



4.2 Alternativas de tratamiento e implicancias ambientales de efluentes de PTAP que abaten turbidez

Las PTAP convencionales o aquellas que captan agua dulce desde un cuerpo de agua con alta turbidez pueden producir aguas residuales con alto contenido de lodos en casi todos sus procesos unitarios (Acuña, 2015 y Montes, 2022)⁴. A continuación se describen las etapas en que se pueden producir aguas residuales con alto contenido de lodos:

- I. Aguas residuales de los desarenadores o predecantadores. La fracción sólida de estas aguas residuales está compuesta por arcillas, limos, arenas y otros materiales sedimentables presentes en el agua cruda (Acuña, 2015). A estas aguas residuales no se les adicionan compuestos o elementos exógenos⁵.
- II. Aguas residuales de la coagulación. Las aguas residuales de coagulación están compuestas principalmente por sólidos removidos del agua, además del coagulante (sales de aluminio, sales de hierro o polielectrolitos) que se utiliza en la remoción de turbiedad, arsénico, hierro, manganeso, microorganismos (bacterias, virus y organismos patógenos) y otros elementos que pueden precipitar (Ahumada, 2012).
- III. Aguas residuales de ablandamiento. Las aguas residuales de ablandamiento están compuestas generalmente por carbonato de calcio (85 a 95% de los sólidos en estas aguas) acompañado de hidróxido de magnesio, hidróxidos de hierro o aluminio, y otros metales (arsénico), partículas de arcilla y limo, cantidades menores de cal sin reaccionar y materia orgánica e inorgánica (Acuña, 2015).

⁴ Es habitual que se denominen "lodos líquidos".

⁵ En ciertos casos podría agregarse una dosis mínima, cuya concentración remanente en los sólidos decantados resulta despreciable.



- IV. Aguas residuales del lavado de filtros. La composición de estas aguas es similar a sus pares de coagulación, pero con partículas mucho más pequeñas. Normalmente contienen hidróxidos de aluminio y hierro, partículas de arcillas finas, aditivos químicos, fracciones del medio filtrante y carbón activado. Según las características del agua cruda pueden contener también elementos como hierro, manganeso y arsénico (Acuña, 2015).

En Chile, existen PTAP convencionales que generan aguas residuales con alta turbiedad. Las PTAP que remueven turbidez de las fuentes de agua superficiales, generan aguas residuales con parámetros que exceden el DS90 tales como sólidos suspendidos totales, aluminio, hierro y manganeso, entre otros. En consecuencia, para dar cumplimiento con el DS90 sería necesaria la implementación de un sistema de tratamiento de lodos.

Sin embargo, la construcción y operación de un sistema de tratamiento de lodos conlleva actividades que a su vez generan potenciales efectos ambientales originados en el tratamiento, manejo y disposición final de los lodos tratados.

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

4.2.1 Potenciales Efectos Ambientales de los efluentes

En la descripción de los potenciales efectos ambientales se consideraron tanto los efectos causados por la descarga de aguas residuales sin tratamiento, así como también los efectos potenciales generados a partir de las actividades requeridas para dar cumplimiento al DS90. Estos últimos referidos a la construcción y operación de una planta de tratamiento de lodos para lo que se consideraron las siguientes actividades:



- Construcción de una planta de lodos
- Operación de una planta de tratamiento de lodos
- Almacenamiento de lodos
- Uso de sustancias químicas para el tratamiento
- Disposición final de los lodos
- Transporte de lodos
- Espacio requerido para disposición final

De acuerdo con la revisión bibliográfica realizada, se identificaron efectos ambientales asociados a 10 componentes ambientales, los cuales corresponden a Flora, Fauna, Calidad del agua, Cantidad del agua, Aire, Ruido, Paisaje, Suelo/Sedimentos, Medio humano e infraestructura. La Tabla 4 resume los impactos que se identificaron para cada actividad.

En el análisis de los efectos de la descarga sin tratamiento se detectaron 4 efectos ambientales asociados a los componentes Flora, Fauna y Calidad del agua

En el caso del análisis de efectos producto de la construcción y operación de una planta de tratamiento de lodos se detectaron 27 efectos ambientales asociados a los 10 componentes evaluados.

Cabe mencionar que, de los 27 efectos detectados, 22 ocurrirían durante la fase de operación para el abatimiento de lodos.

A continuación se muestra la Tabla 4 un resumen de los efectos identificados.

Tabla 4 Efectos ambientales identificados en el tratamiento de agua potable y lodos.

#	Fase- Actividad/ Componente	Flora	Fauna	Calidad agua	Cantidad agua	Aire	Ruido	Paisaje	Suelo	Medio Humano	Infraestructur a vial
a.	Operación: Descarga de PTAP sin tratamiento	Afectación de riqueza y abundancia de especies de vegetación riberaña	Afectación de riqueza y abundancia de especies nativas	Alteración de parámetros físicoquímicos de aguas superficiales. Alteración del régimen sedimentológico							
b.1	Construcción de planta de lodos	Afectación de riqueza y abundancia de especies nativas	Afectación de la riqueza y abundancia de especies nativas, fragmentación de hábitat	Alteración de parámetros físicoquímicos de aguas superficiales.				Alteración del valor paisajístico	Erosión, compactación , alteración de parámetros físicoquímicos del suelo		
b.2	Operación de planta de tratamiento de lodos		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	

#	Fase- Actividad/ Componente	Flora	Fauna	Calidad agua	Cantidad agua	Aire	Ruido	Paisaje	Suelo	Medio Humano	Infraestructur a vial
b.3	Operación: almacenamiento de lodos			Percolación de líquidos a aguas subterráneas		Emanaciones de olores			Alteración de parámetros fisicoquímicos del suelo		
b.4	Operación: Uso sustancias químicas en tratamiento	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	
b.5	Operación: Disposición final de lodos			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
b.6	Operación: Transporte de lodos					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



#	Fase- Actividad/ Componente	Flora	Fauna	Calidad agua	Cantidad agua	Aire	Ruido	Paisaje	Suelo	Medio Humano	Infraestructur a vial
b.7	Operación: Espacio requerido para disposición final								Capacidad de carga en sitio de tratamiento final		

Fuente: Elaboración propia.



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

4.2.1.1 Flora: Afectación de riqueza y abundancia de especies de vegetación acuática y ribereña

Se ha reportado que la descarga directa de lodos al curso fluvial con compuestos exógenos tales como el aluminio (usado como coagulante) puede afectar negativamente a la flora acuática y flora ribereña (Kaggwa et col, 2001). Los potenciales efectos a las plantas estarían asociados a la alteración fisicoquímica de la calidad del agua. Se han reportado que el aluminio podría alterar las raíces de las plantas acuáticas (Poáceas y Cyperaceas) y causar deficiencia en la fijación de fósforo, debido a su efecto limitador en la asimilación de nutrientes (Kaggwa et col, 2001). Por otro lado, para el caso de las plantas terrestres, se ha registrado que el aluminio también causa efectos limitantes del crecimiento y es causante de estrés fisiológico (Goransson y Eldhuset, 1991).

4.2.1.2 Fauna nativa: Afectación de la riqueza y abundancia de especies de Fauna nativa

La contaminación acuática con residuos de PTAP 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). Ahora bien, estos efectos de los sólidos suspendidos deben ponderarse en consideración de las condiciones naturales del cuerpo receptor, ya que es frecuente en nuestro país que se generen condiciones



naturales de similares características. Por ejemplo, en el río Maipo se producen anualmente varios episodios de alta a muy alta turbidez producto de las condiciones climáticas (deshielo primaveral, lluvias invernales), lo cual es compatible con la existencia de distintas especies nativas.

En consecuencia, 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. 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 PTAP 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.

Adicionalmente, un estudio a la planta de tratamiento de agua potable Los Berros en México (Castañeda, 1999), concluyó que las aguas residuales originadas producto de la potabilización presentan una toxicidad baja, pero que se debe prestar atención a su manejo y disposición ya que en particular el aluminio puede llegar a tener efectos nocivos en el ambiente.



4.2.1.3 Calidad de aguas: alteración de parámetros fisicoquímicos de aguas superficiales durante la operación

En consecuencia con lo descrito en la sección anterior, respecto a los efectos en la flora y fauna la descarga de compuestos coagulantes tales como el aluminio al cuerpo de agua que se descarga, se observa que se podría producir una alteración de parámetros fisicoquímicos de aguas superficiales. Esta alteración 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 se realiza una descarga directa de estos compuestos residuales, y es significativamente alta como para que la capacidad de dilución sea insuficiente, se podrían alterar parámetros críticos tales como el arsénico, hierro, manganeso, cloruros y sulfatos (Fernández, 2015). No obstante lo anterior, 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).

4.2.1.4 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). Sin perjuicio de lo anterior, resulta fundamental tener en consideración las condiciones



particulares de los cuerpos fluviales receptores. Por ejemplo, en el río Maipo se producen anualmente varias crecidas acompañadas de episodios de alta a muy alta turbidez producto de las condiciones climáticas (deshielo primaveral, lluvias invernales), lo cual genera un arrastre, lavado y sedimentación importante en el cauce, que puede volver imperceptibles los efectos de los sedimentos de las descargas.

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 otra parte, si bien actualmente algunos ríos poseen una alta concentración de sólidos suspendidos, 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.

4.2.1.5 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, en el caso que se utilicen canchas de secado para su deshidratación parcial en el proceso de tratamiento de lodos (Rodríguez, 2013). El diseño 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, 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 conocer el tipo de producto que se está generando y cuáles son sus potenciales usos.

4.2.1.6 Aire: Emanaciones de olores

Para el proceso tratamiento de los lodos, usualmente se utiliza en el proceso un equalizador para poder operar y recibir de manera continua las aguas residuales para procesarlas y ser reutilizadas en el proceso de potabilización. Su uso puede 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 vecina existente, por lo que se hace relevante tener en consideración a posibles receptores sensibles de estos olores.

4.2.1.7 Aire: Emisiones de atmosféricas de material particulado

Es importante mencionar que en caso de tener que dar cumplimiento al DS90 por parte de las PTAP en Chile, la implementación de sistemas de abatimiento de los residuos líquidos y los lodos requerirán de superficies disponibles para el procesamiento. La disponibilidad de espacios para emplazar las plantas de tratamiento no se puede garantizar en todos los casos, por lo cual se deberá considerar la impulsión de lodos líquidos o el transporte por camiones, dependiendo de la cantidad de lodos generados y la distancia al sector donde se realizará el tratamiento. En la misma línea, se requerirá del traslado de los lodos deshidratados desde el sector de tratamiento al sitio elegido para su disposición final.

El impacto de esta actividad dependerá de varios factores tales como cantidad de lodos diarios a transportar, porcentaje de humedad del lodo, la distancia al punto de tratamiento y disposición, entre otras variables.

De esta actividad se detecta un efecto en las emisiones de material particulado a la atmósfera que podría significar el flujo de estos camiones, generando un efecto



negativo en la calidad del aire y generando un potencial impacto a la salud de las personas (Schwartz et al, 1996).

También se identifica la generación de emisiones producto de la etapa de construcción de la infraestructura requerida, y durante la operación de los procesos de deshidratación y acopio de lodos (el material deshidratado, en función de las condiciones atmosféricas y de sus propiedades podría resuspenderse).

4.2.1.8 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 las PTAP, ya que, durante la operación de las plantas de tratamiento de lodos, se generarán 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.

4.2.1.9 Paisaje: Alteración del Valor Paisajístico

El área de influencia y sectores adyacentes a las PTAP al verse modificados por nuevas obras y actividades podrían tener una incidencia en la artificialidad de las vistas, intrusión visual, modificación de atributos estéticos o pérdida de las actividades turísticas.



4.2.1.10 Suelo: Erosión, compactación y alteración de parámetros fisicoquímicos del suelo

Este efecto estaría asociado principalmente a la fase de construcción debido a las obras necesarias para implementar un proceso de tratamiento de residuos y lodos provenientes de las PTAP.

Adicionalmente, se identifica un potencial efecto sobre el suelo en la etapa de operación de plantas de tratamiento de lodos, principalmente asociado a la calidad de estos y a la disposición final de ellos. Los lodos al contener metal aluminio, podrían actuar como un 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 su composición y posibles impactos.

Lo anterior debe ser ciertamente ponderado en función de las condiciones de cada sitio. Por ejemplo, en caso de existir impermeabilización del suelo en los sectores de tratamiento o disposición final, no se esperarían efectos producto de la composición de los lodos.

4.2.1.11 Medio Humano

Este efecto estaría asociado tanto a la etapa de construcción como a la etapa de operación de plantas de lodos, debido a las potenciales emisiones de material particulado, de ruido y vibraciones en las áreas de influencia de las PTAP. Ante este eventual efecto, será necesario generar una estimación que permita cuantificar los distintos factores 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 molestos 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.

4.2.1.12 Infraestructura Vial: Superación de capacidad de carga de la infraestructura vial

Se estima que en el escenario de que una PTAP no pueda procesar sus residuos in situ y tenga que tratarlos en ubicaciones distantes de la PTAP, ocurrirá un efecto en la infraestructura vial. Adicionalmente, el transporte de los residuos desde las plantas de tratamiento de lodos a los sitios de disposición final podría incrementar el flujo diario de camiones, afectando la capacidad de carga vial.

4.3 Normativa nacional e internacional relacionada a descarga de aguas residuales

A partir de la revisión bibliográfica fue posible dilucidar que existen diferentes vías legales en que se ha regulado la descarga en aguas superficiales. Se pueden clasificar según si esta es una normativa generalista que aplica a cualquier tipo de descarga de sectores productivos o específica por tipo de sector productivo. Se ha visto que ambas aproximaciones tienen ventajas y desventajas.

Chile:

Para el caso de Chile se podría decir que el DS90 es una norma de tipo generalista que exige un estándar idéntico a todo el sector productivo que deba descargar aguas residuales a un cuerpo de agua superficial.



En Chile no existen criterios normativos que definan los límites del área de influencia de una descarga de aguas de rechazo de plantas desalinizadoras y, en concordancia con el Reglamento del SEA (MMA, 2014; Art.11), se recurre a normas internacionales para definirlos (ver Capítulo 10). Winckler (2021) efectúa una revisión de los límites críticos de salinidad en países como Abu Dhabi, EEUU, España, Japón y Omán. Sin embargo, es frecuente utilizar las recomendaciones australianas (ANZECC & ARMCANZ, 2000, 2018), que establecen como estándar ambiental aceptable un incremento inferior a 5%

Colombia:

La Resolución N°631 del año 2015⁶ es una norma de emisión que establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público. Esta norma se puede definir que es de tipo específica, ya que dispone de diferentes directrices según el tipo de actividad productiva que debe verter aguas residuales y considera las descargas de aguas residuales provenientes de las PTAP en su capítulo VII⁷ "Actividades Industriales, comerciales o de servicios diferentes a las contempladas en los capítulos V y VI con vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales"

A continuación, se muestra la Tabla 5 con los parámetros y los límites máximos de descarga.

⁶ <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/11/resolucion-631-de-2015.pdf>

⁷ Cabe mencionar que la norma no dice explícitamente que incluye a las PTAP, pero luego de una consulta por el portal de Transparencia del Ministerio de Medio Ambiente se aclaró mediante correo electrónico que están consideradas como parte del capítulo VII.

Tabla 5 Parámetros y límites máximos de descarga según normativa colombiana.

PARAMETRO	UNIDADES	VALORES LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
Generales		
pH	Unidades de pH	6 a 9
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O ₂	150
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L O ₂	50
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	mg/L	50
Sólidos Sedimentables (SSED)	mg/L	1
Grasas y Aceites	mg/L	10
Compuestos Semivolátiles Fenólicos	mg/L	Análisis y Reporte
Fenoles Totales	mg/L	0,2
Formaldehído	mg/L	Análisis y Reporte
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	Análisis y Reporte
Hidrocarburos		
Hidrocarburos Totales (HTP)	mg/L	10
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	mg/L	Análisis y Reporte
BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno)	mg/L	Análisis y Reporte
Compuestos Orgánicos Halogenados Adsorbibles (AOX)	mg/L	Análisis y Reporte
Compuestos de Fósforo		
Ortofosfatos	mg/L	Análisis y Reporte
Fósforo Total	mg/L	Análisis y Reporte
Compuestos de Nitrógeno		
Nitratos	mg/L	Análisis y Reporte
Nitritos	mg/L	Análisis y Reporte
Nitrogeno Amoniacal	mg/L	Análisis y Reporte
Nitrogeno Total	mg/L	Análisis y Reporte
Iones		
Cianuro Total	mg/L	0,1
Cloruros	mg/L	250
Fluoruros	mg/L	5
Sulfatos	mg/L	250
Sulfuros	mg/L	1
Metales y Metaloides		
Aluminio	mg/L	Análisis y Reporte
Antimonio	mg/L	0,3
Arsénico	mg/L	0,1
Bario	mg/L	1
Berilio	mg/L	Análisis y Reporte
Boro	mg/L	Análisis y Reporte
Cadmio	mg/L	0,01
Cinc	mg/L	3
Cobalto	mg/L	0,1
Cobre	mg/L	1
Cromo	mg/L	0,1
Estaño	mg/L	2
Hierro	mg/L	1
Litio	mg/L	Análisis y Reporte
Manganeso	mg/L	Análisis y Reporte
Mercurio	mg/L	0,002
Molibdeno	mg/L	Análisis y Reporte
Niquel	mg/L	0,1
Plata	mg/L	0,2
Plomo	mg/L	0,1
Selenio	mg/L	0,2
Titanio	mg/L	Análisis y Reporte
Vanadio	mg/L	1
Otros Parámetros para Análisis y Reporte		
Acidez Total	mg/L CaCO ₃	Análisis y Reporte
Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃	Análisis y Reporte
Dureza Cálcica	mg/L CaCO ₃	Análisis y Reporte
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	Análisis y Reporte
Color Real	m-1	Análisis y Reporte



De la Tabla 5, puede observarse que **no existe umbral para el aluminio, y que el umbral para sólidos suspendidos es más estricto que en caso del DS90 en Chile, situación que ocurre para otros parámetros también (por ejemplo, arsénico y hierro)**. Adicionalmente, se menciona que hay cierta flexibilidad en la cual se pueden excluir aquellos parámetros siempre y cuando se demuestre mediante balances de masa y una caracterización que los parámetros solicitados a excluir no se encuentran presentes en las aguas residuales (artículo 17).

México:

Resulta similar al caso de Chile. Tienen la norma NOM-001-SEMARNAT-2021⁸ de tipo general que establece los límites máximos de descarga de aguas residuales en aguas naturales. La norma, si bien no establece una diferenciación por tipo de descarga por actividad productiva, sí establece límites máximos permisibles según el cuerpo receptor (Ríos, arroyos, canales, embalses, lagos, lagunas, zonas marinas y usos al suelo).

Adicionalmente, tienen la norma NOM-004-SEMARNAT-2002⁹ de "Lodos y biosólidos-Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final". La norma considera aquellos biosólidos generados de PTAP. Los lodos y biosólidos se clasifican según el contenido de metales pesados, contenido bacteriológico, patógenos y parásitos. En función de la caracterización, los sólidos se clasifican en tres clases que determina su potencial aprovechamiento.

A continuación, se muestra la tabla principal (Tabla 6) con los parámetros y sus límites máximos de descarga:

⁸ https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5645374&fecha=11/03/2022#gsc.tab=0

⁹ https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=691939&fecha=15/08/2003#gsc.tab=0

Tabla 6 Parámetros y límites máximos de descarga según normativa mexicana.

Parámetros (*) (miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	Ríos, arroyos, canales, drenes			Embalses, lagos y lagunas			Zonas marinas mexicanas			Suelo								
	P.M.	P.D.	V.I.	P.M.	P.D.	V.I.	P.M.	P.D.	V.I.	Riego de áreas verdes			Infiltración y otros riegos			Cárstico		
										P.M.	P.D.	V.I.	P.M.	P.D.	V.I.	P.M.	P.D.	V.I.
Temperatura (°C)	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Grasas y Aceites	15	18	21	15	18	21	15	18	21	15	18	21	15	18	21	15	18	21
Sólidos Suspendidos Totales	80	72	84	20	24	28	20	24	28	30	36	42	100	120	140	20	24	28
Demanda Química de Oxígeno	150	120	210	100	120	140	86	100	120	80	72	84	150	180	210	60	72	84
Carbono Orgánico Total*	38	45	53	35	30	35	21	25	30	15	18	21	36	45	53	15	18	21
Nitrógeno Total	25	30	35	15	25	30	25	30	35	NA	NA	NA	NA	NA	NA	15	25	30
Fósforo Total	15	18	21	5	10	15	15	18	21	NA	NA	NA	NA	NA	NA	5	10	15
Huevos de Helminths (Huevos/litro)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1								
Escherichia coli (NMP/100 ml)	250	500	600	250	500	600	250	500	600	250	500	600	250	500	600	50	100	200
Enterococos fecales* (NMP/100 ml)	250	400	500	250	400	500	250	400	500	250	400	500	250	400	500	50	100	200
pH (U _{pH})	6-9																	
Color verdadero	Longitud de onda									Coeficiente de absorción espectral máximo								
	436 nm									7,0 m ⁻¹								
	525 nm									5,0 m ⁻¹								
	620 nm									3,0 m ⁻¹								
Toxicidad aguda (UT)	2 a los 15 minutos de exposición																	
<p>N.A. No Aplica P.M. Promedio Mensual P.D. Promedio Diario V.I. Valor Instantáneo NMP: Número más probable U_{pH}: Unidades de pH UT: Unidades de Toxicidad * Si Cloruros es menor a 1000 mg/L se analiza y reporta DQO. * Si Cloruros es mayor o igual a 1000 mg/L se analiza y reporta COT. * Si la conductividad eléctrica menor a 3500 µS/cm se analiza y reporta E_{col}. * Si la conductividad eléctrica es mayor o igual a 3500 µS/cm se analiza y reporta Enterococos fecales. Las determinaciones de Conductividad eléctrica y de Cloruros no requieren la acreditación y aprobación de la entidad correspondiente.</p>																		

Parámetros (miligramos por litro)	Ríos, arroyos, canales, drenes			Embalses, lagos y lagunas			Zonas marinas mexicanas			Suelo								
	P.M.	P.D.	V.I.	P.M.	P.D.	V.I.	P.M.	P.D.	V.I.	Riego de áreas verdes			Infiltración y otros riegos			Cárstico		
										P.M.	P.D.	V.I.	P.M.	P.D.	V.I.	P.M.	P.D.	V.I.
Arsénico	0,2	0,3	0,4	0,1	0,15	0,2	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4	0,1	0,15	0,2	0,1	0,15	0,2
Cadmio	0,2	0,3	0,4	0,1	0,15	0,2	0,2	0,3	0,4	0,05	0,075	0,1	0,1	0,15	0,2	0,05	0,075	0,1
Cianuro	1	2	3	1	1,5	2	2	2,50	3	2	2,5	3	1	1,50	2	1	1,5	2
Cobre	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6
Cromo	1	1,25	1,5	0,5	0,75	1	1	1,25	1,5	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1
Mercurio	0,01	0,015	0,02	0,005	0,008	0,01	0,01	0,015	0,02	0,005	0,008	0,01	0,005	0,008	0,01	0,005	0,008	0,01
Níquel	3	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4
Plomo	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4
Zinc	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10	15	20
Parámetros medidos de manera total	P.M. Promedio Mensual P.D. Promedio Diario V.I. Valor Instantáneo																	



Al igual que en el caso colombiano, puede observarse que **el umbral para descarga de sólidos suspendidos a cuerpos de agua superficial es más estricto que en caso del DS90 en Chile, situación que ocurre para otros parámetros también (por ejemplo, arsénico). También se destaca el hecho de que no se regula el aluminio ni el hierro.**

Estados Unidos (EE.UU.):

El Sistema Nacional de Eliminación de Descargas Contaminantes (NPDES por sus siglas en inglés), es un programa federal de los Estados Unidos que regula las descargas de contaminantes desde fuentes puntuales a las aguas de los Estados Unidos. Las fuentes puntuales son instalaciones o actividades que descargan contaminantes a las aguas de una manera controlada, como plantas de tratamiento de aguas residuales, plantas de agua potable, fábricas y granjas.

El programa establece límites a la cantidad y el tipo de contaminantes que se pueden descargar a las aguas. Estos límites están diseñados para proteger la salud humana y el medio ambiente.

El programa NPDES funciona de la siguiente manera:

- Las instalaciones y actividades que descargan contaminantes a las aguas deben obtener un permiso NPDES de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA por sus siglas en inglés) o de un estado autorizado por la EPA.
- El permiso NPDES establece los límites de contaminación que la instalación o actividad específica debe cumplir.
- La EPA o el estado autorizado realiza inspecciones periódicas para verificar que las instalaciones y actividades cumplan con los límites de contaminación establecidos en su permiso NPDES.



En cada estado de los Estados Unidos, la EPA ha autorizado a una agencia estatal para administrar el programa NPDES. Estas agencias estatales trabajan con la EPA para garantizar que las instalaciones y actividades que descargan contaminantes a las aguas cumplan con las leyes y regulaciones federales.

En el caso de las PTAP, estas descargan sus residuos a la red para ser tratadas en PTAS o tienen sus propios sistemas de tratamiento de aguas residuales. También pueden hacer descargas directas a las aguas y para ello tienen permisos especiales para ciertas condiciones y eventos tales como emergencias. Por ejemplo, el NPDES del Estado de California tiene un Permiso General para Descargas de Sistemas de Agua Potable¹⁰ que exige la Implementación de Mejores Prácticas de Gestión (BMPs) de las descargas. Esto incluye la gestión adecuada y la dirección de las descargas para controlar los contaminantes de interés.

Para descargas planificadas, se deben utilizar BMPs probadas proporcionadas por asociaciones profesionales como la American Water Works Association.

Para descargas de emergencia, se deben implementar procedimientos BMP lo más pronto posible, protegiendo al mismo tiempo la salud y seguridad pública.

Entre las medidas que se deben considerar se mencionan:

- Prevenir la toxicidad acuática mediante el uso de adiciones químicas de cloración o métodos equivalentes, asegurando que el nivel de cloro en la descarga sea menor a 0,019 mg/L antes de entrar en una masa de agua receptora.
- Prevenir la erosión ribereña y la hidromodificación mediante la implementación de medidas de disipación de flujo, control de erosión y prevención de hidromodificación.

¹⁰

https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/npdes/docs/drinkingwater/final_statewide_waq2014_01_94_dwa.pdf



- Minimizar la descarga de sedimentos, turbidez e impactos de color mediante la implementación de medidas de control de sedimentos, turbidez, erosión y color.

Respecto al manejo de residuos sólidos, la EPA¹¹ autoriza dos tipos de prácticas de disposición: aplicación de residuos en la tierra y la eliminación de residuos en vertederos o pozos de inyección profunda.

Las PTAP suelen gestionar los sólidos residuales aplicándolos en tierras o en vertederos. La aplicación en tierras implica esparcir los residuos en la tierra y cultivarlos en el suelo. Esta práctica es más común con lodos que resultan del ablandamiento con cal y, en menor medida, con lodos de coagulación. La aplicación en tierras tiene ciertas desventajas, como el aumento de la concentración de metales en el suelo. Además, requiere grandes extensiones de tierra y una infraestructura adicional.

Los residuos también pueden ser dispuestos en vertederos, que pueden ser específicos para un tipo de residuo (monorellenos) o vertederos sanitarios municipales. Las tarifas de disposición suelen basarse en el peso del material. Además de los vertederos, los WTPs pueden utilizar la inyección profunda en pozos para deshacerse de los residuos. Este método es común en Florida y está regulado por el programa de Control de Inyección Subterránea (UIC) de la EPA.

Otra normativa interesante es la gestión de sólidos del Estado de Pennsylvania. En este estado existe el permiso general WMGR017 que autoriza el uso beneficioso de los sólidos de la planta de tratamiento de agua potable para su utilización como aditivo del suelo en tierras agrícolas (DEP).

Este permiso general **autoriza el uso beneficioso de los sólidos de plantas de tratamiento de agua potable como: (i) un aditivo para la aplicación al suelo en tierras agrícolas, agronómicas y hortícolas. (ii) la aplicación al suelo en terrenos afectados para facilitar la revegetación con fines de recuperación de tierras.**

¹¹ <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-11/documents/dw-treatment-residuals-mgmt-tech-report-sept-2011.pdf>



Unión Europea:

En el caso de la Unión Europea, se encontró que existe la Lista Europea de Residuos¹², la cual establece una clasificación de residuos peligrosos y no peligrosos, ordenada en 20 categorías de actividades industriales y con subcategorías de residuos. La lista es extensa y específica, clasificándose más de 600 tipos de residuos, entre los cuales están los residuos provenientes de PTAP (categoría 19 09) y se subcategorizan a su vez 7 residuos relacionados que se indican a continuación:

19 09 Residuos de la preparación de agua para consumo humano o agua para uso industrial

- 19 09 01 Residuos sólidos de la filtración primaria y cribado
- 19 09 02 Lodos de la clarificación del agua
- 19 09 03 Lodos de decarbonatación
- 19 09 04 Carbón activo usado
- 19 09 05 Resinas intercambiadoras de iones saturadas o usadas
- 19 09 06 Soluciones y lodos de la regeneración de intercambiadores de iones
- 19 09 99 Residuos no especificados en otra categoría

Cabe mencionar que **todos los residuos generados por las PTAP son catalogados como no peligrosos.**

Finalmente, no se encontró información referida a normas de descarga a nivel de la Unión Europea para PTAP en cuerpos de aguas.

Alemania:

En Alemania, se encontró una norma de descarga de aguas residuales¹³ que especifica directrices según el tipo de agua residual que se deba descargar. Entre los tipos de descarga, se encontró que el apéndice 31 considera lineamientos para

¹² <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014D0955>

¹³ <https://www.gesetze-im-internet.de/abwv/>



descargas de PTAP, torres de enfriamiento y generación de vapor. La norma establece los siguientes parámetros de descarga:

Requerimientos generales de descarga:

Las aguas residuales no deben contener las siguientes sustancias y grupos de sustancias que provienen del uso de materiales operativos y auxiliares tales como:

- Agentes complejantes orgánicos (con la excepción de fosfonatos y policarboxilatos) que no alcanzan un nivel de degradación del carbono orgánico disuelto (DOC) del 80 por ciento después de 28 días de acuerdo con el procedimiento en el Apéndice 1 Número 406.
- Compuestos de cromo y mercurio, nitrito, compuestos organometálicos (enlace metal-carbono) y mercaptobenzotiazol.
- Compuestos de zinc provenientes de agentes acondicionadores de agua de enfriamiento de los circuitos principales de enfriamiento en centrales eléctricas.
- Ingredientes activos microbicidas en el enfriamiento de agua dulce de centrales eléctricas en flujo continuo.

Se puede tener en cuenta la carga contaminante de un parámetro que estaba presente en el agua cuando se retiró de un cuerpo de agua (concepto de "pre-contaminación"), siempre que la carga eliminada todavía esté presente cuando se descargue en el cuerpo de agua.

Requisitos de aguas residuales para el punto de descarga.

Se establecen los siguientes requisitos a las aguas residuales en el punto de descarga al agua:

- **Para las "sustancias filtrables" (se presume que corresponden a sólidos suspendidos), se aplica un valor de 50 mg/l en la muestra calificada o en la muestra mixta de 2 horas.** Este requisito no se aplica a la descarga de aguas residuales resultantes del tratamiento de agua de corrientes cuya descarga (Q) excede el flujo medio de agua

(MQ) en el momento de la extracción; el agua de pulverización de la pantalla también está excluida.

- **Las aguas residuales de los retrolavados de filtros deben devolverse al proceso de tratamiento. Quedan excluidas de esto las aguas de retrolavados de filtros del tratamiento de agua de proceso de superficie, pozos y aguas pantanosas, siempre que se haya tratado mecánicamente sin aditivos, así como del agua potable y del agua de piscinas y baños.**

A continuación, se resumen los principales hallazgos en materia normativa internacional y nacional relacionada con la descarga de aguas residuales.

Tabla 7 Instrumentos normativos revisados en materia de regulación de descargas de aguas y lodos residuales en PTAP

País	Instrumento normativo	Tipo de norma	Descripción y Aspectos destacados
Chile	D.S. MINSEGPRES N°90/2000, Norma de Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Superficiales	General a todas las actividades que descarguen en aguas superficiales	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, incrementando las concentraciones límites que se establecen en la normativa.
EEUU	National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES) General and Individual Permit - Water Treatment Plants - Wastewater Discharge.	Específica para las descargas de PTAP en aguas superficiales	Tienen un programa de permisos nacionales de descarga, entre ellos uno para descarga de aguas residuales de PTAP, cuyos parámetros y manejo es detallado por cada Estado de los EEUU. La norma delega en cada estado los permisos de descarga. Pero si tienen un sistema de concesión de permisos para autorizar descargas a nivel estatal de tipo individual (planta particular) o generales

País	Instrumento normativo	Tipo de norma	Descripción y Aspectos destacados
			(múltiples plantas). Cada estado establece los límites permisibles y los parámetros. Lo más común es que los residuos de PTAP sean dirigidos a PTAS, el cual tiene permiso de descarga NPDES.
Colombia	RESOLUCIÓN 631 DE 2015	Específica para 73 tipos de actividades productivas.	Se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público. Presenta exigencias específicas por tipo de actividad industrial, comercial o servicio, considerando también específicamente las descargas de PTAP.
México	Norma Oficial Mexicana	General para todas las actividades que descarguen en aguas superficiales. Específica para lodos provenientes de PTAS y PTAP.	NOM-001-SEMARNAT-2021: Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales 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, 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.
Unión Europea	Lista Europea de residuos (LER) 2014/955 / EU	Específica para residuos tales como lodos provenientes	La norma clasifica los residuos sólidos por tipo de actividad y grado de peligrosidad. Los residuos sólidos de

País	Instrumento normativo	Tipo de norma	Descripción y Aspectos destacados
		de PTAP y otras actividades. Se compone de una lista de 20 categorías y con una lista extensa y detallada con alrededor de 600 subcategorías.	PTAP corresponden al código 19 09 de la lista y subclasifica 7 tipos de residuos, entre los que cabe destacar el 19 09 01 "Residuos sólidos de la filtración primaria y cribado " y el 19 09 02 "Lodos de la clarificación del agua". Cabe destacar que ninguno de los 7 residuos provenientes de PTAP son catalogados como residuos peligrosos.
Alemania	Ordenanza de Aguas Residuales Federales (Abwassertechnikverordnung - AbwV)	Específica	Las descargas de aguas residuales provenientes de PTAP no deben contener sustancias utilizadas en los tratamientos de potabilización. Las aguas residuales de los retrolavados de filtros deben devolverse al proceso de tratamiento. Quedan excluidas de esto las aguas de retrolavados de filtros del tratamiento de agua de proceso de superficie, pozos y aguas pantanosas, siempre que se haya tratado mecánicamente sin aditivos , así como del agua potable y del agua de piscinas y baños.

Fuente: Elaboración propia.

4.4 Consideraciones para el desarrollo de normativa en Chile

El Ministerio del Medio Ambiente (MMA) es el encargado de coordinar el diseño y establecimiento de Normas de Calidad y de Emisión, así como planes de descontaminación y prevención ambiental. Para dichos efectos, se debe guiar por el "Reglamento para la dictación de normas de calidad ambiental y de emisión", aprobado mediante el Decreto N°38, publicado el 22 de julio del año 2013.



Este Reglamento resulta fundamental para la elaboración de una norma de emisión, para lo cual establece la siguiente definición y lineamientos:

“Las normas de emisión son aquellas que establecen la cantidad máxima permitida para un contaminante, medida en el efluente de la fuente emisora, cuya presencia en el ambiente, en ciertos niveles, pueda constituir un riesgo a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental.

Tales normas señalarán su ámbito territorial de aplicación. Se deberán, además, considerar las condiciones y características ambientales propias de la zona en que se aplicarán dichas normas de emisión, pudiendo utilizarse las mejores técnicas disponibles a la época de su dictación, como criterio para determinar los valores o parámetros exigibles en la norma, cuando corresponda.

El decreto supremo que la contenga será dictado por el Ministerio y serán suscritas por el Ministro y el o los ministros sectoriales competentes, según la materia de que se trate, si corresponde, debiendo publicarse en el Diario Oficial.”

En cuanto al procedimiento, se establecen las siguientes etapas que comienzan luego de la formalización del anteproyecto de norma por medio de la dictación de la respectiva resolución por parte del MMA:

1. Desarrollo de estudios científicos
2. Análisis técnico y económico
3. Consulta a organismos competentes, públicos y privados
4. Análisis de las observaciones formuladas

Todas las etapas deberán tener una adecuada publicidad.



Para ello, el Ministerio creará y presidirá Comités y Subcomités Operativos que intervengan en la dictación de una determinada norma o de un grupo de normas afines. Cada Comité, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 70 letra x) de la ley N° 19.300, estará constituido por representantes de los ministerios, servicios y demás organismos competentes, según el tipo de norma. Tales representantes serán designados por el Ministro, a propuesta de los organismos públicos respectivos.

En el referido reglamento se entrega una descripción y mayores detalles respecto de cada una de las etapas señaladas anteriormente, que aplican de forma general al desarrollo de los distintos tipos de normativa. En lo particular, para la elaboración de Normas de Emisión se definen ciertas reglas específicas que se mencionan a continuación:

Se requerirá de estudios científicos para dar cuenta de:

- La concentración ambiental o distribución del contaminante en el área de aplicación de la norma, su metodología de medición y los resultados encontrados.
- La relación entre las emisiones del contaminante y la calidad ambiental.
- La capacidad de dilución y de recuperación del medio receptor a normar.
- Los efectos que produce el contaminante sobre la salud de las personas, la diversidad biológica u otros elementos del medio ambiente, como por ejemplo las áreas silvestres protegidas y especies silvestres que se encuentren en alguna categoría de conservación.
- Las mejores técnicas disponibles para cada caso, considerando la utilización o producción de ellas en el país, y el acceso, en condiciones razonables, que la fuente regulada pueda tener a las mismas.

Los antecedentes anteriores permitirán establecer, en cada caso, la carga y/o concentración o límite máximo permitido para un contaminante, medido en el



efluente de la fuente emisora y en un período de tiempo determinado, cuando corresponda.

El contenido mínimo de la norma deberá abordar los siguientes aspectos:

- La cantidad máxima permitida para un contaminante, medida en el efluente de la fuente emisora, o bien, la carga máxima permitida de efluente descargada al medio ambiente.
- Los objetivos de protección ambiental y resultados esperados con la aplicación de la norma.
- El ámbito territorial de su aplicación.
- **Los tipos de fuentes reguladas.**
- Los plazos y niveles programados para el cumplimiento de la norma.

Es importante señalar que los protocolos, procedimientos, métodos de medición y análisis para determinar el cumplimiento de la norma de emisión serán establecidos por la Superintendencia del Medio Ambiente.

El procedimiento concluye una vez que se somete a conocimiento del Consejo de Ministros para la Sustentabilidad, para posteriormente ser sometido a la consideración del Presidente de la República para su decisión.

En el caso de considerarse la opción de generar una normativa específica para la regulación de los efluentes de las PTAP, será obligatorio seguir el procedimiento establecido en el referido reglamento para la elaboración de una Norma de Emisión, el cual es liderado por el Ministerio del Medio Ambiente. Para ello resulta fundamental contar con un buen diagnóstico que permita orientar el desarrollo de los estudios científicos que formarán la base técnica del procedimiento.



5. ANÁLISIS DE ANTECEDENTES DE LAS PTAP ASOCIADAS A ANDESS

En este apartado se da cuenta del análisis de antecedentes de las PTAP a nivel nacional.

5.1 Empresas y filiales

El análisis realizado abarcó a 4 grupos empresariales que se distribuyen en forma de filiales, conformando 10 entidades a cargo de la operación de diversas PTAP a lo largo del país. En la Tabla 8 se presentan la conformación de grupos y filiales, su presencia regional y número de plantas, mientras que en la Figura 2 se presenta su distribución a nivel nacional.

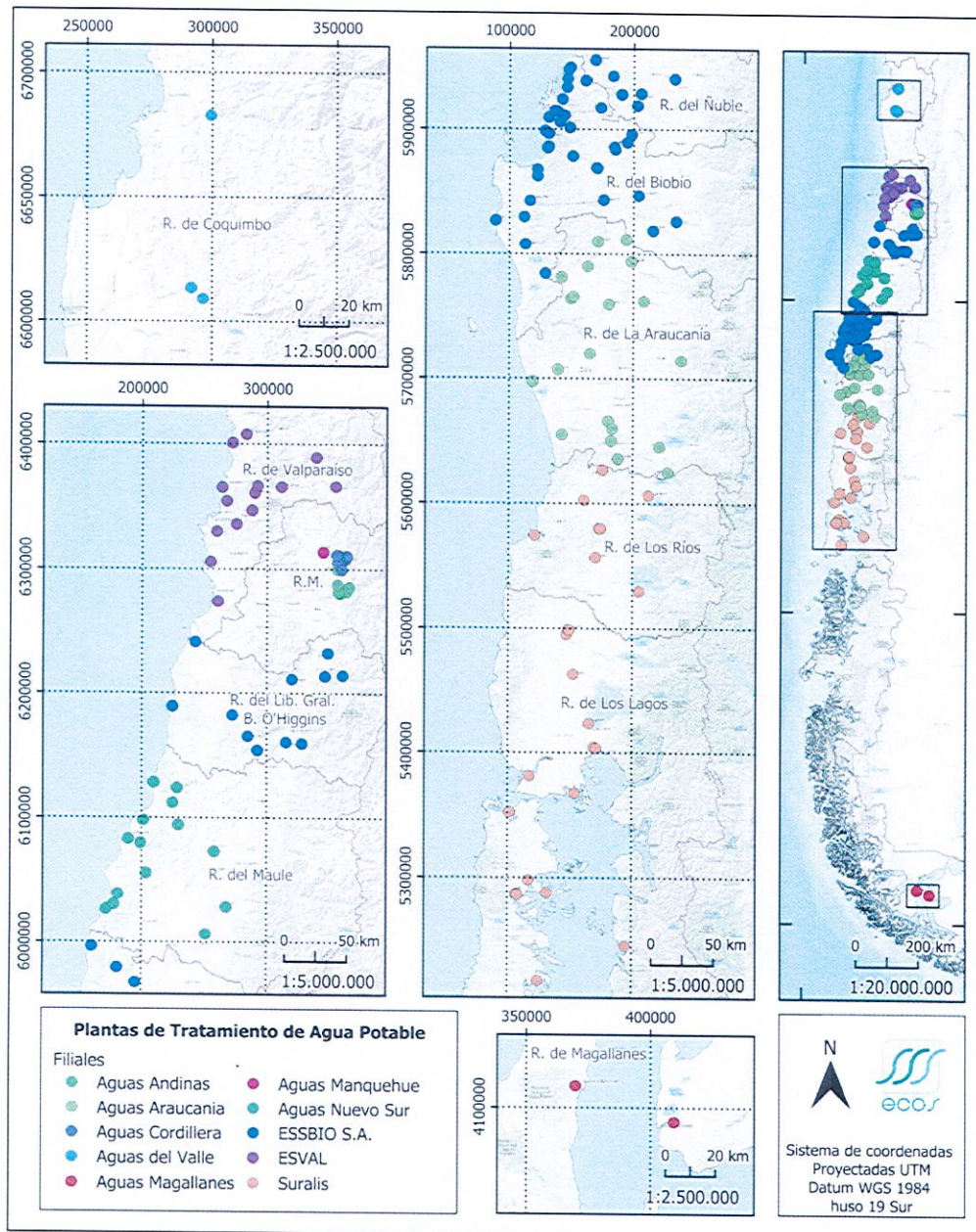
Tabla 8. Grupos, filiales, presencia regional y número de PTAP.

Grupo	Filiales	Regiones	N° de PTAP
Aguas nuevas	Aguas Araucanía	IX	24
	Aguas Magallanes	XII	2
OTPP	Aguas Nuevo Sur	VII	16
	ESSBIO S.A.	VI, VIII, XVI	67
	Aguas del Valle	IV	3
	ESVAL	V	14
Grupo Aguas	Aguas Andinas	RM	8
	Aguas Cordillera	RM	10
	Aguas Manquehue	RM	1
SURALIS		X, XIV	24
		TOTAL	169

Fuente: Elaboración propia.



Figura 2. Distribución nacional de las filiales con Plantas de Tratamiento de Agua Potable.



Fuente: Elaboración propia.

5.2 Caudal Promedio de Producción