y emisiones de material particulado, donde se identificó el efecto producto de las emisiones atmosféricas de material particulado. Bajo este contexto la mayor contribución de emisiones se estima en el transporte de lodos hacia el área de disposición y/o tratamiento final, lo cual en base a las estimaciones realizadas por (Cetaqua, 2019) el número de camiones diarios que transportaría los lodos desde la PTAP La Florida y Vizcachas se contabilizan en 158 y 761 camiones, respectivamente, esto considerando que los lodos contengan un 50% de humedad. Dados estos antecedentes, la evaluación de este efecto asigna un máximo impacto (puntaje = 1) a los escenarios con tratamiento de lodos para ambas PTAP. A mayor abundamiento, uno de los supuestos evaluados en este estudio es la disposición de los lodos producidos en dichas PTAP en un sitio de similares características a El Rotal. Este centro de



gestión de biosólidos dista a 90 Km aproximadamente de la PTAP Las Vizcachas (más lejana), atravesando 15 comunas de la Región Metropolitana (Figura 11). Ante este contexto, la magnitud de la logística del transporte de lodos hace importante la consideración de una estimación de emisiones precisa, teniendo en cuenta la vigencia del Plan de prevención y descontaminación de la Región Metropolitana.

*Tabla 15. Evaluación de Impactos ambientales potenciales de la PTAP La Florida, Aire y material particulado.*

Aspecto ambiental #4: Aire y emisiones de material particulado		Efecto: Emisiones atmosféricas de Material Particulado	
		PTAP La Florida	PTAP Las Vizcachas
Contexto PTAP		Para ambas PTAP, el lodo pretratado sería transportado a un sitio para tratamiento y disposición final.	
		Con lodos al 50% de humedad, se estiman 158 camiones/día.	Con lodos al 50% de humedad, se estiman 761 camiones/día.
Puntaje evaluación ambiental	Escenario 1: sin tratamiento de lodos	0	0
	Escenario 2: con tratamiento de lodos	1	1

Figura 11. Ruta entre PTAP Las Vizcachas y El Rotal.



Fuente: elaboración propia

Los antecedentes mencionados en el efecto anterior aplican también para los efectos estipulados a continuación en la Tabla 16. Las vibraciones y ruido ambiental se asocian con mayor preponderancia al transporte de los lodos, siendo de gran consideración el número de camiones que debiese ingresar y salir de estas PTAP diariamente. En el contexto territorial de ambas PTAP existen áreas urbanas colindantes donde se consideran como receptores humanos de estas emisiones, en este sentido la Figura 12 y Figura 13 dan cuenta de la distancia que existe entre la potencial fuente de emisión y los receptores más cercanos identificados. En estas figuras se observa que la menor distancia la tiene la PTAP Las Vizcachas con una distancia de 30 metros entre la planta de lodos proyectada y los receptores aledaños, mientras que en el caso de la PTAP La Florida la distancia mínima es de 77 metros.

Bajo estos antecedentes, el mayor impacto de este efecto se consideró en el escenario con planta de tratamiento de lodos, evaluando ambas PTAP con el mayor puntaje.

Tabla 16. Evaluación de Impactos ambientales potenciales de la PTAP La Florida, Aire y material particulado.

Aspecto ambiental #5: Aire, emisiones de ruido y receptores		Efectos: Emisiones de Ruido ambiental y vibraciones. Receptores sensibles de ruido, MP y olores	
		PTAP La Florida	PTAP Las Vizcachas
Contexto PTAP		Emisiones de ruido y vibraciones durante la construcción y operación de la planta de lodos. Emisiones de MP, ruido y vibraciones por transporte de lodos en camiones.	
Puntaje evaluación ambiental	Escenario 1: sin tratamiento de lodos	0	0
	Escenario 2: con tratamiento de lodos	1	1

Figura 12. Receptores ubicados en las inmediaciones de la PTAP La Florida.



Fuente: elaboración propia

Figura 13. Receptores ubicados en las inmediaciones de la PTAP Las Vizcachas.



Fuente: elaboración propia



La Tabla 17 muestra la evaluación de efectos para la emisión de olores dado por el tratamiento y disposición de lodos. Específicamente el desagüe de la planta de tratamiento de lodos recaería en el equalizador del sistema de tratamiento contemplado, etapa en la que se asocia la generación de olores y problemas con vectores producto del almacenamiento de dichas aguas. En este sentido, se evalúa con el mayor puntaje de impacto al escenario con planta de tratamiento de lodos en ambas PTAP.

*Tabla 17. Evaluación de Impactos ambientales potenciales de la PTAP La Florida, Aire y material particulado.*

Aspecto ambiental #6: Aire, emisiones de olores y receptores		Efecto: Emisiones de olores	
		PTAP La Florida	PTAP Las Vizcachas
Contexto PTAP		Emisiones de olores durante la operación de la planta de lodos y disposición final de los mismos.	
Puntaje evaluación ambiental	Escenario 1: sin tratamiento de lodos	0	0
	Escenario 2: con tratamiento de lodos	1	1

La Tabla 18 muestra la evaluación del aspecto ambiental #7 relativo al efecto que tendría el número de camiones que transporten el lodo a tratamiento y disposición final desde cada una de las PTAP analizadas. En este sentido considerando el contexto territorial donde se ubican las PTAP, las condiciones viales poseen características residenciales en su contexto inmediato, siendo en el caso de la PTAP La Florida, calles no pavimentadas y de una sola vía en el acceso a esta planta. En este sentido, la cantidad de camiones diarios proyectados influenciarían en gran medida la capacidad de carga de las calles aledañas a las PTAP, por lo cual el puntaje con mayor impacto le fue otorgado a los escenarios con planta de tratamiento de lodos para ambas PTAP.

Tabla 18. Evaluación de Impactos ambientales potenciales de la PTAP La Florida, Vialidad.

Aspecto ambiental #7: Vialidad		Efecto: Superación de capacidad de carga de la infraestructura vial	
		PTAP La Florida	PTAP Las Vizcachas
Contexto PTAP		Con lodos al 50% de humedad, se estiman 158 camiones/día.	Con lodos al 50% de humedad, se estiman 761 camiones/día.
Puntaje evaluación ambiental	Escenario 1: sin tratamiento de lodos	0	0
	Escenario 2: con tratamiento de lodos	1	1

La Tabla 19 muestra la evaluación del aspecto ambiental #8 relativo al espacio para disposición y tratamiento final de los lodos producidos y pretratados de las PTAP bajo análisis. En este sentido y considerando los antecedentes expuestos en el capítulo 4, la capacidad del sitio donde se traten los lodos debe considerar varios aspectos relevantes tales como:

- i. Capacidad de tratamiento: debe ser mayor a lo actualmente evaluado en El Rotal, considerando que la PTAP La Florida y Vizcachas superan en 9,8 y 33,4 veces la capacidad actual de El Rotal.
- ii. Cercanía estratégica: la distancia entre las PTAP analizadas y el centro de biosólidos el Rotal es de 90 km aproximadamente, considerando el cruce de 15 comunas de la Región Metropolitana. En este sentido los efectos producidos por las emisiones, efectos en los receptores y la capacidad de carga de la infraestructura vial, son los principales impactos por considerar.

Bajo estos antecedentes es que la evaluación de este efecto consideró el mayor puntaje para el escenario con planta de tratamiento de lodos, bajo el supuesto de considerar como sitios de disposición final al centro El Rutal.

Tabla 19. Evaluación de Impactos ambientales potenciales de la PTAP La Florida, Sitio de disposición final.

Aspecto ambiental #8: Sitio disposición final		Efecto: Espacio disposición final	
		PTAP La Florida	PTAP Las Vizcachas
Contexto PTAP		Bajo el supuesto de disposición y tratamiento final de lodos a El Rutal, se hace necesario reevaluar un sitio nuevo de disposición final considerando aspectos de capacidad de carga del sitio y logística en el transporte de lodos.	
Puntaje evaluación ambiental	Escenario 1: sin tratamiento de lodos	0	0
	Escenario 2: con tratamiento de lodos	1	1

Finalmente la Tabla 20 muestra la evaluación de impactos para cada escenario y PTAP bajo análisis. En esta es posible observar que el mayor puntaje recae en el escenario con planta de tratamiento de lodos, es decir, que los mayores impactos ambientales se manifiestan al considerar la construcción y operación de estas plantas de tratamiento en cada una de las PTAP. En el caso de la PTAP La Florida el escenario 1 arrojó un valor de 0,38 puntos mientras que en el escenario 2, un 0,61. Esto indica que si bien el escenario 1 posee un cierto grado de impacto ambiental correspondiente al 38% de un total de 100%, es el escenario 2 donde se generaría el mayor impacto ambiental (61%) dadas las actividades consideradas en la operación de una PTAP, construcción y operación de una planta de tratamiento de lodos y, finalmente, en el tratamiento final de lodos y su



disposición. Para esta misma PTAP los mayores impactos que contribuyen a que el escenario 2 obtenga mayor puntaje tienen relación con las emisiones atmosféricas de material particulado, olores, ruido ambiental y vibraciones, receptores humanos de las emisiones mencionadas, superación de la carga en la infraestructura vial y sitio de tratamiento y disposición final.

Por otra parte, la PTAP Las Vizcachas también obtuvo como resultado un mayor puntaje para el escenario 2, con un 64% del impacto respecto de un 100% del total, vs un 35% de impacto para el escenario 1. Esto indica que si bien el escenario 1 posee algún grado de impacto ambiental dadas las actividades actuales que se realizan en la PTAP, es la consideración de la construcción y operación de una planta de tratamiento de lodos lo que generaría los mayores impactos ambientales asociados principalmente a: alteración del valor paisajístico, suelo y planificación territorial, emisiones atmosféricas de material particulado, olores, ruido ambiental y vibraciones, receptores humanos de las emisiones mencionadas, superación de la carga en la infraestructura vial y sitio de tratamiento y disposición final.



Tabla 20. Evaluación de impacto ambiental de escenarios propuestos para ambas PTAP analizadas.

	Criterios evaluados	Pesos	PTAP La Florida		PTAP Las Vizcachas	
			Ptje. escenario 1	Ptje. escenario 2	Ptje. escenario 1	Ptje. escenario 2
<b>Flora y fauna</b>	Afectación de riqueza y abundancia de especies de vegetación ribereña	0,11	0,5	0,5	1	0
	Afectación de riqueza y abundancia de especies nativas	0,10	1	0	1	0
<b>Hidrología Calidad de agua</b>	Alteración de parámetros fisicoquímicos de aguas superficiales. Sedimentación.	0,10	1	0	0,7	0,3
	Percolación de líquidos a aguas subterráneas	0,05	0	0	0	0
	Disminución caudal efluente a cuerpo receptor	0,06	0	1	0	1
<b>Paisaje</b>	Alteración del valor paisajístico	0,07	0,5	0,5	0	1
<b>Suelo</b>	Erosión, compactación, alteración de parámetros fisicoquímicos del suelo	0,09	0,5	0,5	0	1
<b>Aire</b>	Emisiones atmosféricas de Material Particulado	0,08	0	1	0	1
	Emisiones de Ruido ambiental y vibraciones	0,07	0,3	0,7	0,3	0,7
	Receptores sensibles de ruido y MP	0,05	0,3	0,7	0,3	0,7
	Emanaciones de olores	0,05	0	1	0	1
	Receptores sensibles de ruido y olores	0,05	0,3	0,7	0,3	0,7
<b>Vialidad</b>	Superación de capacidad de carga de la infraestructura vial	0,07	0	1	0	1
<b>Disposición final</b>	Espacio tratamiento y disposición final	0,04	0	1	0	1
<b>Total</b>			<b>0,38</b>	<b>0,61</b>	<b>0,35</b>	<b>0,64</b>
<b>Total (%)</b>			<b>38%</b>	<b>61%</b>	<b>35%</b>	<b>64%</b>

## 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 Síntesis de hallazgos

El principal hallazgo se relaciona con el resultado de la evaluación de impactos ambientales globales entre escenarios, en el cual se obtiene que los mayores impactos ambientales se darían si se considera la construcción y operación de una planta de tratamiento de lodos, tanto para la PTAP La Florida como para la PTAP Las Vizcachas, en desmedro de mantener la situación actual sin tratamientos. En ambos casos la evaluación realizada muestra que las emisiones atmosféricas de material particulado, olores, ruido ambiental y vibraciones, receptores humanos de las emisiones mencionadas, superación de la carga en la infraestructura vial y sitio de tratamiento y disposición final de los lodos son los principales factores que contribuyen en esto, en desmedro de la mejora en la calidad del agua y biota acuática que se presentaría.

Para las emisiones atmosféricas, ruido y vibraciones, y superación de la carga en la infraestructura vial, se observa que estos criterios se relacionan directamente con el transporte de lodos desde las PTAP, ya que se considera que en dichas plantas exista un pretratamiento donde se obtiene un lodo al 50% de humedad. En este sentido, a pesar de que el porcentaje de humedad es considerable, la producción de lodo generado en las PTAP es alto, lo que conlleva al despliegue de una logística de transporte importante.

Por otra parte, el sitio de tratamiento y disposición final complementa los impactos anteriormente señalados en cuanto a que el sitio El Rutal (considerado en este análisis a modo referencial) dista de las PTAP a unos 90 km, lo que implica el atravesado de 15 comunas de la Región Metropolitana. Esto incrementa los impactos por emisiones atmosféricas y superación de carga de la infraestructura vial dado el gran despliegue a realizar. Adicionalmente, es importante mencionar que el sitio de pretratamiento considerado para los lodos generados de la PTAP Las Vizcachas debe ser reevaluado dado que la planificación territorial no concuerda con el uso de suelo o actividades que ahí se pueden realizar. Esto es específicamente para Las Vizcachas ya que la PTAP La Florida no cuenta con este tipo de restricción.

Finalmente, es importante comentar que los impactos ambientales positivos que se registraron en la evaluación ambiental al considerar un escenario de tratamiento de lodos. Esto tiene que ver con la mejora en la calidad de las aguas de los cuerpos receptores de las descargas de las PTAP, lo que trae como consecuencia el mejoramiento de la calidad de hábitat para las especies

acuáticas y de ribera que habitan las áreas circundantes y aguas debajo de estas PTAP. De todas maneras esos impactos positivos estarían matizados dependiendo si la descarga es en cauces artificiales (canales de regadío principalmente) respecto de cauces naturales en los cuales podría aportar en los efectos ya mencionados.

## 7.2 Conclusiones

De acuerdo con el objetivo de la asesoría, el presente informe entregará una opinión ambiental estratégica, respecto de escenarios de implementación de proyecto de tratamiento de lodos para el cumplimiento del D.S. N°90/00 MINSEGPRES en PTAP seleccionadas de Aguas Andinas en la Región Metropolitana de Santiago (PTAP La Florida y Vizcachas).

En dicho contexto la incorporación de una planta de tratamiento de lodos a las operaciones actuales de las PTAP evaluadas, generaría un impacto positivo en la calidad del agua de los cuerpos receptores de las aguas residuales de estas plantas, lo cual se relacionaría directamente con la mejora en la calidad de las aguas que actualmente se descargan. Lo anterior se da bajo el contexto de que el sistema de tratamiento de lodos contemplado por Aguas Andinas, en una primera instancia, pueda controlar todos aquellos parámetros que actualmente contemplan valores normativos del DS 90/2000, y/o en su defecto si las concentraciones del efluente no superan a las concentraciones de las aguas que son captadas para su potabilización.

No obstante lo anterior, estos impactos positivos validados en la bibliografía revisada son matizados por los impactos negativos que se generan por la construcción y operación de estos sistemas de tratamiento, incluyendo emisiones atmosféricas de material particulado, olores, ruido ambiental y vibraciones, receptores humanos de las emisiones mencionadas, superación de la carga en la infraestructura vial y sitio de tratamiento y disposición final. En dicho contexto y considerando una evaluación global de los efectos ambientales de la implementación de sistemas de tratamientos de lodos para PTAP, de acuerdo con los casos estudiados, presentaría impactos ambientales mayores significativos, con respecto de la situación actual en la cual no existe dicho tratamiento.

Adicional a lo anterior, se debe tener en consideración que este estudio constituye una primera etapa de análisis exploratorio, que requiere de una segunda etapa, de mayor profundidad, donde se pueda incorporar mayores datos, estudios y directrices para abordar la potencial aplicabilidad del D.S. N° 90/00 MINSEGPRES a las plantas de tratamiento de agua potable.

### 7.3 Recomendaciones

Como recomendación estratégica principal, se visualiza la necesidad de realizar acercamiento a las autoridades para sensibilizar respecto de la importancia de excluir explícitamente del anteproyecto de norma de emisión de descarga de aguas residuales de procesos de tratamiento actualmente en discusión (actual D.90), el tratamiento de las aguas residuales de los procesos de potabilización, en específico el parámetro sólidos suspendidos totales.

Para lo anterior deben existir acercamientos directos de Aguas Andinas o apoyados por la Asociación Nacional de Empresas Sanitarias de Chile (ANDESS), a las autoridades ambientales del Ministerio del Medio Ambiente y sectoriales del Ministerio de Obras Públicas.

En el mismo sentido en caso de existir un interés real en normar por parte de las autoridades las descargas de las PTAP, se recomienda posicionar una propuesta de normativa específica para el control de las descargas provenientes de PTAP. Se ejemplifica con el caso de Colombia donde la regulación se realiza por sector económico o una norma específica de lodos provenientes de PTAP, tal como es en el caso de México.

Para lo anterior es importante analizar si efectivamente los procesos de potabilización aumentan las concentraciones de ciertos parámetros respecto al agua captada en afluente, ya que técnicamente sería la base para fundamentar una normativa paralela y específica al DS90.

Adicionalmente se debe mencionar que en el país ya existen experiencias de excepciones al actual D.S.90 que corresponde al D.S.80 que Establece la Norma de Emisión para Molibdeno y Sulfatos de Efluentes Descargados Desde Tranques de Relaves al Estero Carén, situación que puede servir para ayudar hacia la sensibilización de las autoridades.

Otra recomendación para tener en consideración en las argumentaciones es la realización de un análisis costo-beneficio específico de lo que significa la implementación del DS90 en PTAP. Estos análisis podrían entregar antecedentes desde una perspectiva de economía ambiental (es decir llevando los impactos ambientales tanto positivos o negativos a beneficios y costos), para ver la factibilidad económica real de llevar a cabo esta política.

Finalmente, en caso de que la autoridad persista en la necesidad de incorporar las PTAP en el futuro D.S.90, se recomienda sensibilizar respecto de considerar el principio de gradualidad (realismo), en cuya virtud las mejoras normativas deben

ser introducidas en compatibilidad con el nivel del desarrollo económico del país, pudiéndose establecer, por ejemplo, períodos de vacancia legal.

Finalmente, se recomienda dar paso a una segunda etapa de análisis basados en estudios más específicos y prioritarios para dilucidar si los efectos aquí descritos pueden ser aminorados. Entre otros los estudios específicos recomendados son:

- Flora y fauna: Realizar estudios bióticos en canales o cauces donde existan descargas de PTAP para verificar o desestimar la presencia de especies que se señalan en literatura.
- Hidrología y calidad de aguas: Realizar seguimiento de la calidad de las aguas de los efluentes y afluentes de las PTAP, comparando sus concentraciones con el DS90 y con el objetivo de verificar si el proceso de potabilización altera la calidad del efluente de las PTAP. Además, se recomienda realizar modelos de sedimentación en escenario actual y con planta de tratamiento de lodos, esto para ver la contribución real de las PTAP en cuanto a la sedimentación y extensión de la pluma.

Estimar el caudal de agua que dejará de percibir el cuerpo receptor en el escenario de incorporar una planta de tratamiento de lodos, esto dado que podrías disminuir el caudal al extraer lodos con un porcentaje importante de humedad.

- Paisaje y suelo: La principal recomendación es reevaluar el sitio de pretratamiento considerado para los lodos provenientes de la PTAP Las Vizcachas, dado que el uso de suelo actual no permite la instalación de equipamientos sanitarios.
- Aire: realizar estimación de emisiones atmosféricas con tal de cuantificar el impacto del traslado de lodos desde cada PTAP hacia el sitio de disposición El Rutal. En su defecto realizar este mismo ejercicio considerando la reevaluación del sitio El Rutal, esto dado que el número de camiones diarios que transportarían los lodos sigue siendo relevante.

Incorporar un análisis de gases de efecto invernadero (estimación de la huella de carbono) respecto de las alternativas de implementación.

- Superación de carga de la infraestructura vial: considerar una reevaluación del sistema de tratamiento de lodos propuesto, con tal de maximizar la eficiencia en cuanto a la disminución de humedad y, por ende, en la disminución del número de camiones diarios que debiesen ser utilizados para su transporte.
- Sitio de tratamiento y disposición final: se recomienda evaluar un sitio cercano a las PTAP analizadas con tal de disminuir las emisiones atmosféricas y la carga en de la infraestructura vial. Además, se debe considerar que este sitio pueda tener la capacidad de ingresar la cantidad de lodos que se generan de estas dos plantas, lo cual actualmente supera en 43 veces la capacidad mensual de ingreso al Rutal.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

Acevedo, O. (2007). Aluminio, un indicador de calidad ambiental en suelo de carga variable. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. Área Académica de Química. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México.

Aravena, N., Ayala, L., Cavieses, K., Durán, P., Moraga, F., Ossandón, J. (2021). Sector Borde Río Maipo | Puente Alto y Pirque. Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales UC, Documentos de Taller IEUT, N° 1.b.

Asesoría Urbana, (2021). Informe ambiental Evaluación Ambiental Estratégica Modificación N°15 PRC La Florida.

Briones M. (2018). Efecto de la contaminación y el tipo de cauce sobre la estructura trófica del Río Maipo, usando como modelo a los macroinvertebrados bentónicos y al pejerrey *Basilichthys Microlepidotus* (Jenyns, 1841). Tesis Magister Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile.

Castañeda, O. 1999. Determinación de la toxicidad de los lodos generados por una planta potabilizadora, utilizando bioensayos. México, Centro Nacional de Prevención de Desastres.

Cetaqua. (2019). *Estudio de caracterización de lodos y alternativas de disposición y valoración.*

DGA- MOP (2004) Diagnóstico y Clasificación de los cuerpos de agua y cursos según objetivos de calidad. Cuenca del Río Maipo. CADE-IDEPE

Escobar, J. (2002). La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. División de Recursos Naturales e Infraestructura. CEPAL. Santiago de Chile.

Fernández S. (2015). Tratamiento y disposición de aguas residuales de plantas de tratamiento de agua potable en Chile. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile.

Goransson A. and Eldhuset T. D. (1991) Effects of aluminium on growth and nutrient uptake of small *Picea abies* and *Pinus sylvestris* plants. *Trees, structure and function*. TRESEY 5(3), 136–142

Iwasaki, Y., Kagaya, T., Miyamoto, K. y Matsuda, H. (2009) Effects of heavy metals on riverine benthic macroinvertebrate assemblages with reference to potential food availability for drift-feeding fishes. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 28: 354- 363.

Lawrence, A. y Hemingway, K. (2003) Molecular/cellular processes and the physiological response to pollution. En: Lawrence, A. y Hemingway, K. (ed.) *Effects of pollution on fish: Molecular effects and population responses*. pp.83-117. Blackwell Science.

Martínez M. 2012. Estudio para el tratamiento, manejo y disposición final para lodos generados en plantas de tratamiento de agua potable. Proyecto previo a la obtención del título de ingeniero ambiental. Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador.

Matamoros, J. 2005. Sistemas de Tratamiento de Lodos en Plantas de Agua Potable. Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil. Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile.

Mortula M., Bard S., Walsh M., Gagnon G. *Revista Canadiense de Ingeniería Civil*. Volumen 36, Número 1, Enero de 2009, Páginas: 127 - 136, Páginas: 670 - 678

Muñoz, B. (2007) Cambios en la riqueza íctica del río Maipo. Tesis Biología con Mención en Medio Ambiente, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile.

Pliscoff, P. (2020). Análisis del estado actual de los ecosistemas terrestres, asociados a dos cuencas en Chile Central: Maipo y Maule. Estudio realizado para Escenarios Hídricos 2030.

Rodríguez J. (2013). Propuesta metodológica para tratamiento de lodos provenientes de plantas de potabilización en la Sabana de Bogotá (Estudio de caso Madrid, Cundinamarca). Facultad de Ingeniería. Universidad Libre. Bogotá, Colombia.





Saaty, T. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. Nueva York: McGraw-Hill.

Schwarz, N., Moretti, M., Bugalho, M., Davies, Z., Haase, D., Hack, J., Hof, A., Melero, Y., Pett, T. & Knapp, S. (2017). Understanding biodiversity-ecosystem service relationships in urban areas: A comprehensive literature review. *Ecosystem Services*, 27, 161–171. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.08.014>

Schwartz, J., D. W. Dockery, and L. M. Neas. 1996. Is daily mortality associated specifically with fine particles? *J. Air Waste Manage. Assoc.* 46: 927-939.

Sotero-Santos R. B., et al., 2005. "Evaluation of water treatment sludges toxicity using the Daphnia bioassay", *Water Research*, vol. 39, n.º 16, pp. 3909-3917

Taylor G. J. (1989) Aluminum Toxicity and Tolerance in Plants. *Acidic Precipitation: Biological and Ecological Effects*. In *Advances in Environmental Science*, Adriano, D.C. and Johnson, A.H. (eds.)