

# Calidad del Agua en el Perú

Retos y aportes para  
una gestión sostenible  
en aguas residuales



# Calidad del Agua en el Perú

Retos y aportes para  
una gestión sostenible  
en aguas residuales



## **CALIDAD DEL AGUA EN EL PERÚ**

### **Retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales**

#### **Autor:**

Pavel Aquino Espinoza

#### **Editado por:**

Derecho, Ambiente y Recursos Naturales (DAR)

Jr. Huáscar N° 1415, Jesús María, Lima, Perú

Teléfonos: (511) 3403780 | (511) 3403720

Correo electrónico: dar@dar.org.pe

Página web: www.dar.org.pe

#### **Colaboración:**

Doménica Villena Delgado

#### **Edición y revisión general:**

Doménica Villena Delgado

Vanessa Cueto La Rosa

#### **Corrección de estilo:**

Mariano Paliza Mendoza

#### **Coordinación de la publicación:**

Annie Morillo Cano

#### **Diseñado e impreso por:**

Sonimagenes del Perú SCRL

Av. Gral. Santa Cruz N° 653, Ofic. 102, Jesús María, Lima-Perú

Teléfonos: 511 - 277 3629 | 511 - 726 9082

Correo electrónico: adm@sonimagenes.com

Página web: www.sonimagenes.com

Se terminó de imprimir en octubre de 2017, consta de 1000 ejemplares.

#### **Cita sugerida:**

Calidad del agua en el Perú. Retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales. Lima: DAR, 2017. 136 pp.

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2017-12505.

ISBN: 978-612-4210-50-1.

Primera edición: junio 2017.

Está permitida la reproducción parcial o total de este libro, su tratamiento informático, su transmisión por cualquier forma o medio, sea electrónico, mecánico, por fotocopia u otros; con la necesaria indicación de la fuente.

Esta publicación ha sido posible gracias al apoyo de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE) y la Fundación Avina. Este documento presenta la opinión del autor y no necesariamente la visión la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE) ni de la Fundación Avina.

Hecho e impreso en el Perú.

# Contenido

---

<b>SIGLAS, ACRÓNIMOS Y SÍMBOLOS</b>	<b>8</b>
<b>NEOLOGISMOS Y TECNICISMOS</b>	<b>9</b>
<b>PRÓLOGO</b>	<b>11</b>
<b>PRESENTACIÓN</b>	<b>12</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>14</b>
<b>I. MARCO LEGAL Y PLANIFICACIÓN</b>	<b>17</b>
1.1. Normas específicas en la gestión del recurso hídrico y el vertimiento	19
1.2. Política en recursos hídricos	22
1.3. Planificación en recursos hídricos y aguas residuales	23
<b>II. CALIDAD DEL AGUA</b>	<b>27</b>
2.1. Análisis de contaminación del agua	29
<b>III. LA INSTITUCIONALIDAD EN LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO EN EL PERÚ</b>	<b>37</b>
3.1. La Autoridad Nacional del Agua (ANA)	41
A. Funciones de la ANA	42
B. Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos (DGCRH)	42
C. Dirección de Administración de Recursos Hídricos (DARH)	42
D. Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos (DCPRH)	42
<b>IV. LA CANTIDAD DEL RECURSO HÍDRICO</b>	<b>43</b>
4.1. Demandas del recurso hídrico	46
4.2. Balance hídrico	56
<b>V. EL VERTIMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES</b>	<b>59</b>
5.1. De la Autorización de Vertimiento	63
A. De las condiciones para el otorgamiento del vertimiento	63
B. De los requisitos para efectuar el vertimiento del agua residual tratada	64
C. Del número de Autorizaciones de Vertimiento en el Perú	65
D. Del volumen de vertimiento autorizado	67
E. Los sectores productivos y el vertimiento	69
F. De los tipos de aguas residuales generadas por sectores	70
G. El vertimiento de los sectores sobre los cuerpos receptores	74
H. El vertimiento y la carga de parámetros en minería y energía	75

---

<b>VI. EL REÚSO DE LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS</b>	<b>83</b>
6.1. El proceso para el reúso del agua residual tratada ante la entidad competente	86
6.2. De las Autorizaciones de Reúso en el Perú	88
6.3. Del volumen de las Autorizaciones de Reúso en el Perú	89
6.4. La tendencia del reúso del agua residual tratada	91
6.5. El destino del reúso de las aguas residuales tratadas	92
6.6. Los sectores y el reúso del agua residual tratada	99
<b>VII. ANÁLISIS INTEGRADO DEL USO, VERTIMIENTO Y REÚSO DEL AGUA RESIDUAL TRATADA</b>	<b>105</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>115</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>119</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>123</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>127</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2.1.</b> Variación promedio anual de coliformes termotolerantes por UH correspondiente a Clase III y Categoría 3	30
<b>Figura 2.2.</b> Variación promedio anual de coliformes termotolerantes por UH correspondiente a la Clase IV y Categoría 4 (ríos de Selva)	31
<b>Figura 2.3.</b> Variación promedio anual de As por UH correspondiente a Clase III y Categoría 3	31
<b>Figura 2.4.</b> Río Ica, aguas abajo de la ciudad de Ica en temporada de estiaje lleva aguas residuales	32
<b>Figura 2.5.</b> Principales unidades hidrográficas afectadas por contaminación natural y antropogénica	33
<b>Figura 2.6.</b> Costos por contaminación del recurso hídrico	35
<b>Figura 3.1.</b> La gestión del agua e instituciones involucradas	39
<b>Figura 3.2.</b> Espacio de coordinación de la gestión del recurso hídrico	40
<b>Figura 3.3.</b> Organización interna de la Autoridad Nacional del Agua	41
<b>Figura 4.1.</b> Uso y demanda del recurso hídrico	47
<b>Figura 4.2.</b> Uso primario del recurso hídrico	47
<b>Figura 4.3.</b> Diagrama de los usos y derechos de uso del agua	48
<b>Figura 4.4.</b> Demanda de agua por actividad productiva, según uso consuntivo	49
<b>Figura 4.5.</b> Demanda de agua consuntiva en la actividad agrícola por región hidrográfica	50
<b>Figura 4.6.</b> Demanda de agua consuntiva en la actividad minera por región hidrográfica	50
<b>Figura 4.7.</b> Demanda de agua nacional: consuntiva, no consuntiva y total	51
<b>Figura 4.8.</b> Demanda de agua a nivel nacional por tipo de uso (incluye consuntivo y no consuntivo)	52

<b>Figura 4.9.</b> Número de derechos de uso de agua otorgados nacional por AAA, 2015	55
<b>Figura 4.10.</b> Volumen de agua otorgado por ámbito de AAA, 2015 ( $\text{hm}^3$ )	55
<b>Figura 5.1.</b> Promedio anual ( $\text{hm}^3/\text{año}$ ) de aguas residuales tratadas autorizadas para su vertimiento en el Perú por sector	62
<b>Figura 5.2.</b> Esquema de la generación del vertimiento	63
<b>Figura 5.3.</b> Número de autorizaciones de vertimiento 2009-2017 otorgadas por departamento	65
<b>Figura 5.4.</b> Autorizaciones de vertimiento por cuencas hidrográficas 2009-2017	66
<b>Figura 5.5.</b> Autorizaciones de vertimiento por AAA 2009-2017	66
<b>Figura 5.6.</b> Volumen total ( $\text{hm}^3$ ) de agua vertida por departamento 2009-2017	67
<b>Figura 5.7.</b> Sector que mayor volumen de agua residual tratada vierte en el departamento de Lima 2009-2017 ( $\text{hm}^3$ )	68
<b>Figura 5.8.</b> Volumen total ( $\text{hm}^3$ ) de agua vertida por cuenca hidrográfica 2009-2017	69
<b>Figura 5.9.</b> Autorizaciones de vertimiento comparadas con volumen total ( $\text{hm}^3$ ) de agua residual vertida por sectores 2009-2017	70
<b>Figura 5.10.</b> Porcentaje total de aguas vertidas según su tipo	71
<b>Figura 5.11.</b> Vertimiento por sectores y tipo de agua residual tratada 2009-2017	72
<b>Figura 5.12.</b> Clasificación de autorizaciones de vertimientos 2009-2017	73
<b>Figura 5.13.</b> Carga de contaminantes descargados anualmente 2009-2017. Sector minero	79
<b>Figura 6.1.</b> Diagrama de Flujo de la Denver Potable Water Reuse Demonstration Plant para el Health Effects Study	86
<b>Figura 6.2.</b> El reúso de las aguas residuales tratadas	87
<b>Figura 6.3.</b> Número de autorizaciones de reúso por departamento otorgados 2009-2017	89
<b>Figura 6.4.</b> Volumen de agua residual reusada por departamento 2009-2017 en el Perú ( $\text{hm}^3$ )	90
<b>Figura 6.5.</b> Volumen de agua residual reusada por AAA 2009-2017 en el Perú ( $\text{hm}^3$ )	91
<b>Figura 6.6.</b> Reúso según tipo de agua residual tratada 2009-2017 en el Perú ( $\text{hm}^3$ )	92
<b>Figura 6.7.</b> Usos del agua residual tratada en el Perú ( $\text{hm}^3$ )	94
<b>Figura 6.8.</b> Tendencia del reúso para riego	95
<b>Figura 6.9.</b> Tendencia del reúso en recirculación de procesos industriales	96
<b>Figura 6.10.</b> Tendencia del reúso para mitigación ambiental	97
<b>Figura 6.11.</b> Reúso del agua residual doméstico en el Perú	97
<b>Figura 6.12.</b> Reúso del agua residual industrial en el Perú	98
<b>Figura 6.13.</b> Reúso del agua residual minero en el Perú	98
<b>Figura 6.14.</b> Reúso del agua residual municipal en el Perú	99
<b>Figura 6.15.</b> Número de autorizaciones por sector 2009-2017 en el Perú	99
<b>Figura 6.16.</b> Volúmenes de reúso otorgadas por sectores 2009-2017 ( $\text{hm}^3$ )	100
<b>Figura 6.17.</b> Reúso de las aguas residuales tratadas por sector ( $\text{hm}^3$ )	101
<b>Figura 6.18.</b> Número de autorizaciones de reúso por sector y destino final	102

<b>Figura 7.1.</b> Relación entre vertimiento y reúso del agua residual tratada	107
<b>Figura 7.2.</b> Relación vertimiento/reúso por sectores 2009-2017	108
<b>Figura 7.3.</b> Relación vertimiento/reúso por ámbito AAA 2009-2017	108
<b>Figura 7.4.</b> Relación vertimiento/reúso según tipo de agua residual tratada	109
<b>Figura 7.5.</b> Relación del uso, vertimiento y reúso 2009-2015 ( $hm^3$ )	111
<b>Figura 7.6.</b> Demanda de agua fresca en una operación minera	112
<b>Figura 7.7.</b> Balance del uso eficiente del agua en una planta concentradora	113

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro 2.1.</b> Análisis del sobre costo por el tratamiento del agua de una fuente contaminada	35
<b>Cuadro 4.1.</b> Recursos hídricos en régimen natural: Distribución por AAA	45
<b>Cuadro 4.2.</b> Recursos hídricos en régimen natural: Distribución por regiones hidrográficas	46
<b>Cuadro 4.3.</b> Reservas de agua en lagunas	46
<b>Cuadro 4.4.</b> Demanda consuntiva total: Distribución por regiones hidrográficas	49
<b>Cuadro 4.5.</b> Demanda no consuntiva total: Distribución por regiones hidrográficas	51
<b>Cuadro 4.6.</b> Demanda de agua nacional por AAA y tipo de uso, 2013	53
<b>Cuadro 4.7.</b> Demanda de agua nacional por AAA y tipo de uso, 2015	54
<b>Cuadro 4.8.</b> Balances hídricos entre recursos y demandas consuntivas: Situación 2012	56
<b>Cuadro 4.9.</b> Cuencas con necesidad de recursos adicionales o regulación de los propios	57

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.1.</b> Breve resumen del marco legal aplicable a la gestión sostenible de las aguas residuales	19
<b>Tabla 1.2.</b> Lista de las políticas y estrategias aprobadas por el Gobierno peruano para una gestión integrada del recurso hídrico	23
<b>Tabla 2.1.</b> Tipo y origen de contaminación de los recursos hídricos en el Perú	29
<b>Tabla 2.2.</b> Fuentes antropogénicas de contaminación de los recursos hídricos en el Perú	34
<b>Tabla 5.1.</b> Promedio anual $hm^3/año$ de descarga anual de aguas residuales tratadas en el Perú	61
<b>Tabla 5.2.</b> Empresas del sector saneamiento que vierten sus aguas residuales en el departamento de Lima	68
<b>Tabla 5.3.</b> Porcentajes de vertimiento de aguas residuales tratadas según sector	69
<b>Tabla 5.4.</b> Volumen de aguas residuales tratadas según tipo	71
<b>Tabla 5.5.</b> Tipo y volumen de agua residual tratada por sector 2009-2017	72
<b>Tabla 5.6.</b> Promedio anual del vertimiento ( $hm^3/año$ ) de ART según tipo y sector	74

<b>Tabla 5.7.</b> Promedio anual del vertimiento (hm <sup>3</sup> /año) de ART sobre un cuerpo receptor por sector	75
<b>Tabla 5.8.</b> Límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicas	76
<b>Tabla 5.9.</b> Volumen anual de vertimiento por tipo de agua residual tratada sobre el cuerpo receptor	77
<b>Tabla 5.10.</b> Estimación de la carga de masa de agentes químicos vertidos a los cuerpos receptores en el sector minero	78
<b>Tabla 5.11.</b> Estimación de descarga anual de metales (toneladas/año) en los vertimientos del sector minero en los tipos de agua residual industrial y de mina autorizadas	79
<b>Tabla 5.12.</b> Límites máximos permisibles de efluentes líquidos para el subsector hidrocarburos	80
<b>Tabla 5.13.</b> Descarga promedio de las aguas residuales tratadas de tipo doméstico e industrial sobre cuerpos receptores del sector energético	81
<b>Tabla 5.14.</b> Descarga promedio anual de las aguas residuales tratadas sobre cuerpos receptores actividad hidrocarburos	81
<b>Tabla 5.15.</b> Estimación de la carga de masa de agentes químicos vertidos a los cuerpos receptores en la actividad hidrocarburífera como parte de las autorizaciones de vertimiento	82
<b>Tabla 5.16.</b> Estimación de la carga de masa de agentes químicos vertidos a los ríos y quebradas en la actividad hidrocarburífera como parte de las autorizaciones de vertimiento	82
<b>Tabla 6.1.</b> Registro de vertimientos totales entre 2009-2017 de la ANA	88
<b>Tabla 6.2.</b> Registro de autorizaciones de reúso entre 2009-2017 de la ANA	89
<b>Tabla 6.3.</b> Volumen de agua residual reusada por AAA 2009-2017 en el Perú	90
<b>Tabla 6.4.</b> Volumen anual otorgado para su reúso en el Perú 2009-2017	92
<b>Tabla 6.5.</b> El reúso de las aguas residuales tratadas	93
<b>Tabla 6.6.</b> Usos promedio del agua residual tratada en el Perú	94
<b>Tabla 6.7.</b> Promedio anual de reúso de aguas residuales tratadas por sector	100
<b>Tabla 6.8.</b> Reúso de las aguas residuales tratadas por sector	101
<b>Tabla 6.9.</b> Autorizaciones de reúso según tipo de agua residual y destino final del reúso	102
<b>Tabla 6.10.</b> Lista de empresas que realizan recirculación del agua residual tratada en sus procesos	103

## LISTA DE ESQUEMAS

<b>Esquema 7.1.</b> Balance Integral del tránsito del agua en una actividad productiva	110
--	-----

# SIGLAS, ACRÓNIMOS Y SÍMBOLOS

AAA	Autoridad Administrativa del Agua
ALA	Autoridad Local del Agua
ANA	Autoridad Nacional del Agua
AR	Agua(s) Residual(es)
ART	Agua(s) Residual(es) Tratada(s)
As	Arsénico
DARH	Dirección de Administración de Recursos Hídricos
DCPRH	Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos
DEPHM	Dirección de Estudios de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales
DGCCI	Dirección de Gestión del Conocimiento y Coordinación Institucional
DGCRH	Dirección de Gestión de Calidad de Recursos Hídricos
DICAPI	Dirección General de Capitanías y Guardacostas
DIGESA	Dirección General de Salud Ambiental
DREM	Dirección Regional de Energía y Minas
DUA	Derechos de Uso de Agua
ECA	Estándar de Calidad Ambiental
ECA-Agua	Estándares de Calidad Ambiental para Agua
EPS	Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento
EVAP	Evaluación Ambiental Preliminar
GORE	Gobiernos Regionales
IGA	Instrumentos de Gestión Ambiental
INACAL	Instituto Nacional de Calidad
INDECOP	Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual
L	Litro
LGA	Ley General del Ambiente
LMP	Límites Máximos Permisibles
LRH	Ley de Recursos Hídricos
MEF	Ministerio de Economía y Finanzas
MINAGRI	Ministerio de Agricultura y Riego
MINAM	Ministerio del Ambiente
MINEM	Ministerio de Energía y Minas
MINSA	Ministerio de Salud
MMC	Millones de metros cúbicos

mm	Milímetros
msnm	Metros sobre el nivel del mar
MVCS	Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento
NMP	Número más probable
OEFA	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
OMS	Organización Mundial de la Salud
OSINERGMIN	Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería
PAVER	Programa de Adecuación de Vertimientos y Reúso de Agua Residual
PNRH	Plan Nacional de Recursos Hídricos
PTAP	Planta de Tratamiento de Agua Potable
SEDAPAL	Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima
SENACE	Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
SERPAR	Servicios de Parques de Lima
SNGA	Sistema Nacional de Gestión Ambiental
SNGRH	Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos
SUNASS	Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento
TMD	Toneladas de mineral al día
UH	Unidad hidrográfica

## NEOLOGISMOS Y TECNICISMOS

Bioabsorción	Absorción biológica
Biosólido(s)	Residuos orgánicos sólidos
Hidrocarburífero(a/s)	Relativo a hidrocarburo(a/s)
Nanofiltración	Filtración diminuta
Termotolerante (s)	Resistente al calor



# PRÓLOGO

La Confederación Suiza, a través del Programa Global de Iniciativas de Agua de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE) tiene un eje de trabajo importante para la colaboración y ayuda a poblaciones marginadas por el acceso al agua, por causas de pobreza, desigualdades y desafíos ligados a la gobernanza. Visibiliza la necesidad de una gestión efectiva de los recursos hídricos por ser fundamental para el crecimiento sostenible y la lucha contra la pobreza y desigualdad.

Nuestras acciones responden a los desafíos globales que se presentan en la gestión de los recursos hídricos, la relación al acceso, el uso y aprovechamiento del agua. Influenciamos el diálogo político local, nacional y sobre todo global a través de la gestión integral de los recursos del agua, centrada en el acceso al agua potable con énfasis en las zonas rurales, que asegure los servicios ambientales, que evite los conflictos relacionados con el agua y fomente el diálogo sobre los derechos humanos, en especial, para superar las desigualdades de género.

Por las razones expuestas, consideramos que la generación de conocimiento, con resultados relevantes que reflejen la situación de la calidad del agua en el Perú es de suma importancia para la implementación de políticas públicas que contribuyan a la recuperación y protección del agua; lo cual ha de contribuir con las metas trazadas por los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) al año 2030.

El presente estudio "Calidad del agua en el Perú. Retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales", liderado por Derecho, Ambiente y Recursos (DAR) en el marco de la alianza COSUDE y Avina, es una contribución oportuna a los esfuerzos destinados a garantizar la calidad del agua, debido a que motiva a la gestión eficiente y responsable de las aguas residuales. El estudio constituye en una herramienta de colaboración para el gobierno, gestores de políticas públicas y profesionales en la implementación del derecho humano al agua, funcionarios y comunidad académica en general.

Estamos complacidos por ser parte de este esfuerzo y aporte a la institucionalidad y mejores prácticas de la gestión integral del agua.

Martin Jaggi  
Director de Cooperación Suiza COSUDE

# PRESENTACIÓN

Derecho, Ambiente y Recursos Naturales (DAR) es una asociación civil sin fines de lucro. Cuenta con trece años de vida institucional, comprometidos con la construcción de la gobernanza en los recursos hídricos, el desarrollo sostenible y la promoción de los derechos indígenas en la Amazonía.

De acuerdo al Plan Estratégico Institucional 2013-2017, nuestras líneas de intervención prioritarias giran en torno a cuatro aspectos: (i) promover la implementación de instrumentos de gestión socio-ambiental en la gestión pública; (ii) promover acciones de vigilancia y promoción de inversiones sostenibles en la cuenca amazónica; (iii) incidir en la gestión sostenible de los ecosistemas amazónicos; (iv) integrar el derecho de los pueblos indígenas en la política de desarrollo, y v) promover la gestión responsable y eficiente de los recursos hídricos y aguas residuales.

Para la consecución de estos objetivos, DAR trabaja a través de tres programas: el programa Ecosistemas y Derechos, el programa de Amazonía y el programa de Gestión Socio-Ambiental e Inversiones. Este último es el encargado de promover la gobernanza ambiental, la implementación de instrumentos de gestión socio-ambiental dentro de la gestión pública y la promoción de inversiones sostenibles y equitativas para la Amazonía, siendo un tema relevante lo referente a la gestión integral de los recursos hídricos.

Nuestras acciones están encaminadas a promover buenas prácticas en el sector extractivo, infraestructura y aguas. Sobre esto último, consideramos que mejorar la planificación e implementación de programas proactivos, para el desempeño en la gestión de los recursos hídricos y aguas residuales, es el camino para la sostenibilidad de la cantidad y calidad del agua para consumo humano y protección de los ecosistemas.

La presente publicación, "Calidad del agua en el Perú. Retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales" es el resultado de la alianza estratégica entre la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), la Fundación Avina y DAR para el desarrollo de análisis y propuestas sobre la política y práctica del tratamiento de las aguas residuales. La promoción de la gobernanza en la gestión socio-ambiental, enmarcado en recursos hídricos, busca lograr un cambio de paradigma en los actores hacia la gestión eficiente y responsable de los recursos hídricos y aguas residuales.

El estudio tiene por objetivo fortalecer la gestión integral de los recursos hídricos, promover herramientas que contribuyan a recuperar y proteger su calidad, bajo el enfoque de la gestión eficiente y responsable de las aguas residuales.

Para llegar a este documento hemos contado con aportes de funcionarios del Estado y organizaciones de la sociedad civil, quienes participaron en los talleres de validación correspondientes.

Es fundamental la generación de información e incidir en propuestas para la mejora de los estándares socio-ambientales en la gestión de recursos hídricos y aguas residuales. Por ello, DAR expresa su más sincero agradecimiento a Pavel Aquino, autor de la publicación, donde muestra un análisis político, normativo y técnico de la gestión de los recursos hídricos, y en especial, la gestión de las aguas residuales en el país. Asimismo, agradecemos al Programa

de Gestión Socio-Ambiental e Inversiones de DAR y a Doménica Villena miembro de este programa por el acompañamiento dado a este documento.

En las siguientes líneas Pavel Aquino nos brinda un diagnóstico de la situación de las aguas residuales en el Perú, así como una serie de recomendaciones al Estado para la mejora de su gestión, en el marco de los cambios normativos ambientales y sociales que se vienen implementando en el país. De esta manera, el autor y DAR, institucionalmente, ofrecen importantes instrumentos para fortalecer los estándares socio-ambientales en la gestión de los recursos hídricos, lo cual repercute sobre los entes del Estado, competentes sobre la materia.

Expresamos nuestra gratitud a cada una de las instituciones públicas que brindaron sus aportes, en el proceso que puso en marcha esta iniciativa, para la elaboración del estudio. Entre ellas están el Ministerio del Ambiente (MINAM) –a través de la Dirección de Cambio Climático, Desertificación (antes Dirección de Cambio Climático, Desertificación y Recursos Hídricos)–, la Autoridad Nacional del Agua (ANA) –a través de la Dirección de Calidad de Recursos Hídricos, la Dirección de Administración y el Comité de Huella Hídrica–, el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) –a través de la Dirección de Supervisión, la Dirección de Fiscalización Ambiental–; el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) –a través de la Dirección General de Asuntos Ambientales Energéticos–, la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) –a través de la Dirección de Supervisión y Fiscalización– y el Gobierno Regional de Loreto (GORE Loreto) –a través de la Autoridad Regional Ambiental–, con quienes realizamos una serie de reuniones sobre el tema.

De igual forma, queremos reconocer los aportes de la sociedad civil, como los del Grupo GEA, de Ada Alegre Consultores, del Instituto de Defensa Legal y Desarrollo Sostenible (IDLADS), de World Wildlife Fund Perú (WWF Perú), de la RED MUQUI, de CooperAcción, de Protecting the World Oceans (OCEANA), de Libélula, de Ojo Público, y de la Asociación Interétnica de Desarrollo de la Selva Peruana (AIDESEP) para con el estudio.

Finalmente, agradecemos de manera muy especial el apoyo brindado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), a través de Cesarina Quintana, y la Fundación Avina, por intermedio de Zoraida Sánchez, sinergia que ha hecho posible esta publicación.

**César Gamboa Balbín**  
Director Ejecutivo  
Derecho, Ambiente y Recursos Naturales (DAR)

# INTRODUCCIÓN

El Perú es un país altamente vulnerable a los efectos del cambio climático, uno de los principales impactos se manifiestan en la escasez del agua. Esto sumado al problema de la calidad del agua que enfrenta nuestro país, hace que el Estado se plantea una serie de retos; al ser este recurso un bien de primera necesidad para los seres vivos y un elemento natural indispensable en la configuración de los ecosistemas. De no tomarse decisiones claves al respecto, seguiremos con serias amenazas en la salud pública, la seguridad alimentaria, la pérdida de ecosistemas y la sostenibilidad del desarrollo económico.

En ese escenario, nuestro estudio "Calidad del agua en el Perú. Retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales" describe la importancia de la gestión del agua y aguas residuales, resaltando la necesidad de mejorar la coordinación intersectorial entre las entidades competentes encargadas de su gestión, empezando por el ente rector en la gestión del recurso hídrico, la Autoridad Nacional del Agua; el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; y el Ministerio del Ambiente. Por otro lado, permite visibilizar el manejo y control de los vertimientos de aguas residuales industriales, con proyección al incentivo de su reutilización y reuso para garantizar la calidad de agua en nuestro país.

En ese sentido, esta publicación cuenta con una serie de capítulos, que muestran la situación de las aguas residuales tratadas, con el fin de comprender su situación a nivel nacional. También pretende dar aportes para el diseño de estrategias más detalladas y sinérgicas entre entidades del Estado y proporcionar insumos para la elaboración de políticas relacionadas a la gestión, uso y calidad del agua a nivel nacional.

El **Capítulo I** otorga el marco legal general sobre recursos hídricos, bajo el enfoque de aguas residuales, señala el desafío que merece integrar, dentro de la gestión de los recursos hídricos, la etapa de vertimiento y reuso de aguas residuales. Posteriormente, el **Capítulo II**, expone la situación de recurso hídrico en nuestro país, resaltando la problemática de la calidad del agua y las principales unidades hidrográficas que son impactadas. Además, señala las principales causas de contaminación en las fuentes de agua.

En el **Capítulo III** se resalta la institucionalidad de la gestión de los recursos hídricos en el Perú, en la que intervienen una multiplicidad de actores para la planificación de su aprovechamiento. En este capítulo, se presentan las funciones de los sectores que actúan en la gestión de los recursos hídricos, con enfoque en las competencias de la Autoridad Nacional del Agua.

Por su parte en el **Capítulo IV** se resalta el abastecimiento de los recursos hídricos en nuestro país y la distribución de los mismos por unidades hidrográficas, determinadas por las demandas del recurso, sean estas de carácter productivo (industrial, minero, energético, agrícola, etc.), poblacional o primario.

En el **Capítulo V**, ingresamos al contexto general sobre la situación de los vertimientos de aguas residuales en nuestro país. Se analizan las condiciones para el otorgamiento de autorizaciones de vertimientos y reuso de aguas residuales. Sobre esta base, se analiza la situación de la calidad de agua por departamentos (conforme a la delimitación hecha por la ANA), en función del volumen de vertimientos y de la magnitud de contaminación sobre las fuentes de agua naturales. Este análisis está enfocado en la actividad minera y energética.

En el **Capítulo VI** se destaca la importancia de la recuperación y el reúso de las aguas residuales; medidas que contribuyen al control de la contaminación del agua y abastecimiento seguro de la misma. Se verifican los aspectos administrativos y la tendencia en la política del reúso de aguas residuales por el sector industrial, desde el aspecto cuantitativo y cualitativo.

Finalmente, en el **Capítulo VII**, ponemos énfasis en las recomendaciones de fortalecimiento de gestión integrada en nuestro país, considerando el tratamiento, uso, vertimiento y reúso de aguas residuales. Puntualizando en la optimización en el uso y la gestión eficiente y responsable de las aguas residuales.

Esperamos que el presente estudio sea un aporte significativo para organizar una agenda de Gobierno con puntos clave para fortalecer la gestión integrada del recurso hídrico, que tome en cuenta todo el proceso, desde el inicio de la gestión y uso hasta la disposición final de las aguas residuales, priorizando temas como el tratamiento, reciclaje y reúso. Asimismo, esperamos que su lectura sea de utilidad para una serie de actores, como instituciones públicas con competencia en la gestión del recurso hídrico, tomadores de decisiones y, en general, todo ciudadano.





1

# MARCO LEGAL Y PLANIFICACIÓN



# I. MARCO LEGAL Y PLANIFICACIÓN

## 1.1. Normas específicas en la gestión del recurso hídrico y el vertimiento

La gestión de los recursos hídricos en el Perú, actualmente cuenta con una arquitectura legal hacia su uso sostenido, muestra de ello es la reciente aprobación de la Ley N° 30588, Ley que aprueba la reforma de la Constitución peruana reconociendo el derecho al acceso al agua potable como un derecho constitucional. Pese a ello, es un desafío conectar la etapa del vertimiento y el reuso de las aguas residuales tratadas, dentro de la gestión integrada del recurso hídrico. De integrarse esta etapa dentro del proceso integral de la gestión y uso del agua, habremos avanzado significativamente hacia una gestión eficiente del recurso hídrico en nuestro país, bajo la sostenibilidad de la calidad del agua para consumo humano, aliviando a muchas cuencas hidrográficas que tienen presión, por demanda hídrica y por descarga de vertimientos formales, informales e ilegales. La **Tabla 1.1**, nos muestra un breve resumen de dichas normas aplicadas al vertimiento y uso del recurso hídrico en el Perú.

**Tabla 1.1. Breve resumen del marco legal aplicable a la gestión sostenible de las aguas residuales**

NORMA		DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN
Constitución Política del Perú	Ley N° 30588	Ley de Reforma Constitucional que reconoce el derecho al agua como derecho constitucional que incorpora el artículo 7º-A en la Constitución Política del Perú.	El Estado reconoce el derecho de toda persona a acceder de forma progresiva y universal al agua potable. El Estado garantiza este derecho priorizando el consumo humano sobre otros usos.
ANA	Resolución Jefatural N° 058-2017-ANA	Regula forma y plazos para el pago de retribución económica por parte de los usuarios por el uso de agua y por el vertimiento de aguas residuales.	Usuarios con autorización de vertimiento de aguas residuales, el pago se efectúa en forma anual y por adelantado.
	Resolución Jefatural N° 126-2017-ANA	Norma que promueve la Medición Voluntaria de la Huella Hídrica.	Normativa que implementa la Huella Hídrica a fin de reducir el consumo de agua en la cadena de producción de bienes y servicios, y la implementación de acciones de responsabilidad social en el uso del recurso hídrico que generen valor compartido.
	Resolución Jefatural N° 030-2016-ANA	Nueva Clasificación del cuerpo marino-costero.	Clasificación del cuerpo marino para su protección como cuerpo receptor marino de los efluentes tratados.

	NORMA	DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN
ANA	Resolución Jefatural N° 187-2016-ANA	Directiva General denominada Normas y procedimientos para la administración, seguimiento, control y conciliación de las recaudaciones por retribución económica por uso de agua y por vertimiento de aguas residuales.	
	Resolución Jefatural N° 224-2013-ANA	Nuevo reglamento para el otorgamiento de autorizaciones de vertimiento y reúso de aguas residuales tratadas.	Regulación sobre el vertimiento de las aguas residuales tratadas.
	Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA	Aprueban la clasificación de cuerpos de agua superficiales y marino-costeros.	Ver lo de Cuerpos Marino Costeros. Nueva Clasificación.
	Resolución Jefatural N° 274-2010-ANA	Dictan medidas que permitan la implementación de Programa de Adecuación de Vertimiento y Reúso de Agua Residual (PAVER).	
MINAGRI	Ley N° 29338	Ley de Recursos Hídricos.	Vertimiento y Calidad. Aprovechamiento sostenible.
	Decreto Supremo N° 001-2010-AG	Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos y sus Modificaciones.	Vertimiento y Calidad. Aprovechamiento sostenible.
	Resolución Ministerial N° 033-2008-AG	Metodología de Codificación de Unidades Geográficas de Pfagsetter, Memoria descriptiva y el Plano de Delimitación y Codificación de las Unidades Geográficas del Perú.	Clasifica las regiones hidrográficas.
	Decreto Supremo N° 007-2010-AG	Protección de la Calidad de los Recursos Hídricos.	Declaran de interés nacional la protección de la calidad del agua en las fuentes naturales y sus bienes asociados, con el objeto de prevenir el peligro de daño grave o irreversible que amenace a dichas fuentes y la salud de las actuales y futuras generaciones.
	Resolución Ministerial N° 033-2008-AG	Metodología de Codificación de Unidades Geográficas de Pfagsetter, Memoria descriptiva y el Plano de Delimitación y Codificación de las Unidades Geográficas del Perú.	Clasifica las regiones hidrográficas.

	NORMA	DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN
MINAM	Ley N° 28611	Ley General del Ambiente.	El Estado promueve el tratamiento de las aguas residuales con fines de reutilización considerando como premisa la obtención de la calidad necesaria de reuso sin afectar la salud humana, el ambiente o las actividades en las que se reutilizan. Además, regula los vertimientos autorizándolas, siempre y cuando el cuerpo receptor lo permita.
	Ley N° 26821	Ley Orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.	Se consideran recursos naturales a todo componente de la naturaleza, susceptible de ser aprovechado por el ser humano para la satisfacción de sus necesidades y que tenga un valor actual o potencial en el mercado, tales como: las aguas: superficiales y subterráneas.
	Decreto Legislativo N° 1278	Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.	Las aguas residuales y los residuos líquidos que se incorporen al manejo de las mismas, de acuerdo a la legislación de la materia, cuya regulación es competencia de la Autoridad Nacional del Agua y del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, en el ámbito de sus respectivas funciones y atribuciones.
	Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM	Aprueban Estándares de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias.	Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.
	Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM	Aprueba los LMP para efluentes de planta de tratamiento de aguas residuales domésticas y municipales.	
	Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM	Definición de los límites máximos permisibles (LMP) para los efluentes de las PTAR domésticas o municipales.	Calidad de las aguas residuales tratadas.

	NORMA	DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN
MVCS	Decreto Legislativo N° 1280	Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento.	Servicio de tratamiento de aguas residuales para disposición o reúso.
	Decreto Supremo N° 019-2017-VIVIENDA	Reglamento del Decreto Legislativo N° 1280.	<b>Agua residual:</b> Desecho líquido proveniente de las descargas por el uso del agua en actividades domésticas o no domésticas. <b>Agua residual tratada:</b> Agua residual que ha sido sometida a diferentes procesos para la eliminación de componentes físicos, químicos y microbiológicos para su disposición final o reúso.
	Decreto Supremo N° 015-2017-VIVIENDA	Reglamento para el Reaprovechamiento de los Lodos generados en las Plantas de Tratamiento de aguas residuales.	Reaprovechamiento de los lodos generados en las PTAR, que luego de ser transformados en biosólidos, pueden ser utilizados en actividades agrícolas, forestales, industria cerámica, entre otras, considerando los riesgos a la salud y el ambiente.
	Decreto Supremo N° 013-2017-VIVIENDA	Plazo para la presentación de iniciativas privadas cofinanciadas sobre proyectos de inversión destinados al tratamiento de aguas residuales.	Plazo de presentación de las iniciativas privadas cofinanciadas sobre proyectos de inversión destinados al tratamiento de aguas residuales para disposición final o reúso en las ciudades de Cusco, Cajamarca, Chincha Alta, Chincha Baja, Chiclayo, Huaraz, Tarapoto, Huacho, Barranca, Cañete y Bagua Chica, será de tres (3) meses, contados desde la publicación del presente Decreto Supremo.
	Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA	Valores Máximos Admisibles.	VMA de las descargas de agua no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, a fin de evitar el deterioro de instalaciones de infraestructura sanitaria.

Fuente: Elaboración propia.

## 1.2. Política en recursos hídricos

Nuestro país cuenta con una Política y más de cuatro planes y estrategias orientadas a la gestión sostenible de los recursos hídricos, a mediano y largo plazo. No obstante, requieren ser integrados para efectos de generar una política coordinada en la gestión eficiente de los recursos hídricos y aguas residuales. La **Tabla 1.2** muestra un listado de las políticas y planes aprobados.

**Tabla 1.2. Lista de las políticas y estrategias aprobadas por el Gobierno peruano para una gestión integrada del recurso hídrico**

NORMA	DESCRIPCIÓN
Política Nacional de Saneamiento	Decreto Supremo N° 007-2017-VIVIENDA
Plan Nacional de Saneamiento 2017-2021	Decreto Supremo N° 018-2017-VIVIENDA
Estrategia Nacional para el Mejoramiento de la Calidad de los Recursos Hídricos	Resolución Jefatural N° 042-2016-ANA
Plan Nacional de Recursos Hídricos	Decreto Supremo N° 013-2015-MINAGRI
Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos	Decreto Supremo N° 006-2015-MINAGRI
Plan Nacional de Acción Ambiental	Decreto Supremo N° 014-2011-MINAM
Plan Bicentenario	Decreto Supremo N° 054-2011-PCM
Política Nacional del Ambiente	Decreto Supremo N° 12-2009-MINAM

Fuente: Elaboración propia.

### 1.3. Planificación en recursos hídricos y aguas residuales

La organización mundial World Resources Institute<sup>1</sup> (encargada de hacer estudios sobre la situación ambiental en el mundo) advirtió para el caso del recurso hídrico, que 33 países enfrentarán estrés hídrico severo para el año 2040, ubicando al Perú dentro del rango de estrés hídrico alto. En concordancia con ello, el estudio de Nature Conservancy<sup>2</sup>, que recoge la primera base de datos global de estrés hídrico en más de 500 ciudades, identifica a la ciudad de Lima entre las veinte ciudades del mundo con alto índice de estrés hídrico. Si a ello, le agregamos que el principal obstáculo para la sostenibilidad del agua es la contaminación por la descarga directa de aguas residuales sin previo tratamiento<sup>3</sup>. Entonces nos encontramos ante un problema latente que pone en riesgo la salud, seguridad alimentaria y desarrollo económico sostenible de las presentes y futuras generaciones.

Nuestro país, no dispone de los recursos adecuados para gestionar los recursos hídricos y **aguas residuales** de forma responsable, eficiente y sostenible. Existen barreras de carácter institucional, financiero y normativo que impiden acelerar el ritmo en dicho ámbito. A razón de ello, se vienen desarrollando acciones, desde la sociedad civil y el Estado, para construir una visión de país en materia del tratamiento y reuso de aguas residuales dentro del marco de cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible trazados al año 2030 y las metas de universalización del servicio de agua y saneamiento.

- 
- 1 World Resource Institute: "Aqueduct projected water stress country rankings". Agosto, 2015. Disponible en: <http://www.wri.org/resources/data-sets/aqueduct-projected-water-stress-country-rankings>.
  - 2 Global Environmental Change: "Water on an urban planet: Urbanization and the reach of urban water infrastructure", junio, 2014. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378014000880>.
  - 3 SUNASS: "Diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicio de saneamiento". 2015.

Los primeros instrumentos de planificación que visibilizan la problemática de la gestión de los recursos hídricos y del nulo, insuficiente y deficiente tratamiento de aguas residuales están constituidos por el *Plan Bicentenario*<sup>4</sup> y el *Plan Nacional de Acción Ambiental*<sup>5</sup>. En tales documentos se asumió el compromiso de fomentar el reciclaje y reúso de las aguas residuales; y se trazó como meta para el año 2021, el tratamiento del 100% de las aguas residuales urbanas, y de ellas el 50% se reusarían.

Por su parte, el *Plan Nacional de Recursos Hídricos* (PNRH)<sup>6</sup>, enmarcada en la Política Nacional del Ambiente y la *Política y Estrategia Nacional de los Recursos Hídricos (PENRH)*<sup>7</sup> reiteran la grave situación de la calidad de los recursos hídricos e identifica como causas: la gestión deficiente de los sistemas de tratamientos de aguas residuales y el limitado control, supervisión y fiscalización de vertimientos de aguas residuales, sean estas formales, informales o ilegales.

La Estrategia Nacional para el Mejoramiento de la Calidad de los Recursos Hídricos<sup>8</sup> propone como línea de acción, *la recuperación de la calidad de los recursos hídricos e identifica* como tareas: i) Formalizar, mediante procedimientos articulados y eficientes, a los usuarios de agua de actividades productivas y poblacionales que vierten aguas residuales no autorizadas, proyectando al 2021 el 50% de vertedores formalizados en las cuencas del Titicaca y 30% en las cuencas del Atlántico y Pacífico. Porcentajes que al 2025 alcanzarían al 100% y 50%, respectivamente. ii) Formular e implementar a nivel de unidades hidrográficas programas y proyectos integrales sostenibles de tratamiento eficiente de aguas residuales, priorizando su reúso, proyectando al 2021 el 35% adicional de proyectos de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales implementados, porcentaje que aumentaría al 2025 en un 15%.

Atendiendo al carácter multisectorial en la institucionalidad de la gestión del agua, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento aprobó la Política Nacional de Saneamiento<sup>9</sup> y el Plan Nacional de Saneamiento<sup>10</sup>, en cuyos alcances, determinan la necesidad de promover el uso de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales a fin de cumplir con los límites máximos permisibles (LMP) y estándares de calidad ambiental para agua (ECA-Agua), evitando la contaminación de las fuentes de agua, además de fomentar el uso de los subproductos del tratamiento de las aguas residuales.

Recordemos que los instrumentos de planificación antes mencionados se sustentan en el derecho humano al agua, además de alinearse al cumplimiento del sexto objetivo de desarrollo

- 
- 4 Comité Nacional de Planeamiento Estratégico-CEPLAN: "El Perú hacia el 2021: Plan Bicentenario" aprobado por Acuerdo Nacional. Marzo, 2011. Disponible en: [https://www.mef.gob.pe/contenidos/acerc\\_mins/doc\\_gestion/PlanBicentenarioversionfinal.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/acerc_mins/doc_gestion/PlanBicentenarioversionfinal.pdf).
  - 5 Plan Nacional de Acción Ambiental aprobado por Decreto Supremo N° 014-2011-MINAM. Disponible en: [http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/08/plana\\_2011\\_al\\_2021.pdf](http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/08/plana_2011_al_2021.pdf).
  - 6 Plan Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), aprobado por Decreto Supremo N° 013-2015-MINAGRI. Disponible en: <http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/plannacionalrecursoshidricos2013.pdf>.
  - 7 Política y Estrategia Nacional de los Recursos Hídricos (PENRH) aprobado por Decreto Supremo N° 006-2015-MINAGRI. Disponible en: [http://www.ana.gob.pe/media/290336/politicas\\_estrategias\\_rh.pdf](http://www.ana.gob.pe/media/290336/politicas_estrategias_rh.pdf).
  - 8 Estrategia Nacional para el Mejoramiento de la Calidad de los Recursos Hídricos, aprobado por Resolución Jefatural N° 042-2016-ANA. Disponible en: [http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/r.j.\\_042-2016-ana\\_-\\_copia.pdf](http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/r.j._042-2016-ana_-_copia.pdf).
  - 9 Política Nacional de Saneamiento aprobado mediante Decreto Supremo N° 007-2017-VIVIENDA. Disponible en: <http://busquedas.elperuano.com.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-aprueba-la-politica-nacional-de-saneamiento-decreto-supremo-n-007-2017-vivienda-1503314-7/>.
  - 10 Plan Nacional de Saneamiento aprobado por Decreto Supremo N° 018-2017-VIVIENDA. Disponible en: <http://busquedas.elperuano.com.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-aprueba-el-plan-nacional-de-saneamiento-decreto-supremo-n-018-2017-vivienda-1537154-9/>.

sostenible de las Naciones Unidas al 2030<sup>11</sup>, que traza como meta alcanzar el vertimiento cero y la reducción a la mitad de aguas residuales sin tratamiento. En ese sentido, esperemos que la implementación de las políticas nacionales relacionadas con la gestión eficiente de aguas residuales se efectúe con prontitud, dado que el interés por mantener la calidad de los recursos hídricos y promover su cuidado, puesto que se constituyen en una condición ineludible para reducir la inequidad social, resguardar la seguridad alimentaria, salvaguardar la salud de la población y de los ecosistemas; y sostener el desarrollo económico.

11 ONU: Objetivos del Desarrollo Sostenible al 2030: “(...) mejorar la calidad del agua mediante la reducción de contaminación, la eliminación del vertimiento y la reducción al mínimo de la descarga de materiales y productos químicos peligrosos, la reducción a la mitad del porcentaje de aguas residuales sin tratar y un aumento sustancial del reciclado y la reutilización en condiciones de seguridad a nivel mundial (...).”

Disponible en: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>.





# CALIDAD DEL AGUA



## II. CALIDAD DEL AGUA

### 2.1. Análisis de contaminación del agua

De acuerdo a la Estrategia Nacional para el Mejoramiento de la Calidad de los Recursos Hídricos – 2016<sup>12</sup>, la Autoridad Nacional del Agua (ANA) identificó 41 unidades hidrográficas, cuyos parámetros de calidad exceden los ECA-Agua, siendo la causa principal el vertimiento de aguas residuales industriales, domésticas y municipales.

La Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos (DGCRH) de la ANA, a través de un diagnóstico elaborado el año 2012, muestra las principales fuentes de contaminación y origen, siendo uno de ellos el vertimiento de aguas residuales municipales propias de la influencia de las actividades humanas en las ciudades. Otra fuente importante está relacionada con las actividades mineras como la informal y los pasivos ambientales mineros.

**Tabla 2.1. Tipo y origen de contaminación de los recursos hídricos en el Perú**

CUERPO DE AGUA	UBICACIÓN	TIPO DE CONTAMINACIÓN Y ORIGEN
Río Amazonas	Loreto	Afectado por vertimiento de aguas residuales municipales, grifos flotantes, derrame de petróleo.
Río Madre de Dios y afluentes	Madre de Dios	Afectado por la minería ilegal e informal.
Río Tambo	Moquegua-Arequipa	Boro y Arsénico (origen natural).
Río San Juan	Pasco	Afectado por vertimientos mineros y municipales.
Río Perené	Pasco	Afectado por vertimientos mineros y municipales.
Río Piura	Piura	Afectado por vertimiento de aguas residuales municipales.
Río Chira	Piura	Afectado por vertimiento de aguas residuales municipales y agrícolas.
Río Coata	Puno	Vertimiento de aguas residuales municipales.
Río Ramis	Puno	Minería ilegal e informal (vertimientos de relaves mineros).
Río Ayaviri-Pucará	Puno	Vertimiento de aguas residuales municipales.
Bahía Interior de Puno-Lago Titicaca	Puno	Afectada por vertimiento de aguas residuales municipales.
Bahía de Yunguyo-Lago Titicaca	Puno	Afectada por vertimiento de aguas residuales municipales.
Río Suches	Puno	Afectado por la minería ilegal e informal generada por mineros peruanos y bolivianos.
Río Sandi	Puno	Afectado por vertimientos municipales.
Río Tumbes	Tumbes	Afectado por vertimientos de aguas residuales municipales, actividades mineras en el Ecuador.
Río Huallaga	Ucayali	Afectado por vertimiento de aguas residuales municipales.

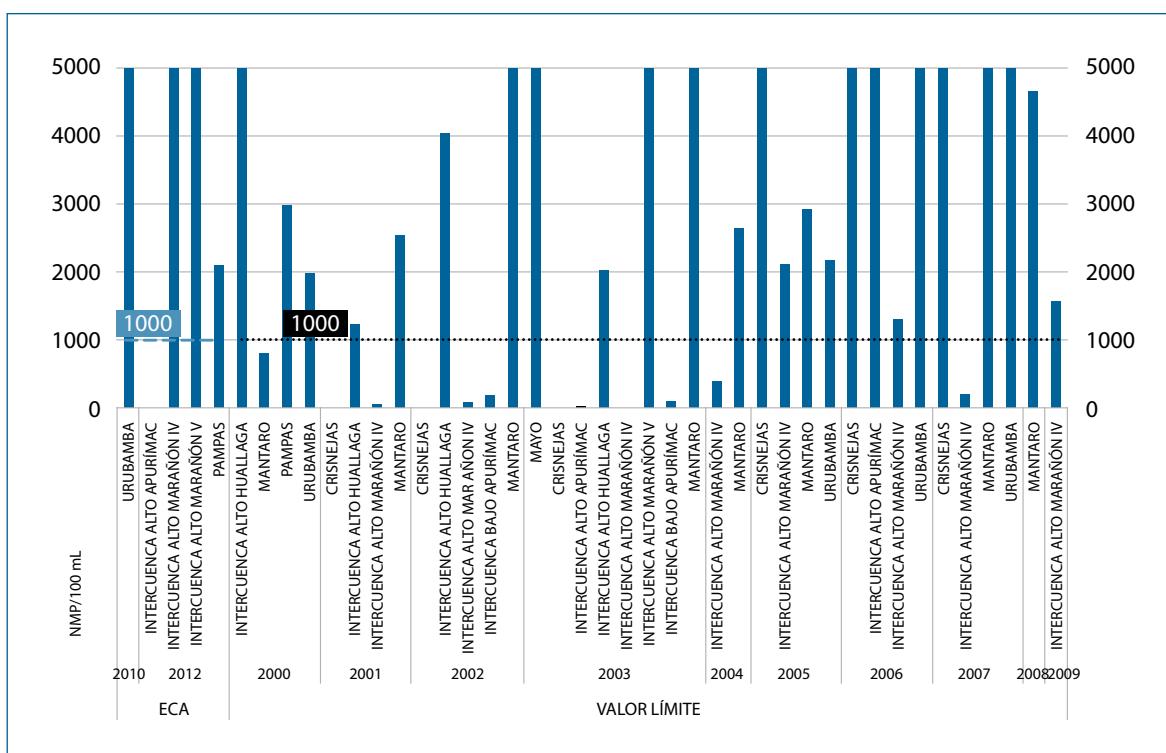
Fuente: ANA, 2012.

12 Ministerio de Agricultura y Riego – Autoridad Nacional del Agua: "Estrategia Nacional para el Mejoramiento de la Calidad de los Recursos Hídricos". Lima, 2016.

Disponible en: [http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/r.j.\\_042-2016-ana\\_-\\_copia.pdf](http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/r.j._042-2016-ana_-_copia.pdf).

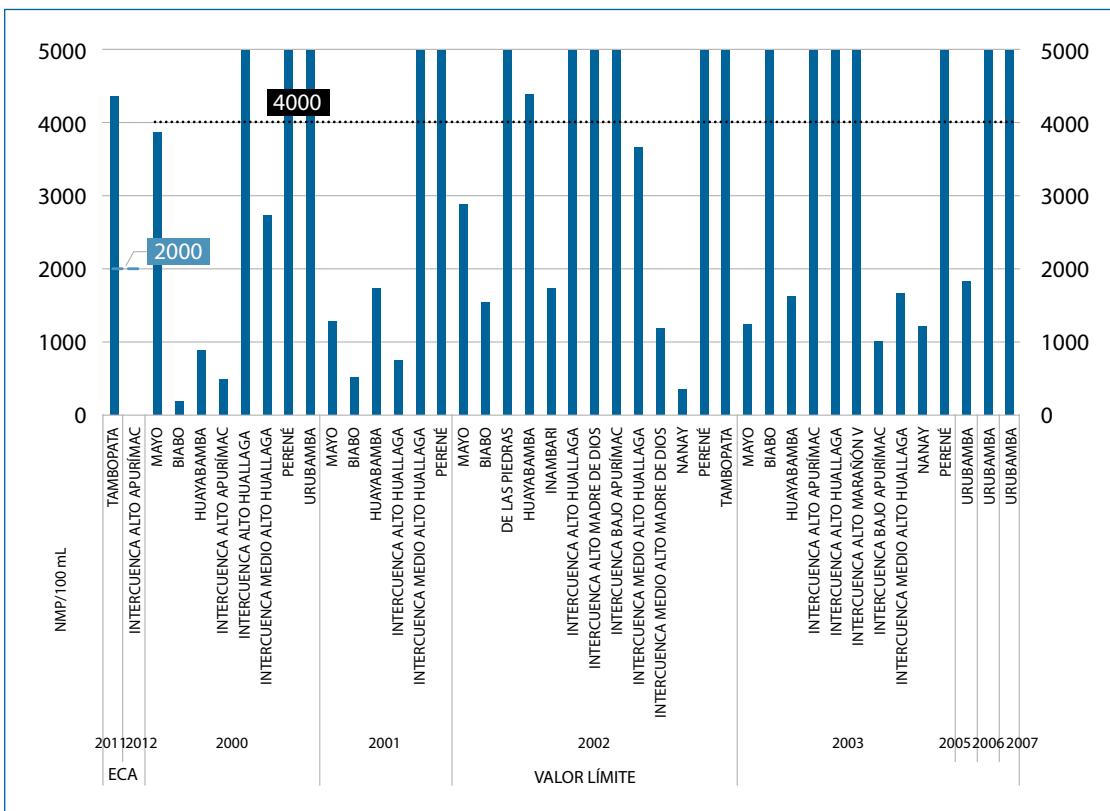
El Diagnóstico de la Calidad de los Recursos Hídricos del Perú, correspondiente a un periodo de evaluación iniciado en abril de 2010 a diciembre 2012, señala que de un total de 159 unidades hidrográficas, 35 unidades hidrográficas presentaron, en promedio, concentraciones de los parámetros pH, conductividad eléctrica, coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxígeno, arsénico, mercurio, cadmio, plomo y hierro por encima de los ECA-Agua aprobados el año 2008 (correspondientes a la Clasificación de los cuerpos naturales de agua superficial aprobada con Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA). Este resultado está asociado a los vertimientos de aguas residuales no autorizados, pasivos ambientales, residuos sólidos y condiciones naturales (factores geológicos, ambientales e hidrológicos).

**Figura 2.1. Variación promedio anual de coliformes termotolerantes por UH correspondiente a Clase III y Categoría 3**



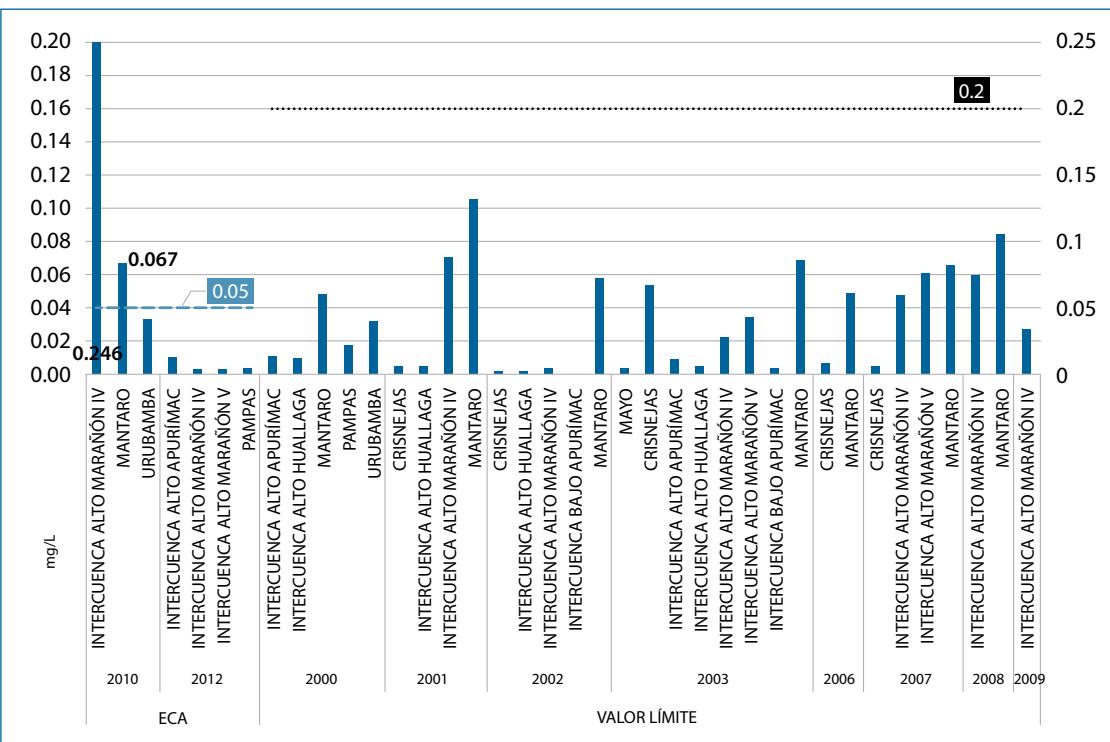
Fuente: DGCRH-ANA.

**Figura 2.2. Variación promedio anual de coliformes termotolerantes por UH correspondiente a la Clase IV y Categoría 4 (ríos de selva)**



Fuente: DGCRH-ANA.

**Figura 2.3. Variación promedio anual de As por UH correspondiente a Clase III y Categoría 3**



Fuente: DGCRH-ANA.

Figura 2.4. Río Ica, aguas abajo de la ciudad de Ica en temporada de estiaje lleva aguas residuales



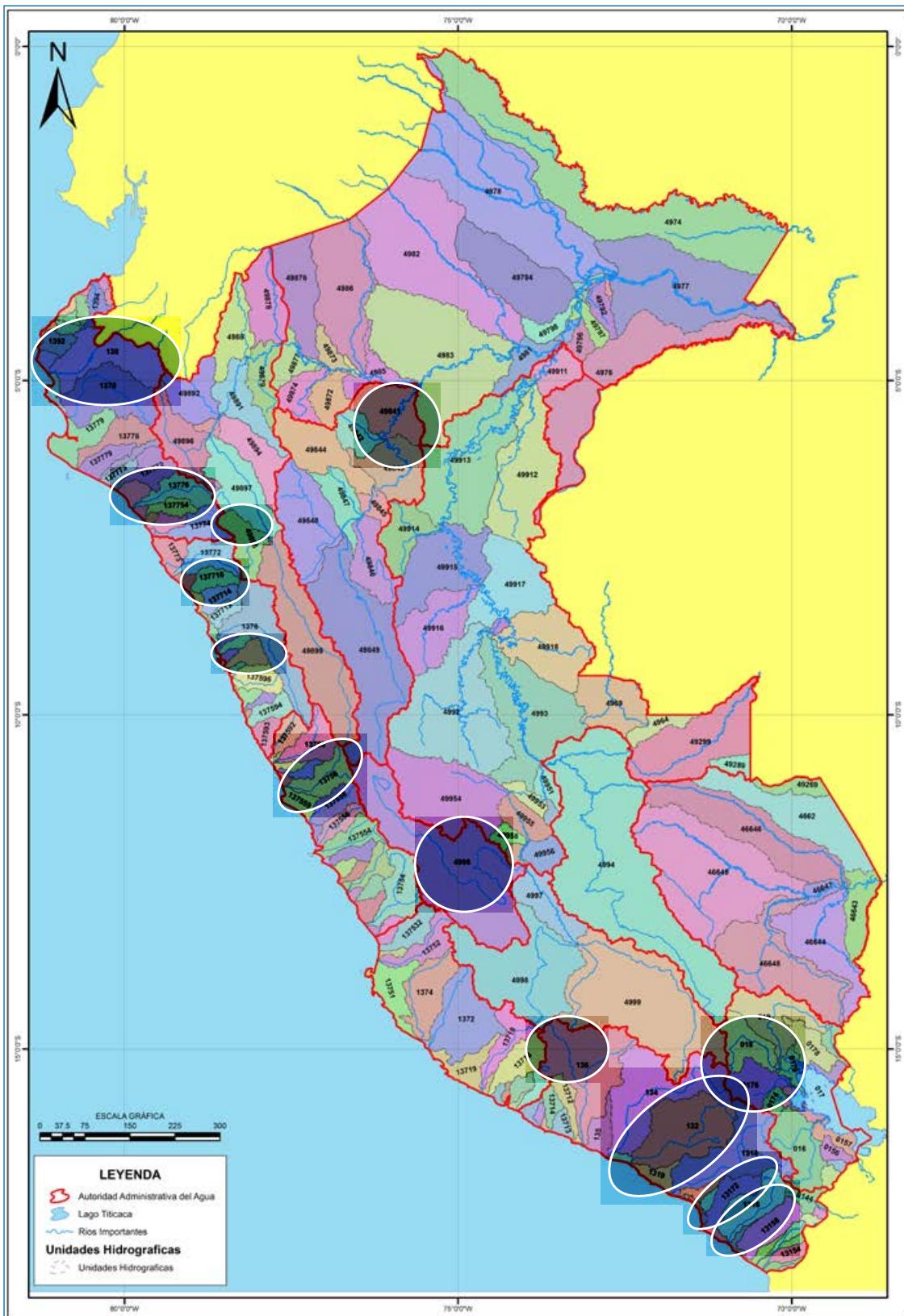
Fuente: ANA, 2012.

Entre las causas de contaminación se destacan dos tipos, las naturales y las antropogénicas. Las primeras se caracterizan por la naturaleza química de los suelos en zonas de predominancia volcánica o formación cuaternaria donde existe la presencia de algunos metales y metaloides como el hierro, cobre o arsénico. La fuente de tipo antropogénico puede estar representado por:

- Manejo inadecuado de agroquímicos
- Minería Informal
- Pasivos Ambientales
- Vertimientos de aguas residuales no tratadas
- Manejo inadecuado de residuos sólidos

Todas estas fuentes influyen en el deterioro de la calidad del recurso hídrico en las 35 unidades hidrográficas del Perú.

Figura 2.5. Principales unidades hidrográficas afectadas por contaminación natural y antropogénica



Fuente: ANA, 2012.

La **Tabla 2.2** nos muestra con detalle siete (7) fuentes principales de contaminación antropogénica del agua en el Perú relacionadas con las actividades productivas.

**Tabla 2.2. Fuentes antropogénicas de contaminación de los recursos hídricos en el Perú**

ACTIVIDADES CONTAMINANTES	DESCRIPCIÓN
Municipalidades	Más de 800 municipalidades vierten más 1.2 MMC de aguas residuales crudas a los cuerpos de agua.
Industria	Más de 100 000 unidades industriales
Minería	Más de 250 unidades mineras que operan plantas de beneficio, que generan vertimientos de aguas, relaves y desmontes.
Hidrocarburos	Extracción de petróleo y gas. Generan aguas residuales y derrames de petróleo.
Pasivos ambientales	Más de 8000 pasivos ambientales mineros. Así como pasivos ambientales dejados por las petroleras.
Agricultura	Más de un millón de hectáreas bajo riego que generan aguas de retorno con residuos de agroquímicos, nutrientes y alta salinidad.
Pesquería	Más de 200 plantas industriales en la costa del Perú que generan aguas residuales con alto contenido de materia orgánica que se vierten al mar.

Fuente: ANA, 2012.

En relación a lo desarrollado, asumimos que nuestro país no integra dentro de sus políticas y planes sobre la materia, el eje de reuso de agua residual tratada, especialmente de las originadas por las actividades productivas. Además no considera la eficiencia del agua residual tratada, que inicia desde la captación del agua en su fuente natural, su uso productivo, tratamiento hasta su disposición final.

Hasta el año 2015, la ANA autorizó al sector minero verter aguas residuales tratadas hasta un volumen de 325.88 hm<sup>3</sup> y reusar 7.2 hm<sup>3</sup>. Integrando las dos cifras tenemos un total de 333.08 hm<sup>3</sup> de aguas residuales tratadas, de las cuales solo el 2 % del volumen se reusa, y el resto (que incluyen trazas de metales y otros parámetros químicos según el tipo de mineral procesado) son vertidos sobre los diferentes cuerpos de agua del país. Si a este escenario, como de hecho sucede, ingresan en competencia, una multiplicidad de actores para el uso del agua en una cuenca hidrográfica, se generaría un potencial conflicto socio-ambiental hídrico en el país.

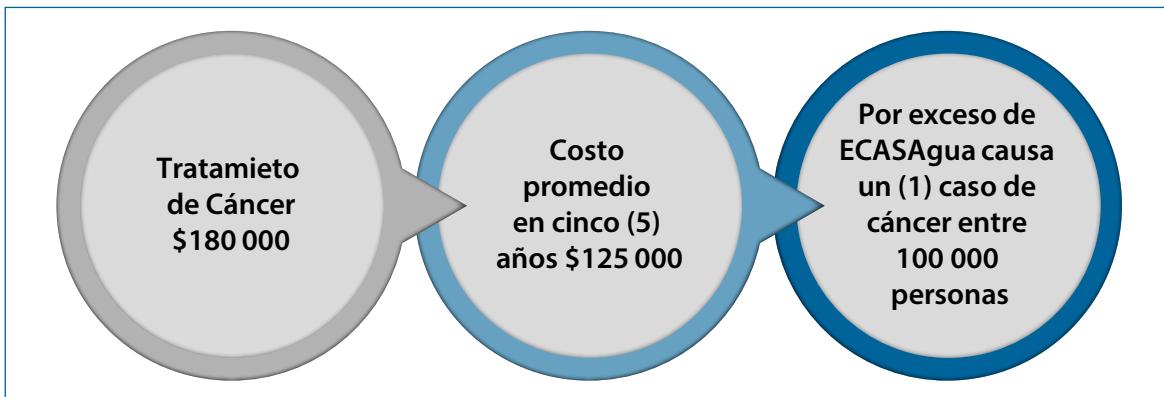
De no ejecutarse acciones preventivas, de monitoreo, de supervisión y de control, la contaminación del agua generará repercusiones graves, como el incremento de diferentes costos asociados con las condiciones inadecuadas de abastecimiento de agua potable y saneamiento, salubridad, salud, seguridad alimentaria e insostenible desarrollo económico. Para el Banco Mundial, dicho contexto genera un panorama de pérdida de 2260 millones de soles cada año<sup>13</sup>.

Un factor importante a considerar, es el incremento del costo de tratamiento de enfermedades por el aumento de la tasa de enfermedades causadas por la contaminación del agua. En Estados Unidos, por ejemplo, el promedio del tratamiento de cáncer asciende a \$ 180 000, la pérdida de cinco años de trabajo tiene un costo socio-económico en promedio de \$ 125 000

13 Banco Mundial. Perú: La Oportunidad de un país diferente. Próspero, equitativo y gobernable.2006.

y cada exceso del estándar de calidad ambiental para agua, origina un caso de cáncer entre 100 000 personas<sup>14</sup>.

**Figura 2.6. Costos por contaminación del recurso hídrico**



Fuente: Elaboración propia

Respecto al tratamiento o potabilización del agua, un cuerpo de agua contaminada va a afectar directamente en el costo y sobre-costo del tratamiento del agua, su potabilización para consumo humano o empleo en las actividades productivas. Por ejemplo, la potabilización de agua contaminada por elevada carga orgánica, nitrógeno, metales pesados, pesticidas y otros, obliga a un tratamiento avanzado. Por ende, mayores costos en comparación al tratamiento de agua de una fuente no contaminada.

**Cuadro 2.1. Análisis del sobre costo por el tratamiento del agua de una fuente contaminada**

<b>CASO 1: SOBRE-COSTOS POR POTABILIZACIÓN</b>	
Costo por tratamiento de agua de fuente contaminada: (Ejem: PTAP Chillón, Consorcio Agua Azul, fuente: río Chillón)	S/ 0.56 por m <sup>3</sup>
Costo por tratamiento de agua de fuente no contaminada: (Ejem: PTAP El Milagro y Santa Apolonia, SEDACAJ, fuente: ríos Porcón y Grande)	S/ 0.17 por m <sup>3</sup>
<b>Diferencia:</b>	<b>S/ 0.39 por m<sup>3</sup></b>
<b>CASO 2: SOBRE-COSTOS EN LAS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS</b>	
Ejemplo “Empresa productora bebidas”.	
Esta empresa necesita agua de excelente calidad para la producción de cerveza, agua en botella y gaseosas.	
Costo por tratamiento de agua de fuente no contaminada: (Tratamiento convencional con sedimentación, floculación, filtración y UV)	S/ 0.25 por m <sup>3</sup>
Costo por tratamiento de agua de fuente contaminada: (Tratamiento avanzado con osmosis inversa)	S/ 1.25 por m <sup>3</sup>
<b>Diferencia:</b>	<b>S/ 1.00 por m<sup>3</sup></b>

Fuente: Análisis de Klaus Holtzner, consultor GIZ para ANA, 2012.

<sup>14</sup> El cáncer es una de las principales causas de muerte y enfermedad en los Estados Unidos. El American Cancer Society (ACS) estima que aproximadamente 1.7 millones de nuevos casos de cáncer serán diagnosticados en los EEUU en 2017 y más de 15 millones de estadounidenses que viven hoy tienen una historia de cáncer. No sólo el cáncer tiene un enorme costo en la salud de los pacientes y sobrevivientes, sino que también tiene un tremendo impacto financiero. Fuente: <https://www.acscan.org/sites/default/files/Costs%20of%20Cancer%20-%20Final%20Web.pdf>.





3

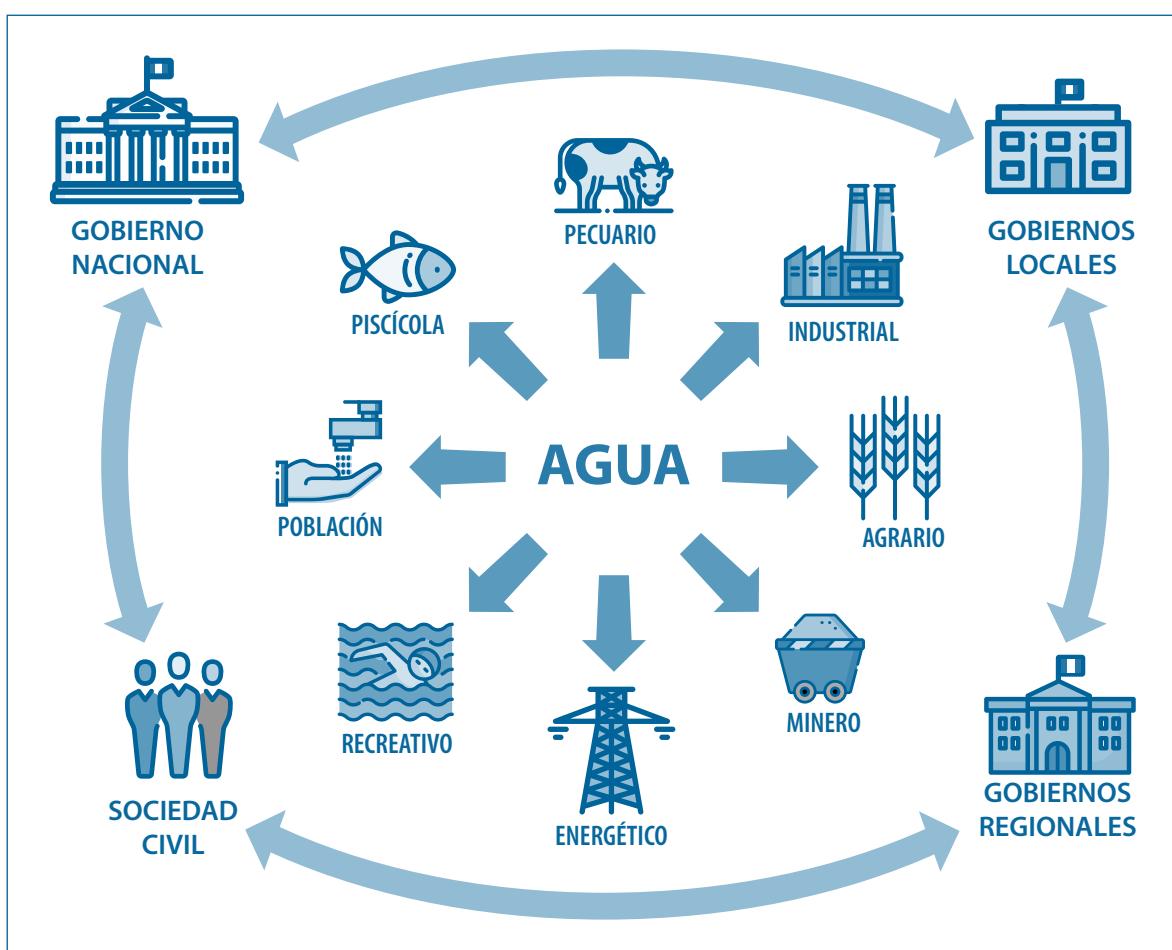
LA INSTITUCIONALIDAD  
EN LA GESTIÓN  
DEL RECURSO HÍDRICO  
EN EL PERÚ



### III. LA INSTITUCIONALIDAD EN LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO EN EL PERÚ

En nuestro país, en la gestión del recurso hídrico intervienen múltiples actores en torno a su uso y aprovechamiento. En el aspecto político van desde las entidades del gobierno nacional, regional y local hasta sectores pertenecientes a las diferentes actividades productivas (agrario, industrial, minero, petroleros, poblacional, energético, recreativo, entre otros). Recayendo sobre la sociedad civil un rol importante para vigilar la adecuada gestión del agua.

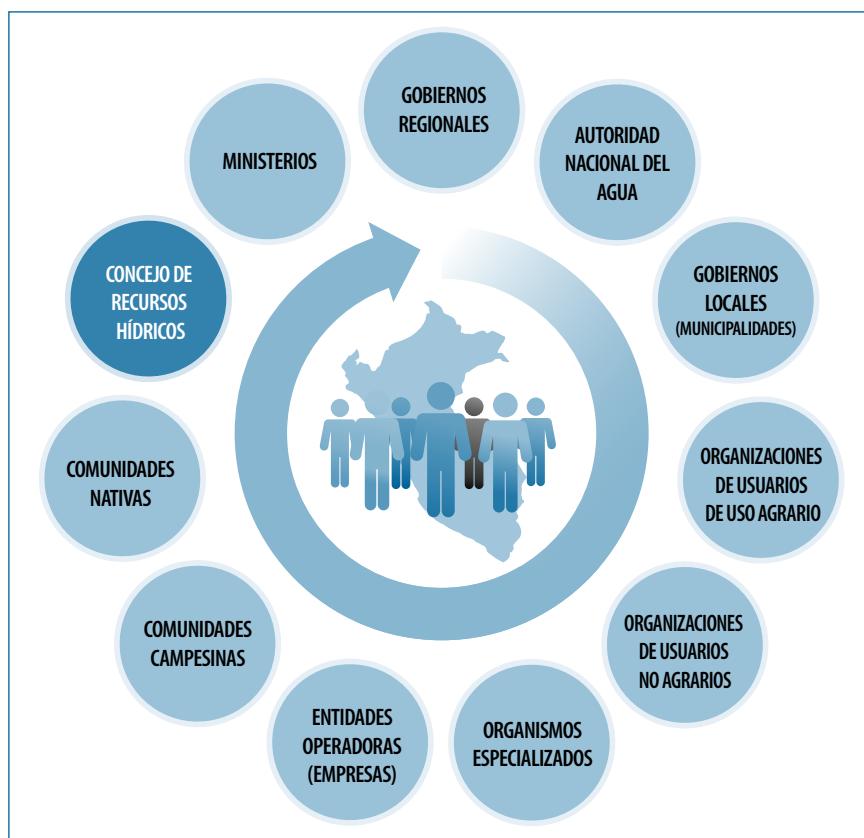
Figura 3.1. La gestión del agua e instituciones involucradas



Fuente: ANA, 2010.

La Ley de Recursos Hídricos (LRH) ha establecido la planificación y aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos, por ello, los actores involucrados deben organizarse en un espacio de coordinación denominado Concejo de Recursos Hídricos, como se observa en el siguiente figura.

Figura 3.2. Espacio de coordinación de la gestión del recurso hídrico



Fuente: ANA, 2010.

Competencias de las entidades del Consejo de Recursos Hídricos:

- 1. La Autoridad Nacional del Agua (ANA):** Ente rector y máxima autoridad técnico-nORMATIVA del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos.
- 2. El Ministerio del Ambiente (MINAM):** Autoridad ambiental, vela por la concordancia entre la gestión del ambiente y las disposiciones o gestiones de los recursos hídricos.
- 3. El Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI):** Publica las normas de mayor rango que requiera aprobar la ANA a fin de facilitar una buena gestión de los recursos hídricos.
- 4. El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS):** Bajo el rol de universalización del acceso a los servicios de agua potable y saneamiento.
- 5. Otros ministerios:** Ejercen su rol normativo, observando concordancia entre las regulaciones que emita la ANA con las funciones o disposiciones que hayan publicado o tengan por publicar dichos ministerios.
- 6. Los gobiernos regionales y locales:** Armonizan sus políticas y objetivos con la gestión de los recursos hídricos, evitando conflictos de competencia y efectivizando el logro de un buen uso del recurso hídrico.
- 7. Las organizaciones de usuarios de agua agrarios y no agrarios:** Asociaciones que participan en la gestión del uso sostenible del agua.
- 8. Las entidades operadoras de los sectores hidráulicos de carácter sectorial y multisectorial:** Entidades que manejan la infraestructura hidráulica (embalses de agua, represas, canales de abastecimiento de agua, etc.).

**9. Las comunidades campesinas y nativas:** Participan en la elaboración del Plan de Gestión de Recursos Hídricos de la Cuenca a la que pertenecen.

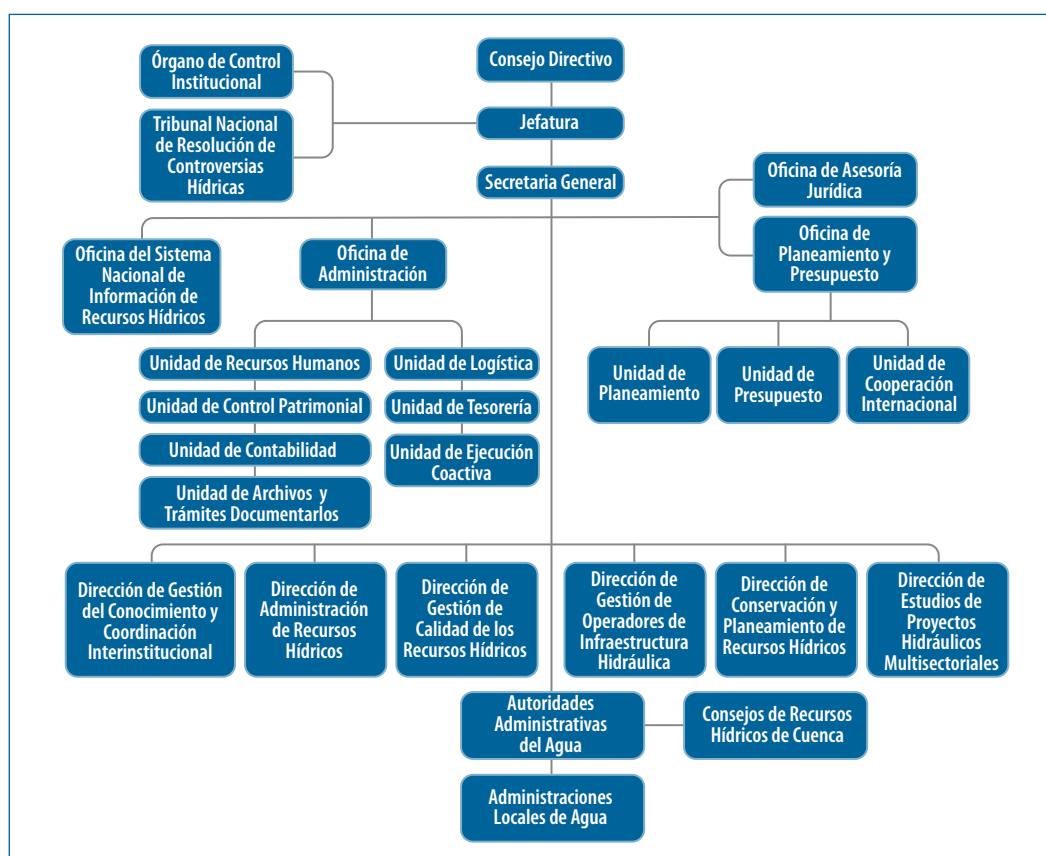
**10. Las entidades públicas vinculadas con la gestión de los recursos hídricos:** Articulan sus acciones con la ANA. Estas entidades son la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía (SENAMHI), el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN), el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), la Dirección General de Capitanías y Guardacostas (DICAPI), proyectos especiales relacionados con los recursos hídricos, autoridades ambientales sectoriales y entidades prestadoras de servicios de saneamiento.

**11. Los consejos de recursos hídricos de la ANA:** Participan en la planificación, coordinación y concertación para el aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos a través del Plan de Gestión de Recursos Hídricos de sus cuencas.

### 3.1. La Autoridad Nacional del Agua (ANA)

Es el organismo creado para garantizar el mejor aprovechamiento de los recursos hídricos del país y como tal, se configura en el ente rector del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos. Los órganos que lo conforman son: a) Consejo Directivo; b) Jefatura; c) Tribunal Nacional de Resolución de Controversias Hídricas; d) Órganos de apoyo, asesoramiento y línea (6 órganos); e) Órganos descentralizados, denominados **autoridades administrativas del agua**; f) administraciones locales de agua que dependen de las AAA.

Figura 3.3. Organización interna de la Autoridad Nacional del Agua



Fuente: ROF ANA, 2017.

## A. Funciones de la ANA

- Formular la Estrategia y Política Nacional y el Plan Nacional de Recursos Hídricos (PNRH).
- Supervisar y evaluar la actividad y cumplimiento de los objetivos del Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos (SNGRH).
- Otorgar derechos de uso de agua.
- Dictar normas y establecer los procedimientos para asegurar la gestión de los recursos hídricos, su conservación y su aprovechamiento eficiente.
- Desarrollar acción educativa para promover una cultura del agua que reconozca el valor social, ambiental y económico del recurso hídrico.
- Ejercer jurisdicción administrativa en materia de aguas, ejerciendo la facultad sancionadora y coactiva.

## B. Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos (DGCRH)

Es la responsable de organizar y conducir las acciones en materia de protección y recuperación de la calidad de los recursos hídricos, en el marco de la Política Nacional del Ambiente, la Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos y el PNRH<sup>15</sup>.

Entre sus funciones relacionadas con el vertimiento se encuentra la elaboración, propuesta y supervisión de la implementación de normas y programas en materia de protección y recuperación de la calidad de los recursos hídricos y otorgamiento de autorizaciones de vertimientos y reúsos de aguas residuales tratadas. Cabe precisar que, de acuerdo a la reciente modificación de la Ley de Recursos Hídricos (LRH), dicha Dirección no requiere de la opinión previa favorable de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) ni de la autoridad ambiental sectorial para el otorgamiento de las autorizaciones de vertimiento.

## C. Dirección de Administración de Recursos Hídricos (DARH)

Es responsable de organizar y conducir acciones relacionadas con el otorgamiento de derechos de uso de agua, administración de las fuentes naturales de agua y régimen económico por el uso del agua en el marco de la política y estrategia nacional de recursos hídricos y el PNRH.

## D. Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos (DCPRH)

Es la encargada de conducir y organizar las acciones para la conservación, elaboración e implementación de los instrumentos de planificación del SNGRH. Elabora la Política, Estrategia Nacional de Recursos Hídricos y del PNRH, para ello genera informes y procesa toda la información relacionada con los recursos hídricos superficiales y subterráneos, como las demandas de agua en cuencas hidrográficas para establecer los balances hídricos.

15 De acuerdo al Reglamento de Organización y Funciones de la ANA.



4

# LA CANTIDAD DEL RECURSO HÍDRICO



# IV. LA CANTIDAD DEL RECURSO HÍDRICO

De acuerdo al PNRH 2013 de la ANA, el Perú cuenta con tres grandes vertientes hidrográficas, Pacífico, Amazonas y Titicaca. Entre las tres se dispone naturalmente de 1 935 621 hm<sup>3</sup>/año<sup>16</sup> de recurso hídrico superficial dulce, como se observa en los cuadros siguientes.

**Cuadro 4.1. Recursos hídricos en régimen natural: Distribución por AAA**

AAA	ÁREA CUENCA (KM <sup>2</sup> )		PARÁMETROS HIDROLÓGICOS MEDIOS (mm)			RECURSOS HÍDRICOS NATURALES (hm <sup>3</sup> /año)		
	TOTAL <sup>1</sup>	EFEKTIVA <sup>2</sup>	PRECIPITACIÓN	APORTACIÓN	ET	PROPIOS	EXTERNOS	TOTAL
<b>Región Hidrográfica Pacífico</b>								
I	Caplina-Ocoña	83 564	46 856	535	165	371	7639	-70
II	Chaparra-Chincha	38 077	17 209	506	154	352	2655	
III	Cañete-Fortaleza	33 643	19 746	639	329	310	6500	
IV	Huarmey-Chicama	30 327	19 659	593	321	273	6216	
V	Jequetepeque-Zarumilla	47 718	26 172	592	201	391	5267	5929
<b>Región Hidrográfica Amazonas</b>								
VI	Marañón	86 151	86 151	1419	861	558	74 226	43 998
VII	Amazonas	282 285	282 285	2864	2208	656	623 402	84 622
VIII	Huallaga	89 893	89 893	2275	1640	635	147 451	
IX	Ucayali	234 033	234 033	2614	1969	677	460 797	
X	Mantaro	34 547	34 547	917	406	511	14 013	
XI	Pampas-Apurímac	64 734	64 734	1006	487	519	31 511	
XII	Urubamba-Vilcanota	59 071	59 071	2002	1378	624	81 415	
XIII	Madre de Dios	113 166	113 166	3602	2930	671	331 660	2131
<b>Región Hidrográfica Titicaca</b>								
XIV	Titicaca	37 355	37 355	692	168	524	6259	
<b>TOTAL</b>		<b>1234564</b>	<b>1130202</b>	<b>2184</b>	<b>1592</b>	<b>593</b>	<b>1799011</b>	<b>136610</b>
								<b>1935621</b>

1 No incluye el área de las intercuencas de la Región Hidrográfica Pacífico, porque no tienen aportación de agua relevante para el estudio.

2 Área efectiva: Superficie de la cuenca que se encuentra por encima de la isoyeta de 200 mm de precipitación, que es donde se genera la aportación de recursos hídricos.

Fuente: Plan Nacional de Recursos Hídricos 2013 de la ANA.

16 Un hectómetro cúbico (hm<sup>3</sup>) es equivalente a 1 000 000 de metros cúbicos (m<sup>3</sup>) y un metro cúbico equivale a 1000 litros (L). Se suele emplear la expresión hm<sup>3</sup> para un mejor manejo de información de valores de volumen de agua muy grande.

**Cuadro 4.2. Recursos hídricos en régimen natural: Distribución por regiones hidrográficas**

REGIÓN HIDROGRÁFICA	ÁREA (KM <sup>2</sup> )		PARÁMETROS HIDROLÓGICOS MEDIOS (mm)			RECURSOS HÍDRICOS NATURALES (hm <sup>3</sup> /año)		
	TOTAL <sup>1</sup>	EFFECTIVA <sup>2</sup>	PRECIPITACIÓN	APORTACIÓN	ET	PROPIOS	EXTERNOS	TOTAL
Pacífico	233 329	128 967	568	219	348	28 276	5859	34 136
Amazonas	963 880	963 880	2459	1 830	628	1 764 475	130 751	1 895 226
Titicaca	37 355	37 355	692	168	524	6259		6259
<b>TOTAL</b>	<b>1 234 564</b>	<b>1 130 202</b>	<b>2184</b>	<b>1 592</b>	<b>593</b>	<b>1 799 011</b>	<b>136 610</b>	<b>1 935 621</b>

1 No incluye el área de las intercuenas de la Región Hidrográfica del Pacífico, porque no tienen aportación de agua relevante para el estudio.

2 Área efectiva: Superficie de la cuenca que se encuentra por encima de la isoyeta de 200 mm de precipitación, que es donde se genera la aportación de recursos hídricos.

Fuente: Plan Nacional de Recursos Hídricos 2013 de la ANA.

De otro lado, el Perú es rico en fuentes de recursos hídricos naturales, como los glaciares que constituyen reservas esenciales para diversos usos y las lagunas disponibles en considerable cantidad, que pueden ser aprovechadas como reguladores; muchas de ellas se encuentran en explotación y suponen una reserva de agua regulada de forma natural. El cuadro siguiente recoge estos datos.

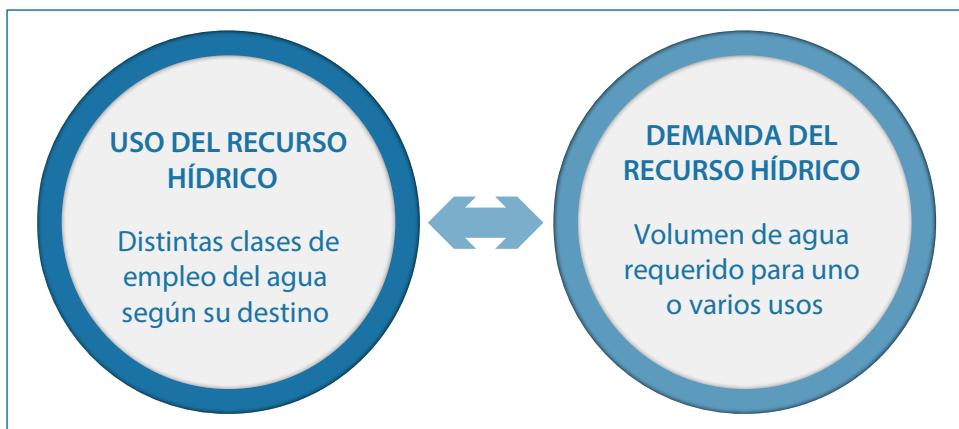
**Cuadro 4.3. Reservas de agua en lagunas**

REGIÓN HIDROGRÁFICA	NÚMERO DE LAGUNAS	LAGUNAS EN EXPLOTACIÓN	CAPACIDAD (hm <sup>3</sup> )
Pacífico	3896	309	1995.20
Amazonas	7441	209	4610.79
Titicaca	841	6	149.12
Cerradas	23	4	226.00
<b>TOTAL</b>	<b>12 201</b>	<b>528</b>	<b>6981.11</b>

Fuente: Plan Nacional de Recursos Hídricos 2013 de la ANA.

## 4.1. Demandas del recurso hídrico

De acuerdo a la Ley de Recursos Hídricos (LRH), el uso del recurso hídrico se entiende como las distintas clases de empleo del agua según su destino, y la demanda es el volumen de agua requerido para uno o varios usos.

**Figura 4.1. Uso y demanda del recurso hídrico**

Fuente: Elaboración propia

Según la LRH se reconocen tres usos:

- Uso primario
- Uso poblacional
- Uso productivo

Para el uso primario no se requiere de alguna autorización dado que es el empleo del recurso hídrico directamente de la fuente, sin emplear infraestructura hidráulica. La siguiente figura muestra un ejemplo de la captación del mismo.

**Figura 4.2. Uso primario del recurso hídrico**

Fuente: <https://celendinlibre.files.wordpress.com/2012/02/03.jpg>.

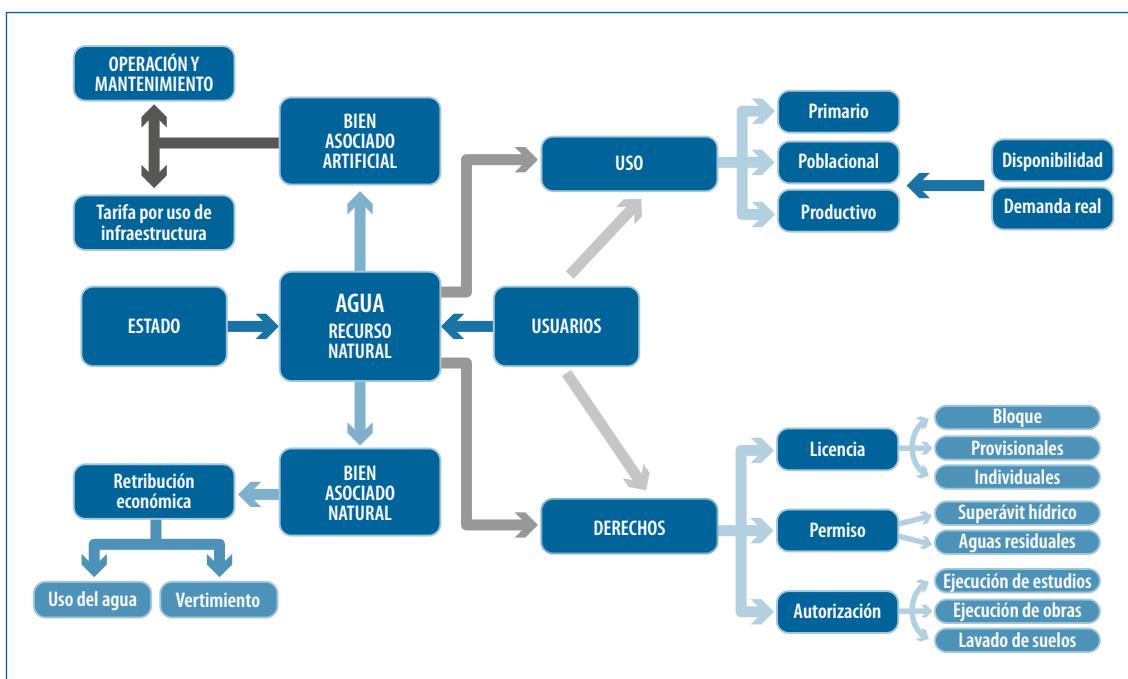
De otro lado, el uso productivo del recurso hídrico está asociado a las actividades económicas que requieren algún tipo de infraestructura hidráulica para su captación y su demanda

volumétrica, que en general son significativas respecto al uso primario. En este caso, es necesario contar con un derecho de uso. A continuación, se precisa los siguientes tipos de uso:

- Agrario: pecuario y agrícola
- Acuícola y pesquero
- Energético
- Industrial
- Medicinal
- Minero
- Recreativo
- Turístico
- De transporte

En la siguiente figura se esquematiza los usos y los derechos de uso de agua en el Perú, según la legislación vigente, dado que es importante conocer el proceso del uso del recurso hídrico desde la ciudadanía.

**Figura 4.3. Diagrama de los usos y derechos de uso del agua**



Fuente: ANA. 2015

De acuerdo al PNRH, la demanda total de agua estimada para todo el Perú es de 49 717.97 hm<sup>3</sup>/año, de los cuales 26 080.71 hm<sup>3</sup>/año (52%) corresponden a usos consumtivos y 23 637.26 hm<sup>3</sup>/año (48%) a usos no consumtivos<sup>17</sup>.

17 De acuerdo al Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, DS N° 001-2010-AG el uso de agua consumutivo se produce cuando "...el volumen de agua asignado se consume al desarrollar la actividad para la cual se otorgó", una licencia de

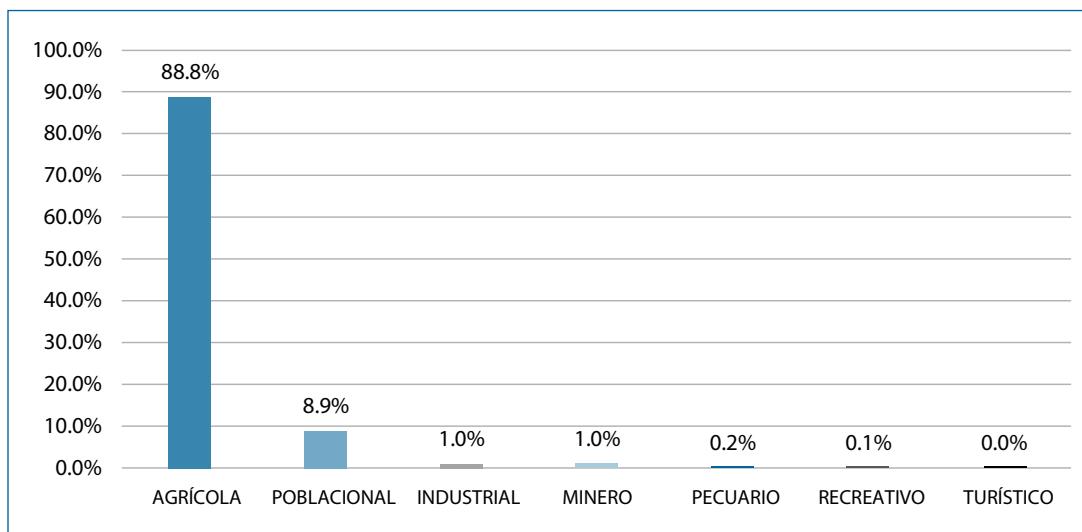
- La actividad productiva que mayor demanda de agua consuntiva es la agrícola con 23 165.79 hm<sup>3</sup>/año y de esta se consume en mayor volumen en la región hidrográfica del Pacífico, es decir en la costa.
- La demanda de la actividad minera con 272.53 hm<sup>3</sup> del cual el 57% se encuentra en la región del pacífico (costa principalmente hasta los 2000 msnm) mientras que el 41% se encuentra en la región hidrográfica del Amazonas (principalmente en la sierra del Perú). Una primera distribución espacial por Regiones Hidrográficas de las demandas se puede observar en los cuadros y figuras siguientes:

**Cuadro 4.4. Demanda consuntiva total: Distribución por regiones hidrográficas**

REGIÓN HIDROGRÁFICA	USOS CONSUNTIVOS (hm <sup>3</sup> /año)							TOTAL (hm <sup>3</sup> /año)
	AGRÍCOLA	POBLACIONAL	INDUSTRIAL	MINERO	PECUARIO	RECREATIVO	TURÍSTICO	
Pacífico	19 041.54	1779.15	170.82	155.85	1.90	4.65	0.00	21 153.92
Amazonas	3017.31	493.84	78.48	110.70	47.92	17.80	1.00	3767.04
Titicaca	1106.94	46.75	0.08	5.98	0.00	0.00	0.00	1159.75
<b>TOTAL (hm<sup>3</sup>/año)</b>	<b>23 165.79</b>	<b>2319.74</b>	<b>249.38</b>	<b>272.53</b>	<b>49.82</b>	<b>22.45</b>	<b>1.00</b>	<b>26 080.71</b>

Fuente: Plan Nacional de Recursos Hídricos 2013 de la ANA.

**Figura 4.4. Demanda de agua por actividad productiva, según uso consuntivo**

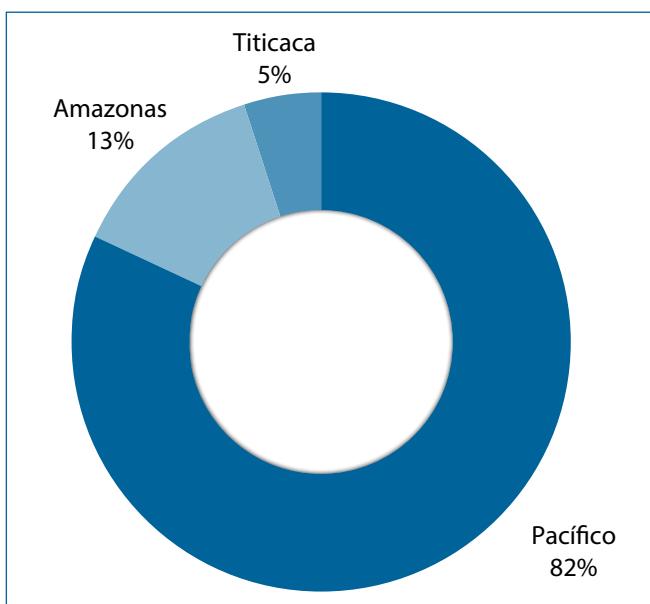


Fuente: ANA, 2013. Elaboración propia.

La actividad agrícola demanda mayor uso de agua, siendo la región del Pacífico con el 82% de lo requerido, seguido de la región amazónica con 13%. Cabe precisar que la región Pacífico se caracteriza por ser una región con bajos niveles de oferta de agua.

uso de agua. Mientras que en el caso de uso de agua no consuntivo "... el volumen de agua asignado no se consume al desarrollar la actividad para la cual se otorgó el uso del agua".

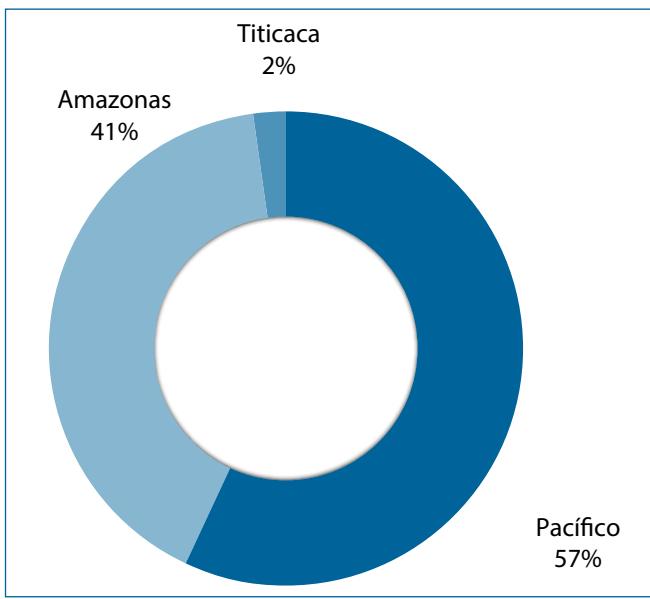
**Figura 4.5. Demanda de agua consuntiva en la actividad agrícola por región hidrográfica**



Fuente: ANA, 2013.

La demanda de agua para la actividad minera se encuentra en tercer lugar, siendo la región hidrográfica del Pacífico la que tiene mayor demanda (57%), seguida de la región amazónica con 41%, tal como se aprecia en la figura siguiente.

**Figura 4.6. Demanda de agua consuntiva en la actividad minera por región hidrográfica**



Fuente: ANA, 2013.

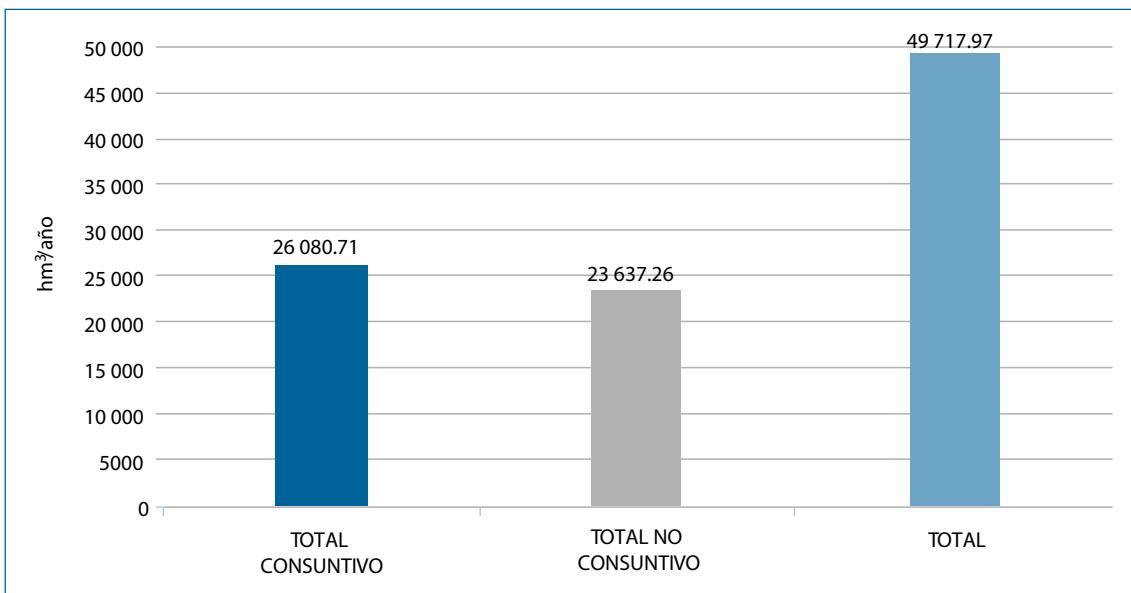
La demanda no consuntiva es representada por la actividad energética como, por ejemplo, la de las centrales hidroeléctricas. En esta actividad, la región amazónica es la que cuenta con mayor demanda, con 22 782.87 hm<sup>3</sup> de agua.

**Cuadro 4.5. Demanda no consuntiva total: Distribución por regiones hidrográficas**

REGION HIDROGRÁFICA	USOS NO CONSUNTIVOS (hm <sup>3</sup> /año)			
	ENERGÉTICO	TRANSPORTE	ACUÍCOLA	TOTAL
Pacífico	9001.74	0.22	91.59	9093.55
Amazonas	13 781.13	646.84	104.73	14 532.71
Titicaca	0.00	0.00	11.00	11.00
<b>TOTAL (hm<sup>3</sup>/año)</b>	<b>22 782.87</b>	<b>647.06</b>	<b>207.32</b>	<b>23 637.26</b>

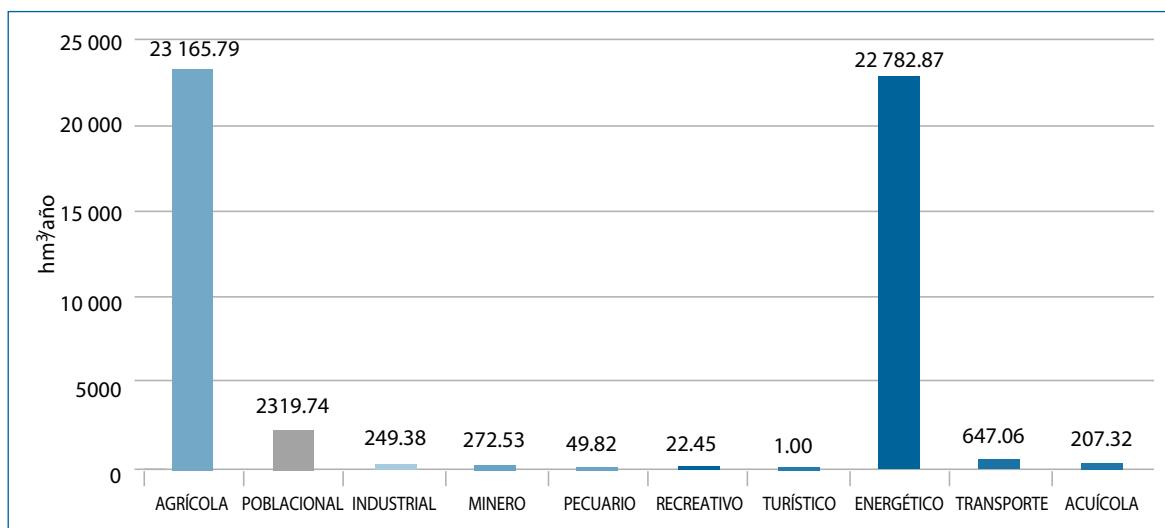
Fuente: Plan Nacional de Recursos Hídricos 2013 de la ANA.

Para el año 2013, a nivel nacional, el uso consuntivo del agua fue de 26 080.71 hm<sup>3</sup>, lo que fue mayor que el uso no consuntivo, que alcanzó 23 637.26 hm<sup>3</sup>. Esto quiere decir que hay un fuerte uso de agua en las diferentes actividades productivas que, de una u otra manera, serán transformadas en aguas residuales, ya sea de origen doméstico o industrial (el término industrial también implica la actividad agrícola). Esto se convierte en una fuente importante de análisis para el caso de la huella gris (cantidad de agua contaminada por el consumo), para determinar las proporciones que estarían asociadas a la carga contaminante, según tipo de sector.

**Figura 4.7. Demanda de agua nacional: consuntiva, no consuntiva y total**

Fuente: Plan Nacional de Recursos Hídricos 2013 de la ANA.

En términos generales sobre la demanda de agua, tanto consuntiva como no consuntiva, se resalta que la actividad agrícola, principal actividad que usa el agua (con carácter consuntivo), seguido de la actividad energética de uso no consuntivo.

**Figura 4.8. Demanda de agua a nivel nacional por tipo de uso (incluye consuntivo y no consuntivo)**

Fuente: Plan Nacional de Recursos Hídricos 2013 de la ANA.

Si bien, para las autoridades administrativas del agua de la región Pacífico, la mayor demanda del recurso hídrico se encuentra en el sector agrícola; para la Autoridad Administrativa del Agua (AAA) de Madre de Dios no lo es, dado que, la mayor demanda de agua es por el sector minero con  $32.75 \text{ hm}^3/\text{año}$ , seguido del consumo poblacional con  $12.89 \text{ hm}^3/\text{año}$ .

**Cuadro 4.6. Demanda de agua nacional por AAA y tipo de uso, 2013**

AAA	USOS CONSUMTIVOS (hm <sup>3</sup> /año)						USOS NO CONSUMTIVOS (hm <sup>3</sup> /año)			TOTAL			
	AGRÍCOLA	POBLACIONAL	INDUSTRIAL	MINERO	PECUARIO	RECREATIVO	TURÍSTICO	TOTAL	ENERGÉTICO	TRANSPORTE	ACUICOLA		
I Caplina-Ocoña	3027.03	161.92	6.35	101.31	0.19	0.01	0.00	3296.81	643.29	0.00	3.85	647.14	3943.95
II Cháparra-Chinchá	3600.90	78.74	9.19	2.59	0.03	0.01	0.00	3691.46	0.00	0.00	0.00	0.00	3691.46
III Cañete-Fortaleza	3316.54	1057.13	43.51	42.51	1.32	4.36	0.00	4465.37	5045.48	0.00	22.53	5068.01	9533.38
IV Huarmey-Chicama	2892.96	188.99	7.85	8.15	0.25	0.05	0.00	3098.26	547.48	0.22	14.69	562.39	3660.65
V Jequetepeque-Zarumilla	6204.10	292.37	103.92	1.29	0.11	0.22	0.00	6602.01	2765.49	0.00	50.52	2816.01	9418.02
VI Marañón	575.72	89.32	54.07	7.56	44.00	0.00	0.00	770.67	1097.82	0.28	1.61	1099.71	1870.38
VII Amazonas	0.00	47.07	3.12	0.05	0.00	2.34	0.00	52.58	0.00	0.00	7.63	7.63	60.21
VIII Huallaga	687.17	86.80	0.99	30.65	0.86	1.61	0.03	808.12	903.36	0.00	19.52	922.88	1731.00
IX Ucayali	63.18	68.23	4.22	1.76	1.79	0.08	0.97	140.24	4150.69	0.01	21.51	4172.21	4312.45
X Mantaro	786.63	95.51	0.12	29.31	0.00	0.20	0.00	911.77	6516.00	0.00	33.01	6549.01	7460.78
XI Pampas-Apurímac	383.68	36.25	0.13	8.12	0.69	0.12	0.00	429.00	482.54	646.55	6.34	1135.43	1564.43
XII Urubamba-Vilcanota	515.34	57.76	0.71	0.50	0.00	0.00	0.00	574.32	0.00	0.00	1.64	1.64	575.96
XIII Madre de Dios	5.58	12.89	15.11	32.75	0.57	13.45	0.00	80.35	630.72	0.00	13.47	644.19	724.54
XIV Titicaca	1106.94	46.75	0.08	5.98	0.00	0.00	0.00	1159.75	0.00	0.00	11.00	11.00	1170.75
<b>TOTAL</b>	<b>23 165.79</b>	<b>2319.74</b>	<b>249.38</b>	<b>272.53</b>	<b>49.82</b>	<b>22.45</b>	<b>1.00</b>	<b>26 080.71</b>	<b>22 782.87</b>	<b>647.06</b>	<b>207.32</b>	<b>23 637.26</b>	<b>49 717.97</b>

Fuente: Plan Nacional de Recursos Hídricos 2013 de la ANA.

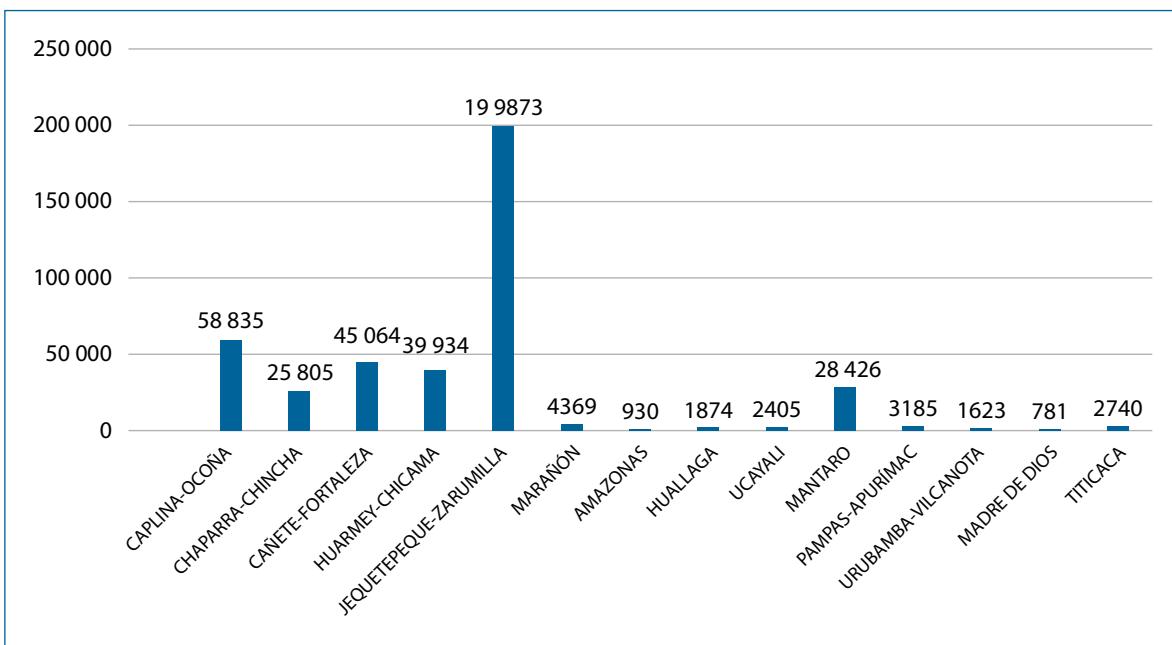
De acuerdo a los datos de la ANA para el año 2015 se han otorgado cerca de 415 844 derechos de uso de agua entre consumtivo y no consumtivo, lo que suma un total de 56 081.80 hm<sup>3</sup> de derechos de uso de agua otorgado. Esto es mayor al volumen estimado para el estudio del año 2013 con 49 717.97 hm<sup>3</sup>.

**Cuadro 4.7. Demanda de agua nacional por AAA y tipo de uso, 2015**

AAA	CANTIDAD DERECHOS	VOLUMEN TOTAL (hm <sup>3</sup> )	VOLUMEN (hm <sup>3</sup> )			VOLUMEN POR TIPO DE USO (hm <sup>3</sup> )									
			CONSUMTIVO	NO CONSUMTIVO	AGRARIO	ACUÍCOLA	ENERGÉTICO	INDUSTRIAL	MINERO	PECUARIO	POBLACIONAL	RECREATIVO	TURÍSTICO	TRANSPORTE	OTROS
Caplina - Ocoña	58 835	3280.02	2860.46	419.56	1988.11	1.64	399.11	447.06	177.89	0.00	247.40	0.29	0.21	0.22	18.09
Chaparra - Chincha	25 805	743.47	742.24	1.24	647.84	0.00	0.00	60.66	6.39	0.46	26.89	0.01	0.02	0.00	1.21
Cañete - Fortaleza	45 064	12 256.39	2842.82	9413.57	1747.36	10.93	9354.02	103.95	30.75	0.06	960.70	2.55	0.00	0.08	45.99
Huarmey - Chicama	39 934	5438.70	2052.20	3386.49	1837.92	32.96	3349.39	89.85	10.91	0.10	113.43	0.44	0.15	0.30	3.25
Jequetepeque - Zarumilla	199 873	7433.30	4862.78	2570.52	4147.82	220.45	2342.67	612.67	1.03	0.21	101.05	0.29	0.00	0.05	7.06
Marañón	4369	1022.40	375.94	646.46	198.76	11.33	632.16	8.93	82.68	0.00	85.56	0.00	0.08	0.59	2.31
Amazonas	930	167.83	156.76	11.06	81.56	8.65	0.00	3.04	0.03	0.00	72.14	0.05	2.30	0.00	0.06
Huallaga	1874	1021.46	754.80	266.66	580.51	13.62	243.85	2.62	0.12	0.00	171.55	1.70	0.45	0.00	7.05
Ucayali	2405	299.71	216.65	83.06	64.18	1.05	78.07	5.33	14.95	0.39	131.81	0.35	0.97	0.00	2.61
Mantaro	28 426	9245.35	670.23	8575.13	256.80	110.44	8462.97	45.23	101.97	0.00	266.23	0.33	0.00	0.00	1.38
Pampas - Apurímac	3185	12 211.09	7926.48	4284.61	7796.02	62.21	4221.59	5.20	77.45	0.00	47.80	0.03	0.00	0.00	0.78
Urubamba - Vilcanota	1623	2026.58	240.23	1786.35	11826	10.41	1775.24	1.85	63.32	0.00	56.80	0.02	0.18	0.00	0.49
Madre de Dios	781	731.63	32.50	699.12	4.51	63.92	634.14	1.44	11.90	0.00	14.66	0.84	0.00	0.04	0.19
Titicaca	2740	203.87	193.19	10.68	153.36	10.67	0.00	0.77	9.10	0.00	29.96	0.00	0.00	0.00	0.00

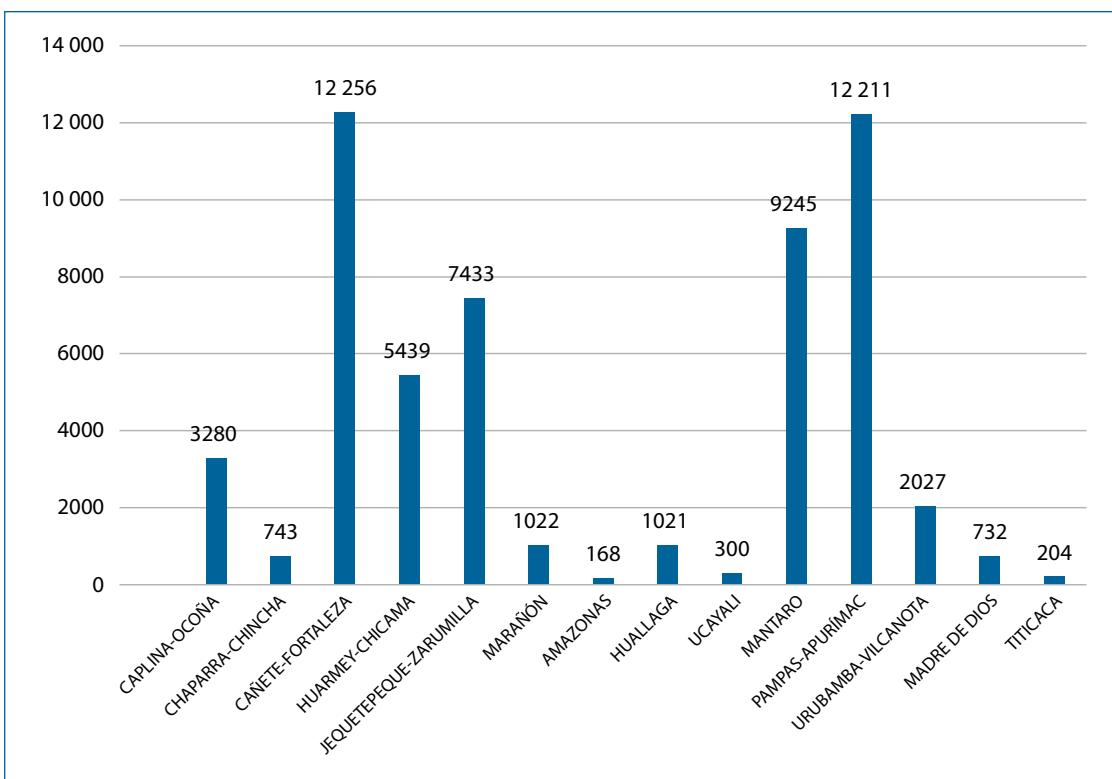
Fuente: ANA, 2015.

La AAA Jequetepeque-Zarumilla otorgó el mayor número de derechos de uso de agua en el país, se trata de 199 873 licencias con un volumen total de 7433.30 hm<sup>3</sup>. La AAA Caplina-Ocoña otorgó 58 835 y la AAA Cañete-Fortaleza, 45 064 derechos de uso de agua con un total de 12 256.39 hm<sup>3</sup> de agua.

**Figura 4.9. Número de derechos de uso de agua otorgados nacional por AAA, 2015**

Fuente: ANA, 2015. Elaboración propia.

La AAA que otorgó menor volumen de agua fue la AAA Amazonas. De la **Figura 4.9** se desprende que la AAA Cañete Fortaleza, circunscripción ubicada en la franja desértica del Perú, otorga más volumen de agua que la AAA Amazonas, región que cuenta con mayor disponibilidad del recurso. Esta diferencia se debe a la demanda poblacional, industrial y agrícola.

**Figura 4.10. Volumen de agua otorgado por ámbito de AAA, 2015 ( $\text{hm}^3$ )**

Fuente: OSNIRH - ANA, 2017.

## 4.2. Balance hídrico

Para esbozar la problemática de cada demarcación hidrográfica, es esencial conocer el balance entre los **recursos hídricos** en régimen natural y las **demandas** consuntivas para cada Autoridad Administrativa del Agua (AAA). De este modo se puede determinar, si son excedentarias o deficitarias, y se pueden plantear de mejor manera, las medidas apropiadas para solucionar los problemas detectados.

De acuerdo al balance hídrico del Plan Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), la AAA Cháparra-Chincha presenta un déficit de agua con 925 hm<sup>3</sup>/año. Los entes reguladores que podrían presentar un déficit en los próximos años serían las AAA de Cañete-Fortaleza y AAA de Huarmey-Chicama.

**Cuadro 4.8. Balances hídricos entre recursos y demandas consuntivas: Situación 2012**

AAA	DEMANDAS CONSUNTIVAS (hm <sup>3</sup> /año)						RECURSOS HÍDRICOS NATURALES (hm <sup>3</sup> /año)			BALANCE HÍDRICO (hm <sup>3</sup> /año)	
	AGRÍCOLA	POBLACIONAL	INDUSTRIAL	OTRAS	TOTAL PARCIAL	TOTAL ACUMULADO	PROPIOS	TRASVASES	PARCIAL		
I. Caplina-Ocoña	3027	162	6	102	3297	3297	7569		7569	7569	4272
II. Cháparra-Chincha	3601	79	9	3	3691	3691	2655	111	2766	2766	-925
III. Cañete-Fortaleza	3317	1057	44	48	4465	4465	6500	195	6695	6695	2230
IV. Huarmey-Chicama	2893	189	8	8	3098	3 098	6216		6216	6216	3118
V. Jequetepeque-Zarumilla	6204	292	104	2	6602	6602	11 196	644	11 840	11 840	5238
VI. Marañón	576	89	54	52	771	771	118 224	-644	117 580	117 580	116 809
VII. Amazonas	0	47	3	2	53	3 687	708 024		708 024	1 560 485	1 556 798
VIII. Huallaga	687	87	1	33	808	808	147 451		147 451	147 451	146 643
IX. Ucayali	63	68	4	5	140	2 055	460 797		460 797	587 430	585 375
X. Mantaro	787	96	0	30	912	912	14013	-195	13 818	13 818	12 906
XI. Pampas-Apurímac	384	36	0	9	429	429	31 511	-111	31 400	31 400	30 971
XII. Urubamba-Vilcanota	515	58	1	1	574	574	81 415		81 415	81 415	80 841
XIII. Madre de Dios	6	13	15	47	80	80	333 791		333 791	333 791	333 711
XIV. Titicaca	1107	47	0	6	1160	1160	6259		6259	6259	5099
<b>TOTAL (hm<sup>3</sup>/año)</b>	<b>23 166</b>	<b>2320</b>	<b>249</b>	<b>346</b>	<b>26 081</b>		<b>1935 621</b>	<b>0</b>	<b>1935 621</b>		

Fuente: Plan Nacional de Recursos Hídricos 2013 de la ANA.

El siguiente cuadro nos muestra las acciones hidráulicas que son necesarias para poder afrontar la demanda de agua en las respectivas AAA principalmente en la región hidrográfica del Pacífico, caracterizado por ser una región desértica. Entre las principales medidas recomendadas por la Estrategia Nacional de Recursos Hídricos del Perú, están la implementación de sistemas de embalses y trasvases, específicamente en el ámbito de las AAA de Caplina-Ocoña, Cháparra-Chincha, Cañete-Fortaleza y Huarmey-Chicama. De estas cuatro AAA la de Cháparra Chincha requiere de infraestructura hidráulica para compensar 1639.4 hm<sup>3</sup> de agua, siendo la más significativa respecto a las demás AAA.

**Cuadro 4.9. Cuencas con necesidad de recursos adicionales o regulación de los propios**

Nº DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS	UNIDAD HIDROGRÁFICA	INFRAESTRUCTURA NECESARIA	VOLUMEN NECESARIO (hm <sup>3</sup> )
<b>AAA I. Caplina-Ocoña</b>			
14	Ático	Embalse	0.5
5	Sama	Embalse y trasvase	54
4	Caplina	Embalse y trasvase	94
3	Hospicio	Embalse y trasvase	39
<b>Total AAA I</b>			<b>187.5</b>
<b>AAA II. Cháparra-Chincha</b>			
24	San Juan	Embalse y trasvase	31
23	Pisco	Embalse	336
22	Ica	Embalse y trasvase	866
21	Grande	Embalse y trasvase	148
20	Acarí	Embalse	125
19	Yauca	Embalse	133
17	Chala	Embalse	0.4
<b>Total AAA II</b>			<b>1639.4</b>
<b>AAA III. Cañete-Fortaleza</b>			
37	Fortaleza	Embalse	34
34	Huaura	Embalse y trasvase	183
32	Chillón	Embalse y trasvase	102
30	Lurín	Embalse y trasvase	97
29	Chilca	Embalse	1
<b>Total AAA III</b>			<b>417</b>
<b>AAA IV. Huarmey-Chicama</b>			
39	Culebras	Embalse y trasvase	22
<b>Total AAA IV</b>			<b>22</b>
<b>TOTAL PERÚ (hm<sup>3</sup>)</b>			<b>2265.90</b>

Fuente: Plan Nacional de Recursos Hídricos 2013 de la ANA.





5

# EL VERTIMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES



# V. EL VERTIMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES

Es importante señalar que toda comunidad genera residuos, tanto sólidos como líquidos. Para Metcalf & Eddy (1995), el agua residual se define como "*la combinación de los residuos líquidos, o aguas portadoras de residuos, procedentes tanto de residencias como de instituciones públicas y establecimientos industriales y comerciales, a los que pueden agregarse, eventualmente, aguas subterráneas, superficiales y pluviales*".

Una vez tratadas las aguas residuales se pueden reutilizar, o reintroducir en el ciclo hidrológico por evacuación al medio ambiente, este sería el primer paso de un proceso de reutilización indirecto a largo plazo. Los métodos de evacuación más comunes son: vertido y dilución en aguas del medio ambiente.

En el Perú, el vertimiento de las aguas residuales tratadas se entiende como la descarga de un efluente residual tratado sobre un cuerpo natural de agua continental (río, quebradas, lagos, lagunas) o marítima (mar); de acuerdo al Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos se excluye como agua residual a las provenientes de las naves y artefactos navales.

De otro lado, un concepto sencillo del agua residual la describe como aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades antropogénicas que tienen que ser vertidas a un cuerpo natural de agua o reusadas; y que, por sus características de calidad, requieren de un tratamiento previo. Todo vertimiento de agua residual en una fuente natural de agua requiere de autorización de vertimiento de parte de la ANA.

Como se precisa de la **Tabla 5.1**, y conforme a los registros de autorizaciones de vertimiento otorgados por la Autoridad Nacional del Agua<sup>18</sup>, anualmente, se vierte sobre los cuerpos de agua 433.68 hm<sup>3</sup>/año en promedio. Siendo los sectores minería, saneamiento y energía, los que emiten mayor descarga de agua residual tratada, con 55%, 34.86% y 6.97%, respectivamente.

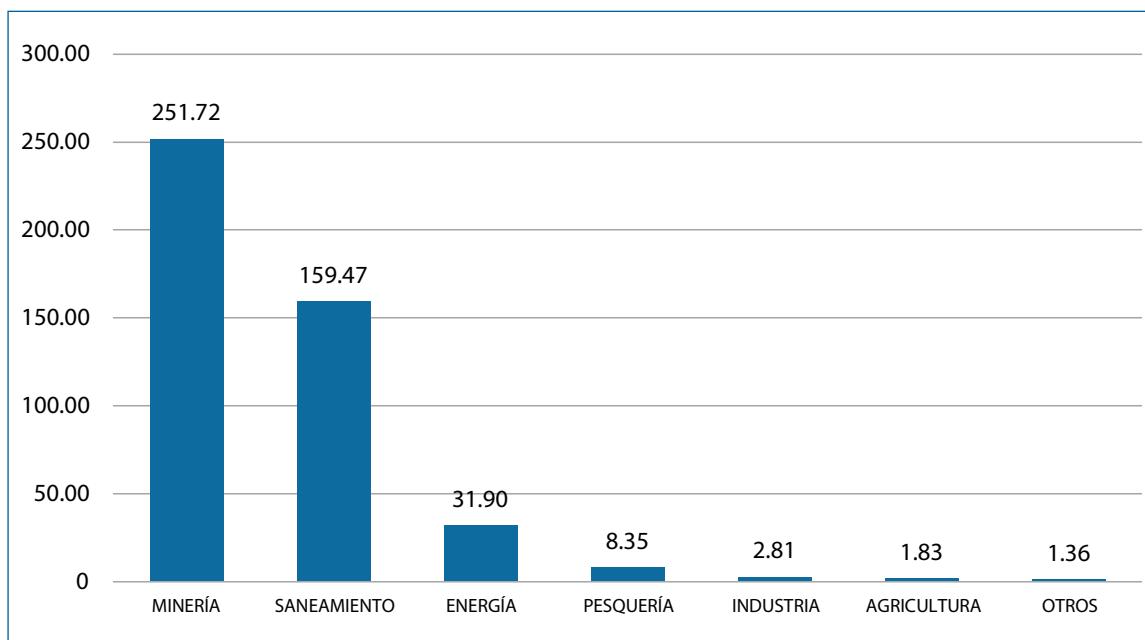
**Tabla 5.1. Promedio anual hm<sup>3</sup>/año de descarga anual de aguas residuales tratadas en el Perú**

SECTOR	VERTIMIENTO PROMEDIO HM <sup>3</sup> /AÑO	PORCENTAJE (%)
Minería	251.72	55.03
Saneamiento	159.47	34.86
Energía	31.90	6.97
Pesquería	8.35	1.83
Industria	2.81	0.62
Agricultura	1.83	0.40
Otros	1.36	0.30

Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

<sup>18</sup> El cálculo del promedio anual corresponde a los años 2010-2016. Si bien se contó con registros de los años 2009 y 2017 estos estaban incompletos, es decir los registros del año 2009 solo corresponden a tres meses desde el 30 de octubre al 15 de diciembre de 2009 con 14 valores, lo mismo sucedió con los registros del año 2017 cuyos registros son desde el 5 de enero al 23 de febrero con 42 datos por lo que no completan el periodo de un año para ser considerados en el promedio anual. Sin embargo, para efectos se suma total, en las secciones siguientes se consideran todos los valores como detalle de información.

**Figura 5.1. Promedio anual (hm<sup>3</sup>/año) de aguas residuales tratadas, autorizadas para su vertimiento en el Perú, por sector**



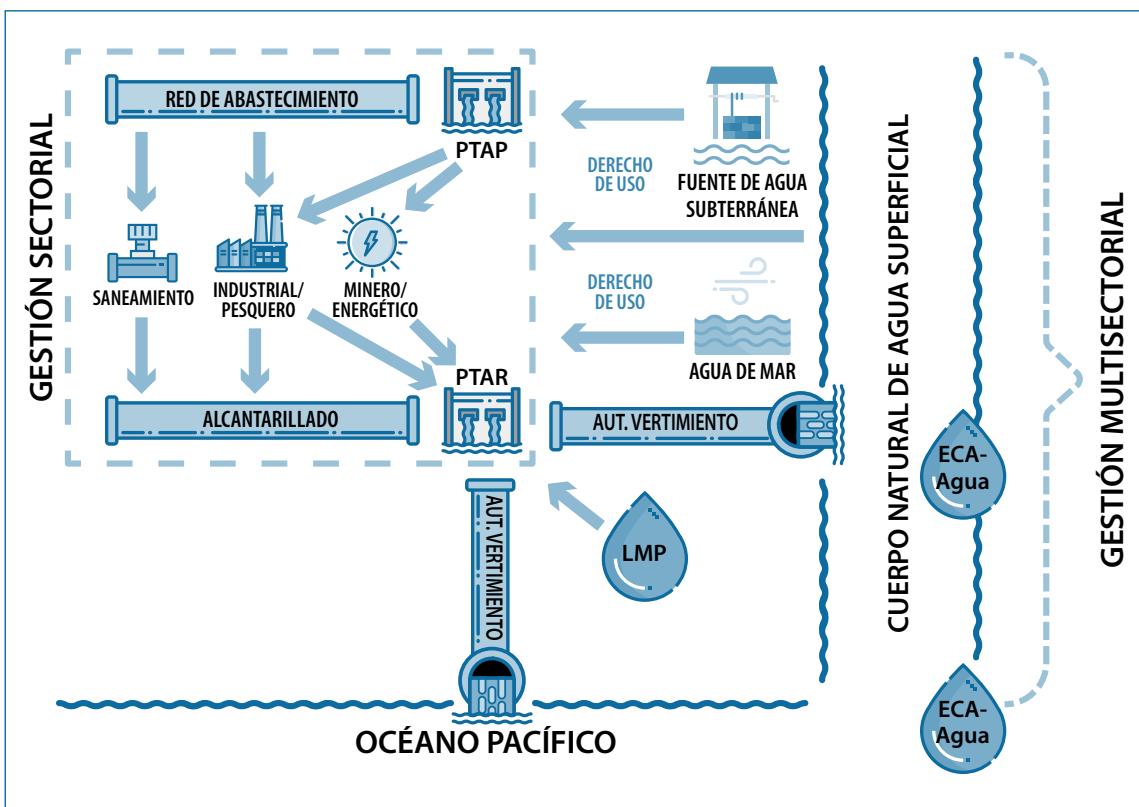
Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

El tránsito del agua en las actividades económicas se inicia desde su captación en la fuente natural, superficial o subterránea (también denominados como agua fresca); para su empleo es necesario contar con un derecho de uso de agua. En determinadas industrias se realiza un tratamiento y/o potabilización previa a su empleo. Luego, el agua camina hacia su uso poblacional o actividad industrial, saneamiento, minero o energético; según sea el caso.

El agua residual es producto de su combinación con diferentes insumos y reactivos en los procesos para la obtención de un bien. Se clasifican en aguas residuales domésticas o industriales. Para una gestión eficiente de las mismas, se puede determinar dos caminos: i) Ser tratadas antes de ser vertida a un cuerpo natural y ii) Ser reusadas para algún uso alternativo en particular o recirculada dentro del proceso industrial mismo.

De ser vertida a un cuerpo natural se requerirá de una autorización. Ver la figura siguiente que esquematiza la generación del vertimiento.

Figura 5.2. Esquema de la generación del vertimiento



Fuente: ANA, 2012.

## 5.1. De la Autorización de Vertimiento

De acuerdo a la LRH, para realizar algún tipo de vertimiento (de carácter industrial, doméstica o municipal) es necesario contar con un permiso o autorización de la DGCRH de la ANA.

### A. De las condiciones para el otorgamiento del vertimiento

El Reglamento de autorización de vertimientos de la ANA, aprobado con Resolución Jefatural N° 224-2013-ANA, y su modificatoria, establece condiciones previas que debe cumplir el efluente residual tratado antes de ser vertido sobre el cuerpo receptor:

Que:

- Las aguas residuales sean sometidas a un tratamiento previo, que permitan el cumplimiento de los límites máximos permisibles (LMP)<sup>19</sup>.

19 La Ley General del Ambiente, Ley N° 28611, en su artículo 32.1, define el Límite Máximo Permisible de la siguiente manera: (...) Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por la respectiva autoridad competente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos (...)".

- b. No se transgredan los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua)<sup>20</sup> en el cuerpo receptor, según las disposiciones que dicte el MINAM para su implementación.
- c. Las condiciones del cuerpo receptor permitan los procesos naturales de purificación.
- d. No se cause perjuicio a otro uso en cantidad o calidad del agua.
- e. No se afecte la conservación del ambiente acuático.
- f. Se cuente con el instrumento ambiental aprobado por la autoridad ambiental sectorial competente.
- g. Su lanzamiento submarino o subacuático, con tratamiento previo, no cause perjuicio al ecosistema y otras actividades lacustre, fluviales o marino costeras, según corresponda.

## B. De los requisitos para efectuar el vertimiento del agua residual tratada

Como requisitos establecidos para el otorgamiento de la autorización de vertimiento, se señalan:

1. Solicitud dirigida al Director de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos.
2. Copia del acto administrativo de aprobación del Instrumento Ambiental correspondiente, emitido por la autoridad sectorial competente.
3. Instrumento ambiental (parte pertinente) o evaluación ambiental del efecto del vertimiento en el cuerpo receptor, suscrita por ingeniero colegiado y habilitado que incluya el cálculo de la carga y dilución en el cuerpo receptor, la extensión de la zona de mezcla y los impactos en los ecosistemas acuáticos en la zona de mezcla.
4. Memoria Descriptiva del sistema de tratamiento de aguas residuales, y dispositivo de descarga, incluyendo el proceso industrial, diagrama de flujo, balance hídrico anual, balance de materia prima e insumos, firmado por ingeniero sanitario, civil o ambiental, colegiado y habilitado.
5. Copia de los Planos del sistema de tratamiento de aguas residuales y dispositivo de descarga, firmado por ingeniero sanitario, civil o ambiental, colegiado y habilitado.
6. Manual de Operación y Mantenimiento del Sistema de Tratamiento de aguas residuales, firmado por el profesional responsable colegiado y habilitado.
7. Ficha de Registro para la autorización de vertimiento de aguas residuales tratadas, suscrita por ingeniero colegiado y habilitado, que incluya entre otros, la caracterización de las aguas residuales a verter, y del cuerpo receptor, según Anexo 4 del Reglamento, incluyendo los reportes de ensayos del cuerpo receptor, cuando corresponda, emitidos por laboratorio acreditado por INACAL<sup>21</sup>.
8. Compromiso de pago por derecho de inspección ocular, según formulario.
9. Pago por derecho de trámite.

<sup>20</sup> De acuerdo a la Ley General del Ambiente, Ley N° 28611, en su artículo 31, el Estándar de Calidad: "Es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente (...)".

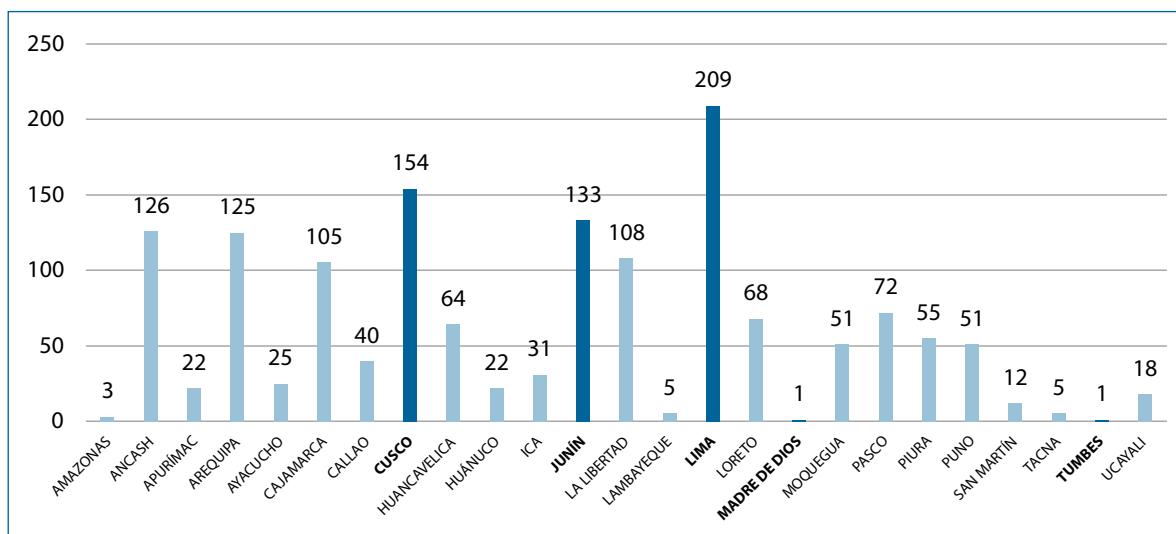
<sup>21</sup> El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es un organismo público técnico especializado, adscrito al Ministerio de la Producción, responsable de la normalización, acreditación y la metrología en el país reemplazando las veces que realizaba el INDECOPI.

## C. Del número de Autorizaciones de Vertimiento en el Perú

La Dirección de Gestión de Calidad de Recursos Hídricos (DGCRH) de la ANA, entidad responsable de otorgar las autorizaciones de vertimiento de aguas residuales tratadas, registra entre el 30 de octubre de 2009 hasta la fecha de corte del presente informe, 23 de febrero de 2017, un total de **1506** vertimientos autorizados.

El departamento de Lima, capital del Perú, cuyo río principal es el Rímac, abastece a más de 8 millones de habitantes<sup>22</sup>, presenta el mayor número de vertimientos autorizados, ascendiendo a 209<sup>23</sup>. Le siguen los departamentos de Cusco y Junín con 154 y 133 autorizaciones, respectivamente. Las regiones con menor número de vertimientos son Tumbes y Madre de Dios cada una con una autorización, según se puede observar en la gráfica siguiente.

**Figura 5.3. Número de autorizaciones de vertimiento 2009-2017 otorgadas por departamento**



Fuente: ANA, 2017.

Si bien el análisis del número de autorizaciones de vertimiento por departamento nos permite saber, cuántas autorizaciones se han otorgado, dentro de dichas circunscripciones políticas; en términos de cuenca, cambia el enfoque de análisis para el número de autorizaciones de vertimiento, dado que, un río (unidad principal de la cuenca hidrográfica) integra, por lo general, dos o más departamentos. Por tal razón, podemos observar que la cuenca hidrográfica del Mantaro<sup>24</sup> (que transita por cuatro departamentos) presenta el mayor número de vertimientos (186 autorizaciones); seguido por la cuenca del Urubamba (123 autorizaciones).

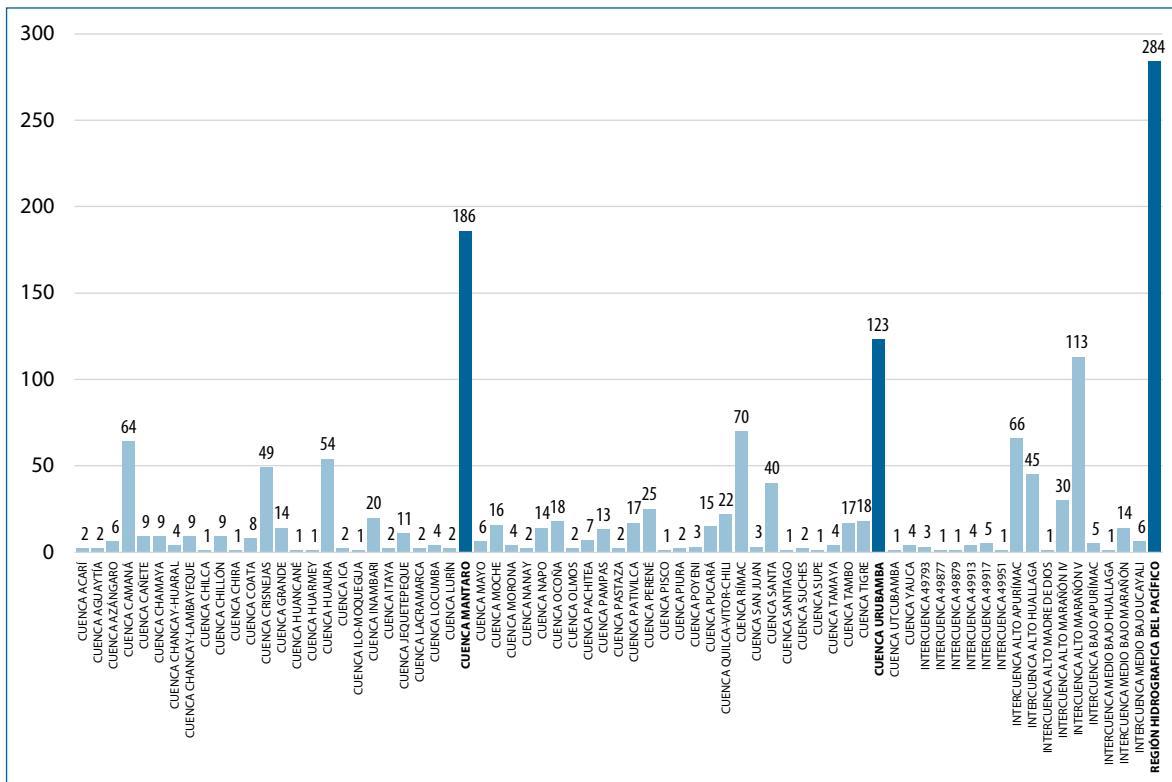
Es importante señalar que la figura siguiente muestra 284 vertimientos otorgados, correspondientes a la región hidrográfica del Pacífico. Esta región corresponde al mar peruano desde Tumbes a Tacna, siendo el cuerpo marino con mayor número de vertimientos autorizados.

22 De acuerdo a la SUNASS la empresa SEDAPAL, principal entidad responsable de dotar de agua potable a la ciudad de Lima, brinda servicios de conexión al 41.9% del total de las reguladas en el Perú, es decir más de 1 000 000 conexiones de agua potable.

23 El departamento de Lima de acuerdo a los registros de la DGCRH-ANA está constituida por 10 cuencas en las cuales se han otorgado 148 vertimientos: Cañete (9), Chancay-Huaral (4), Chilca (1), Chillón (4), Huaura (50), Lurín (2), Mantaro (2), Pativilca (7), Rímac (68) y Supe (1). Asimismo, en los cuerpos marinos (mar) adyacente al departamento de Lima se han otorgado 61 vertimientos, sumando en total 209.

24 En términos de sectores productivos que cuentan con autorización de vertimiento en la cuenca del Mantaro son: energía (11), minería (174) y saneamiento (1).

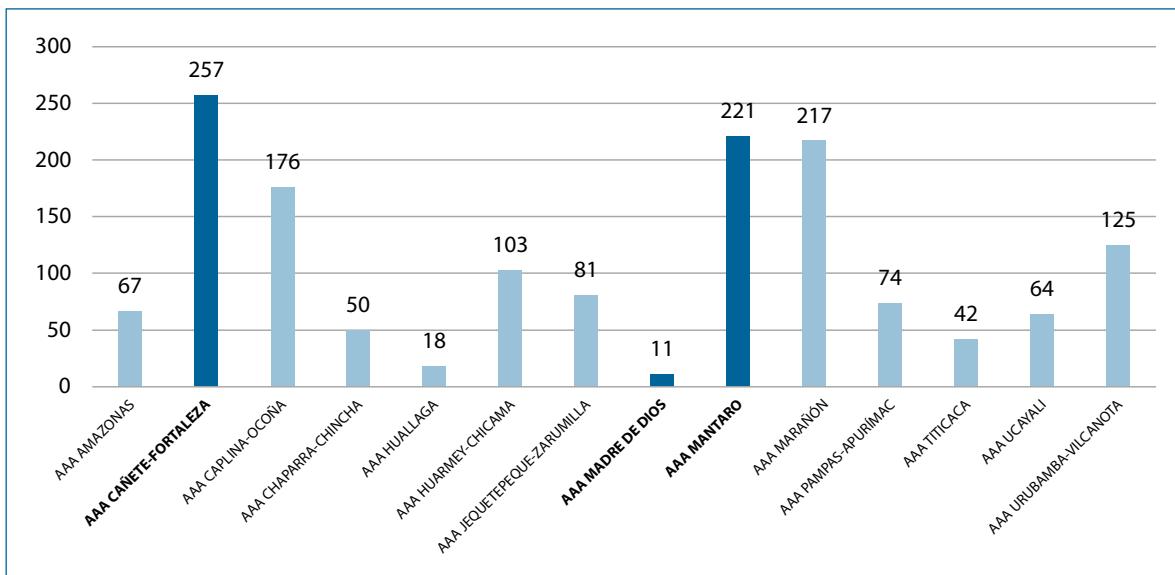
Figura 5.4. Autorizaciones de vertimiento por cuencas hidrográficas 2009-2017



Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

En términos del ámbito de las Autoridades Administrativas del Agua, la AAA Cañete-Fortaleza, hasta el año 2017, otorgó 257 autorizaciones de vertimiento, lo que constituye el mayor número de autorizaciones de vertimiento de agua otorgadas. Le sigue la AAA Mantaro con 221. Cabe mencionar que la AAA Madre de Dios registra el más bajo número de autorizaciones de vertimiento con 11.

Figura 5.5. Autorizaciones de vertimiento por AAA 2009-2017



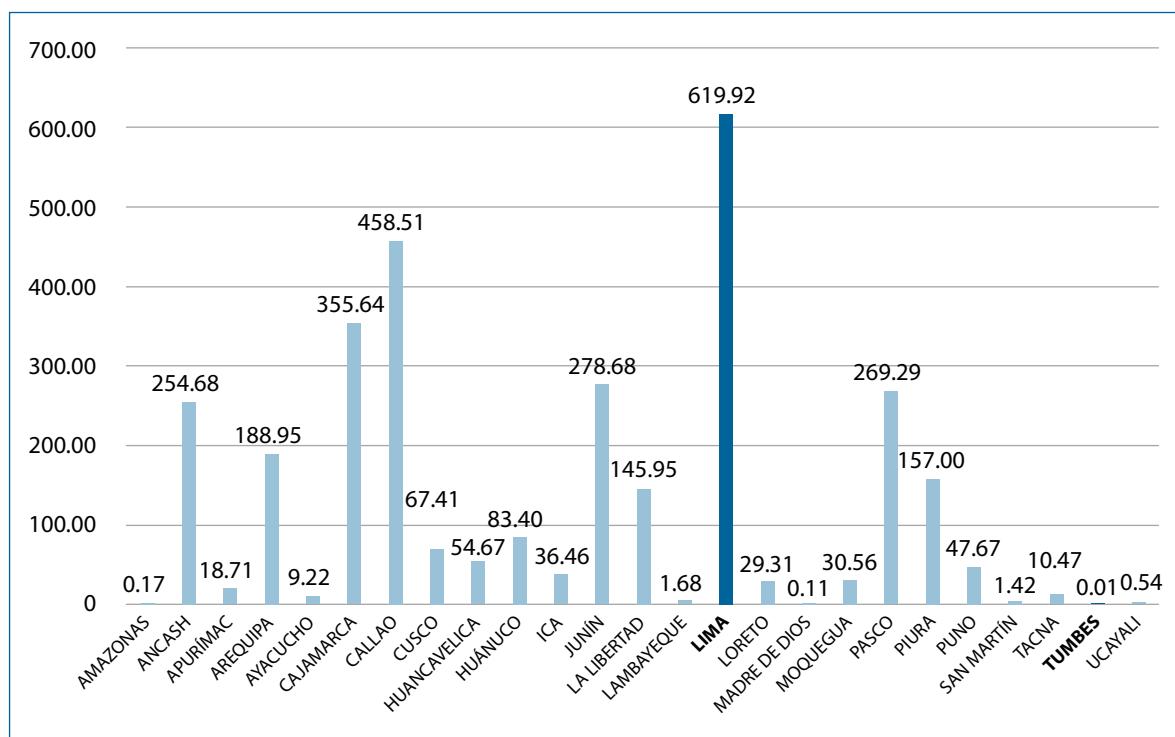
Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

## D. Del volumen de vertimiento autorizado

Como parte de la gestión integral del agua, resulta importante señalar que, administrativamente, es necesario conocer el número de autorizaciones de vertimiento a fin de conocer su ubicación, integrarlas de manera espacial y realizar el seguimiento y supervisión, correspondiente. Asimismo, es importante conocer el volumen de vertimiento autorizado, esto nos permitirá realizar un análisis integral del agua, y acumular variables objetivas para un mejor análisis de la carga de agentes químicos, físico-químicos, biológicos, etc., que impactan en el cuerpo receptor, a largo plazo.

Anotamos que, el volumen total de agua autorizada para su vertimiento entre 2009 y 2017 asciende a 3120 hectómetros cúbicos ( $\text{hm}^3$ ). El departamento de Lima registra el mayor volumen de agua vertida, cerca de  $620 \text{ hm}^3$ , y el departamento de Tumbes presenta el más bajo volumen de agua vertida, llegando apenas al  $0.01 \text{ hm}^3$ , como se aprecia en la figura siguiente:

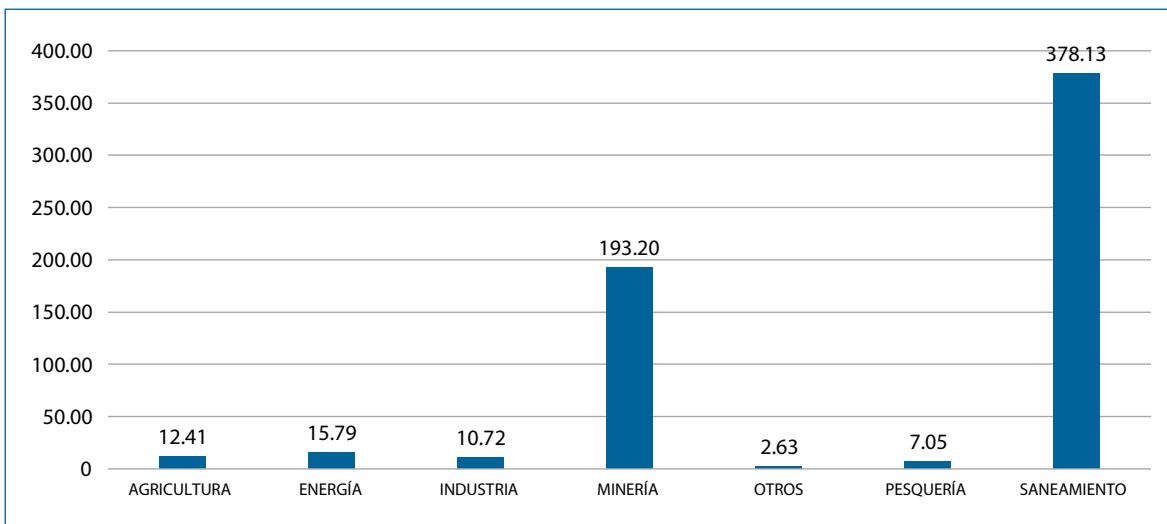
**Figura 5.6. Volumen total ( $\text{hm}^3$ ) de agua vertida por departamento 2009-2017**



Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

En el caso del departamento de Lima, hemos profundizado nuestro análisis debido al alto volumen de agua autorizada para su vertimiento, encontrando que el sector responsable es saneamiento, cuyo volumen asciende a más de  $378 \text{ hm}^3$ , representando el 61% respecto a los siete sectores que cuentan con autorización de vertimiento. Le sigue la actividad minera con más de  $193 \text{ hm}^3$ , equivalente al 31%, como se aprecia en la figura a continuación:

**Figura 5.7. Sector que mayor volumen de agua residual tratada vierte en el departamento de Lima 2009-2017 (hm<sup>3</sup>)**



Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

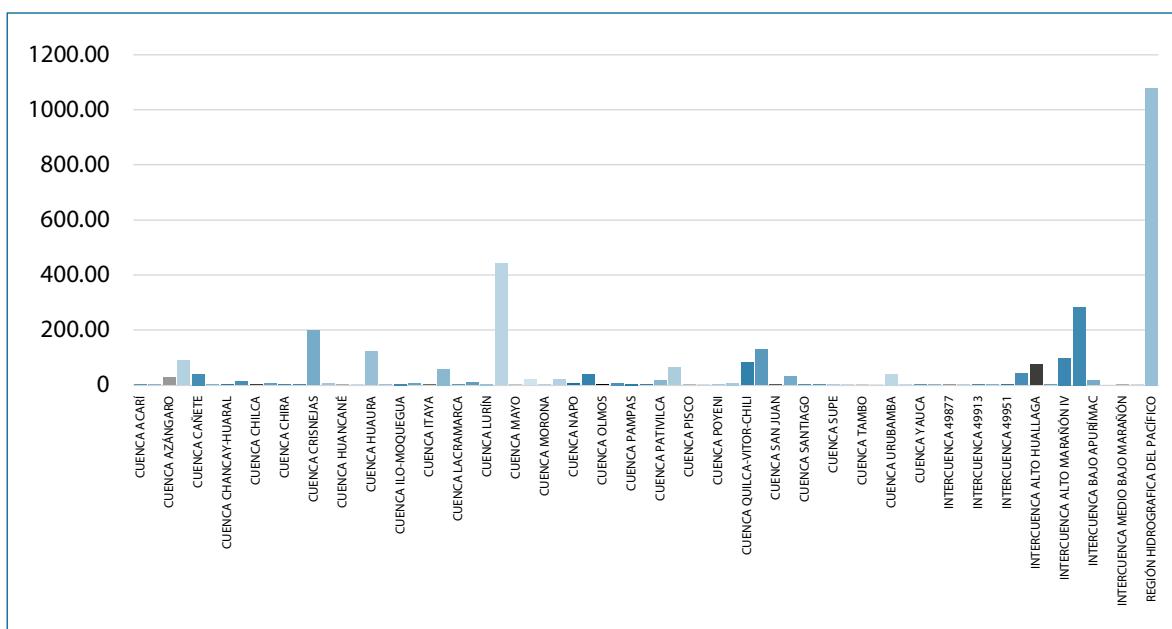
De un análisis más específico, del sector saneamiento, encontramos que la empresa con mayor volumen de agua residual vertida en el departamento de Lima es la Concesionaria la Chira SA con más de 356 hm<sup>3</sup>, equivalente a más del 94% respecto a las cinco empresas que cuentan con su autorización de vertimiento. Le sigue la empresa Concesionaria Desaladora del Sur SA con 14 hm<sup>3</sup> que representa cerca del 4%, como se advierte la tabla siguiente:

**Tabla 5.2. Empresas del sector saneamiento que vierten sus aguas residuales en el departamento de Lima**

EMPRESA	VOLUMEN VERTIDO (hm <sup>3</sup> )	PORCENTAJE (%)
Concesionaria Desaladora del Sur SA	14.09	3.73%
Concesionaria La Chira SA	356.36	94.24%
Consorcio Agua Azul SA	1.12	0.30%
Municipalidad Distrital de Santo Domingo de Los Olleros	0.05	0.01%
Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL)	6.51	1.72%
<b>TOTAL</b>	<b>378.13</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

Por otro lado, en términos de cuencas hidrográficas, más del 34 % de agua residual tratada (equivalente a un total de 1080 hm<sup>3</sup>) se vierten al mar, es decir en la región hidrográfica del Pacífico.

**Figura 5.8. Volumen total (hm<sup>3</sup>) de agua vertida por cuenca hidrográfica 2009-2017**

Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

## E. Los sectores productivos y el vertimiento

En términos de sectores productivos, de acuerdo al registro 2009-2017 de la ANA, el sector **minero** vierte el mayor volumen de agua residual tratada en el país, con un total de 1835.87 hm<sup>3</sup>, representando el 59% del volumen total acumulado dentro de dicho periodo. Le siguen: el sector **saneamiento** con 960.89 hm<sup>3</sup>, equivalente al 31%; y la actividad **energética** con 224 hm<sup>3</sup>, (7%).

Por su parte el sector **pesquero** con 59.05 hm<sup>3</sup>, representa el 2% del volumen total de vertimiento autorizado. Cabe mencionar que en el sector agricultura se vierte menor volumen de agua residual tratada, con un total de 15 hm<sup>3</sup>. El sector denominado "otros" cuenta con una autorización de vertimiento de 3 hm<sup>3</sup>, equivalente al 0.09%. Tales actividades son proyectos de infraestructura vial, así como agua de descarga de Fénix Power, como se aprecia en la tabla y figura siguientes.

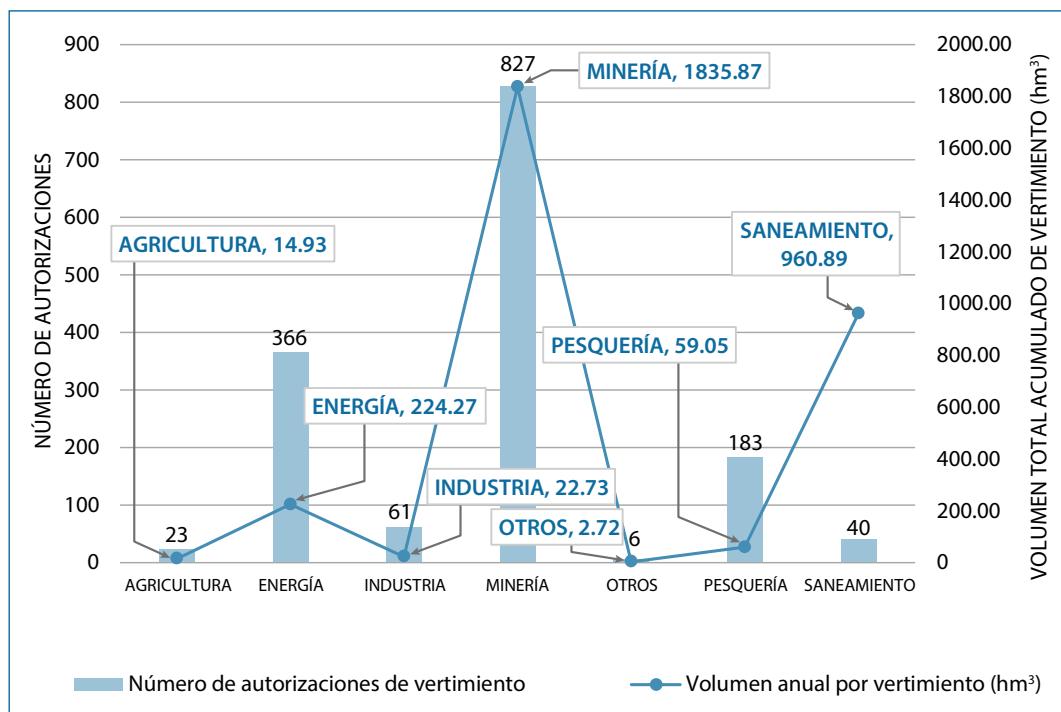
**Tabla 5.3. Porcentajes de vertimiento de aguas residuales tratadas según sector**

SECTORES	VERTIMIENTO TOTAL ACUMULADO 2009-2017 (hm <sup>3</sup> )	%
Minería	1835.87	58.83%
Saneamiento	960.89	30.79%
Energía	224.27	7.19%
Pesquería	59.05	1.89%
Industria	22.73	0.73%
Agricultura	14.93	0.48%
Otros	2.72	0.09%

Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia

La siguiente figura nos muestra a detalle, la correlación entre el número de autorizaciones de vertimiento y el volumen autorizado de vertimiento del agua residual tratada. El sector minero presenta una relación directa entre autorizaciones otorgadas y volumen de vertimiento, a diferencia del sector **saneamiento** donde el volumen significativo de vertimiento no está en relación directa con las autorizaciones de vertimiento. Lo que implica que, no necesariamente, a un mayor número de autorizaciones le corresponda mayor volumen de agua vertida.

**Figura 5.9. Autorizaciones de vertimiento comparadas con volumen total (hm<sup>3</sup>) de agua residual vertida por sectores 2009-2017**



Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

## F. De los tipos de aguas residuales generadas por sectores

Del registro de vertimiento se distinguen principalmente cuatro (4) tipos de efluentes vertidos, los cuales son:

### 1. Agua residual doméstica tratada

Aquellas aguas que antes de su tratamiento provienen de origen residencial, comercial, e institucional que contienen desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana (preparación de alimentos, aseo personal, etc.).

### 2. Agua residual industrial tratada

Aquellas aguas que antes de su tratamiento se originaron como consecuencia del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose las provenientes de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otras.

### 3. Agua residual minera tratada

Aquellas aguas tratadas que resultaron de los trabajos ejecutados en interior de mina y que por estar en contacto con cuerpos mineralizados adquieren características que

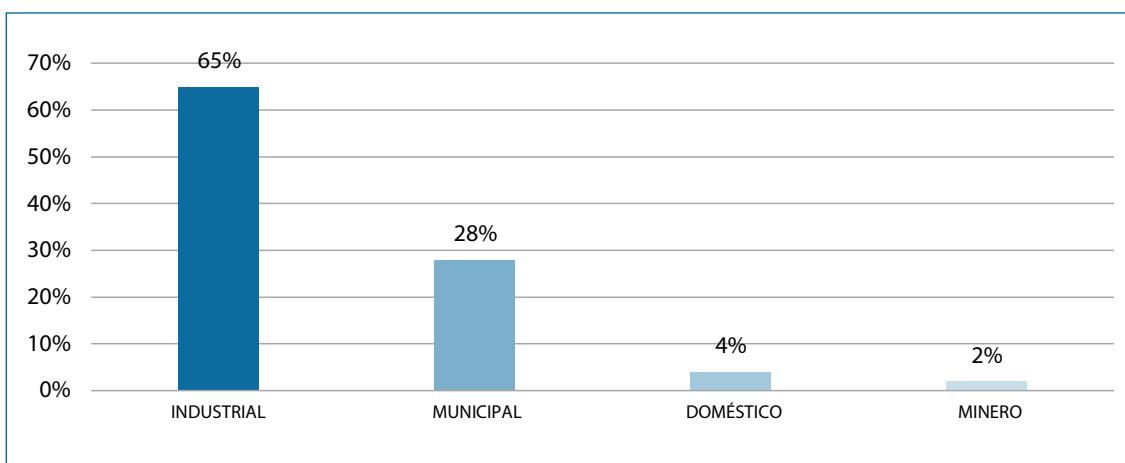
hacen necesario su tratamiento previo a su disposición final, debiéndolas considerar como aguas residuales.

#### 4. Agua residual municipal tratada

Aquellas aguas que provienen de las aguas residuales domésticas que pueden, incluir la mezcla con aguas residuales de origen industrial, siempre que estas cumplan con los requisitos para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado.

De estos cuatro tipos de aguas residuales tratadas, las de tipo industrial generan mayor volumen, representando el 65% del total descargado durante 2009-2017, es decir 2042 hm<sup>3</sup>. Le sigue el vertimiento de aguas residuales municipales, equivalente al 28%, con un volumen total de 885 hm<sup>3</sup>. Las aguas residuales de tipo doméstico y minero corresponden con 4% y 2%, respectivamente.

**Figura 5.10. Porcentaje total de aguas vertidas según su tipo**



Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia

La tabla siguiente nos precisa con mayor detalle el volumen total de agua residual tratada (ART), autorizada para su vertimiento según tipo correspondiente al periodo 2009-2017.

**Tabla 5.4. Volumen de aguas residuales tratadas según tipo**

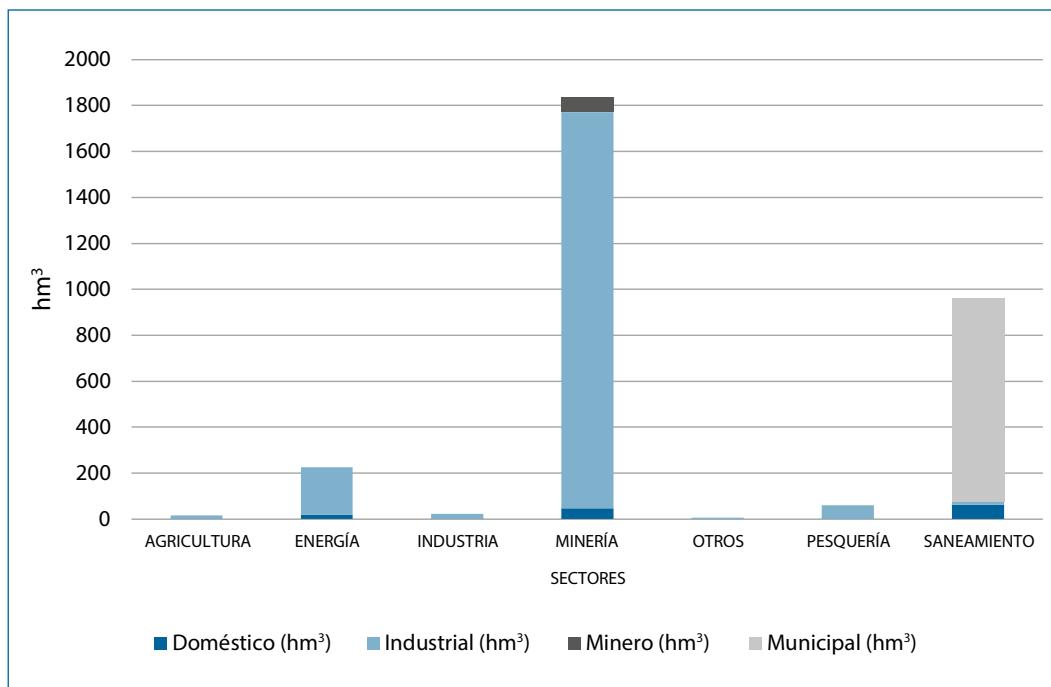
TIPO DE ART	VOLUMEN TOTAL DE ART VERTIDA (hm <sup>3</sup> ) 2009-2017	PORCENTAJE (%)
Agua residual doméstica tratada	128	4%
Agua residual industrial tratada	2042	65%
Agua residual minera tratada	65	2%
Agua residual municipal tratada	885	28%
<b>TOTAL</b>	<b>3120</b>	<b>100%</b>

Fuente: ANA, 2017. Elaboración Propia.

Advertimos que dentro de las aguas residuales industriales se incluyen también las aguas relacionadas con la actividad minera, específicamente, de aquellas que provienen de las plantas de beneficio, depósitos de desmontes. En ese sentido, líneas más adelante, realizamos un análisis específico, según el tipo de agua residual vertida y el sector correspondiente.

Como se indicó, es el sector minero el que cuenta con los más altos volúmenes de descarga de agua residual autorizada, generando tres (3) tipos de aguas residuales (industrial, minero y doméstico). El sector saneamiento (también con tres tipos de aguas residuales) integra a las aguas residuales municipales, siendo el único sector que las registra. A estos dos (2) sectores, le sigue energía que efectúa dos (2) tipos de descarga de aguas residuales (doméstico e industrial), conforme se observa en la **Figura 5.11**.

**Figura 5.11. Vertimiento por sectores y tipo de agua residual tratada 2009-2017**



Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

La siguiente tabla muestra el detalle de los vertimientos según sector y tipo.

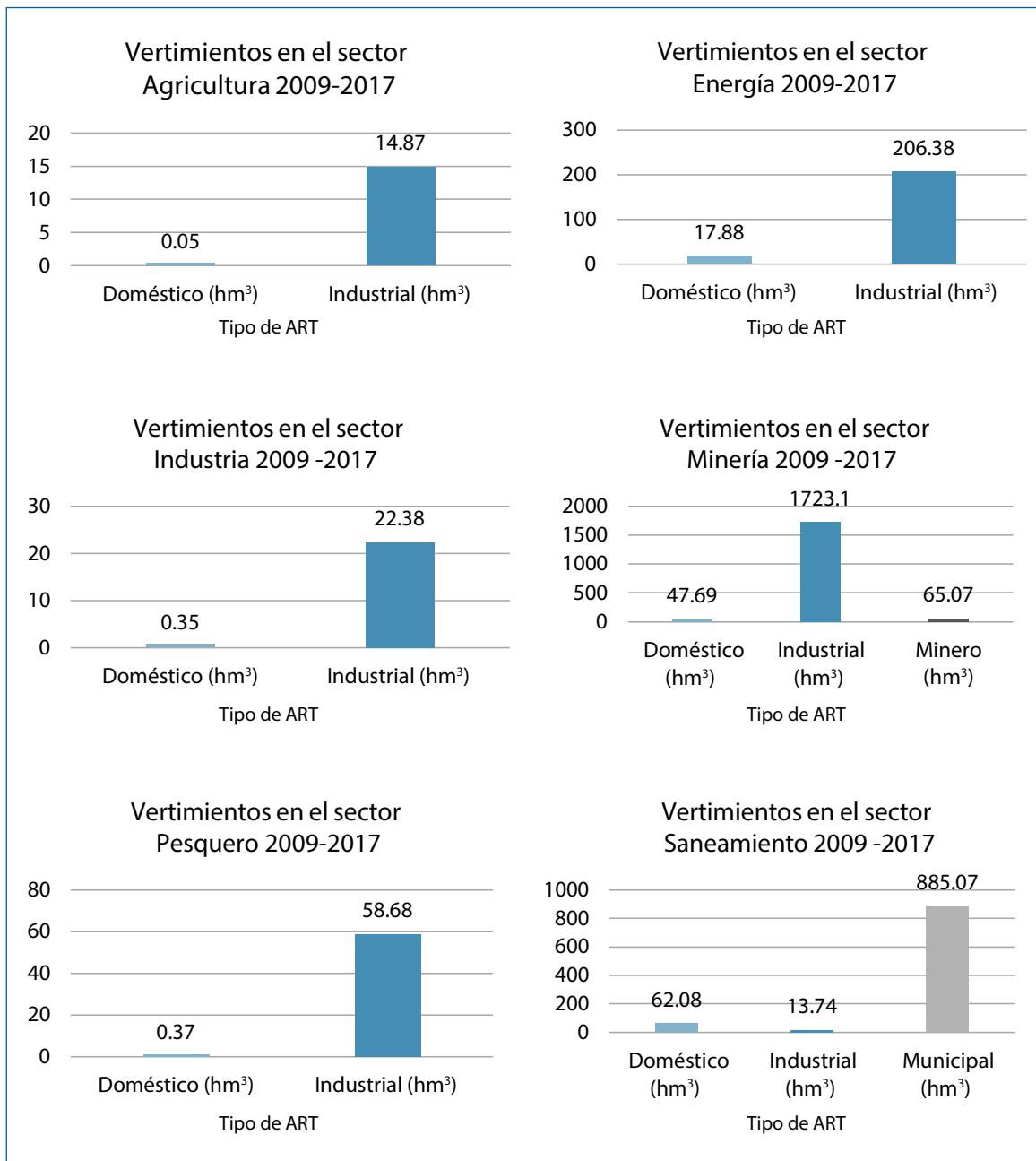
**Tabla 5.5. Tipo y volumen de agua residual tratada por sector 2009-2017**

SECTORES	VOLUMEN TOTAL DE ART VERTIDA 2009-2017 SEGÚN SECTOR Y TIPO (hm <sup>3</sup> )				
	AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA TRATADA (hm <sup>3</sup> )	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL TRATADA (hm <sup>3</sup> )	AGUA RESIDUAL MINERA TRATADA (hm <sup>3</sup> )	AGUA RESIDUAL MUNICIPAL TRATADA (hm <sup>3</sup> )	TOTAL
Agricultura	0.05	14.87			14.93
Energía	17.88	206.38			224.27
Industria	0.35	22.38			22.73
Minería	47.69	1723.1	65.07		1835.87
Otros		2.72			2.72
Pesquería	0.37	58.68			59.05
Saneamiento	62.08	13.74		885.07	960.89
<b>TOTAL</b>	<b>128.43</b>	<b>2041.88</b>	<b>65.07</b>	<b>885.07</b>	<b>3120.46</b>

Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

Un detalle más específico por sector podemos encontrar en las siguientes figuras:

**Figura 5.12. Clasificación de autorizaciones de vertimientos 2009-2017**



Fuente: ANA, 2015.

La tabla siguiente muestra el promedio anual vertido por cada tipo de agua residual y el sector correspondiente. Identificamos que, en promedio, más de 235  $\text{hm}^3$  de agua residual industrial por año son vertidos por el sector minero; seguido de las aguas residuales municipales con 147  $\text{hm}^3$  anuales.

**Tabla 5.6. Promedio anual del vertimiento (hm<sup>3</sup>/año) de ART según tipo y sector**

SECTORES	PROMEDIO ANUAL DE ART SEGÚN TIPO (hm <sup>3</sup> /año)			
	AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA TRATADA	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL TRATADA	AGUA RESIDUAL MINERA TRATADA	AGUA RESIDUAL MUNICIPAL TRATADA
Agricultura	-	1.83	-	-
Energía	2.50	29.39	-	-
Industria	0.08	2.77	-	-
Minería	6.81	235.62	10.83	-
Otros	-	1.36	-	-
Pesquería	0.12	8.30	-	-
Saneamiento	14.50	3.43	-	147.51

Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

## G. El vertimiento de los sectores sobre los cuerpos receptores

El volumen anual vertido sobre los cuerpos receptores, nos permite identificar la mayor presión de carga sobre el recurso hídrico por sector. Según los registros de vertimiento de la ANA, los principales cuerpos receptores son: mar, lagunas, quebradas y ríos. En adelante, mostramos la siguiente clasificación:

- El sector energía y saneamiento vierten significativamente sobre el cuerpo marino un volumen anual promedio de 24.41 hm<sup>3</sup> y 270.64 hm<sup>3</sup>, respectivamente. El elevado valor de vertimiento en el sector saneamiento, sobre el mar, obedece a las descargas de las aguas residuales de los colectores, a través de emisarios submarinos instalados en las regiones de Lima y Callao.
- Los sectores minero e industrial vierten sobre las lagunas, un promedio de 28.78 hm<sup>3</sup> y 0.17 hm<sup>3</sup> al año, respectivamente.
- El sector minero vierte sobre las quebradas el volumen anual de 73.86 hm<sup>3</sup>, seguido del sector saneamiento con 4.41 hm<sup>3</sup>.

En ese contexto, la descarga más significativa, sobre los ríos, se da por la actividad minera con más de 145 hm<sup>3</sup> al año. La actividad de saneamiento descarga 27.22 hm<sup>3</sup> y la energética, 5.13 hm<sup>3</sup>, ambas al año.

**Tabla 5.7. Promedio anual del vertimiento (hm<sup>3</sup>/año) de ART sobre un cuerpo receptor por sector**

CUERPO RECEPTOR	VERTIMIENTO PROMEDIO ANUAL SOBRE CUERPOS RECEPTORES POR SECTOR (hm <sup>3</sup> /año)						
	AGRICULTURA	ENERGÍA	INDUSTRIA	MINERÍA	OTROS	PESQUERÍA	SANEAMIENTO
Mar	-	24.41	1.38	4.30	1.31	8.11	270.64
Canal	-	0.03	-	-	-	-	-
Inyección	-	0.03	-	-	-	-	-
Laguna	-	-	0.17	28.78	-	-	-
Quebrada	2.54	2.34	0.51	73.86	-	-	4.41
Río	0.44	5.13	1.45	145.39	0.09	0.33	27.22

Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

## H. El vertimiento y la carga de parámetros en minería y energía

### 1. La actividad minera

El empleo de agua fresca o agua de las fuentes de agua es fundamental para los procesos metalúrgicos en general. Por ello, se dice que la calidad de agua fresca de alimentación para el proceso tiene un impacto en las operaciones unitarias minero metalúrgicas, y posteriormente en el cumplimiento de las normativas para la disposición de efluentes.

Las fuentes potenciales de descarga de contaminantes en la actividad minera provienen principalmente de:

- a. Drenaje de mina (alta concentración de metales)
- b. Operaciones durante el proceso de beneficio
  - Efluentes. Contaminantes orgánicos, inorgánicos y reactivos
  - Relaves. Niveles elevados de metales pesados y reactivos
  - Presas de agua de proceso (acumulación de agua y lixiviación)
- c. Depósitos de desechos
  - Pilas de desecho (material de desbroce y desmonte, residual lixiviación)
  - Canchas de relaves
  - Pozas de agua residual
- d. Pilas de mineral
- e. Actividad humana
  - Aguas servidas (microorganismos patógenos)
- f. Botaderos (lixiviación y transporte de desechos)

El sector priorizó el control y la regulación del vertimiento de las aguas residuales tratadas para los parámetros comúnmente característicos de la actividad, pues existe riesgo

para la salud humana y el ambiente. Los valores y parámetros se observan en la tabla de los Límites Máximos Permisibles del sector minero, aprobados por Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM.

**Tabla 5.8. Límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicas**

PARÁMETRO	UNIDAD	LÍMITE EN CUALQUIER MOMENTO	LÍMITE PARA EL PROMEDIO ANUAL
pH		6-9	6-9
Sólidos totales en suspensión	mg/L	50	25
Aceites y grasas	mg/L	20	16
Cianuro total	mg/L	1	0.8
Arsénico total	mg/L	0.1	0.08
Cadmio total	mg/L	0.05	0.04
Cromo hexavalente (*)	mg/L	0.1	0.08
Cobre total	mg/L	0.5	0.4
Hierro (disuelto)	mg/L	2	1.6
Plomo total	mg/L	0.2	0.16
Mercurio total	mg/L	0.002	0.0016
Zinc total	mg/L	1.5	1.2

(\*) En muestra no filtrada.

Fuente: MINAM, 2010.

Para la ANA, tres son los tipos de aguas residuales tratadas en el sector minero:

- Agua residual doméstica
- Agua residual industrial
- Agua residual minera

Es importante visibilizar el tipo de cuerpo receptor sobre el cual se descargan las aguas residuales. A partir de ello, se identificará el lugar con mayor presión de carga sobre el cuerpo de agua. En la **Tabla 5.7** identificamos los cuerpos de agua que reciben mayor descarga de aguas residuales del sector minero son:

- Mar
- Laguna
- Quebrada
- Río

De estos, los ríos y quebradas son los más impactados con las descargas de aguas residuales de dicho sector. En promedio, los ríos reciben 145.39 hm<sup>3</sup> y las quebradas 73.86 hm<sup>3</sup> por año. Les siguen las lagunas y el mar con 28.78 hm<sup>3</sup> y 4.30 hm<sup>3</sup> por año, respectivamente.

Analizando el vertimiento según tipo de agua residual tratada, encontramos que:

- a. El mayor volumen de agua residual doméstica se descarga sobre los ríos con 4.46 hm<sup>3</sup>/año seguido de la descarga al mar con 2.18 hm<sup>3</sup>/año.
- b. La actividad minera, generalmente, se emplaza cerca de cuerpos de agua y en cabeceras de cuenca. Muestra de ello, es que en todas las descargas se encuentran lagunas, presentes en las todas las cabeceras de cuenca. Anualmente, se vierte más de 134 hm<sup>3</sup>/año de agua residual industrial sobre los ríos, así como a las quebradas con 71.09 hm<sup>3</sup>/año.
- c. Las aguas residuales mineras provenientes de las labores subterráneas o de su contacto con el componente minero, por tajo o depósito de minerales, son vertidas sobre los ríos, quebradas y lagunas con un volumen de 7.96 hm<sup>3</sup>/año, 7.29 hm<sup>3</sup>/año y 4.97 hm<sup>3</sup>/año; respectivamente.

Consideramos que el manejo de las aguas residuales, que provienen de las actividades industriales y mineras, debe integrarse dentro del enfoque de gestión integrada de los recursos hídricos. Las aguas residuales del sector minero, sean industriales y de mina deben considerarse como una sola unidad, pues en todo momento de la actividad hay sinergia entre componentes de la planta de beneficio y labores de explotación minera.

**Tabla 5.9. Volumen anual de vertimiento por tipo de agua residual tratada sobre el cuerpo receptor**

TIPO DE AGUA RESIDUAL TRATADA / CUERPO RECEPTOR	hm <sup>3</sup> /año
<b>Aqua residual doméstica tratada</b>	
a. Mar	2.18
b. Laguna	0.01
c. Quebrada	1.73
d. Río	4.46
<b>Aqua residual industrial tratada</b>	
a. Mar	4.27
b. Laguna	27.35
c. Quebrada	71.09
d. Río	134.74
<b>Aqua residual minera tratada</b>	
a. Laguna	4.97
b. Quebrada	7.29
c. Río	7.96

Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

Un requisito para otorgar la autorización de vertimiento de aguas residuales es el cumplimiento de los LMP, sin afectar el cuerpo receptor. Este cumplimiento, no cierra la posibilidad de que exista dentro de las aguas residuales tratadas algún elemento metálico como parte del efluente. De ser el caso, es importante realizar un ejercicio que ayude a determinar la masa de agente químico que se descarga "oficialmente" sobre el cuerpo de agua, con el objeto de conocer el impacto acumulado sobre el ambiente. Este ejercicio servirá para determinar la carga contaminante acumulada y su huella hídrica gris.

A medida que se reduzca o elimine el vertimiento de las aguas residuales tratadas, mediante su reuso, recirculación y usos alternativos dentro de las actividades productivas, se reducirá

la carga química sobre el agua. Por ello, es fundamental promover una política que integre la gestión eficiente y responsable de las aguas residuales dentro del esquema de protección de la calidad del agua, con el objeto de reducir la huella hídrica gris sobre los cuerpos de agua.

En ese contexto, consideramos analizar los límites de concentración máxima permisible (LMP) para realizar una estimación de la carga de agentes químicos vertidos a los cuerpos receptores. La herramienta a emplear es la concentración máxima regulada en los LMP y el volumen autorizado de vertimiento, es decir, si asumimos que todos los efluentes cumplen los LMP podríamos estimar la carga de agentes químicos (específicos) sobre el cuerpo receptor, multiplicando el volumen de descarga anual.

De la **Tabla 5.10** encontramos que, para el caso de las descargas de aguas residuales domésticas, no se ha realizado alguna estimación dado que los LMP del sector minero no regulan parámetros para efluentes domésticos tratados; y los parámetros de interés son los relacionados con los metales pesados y riesgosos de la actividad.

De otro lado, se puede observar que anualmente las aguas residuales industriales tratadas, autorizadas para su descarga sobre los ríos, llevan más de 13 toneladas de arsénico, más de 26 toneladas de plomo, más de 6 toneladas de cadmio, más de 67 toneladas de cobre y poco más de 202 toneladas de zinc.

**Tabla 5.10. Estimación de la carga de masa de agentes químicos vertidos a los cuerpos receptores en el sector minero**

TIPO DE AGUA RESIDUAL TRATADA/CUERPO RECEPTOR	hm <sup>3</sup> /año VERTIDOS	TONELADAS ANUALES DE METALES EN LOS VERTIMIENTOS AUTORIZADOS EN EL SECTOR MINERO				
		ARSÉNICO (t/anual)	PLOMO (t/anual)	CADMIO (t/anual)	COBRE (t/anual)	ZINC (t/anual)
<b>Agua residual doméstica tratada</b>						
a. Mar	2.18	-	-	-	-	-
b. Laguna	0.01	-	-	-	-	-
c. Quebrada	1.73	-	-	-	-	-
d. Río	4.46	-	-	-	-	-
<b>Agua residual industrial tratada</b>						
a. Mar	4.27	0.43	0.85	0.21	2.14	6.41
b. Laguna	27.35	2.74	5.47	1.37	13.68	41.03
c. Quebrada	71.09	7.11	14.22	3.55	35.55	106.64
d. Río	134.74	13.47	26.95	6.74	67.37	202.11
<b>Agua residual minera tratada</b>						
a. Laguna	4.97	0.50	0.99	0.25	2.49	7.46
b. Quebrada	7.29	0.73	1.46	0.36	3.65	10.94
c. Río	7.96	0.80	1.59	0.40	3.98	11.94

Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

Si sumamos las descargas de las aguas residuales industriales y las aguas residuales de tipo mina tratadas, ambas generadas por el sector minero, podemos tener una idea de la

masa de agentes químicos descargadas sobre los cuerpos receptores. El resultado es que los ríos y quebradas son los cuerpos de agua con más presión de carga química. En virtud a los datos identificados, la **Tabla 5.11** demuestra que anualmente se vierten 22 toneladas de arsénico, 44 toneladas de plomo, 11 toneladas de cadmio, 110 toneladas de cobre y más de 331 toneladas de zinc, sobre ríos y quebradas.

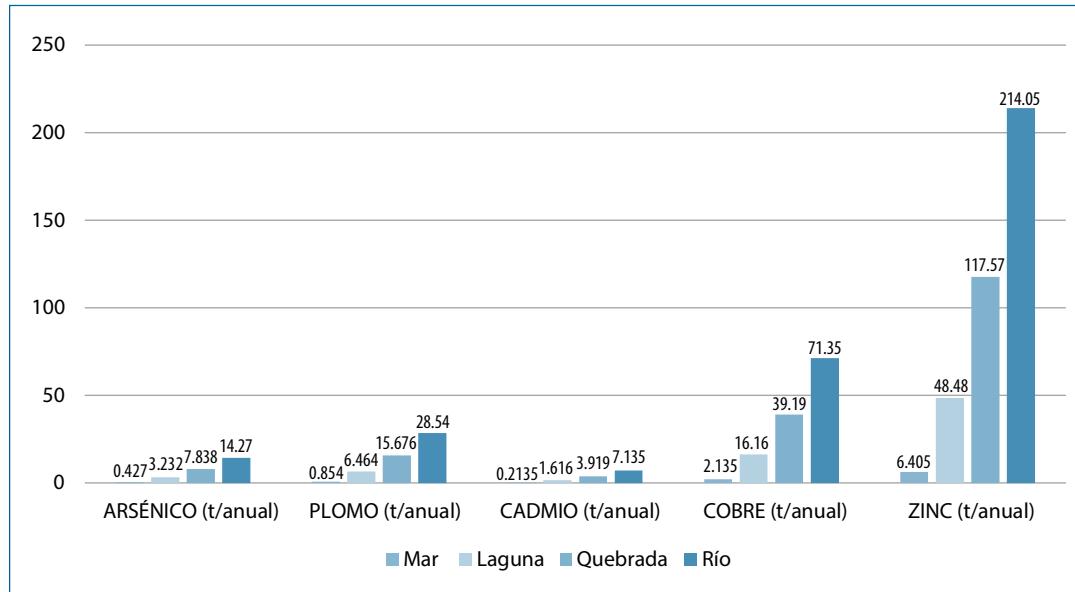
**Tabla 5.11. Estimación de descarga anual de metales (toneladas/año) en los vertimientos del sector minero en los tipos de agua residual industrial y de mina autorizadas**

AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL Y MINERA TRATADAS	ARSÉNICO (t/anual)	PLOMO (t/anual)	CADMIO (t/anual)	COBRE (t/anual)	ZINC (t/anual)
a. Mar	0.427	0.854	0.2135	2.135	6.405
b. Lagunas	3.232	6.464	1.616	16.16	48.48
c. Quebradas	7.838	15.676	3.919	39.19	117.57
d. Ríos	14.27	28.54	7.135	71.35	214.05

Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

La siguiente figura nos muestra didácticamente que los ríos y quebradas soportan mayor descarga de metales, dado que presentan los mayores niveles de masa respecto a la laguna y el mar.

**Figura 5.13. Carga de contaminantes descargados anualmente 2009-2017. Sector minero**



Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia

## 2. La actividad energética

Esta actividad productiva puede integrarse en los subsectores eléctrico e hidrocarburos. En el caso de las actividades eléctricas, el empleo del agua es para fines de generación, uso de agua no consumtiva. En las actividades de hidrocarburos el uso es consumutivo, por ello es necesario el empleo y por ende la generación de aguas residuales.

De acuerdo a los registros de vertimiento, en esta actividad se generan dos tipos de aguas residuales:

- Agua residual doméstica
- Agua residual industrial

De estos dos tipos de aguas residuales, en promedio se vierte 2.5 hm<sup>3</sup>/año de agua residual doméstica. Las aguas residuales industriales ascienden a 29.39 hm<sup>3</sup>/año, siendo la segunda actividad más significativa que descarga efluentes, después de la actividad minera.

En las operaciones de exploración, producción, transporte o refinamiento de petróleo, es imprescindible el uso del agua. Lo mismo en los procesos industriales, así se generan también residuos contaminados (agua de inyección, congénita, aguas amargas, de proceso, residuales, de lluvia, de refrigeración, de limpieza de tanques, residuales domésticas, etc.).

La forma de poder descargar dichos efluentes residuales es previo tratamiento, donde deben cumplir los LMP y no generar alteración de los ECA para Agua. La tabla adjunta, nos muestra los límites de descarga para dicha actividad constituida por 21 parámetros.

**Tabla 5.12. Límites máximos permisibles de efluentes líquidos para el subsector hidrocarburos**

PARÁMETRO REGULADO	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES (mg/l) (Concentraciones en cualquier momento)
Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)	20
Cloruro	500 (a ríos, lagos y embalses) 2000 (estuarios)
Cromo Hexavalente	0.1
Cromo total	0.5
Mercurio	0.02
Cadmio	0.1
Arsénico	0.2
Fenoles para efluentes de refinerías FCC	0.5
Sulfuras para efluentes de refinerías FCC	1.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	50
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	250
Cloro residual	0.2
Nitrógeno amoniacal	40
Coliformes totales (NMP/100 mL)	< 1000
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	<400
Fósforo	2.0
Bario	5.0
pH	6.0-9.0
Aceites y grasas	20
Plomo	0.1
Incremento de Temperatura <sup>a</sup>	<3°C

<sup>a</sup>: Es el incremento respecto a la temperatura ambiental del cuerpo receptor medida a 100 m de diámetro del punto de vertido.

Fuente: MINAM, 2008.

De acuerdo al registro de vertimientos de la ANA, la descarga más significativa de aguas residuales domésticas tratadas del sector energético se da hacia las quebradas ( $2.26 \text{ hm}^3$ ) y ríos ( $0.24 \text{ hm}^3$ ) al año. De otro lado, las descargas más importantes de vertimiento de aguas residuales industriales tratadas se efectúan sobre el mar, con  $24.41 \text{ hm}^3/\text{año}$ , seguidas de la descarga sobre los ríos con  $5.71 \text{ hm}^3$  y las quebradas  $0.11 \text{ hm}^3/\text{año}$ .

**Tabla 5.13. Descarga promedio de las aguas residuales tratadas de tipo doméstico e industrial sobre cuerpos receptores del sector energético**

TIPO DE AGUA RESIDUAL TRATADA Y VERTIDA A UN CUERPO RECEPTOR	hm <sup>3</sup> /año
Agua residual doméstica tratada	
a. Mar	0.03
b. Inyección (pozos)	0.01
c. Quebrada	2.26
d. Río	0.24
Agua residual industrial tratada	
a. Mar	24.41
b. Canal	0.03
c. Inyección (pozos)	0.03
d. Quebrada	0.11
e. Río	5.71

Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

Cabe precisar que el sector **energía** se constituye por dos subsectores, generación eléctrica e hidrocarburos. En ese sentido, el cálculo de la carga de masa de los elementos químicos ha priorizado las actividades hidrocarburíferas, por los impactos que supone la actividad. Al respecto informar que la inyección y el vertimiento sobre un canal es un caso particular de la actividad petrolera, por lo que ambos solo se presentan en el sector energía. En la tabla siguiente se observan los cálculos.

**Tabla 5.14. Descarga promedio anual de las aguas residuales domésticas e industriales tratadas sobre cuerpos receptores actividad hidrocarburos**

TIPO DE AGUA RESIDUAL TRATADA Y VERTIDA A UN CUERPO RECEPTOR	hm <sup>3</sup> /año
Agua residual doméstica tratada	
a. Mar	0.03
b. Inyección	0.01
c. Quebrada	2.248
d. Río	0.172
Agua residual industrial tratada	
a. Mar	24.406
b. Canal	0.026
c. Inyección	0.029
d. Quebrada	0.110
e. Río	0.723

Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

Se aprecia en la tabla que, anualmente, las aguas residuales industriales tratadas de la actividad petrolera se vierten significativamente al mar, a los ríos y a las quebradas. Cabe precisar que el ámbito de ríos y quebradas están relacionados a la Amazonía peruana. Anualmente se descarga al mar cerca de cinco toneladas de arsénico, 122 toneladas de bario, 488 hidrocarburos totales de petróleo, y poco más de dos toneladas de plomo y de cromo hexavalente.

En caso de la Amazonía, se estarían vertiendo sobre los ríos, anualmente, hasta 140 kilogramos de arsénico, más de tres toneladas de bario, poco más de 14 toneladas de hidrocarburos de petróleo, 70 kilos de plomo al igual que cromo hexavalente.

**Tabla 5.15. Estimación de la carga de masa de agentes químicos vertidos a los cuerpos receptores en la actividad hidrocarburífera como parte de las autorizaciones de vertimiento**

TIPO DE AGUA RESIDUAL TRATADA / CUERPO RECEPTOR	hm <sup>3</sup> /año	TONELADAS ANUALES DE METALES EN LOS VERTIMIENTOS AUTORIZADOS EN EL SECTOR ENERGÉTICO (HIDROCARBUROS)				
		ARSÉNICO (t/anual)	BARIO (t/anual)	HIDROCARBURO TOTAL DE PETRÓLEO (t/anual)	PLOMO (t/anual)	CROMO HEXAVALENTE (t/anual)
<b>Agua residual doméstica tratada</b>						
a. Mar	0.03	-	-	-	-	-
b. Laguna	0.01	-	-	-	-	-
c. Quebrada	2.248	-	-	-	-	-
d. Río	0.172	-	-	-	-	-
<b>Agua residual industrial tratada</b>						
a. Mar	24.41	4.88	122.03	488.12	2.44	2.44
b. Canal	0.03	0.01	0.13	0.52	0.003	0.003
c. Inyección (pozos)	0.03	0.01	0.15	0.58	0.003	0.003
d. Quebrada	0.11	0.02	0.55	2.20	0.01	0.01
e. Río	0.72	0.14	3.62	14.46	0.07	0.07

Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

A continuación se especifica la integración de la carga de elementos químicos sobre los ríos y quebradas, atendiendo a las autorizaciones de vertimientos. Encontramos que, anualmente, se descargan más de 160 kilogramos de arsénico, cuatro toneladas de bario, 16.66 toneladas de hidrocarburos de petróleo, más de 80 kilogramos de plomo y cromo hexavalente:

**Tabla 5.16. Estimación de la carga de masa de agentes químicos vertidos a los ríos y quebradas en la actividad hidrocarburífera como parte de las autorizaciones de vertimiento**

CUERPO RECEPTOR	ARSÉNICO (t/anual)	BARIO (t/anual)	HIDROCARBURO TOTAL DE PETRÓLEO (t/anual)	PLOMO (t/anual)	CROMO HEXAVALENTE (t/anual)
Ríos y quebradas	0.1666	4.165	16.66	0.0833	0.0833

Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.



6

# EL REÚSO DE LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS



# VI. EL REÚSO DE LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS

De acuerdo al Reglamento de Autorización de Vertimiento de la ANA, el reúso es entendido como la reutilización de las aguas residuales, previamente tratadas, resultantes de las actividades antropogénicas.

Este concepto, como tal, muestra la carencia de un enfoque integrado en la gestión del agua residual, distanciándose significativamente de conceptos que promueven proyectos para la recuperación y reutilización óptimo del agua residual, de las necesidades de tratamiento del agua residual y los problemas de abastecimiento de agua.

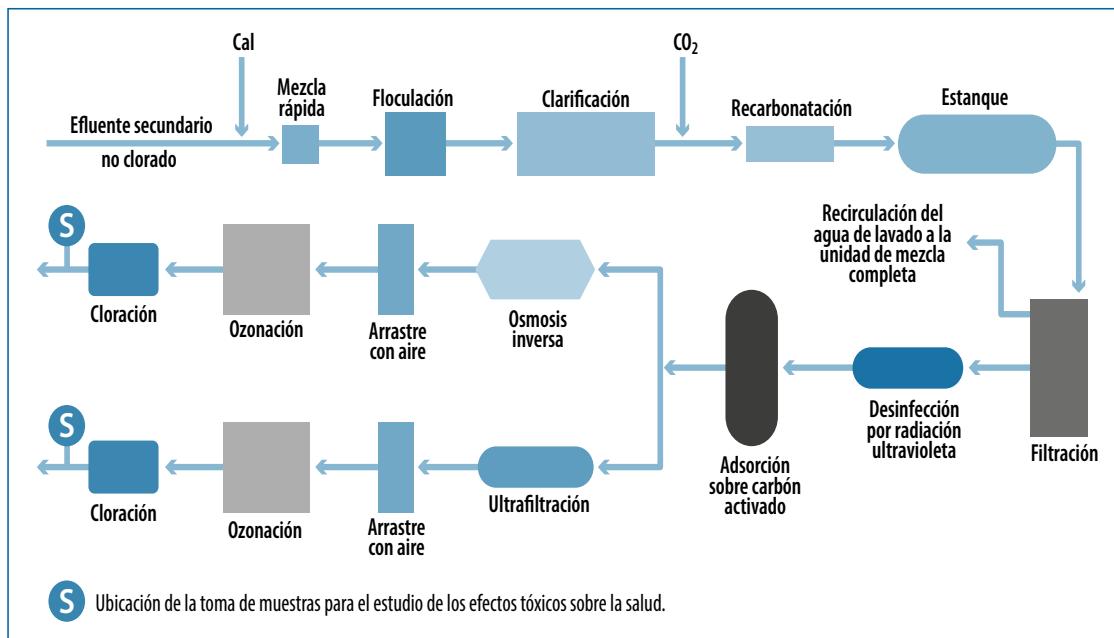
En ese sentido, de acuerdo a Metcalf & Eddy (1996), un Plan de recuperación y reutilización de aguas residuales, debe incluir los siguientes análisis:

1. Determinación de las necesidades de tratamiento y evacuación de aguas residuales.
2. Determinación de la demanda y recursos de agua de abastecimiento.
3. Determinación de los beneficios en el abastecimiento de agua en función del potencial de reutilización.
4. Análisis del mercado para el agua residual recuperada.
5. Análisis económico e ingenieril de las posibles alternativas.
6. Desarrollo del plan y análisis financiero.

En ese sentido, destacamos que la recuperación y reutilización de las aguas residuales puede servir para desarrollar funciones para el control de la contaminación y el abastecimiento de agua. Por ello, incidimos que la recuperación y reutilización óptima del agua residual se consigue de forma más efectiva en el ámbito de una planificación integrada y estratégica.

La **Figura 6.1** nos muestra un diagrama de flujo de la planta de demostración de reutilización de agua potable de Denver para el estudio de los efectos a la salud.

**Figura 6.1. Diagrama de Flujo de la Denver Potable Water Reuse Demonstration Plant para el Health Effects Study**



Fuente: Metcalf & Eddy, Ingeniería de Aguas Residuales.

## 6.1. El proceso para el reúso del agua residual tratada ante la entidad competente

La entidad responsable de la gestión del reúso de las aguas residuales tratadas en nuestro país, es la ANA. De acuerdo a la Resolución Jefatural N° 224-2013-ANA, para efectos del reúso de aguas residuales suceden dos situaciones:

### 1. En caso no se requiera de autorización para reúso:

Cuando el destino del agua residual tratada es el mismo para el cual se autorizó. Es decir, si la autorización para el uso de agua fue para el procesamiento industrial, y luego el efluente residual es tratado para ser recirculado nuevamente en el procesamiento industrial, no se requiere de autorización alguna.

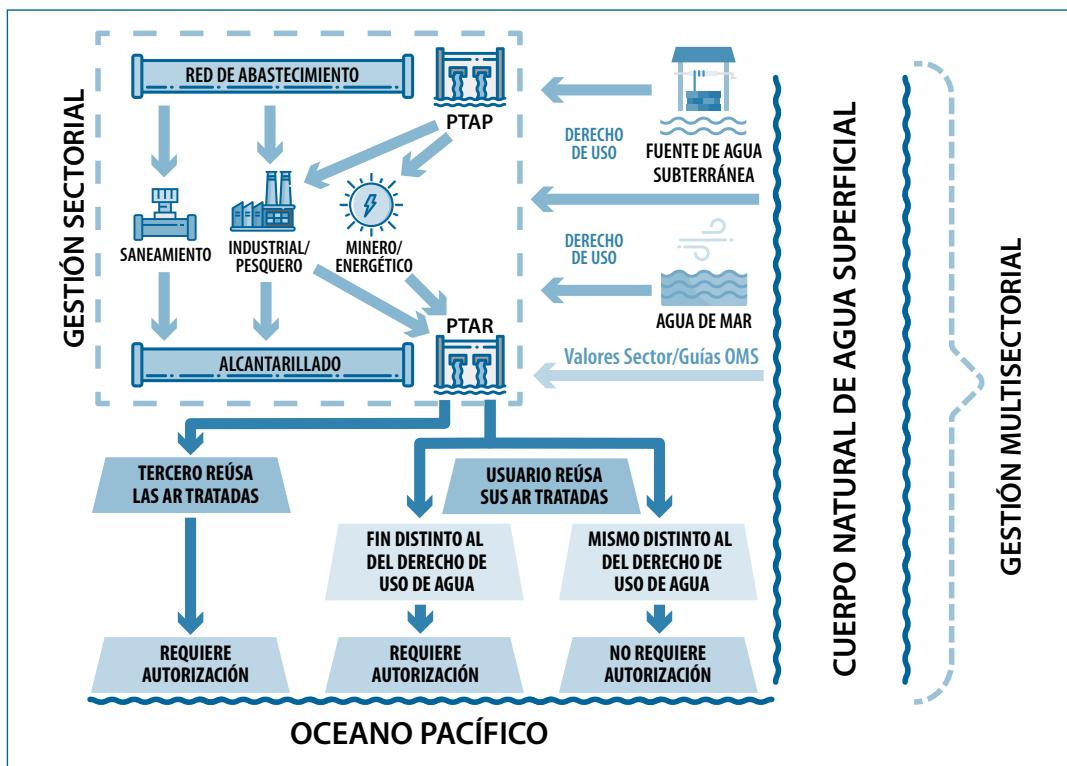
### 2. En caso sea necesario de autorización para reúso:

Debe considerarse los siguientes elementos:

- Que las aguas residuales (AR), previamente tratadas, cumplan con los parámetros de calidad establecidas por la autoridad sectorial, generalmente se emplean guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS).
- El instrumento de gestión ambiental aprobado, haya contemplado la evaluación ambiental del reúso.
- El efluente residual tratado no ponga en peligro la salud humana, flora, fauna ni afecte otros usos.
- Se cuente con Derecho de Uso de Agua (DUA) para la actividad que genera el agua residual.

La figura siguiente nos muestra, mediante un esquema, el proceso para el reúso del agua residual tratada en la ANA.

**Figura 6.2. El reúso de las aguas residuales tratadas**



Fuente: DGCRH-ANA, 2013.

## Aspectos administrativos

El procedimiento administrativo implica que la solicitud de reúso se solicite a la Autoridad Administrativa del Agua (AAA), y de no haberse implementado la AAA, se solicita la autorización directamente a la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos (DGCRH).

### a. Requisitos principales:

- Presentación de una solicitud con la información detallada del solicitante sustentando el objetivo del reúso.
- Dicha autorización debe contar con una suerte de anexos como:
  - Recibo de pago por el derecho de trámite.
  - Compromiso de pago por derecho de inspección ocular.
  - Copia de la resolución que aprobó el instrumento de gestión ambiental acompañando la copia de la parte correspondiente al sistema de tratamiento del agua residual.
  - Ficha de registro para la autorización de reúso del agua residual tratada, suscrita por un ingeniero colegiado y habilitado.

En caso se solicite por una persona distinta al titular de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, se debe presentar adicionalmente la conformidad del titular y la factibilidad de interconexión.

### b. Obligaciones de control de vertimientos y reúso

El responsable de la autorización de vertimiento o reúso debe instalar sistemas de medición de caudales de agua residual tratada para registrar el volumen acumulado vertido y reportar sus resultados a la ANA, con la frecuencia establecida en la respectiva autorización.

De otro lado, se establece que el responsable del reúso debe realizar el control de los parámetros de la calidad del agua conforme a lo establecido en la respectiva autorización.

Cabe precisar que durante la elaboración de la investigación se preguntó al responsable del área de vertimientos de la DGCRH, si, durante las inspecciones que realiza dicha área, toma muestras para análisis de las aguas residuales tratadas para su reúso; la respuesta fue negativa.

## 6.2. De las Autorizaciones de Reúso en el Perú

De una revisión al Registro de Vertimiento de la ANA, dentro del periodo 2009-2017<sup>25</sup>, se ha otorgado un total de 191 autorizaciones de reúso, que suma un volumen total de 126.79 hm<sup>3</sup>, conforme se puede apreciar en la tabla siguiente:

**Tabla 6.1. Registro de vertimientos totales entre 2009-2017 de la ANA**

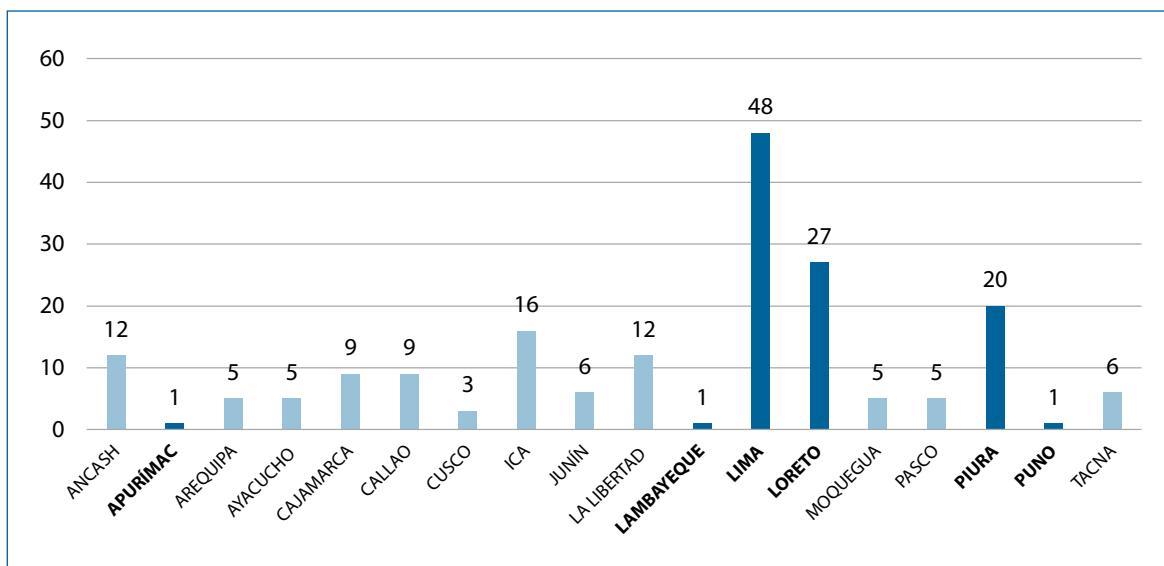
DEPARTAMENTO	Nº DE RESOLUCIONES 2009-2017	VOLUMEN TOTAL 2009-2017 (hm <sup>3</sup> )
Lima	48	27.05
Loreto	27	0.17
Piura	20	6.38
Ica	16	3.94
Ancash	12	4.84
La Libertad	12	7.45
Cajamarca	9	9.21
Callao	9	3.94
Junín	6	0.29
Tacna	6	29.3
Arequipa	5	32.99
Ayacucho	5	0.12
Moquegua	5	0.07
Pasco	5	0.18
Cusco	3	0.61
Apurímac	1	0.01
Lambayeque	1	0.24
Puno	1	0.02
<b>TOTAL</b>	<b>191</b>	<b>126.79</b>

Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

<sup>25</sup> Los registros de los años 2009 y 2017 no abarcan todo el año, dado que en el caso del año 2009 solo se cuenta con cuatro (4) registros entre el 23 de noviembre y 21 de diciembre. Para el año 2017 solo se cuenta con una autorización del 18 de enero de 2017. En ese sentido, dentro de las estimaciones de promedios anuales, los registros de dichos años no se han considerado dado que incrementan la incertidumbre de la estimación del promedio anual.

El departamento de Lima cuenta con 48 autorizaciones de reúso, siendo el más representativo y numeroso. Le siguen Loreto y Piura con 27 y 20 autorizaciones respectivamente. Las regiones que cuentan con menor número de autorizaciones de reúso son Puno, Lambayeque y Apurímac con una (1) autorización otorgada en cada región de acuerdo a la figura siguiente.

**Figura 6.3. Número de autorizaciones de reúso por departamento otorgados 2009-2017**



Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

En el caso de Lima, el mayor número de autorizaciones corresponde al sector industrial con 16, seguido de los sectores minería y saneamiento, ambos con 9 autorizaciones como se puede observar en la tabla siguiente:

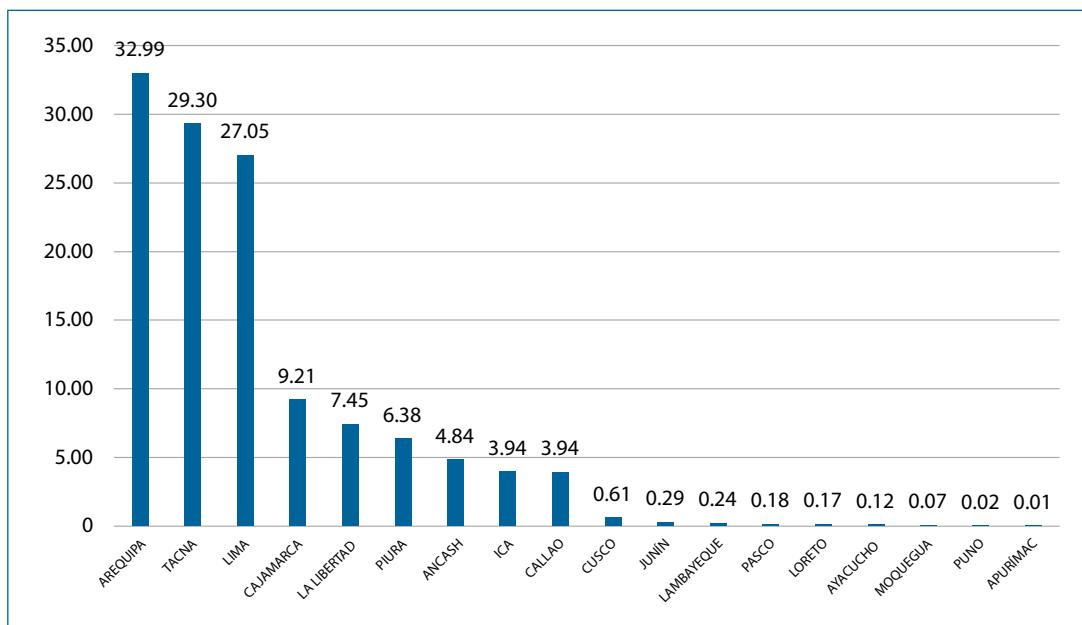
**Tabla 6.2. Registro de autorizaciones de reúso entre 2009-2017 de la ANA**

AUTORIZACIONES DE REÚSO EN LIMA 2009 -2017	Nº
Industria	16
Minería	9
Saneamiento	9
Agricultura	4
Energía	4
Pesquería	4
Otros	2
<b>TOTAL</b>	<b>48</b>

Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

### 6.3. Del volumen de las Autorizaciones de Reúso en el Perú

En cuanto al volumen total de reúso otorgado entre el periodo 2009-2017, el departamento de Arequipa cuenta con mayor volumen de agua reusada con cerca de  $33 \text{ hm}^3$  de un total de  $126.79 \text{ hm}^3$  a nivel nacional, a este departamento le siguen Tacna con  $29.3$  y Lima con  $27 \text{ hm}^3$ .

**Figura 6.4. Volumen de agua residual reusada por departamento 2009-2017 en el Perú (hm<sup>3</sup>)**

Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

Los tres departamentos (Arequipa, Tacna y Lima) que encabezan el mayor volumen de agua reusada se encuentran en la franja desértica costera del Perú, la vertiente del Pacífico. La ANA ha reportado la alerta por agotamiento hídrico, especialmente en el departamento de Tacna.

En términos de jurisdicciones, la Autoridad Administrativa Agua Caplina-Ocoña tiene mayor volumen de reúso de agua residual autorizada, con 62.35 hm<sup>3</sup>. Ocupa el segundo lugar, la AAA de Cañete Fortaleza con 30.77 hm<sup>3</sup> por dicho concepto.

**Tabla 6.3. Volumen de agua residual reusada por AAA 2009-2017 en el Perú**

ÁMBITO DE AAA	VOLUMEN DE REÚSO 2009-2017 (hm <sup>3</sup> )
AAA Caplina-Ocoña	62.35
AAA Cañete-Fortaleza	30.78
AAA Huarmey-Chicama	11.27
AAA Marañón	10.43
AAA Jequetepeque-Zarumilla	6.63
AAA Chaparra-Chincha	3.97
AAA Pampas-Apurímac	0.41
AAA Urubamba-Vilcanota	0.26
AAA Mantaro	0.26
AAA Ucayali	0.24
AAA Amazonas	0.14
AAA Huallaga	0.03
AAA Titicaca	0.02
<b>TOTAL</b>	<b>126.79</b>

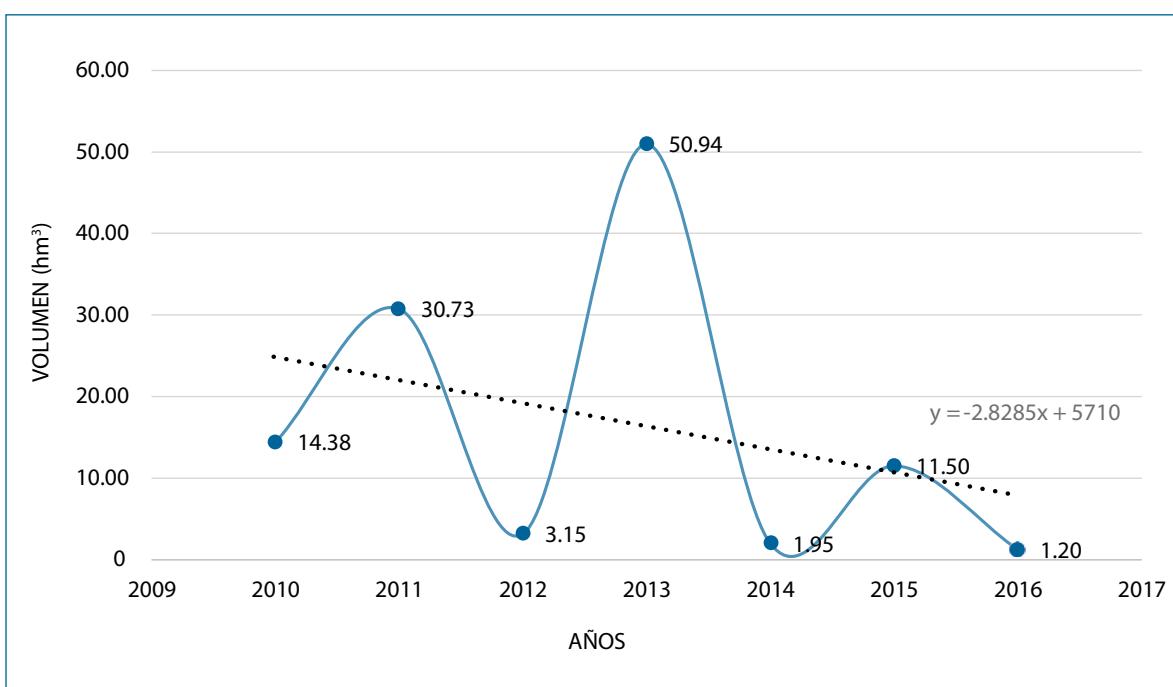
Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

## 6.4. La tendencia del reúso del agua residual tratada

Se rescata el reúso de las aguas residuales tratadas en el Perú. Pero la tendencia de esta medida ha disminuido. Desde el año 2010 hasta 2016, el volumen se reduce de 14. 38 hm<sup>3</sup> a 1.20 hm<sup>3</sup>, mostrándonos una pendiente de crecimiento negativa con un factor de -2.82.

El cálculo no ha empleado los datos de los años 2009 y 2017 por estar incompletos. A pesar de ello, la data evidencia la necesidad de incidir en una política de reúso y recirculación del agua residual tratada.

**Figura 6.5. Volumen de agua residual reusada por AAA 2009-2017 en el Perú (hm<sup>3</sup>)**



Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

La tabla siguiente nos muestra a detalle los volúmenes de reúso otorgados durante el periodo 2009-2017. El mayor volumen de reúso autorizado durante los siete años analizados para determinar el promedio anual se dio en el año 2013, con un valor de 50.94 hm<sup>3</sup>. De esta cifra, 36 hm<sup>3</sup> corresponden al sector minero y 14 hm<sup>3</sup> para saneamiento<sup>26</sup>:

- **Sector minero.** Se debe al reúso anual otorgado a la empresa Sociedad Minera Cerro Verde en Arequipa (31.5 hm<sup>3</sup>). Esta empresa emplea las aguas residuales de la ciudad de Arequipa para sus operaciones mineras.
- **Sector saneamiento.** El mayor volumen otorgado fue a la Comisión de Regantes "Sub Sector de riego Ate", con 13.6 hm<sup>3</sup> de aguas provenientes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Santa Clara, en la región Lima.

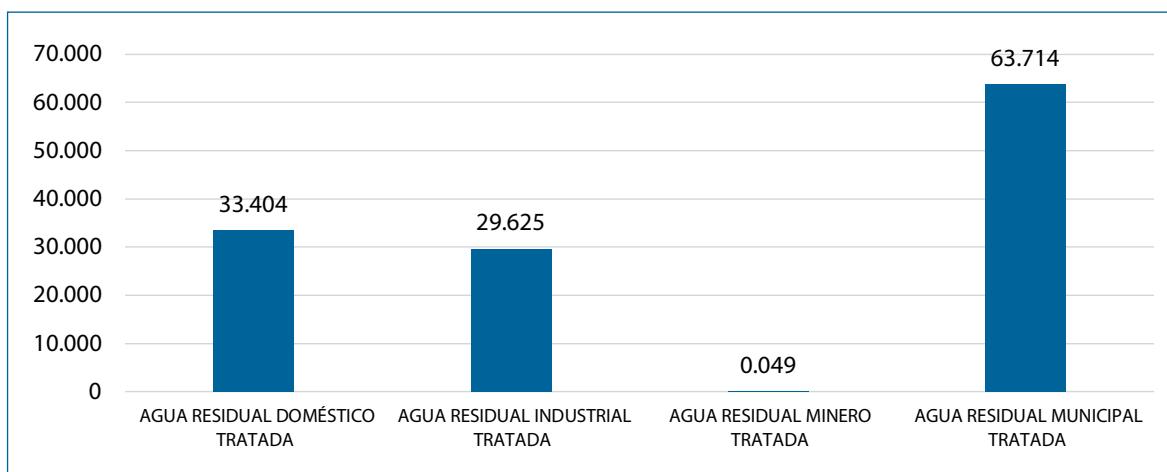
26 ANA. Reportes de Vertimiento 2009-2017.

**Tabla 6.4. Volumen anual otorgado para su reúso en el Perú 2009-2017**

AÑO	VOLUMEN DE AGUA REUSADA OTORGADA (hm <sup>3</sup> )
2009	11.38
2010	14.38
2011	30.73
2012	3.15
<b>2013</b>	<b>50.94</b>
2014	1.95
2015	11.50
2016	1.20
2017	1.57
<b>TOTAL</b>	<b>126.79</b>

Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

Podemos concluir que el promedio del volumen de reúso otorgado anualmente, asciende a 16.26 hm<sup>3</sup>. Según el tipo de agua residual tratada, el mayor volumen proviene de las aguas residuales municipales tratadas con 63.7 hm<sup>3</sup>. Los demás tipos de aguas residuales tratadas reusadas son de tipo doméstico, industrial y minero; con 33.4 hm<sup>3</sup>, 29.6 hm<sup>3</sup> y 0.049 hm<sup>3</sup>, respectivamente.

**Figura 6.6. Reúso según tipo de agua residual tratada 2009-2017 en el Perú (hm<sup>3</sup>)**

Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

## 6.5. El destino del reúso de las aguas residuales tratadas

En correspondencia con lo señalado líneas arriba, conocemos de dónde provienen las aguas residuales tratadas, según tipo. No obstante, resulta necesario conocer su destino. La **Tabla 6.5** nos muestra seis usos principales del agua residual tratada que registra la ANA en las autorizaciones que otorga.

Las aguas residuales tratadas se destinan para los siguientes usos:

- Riego
- Recirculación de procesos
- Mitigación ambiental
- Riego y mitigación ambiental
- Limpieza y mantenimiento
- Riego, limpieza y mantenimiento

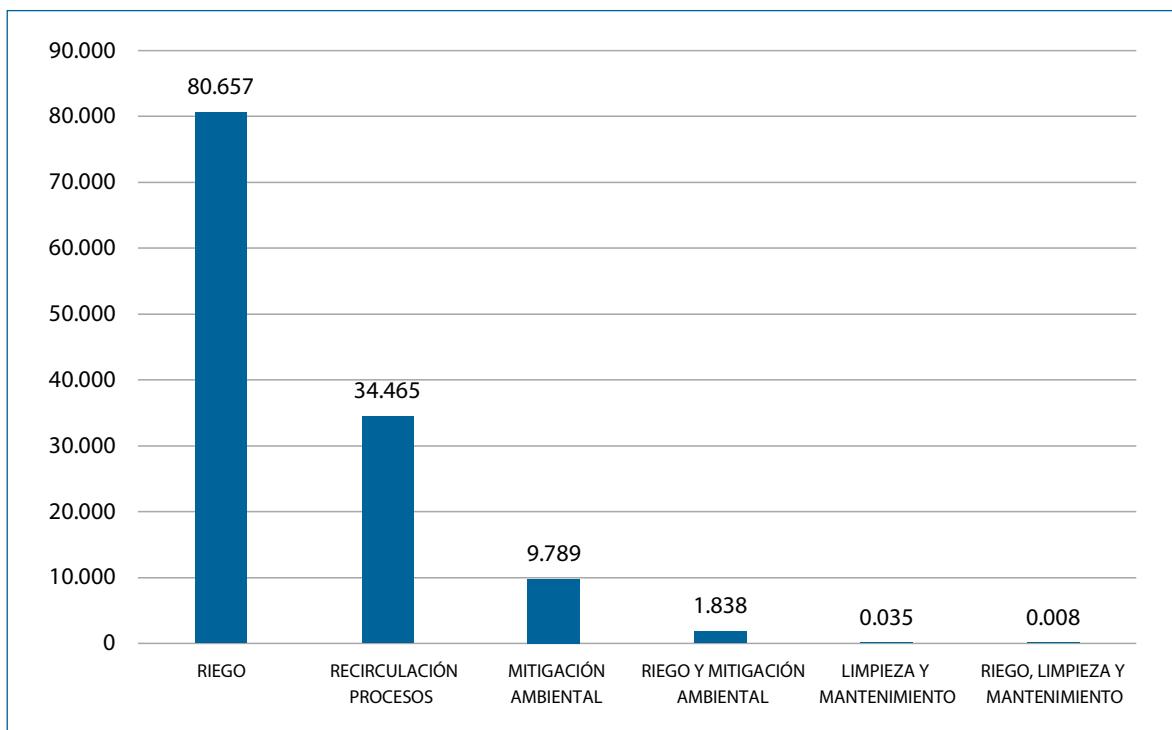
De estos seis, el uso para el riego representa, en estricto, el 63.61% del total del reúso de las aguas residuales tratadas, es decir 80.657 hm<sup>3</sup>. Resaltamos ello, debido a que tiene relación directa con los productos agropecuarios de consumo humano. Al respecto, es necesario evaluar el destino y efecto acumulativo de aguas residuales provenientes del sector industrial y minero.

**Tabla 6.5. El reúso de las aguas residuales tratadas**

DESTINO PRINCIPAL DEL REÚSO	VOLUMEN TOTAL REÚSO (hm <sup>3</sup> )	PORCENTAJE (%)	DESCRIPCIÓN DEL REÚSO
Riego	80.657	63.61%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Especies forestales de tallo alto.</li> <li>• Áreas verdes (grass, especies arbóreas y ornamentales).</li> <li>• Parques y jardines.</li> <li>• Productos agrícolas como: palma aceitera, maíz y demás productos agrícolas.</li> </ul>
Recirculación procesos	34.465	27.18%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recirculación Planta Concentrador.</li> <li>• Lixiviación de procesos.</li> <li>• Lavado de máquinas.</li> <li>• Fines metalúrgicos.</li> <li>• Uso minero (Cerro Verde).</li> </ul>
Mitigación ambiental	9.789	7.72%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riego de vías de acceso.</li> <li>• Control de Polvos dentro de la instalación y trabajos.</li> <li>• Compactación de tierras.</li> </ul>
Riego y mitigación ambiental	1.838	1.45%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso combinado para riego de áreas verdes, especies arbóreas y control de polvos, no se pude distinguir cuánto se emplea uno de otro. Combinación de usos.</li> </ul>
Limpieza y mantenimiento	0.035	0.03%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza de servicios higiénicos y limpieza en general de infraestructura.</li> </ul>
Riego, limpieza y mantenimiento	0.008	0.01%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso combinado para limpieza, mantenimiento de la instalación (servicios higiénicos, pisos, etc.) y riego de áreas verdes.</li> </ul>
<b>TOTAL</b>	<b>126.792</b>	<b>100%</b>	

Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

La figura siguiente nos muestra los tres principales reúsos del agua residual tratada, entre los cuales están: riego, recirculación de procesos y mitigación ambiental; con 80.657 hm<sup>3</sup>, 34.465 hm<sup>3</sup> y 9.789 hm<sup>3</sup>, respectivamente.

**Figura 6.7. Usos del agua residual tratada en el Perú (hm<sup>3</sup>)**

Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

Siguiendo la relación proporcional por usos del agua residual tratada, la tabla siguiente nos muestra el promedio anual del reuso de aguas residuales tratadas, siendo el riego cerca de 11 hm<sup>3</sup>/año, seguida de la actividad recirculación de procesos con 5.7 hm<sup>3</sup>/año. A estos dos principales usos le siguen tres tipos de usos combinados de las aguas residuales conforme se muestra en la tabla siguiente.

**Tabla 6.6. Usos promedio del agua residual tratada en el Perú**

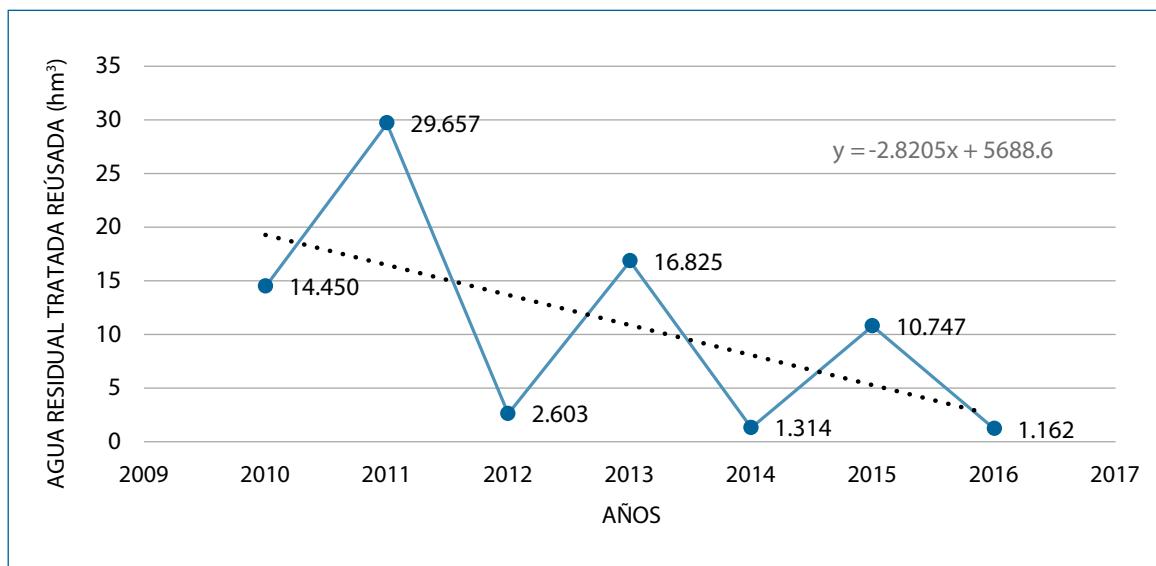
USOS DEL AGUA RESIDUAL TRATADA	PROMEDIO (hm <sup>3</sup> /año)
Riego	10.966
Recirculación procesos	5.744
Riego y mitigación ambiental	0.258
Mitigación ambiental	0.111
Limpieza y mantenimiento	0.035
Riego, limpieza y mantenimiento	0.008

Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

Desde el año 2010 hasta 2016, el volumen de autorizaciones de reuso para riego viene reduciéndose drásticamente, pasando de 14.45 hm<sup>3</sup> a 1.162 hm<sup>3</sup>; es decir, en promedio la reducción es casi 3 hm<sup>3</sup>/año según la ecuación de tendencia lineal. Esta reducción estaría obedeciendo a la ausencia de una política de promoción del reuso de las aguas residuales tratadas.

En el caso de las actividades industriales, estaría obedeciendo al cambio de reúso por mitigación ambiental, principalmente riego de polvo.

**Figura 6.8. Tendencia del reúso para riego**



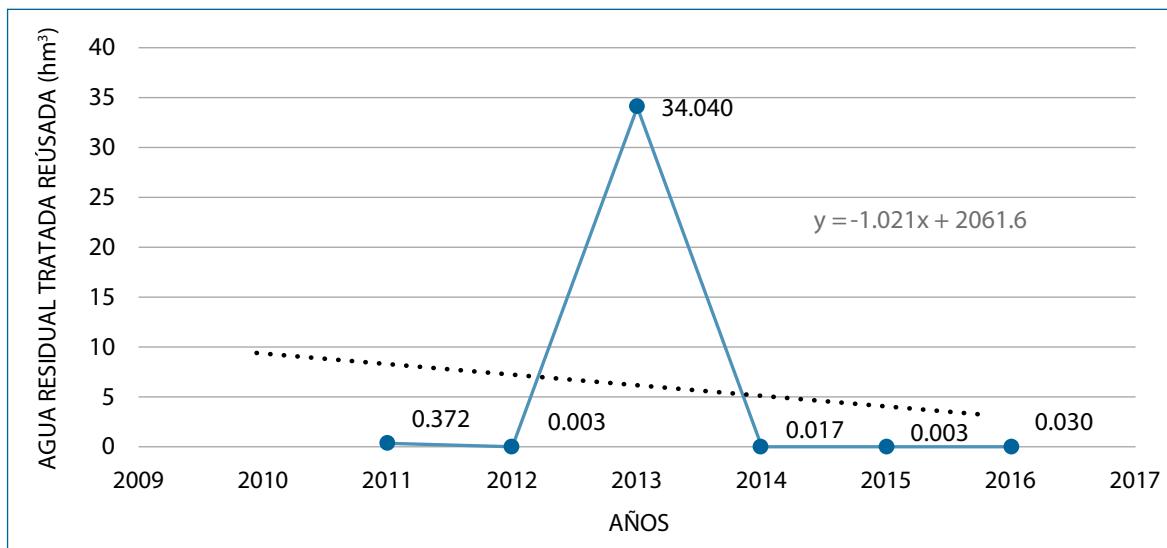
Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

El reúso para la recirculación en los procesos industriales viene disminuyendo de 0.372 hm<sup>3</sup> en el año 2010 a 0.030 hm<sup>3</sup>, en 2016 (casi a razón de 1 hm<sup>3</sup> por año). Esta reducción no es tan significativa como sucede con el reúso para riego.

Por lo tanto, si se incrementa el reúso por recirculación, el tratamiento de las aguas residuales a cargo de las industrias extractivas permitiría recuperar y sostener la calidad del agua, lo cual le resultaría beneficioso para la colectividad. Sin embargo, la tendencia muestra un panorama desalentador en términos ambientales y sociales.

Las políticas corporativas de recirculación de las aguas residuales reducen significativamente la demanda de agua fresca, beneficiando a las cuencas hidrográficas con mayor disponibilidad de agua de dilución dentro de los procesos naturales de autodepuración de los cuerpos de agua. Por ello, resulta beneficioso impulsar, desde todos los sectores (Estado, sector privado y sociedad civil) la implementación de mecanismos de recirculación del agua residual tratada en sus procesos industriales.

La siguiente figura muestra la tendencia negativa del reúso como recirculación en los procesos de los sectores productivos del país.

**Figura 6.9. Tendencia del reúso en recirculación de procesos industriales**

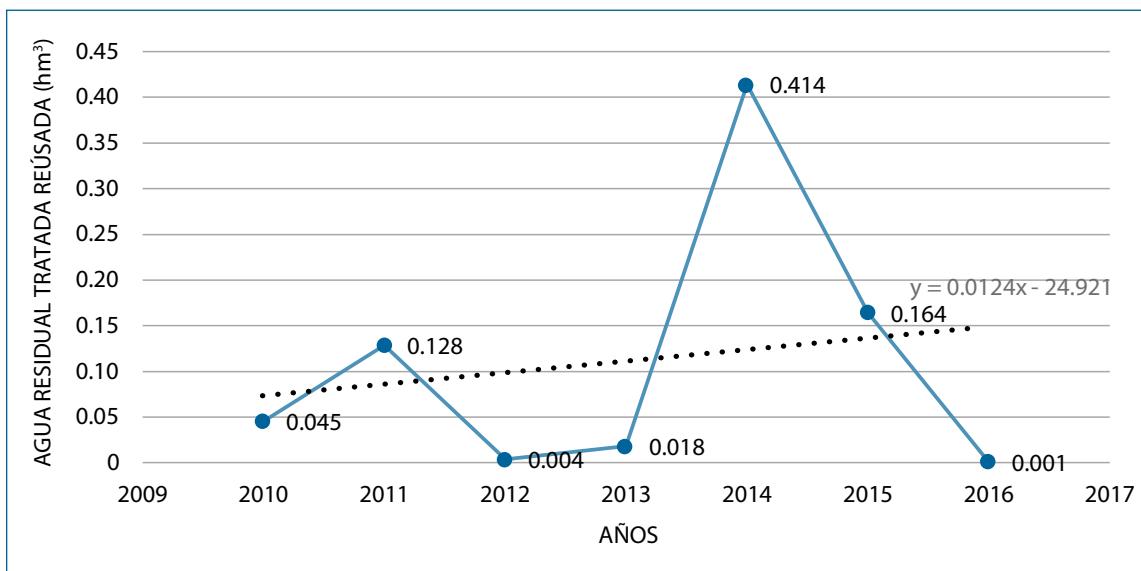
Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

En el caso del reúso por mitigación ambiental, se observa una tendencia ligera de incremento debido a los volúmenes autorizados durante el año 2014, con  $0.4 \text{ hm}^3$ , seguido del año 2015, con  $0.16 \text{ hm}^3$ . Siendo los mayores volúmenes autorizados durante los siete años analizados.

Si bien, la tendencia es ligeramente positiva. Este tipo de reúso es aplicado estrictamente al control de polvo de caminos de acceso y áreas superficiales. De una revisión a los procedimientos de supervisión y fiscalización ambiental del OEFA, identificamos la inexistencia de un análisis a la calidad del agua tratada para fines de control de polvo o riego de caminos de acceso. La ANA tampoco analiza la calidad de este tipo de agua residual (confirmado inclusive por un funcionario de la DGCRH en una entrevista sostenida para este documento).

La importancia de controlar la calidad del agua residual tratada, sujeto a reúso con fines de mitigación ambiental, se debe a la falta de exigencia de monitorear los usos finales, sea para riego agrícola o recirculación en un proceso industrial. Las aguas residuales tratadas y recirculadas pueden pasar inadvertidas de control. Esta debilidad puede trasladarse en términos de carga química hacia otro cuerpo receptor (el suelo o las aguas subterráneas), que acumulativamente, podrían contener determinados agentes químicos, significando un problema ambiental serio a largo plazo.

Es necesario efectuar el control y monitoreo de la calidad de estas aguas residuales tratadas, por parte de las autoridades competentes. Además de analizar la calidad del componente final de su destino, las cuales son vertidas indirectamente sobre el componente suelo.

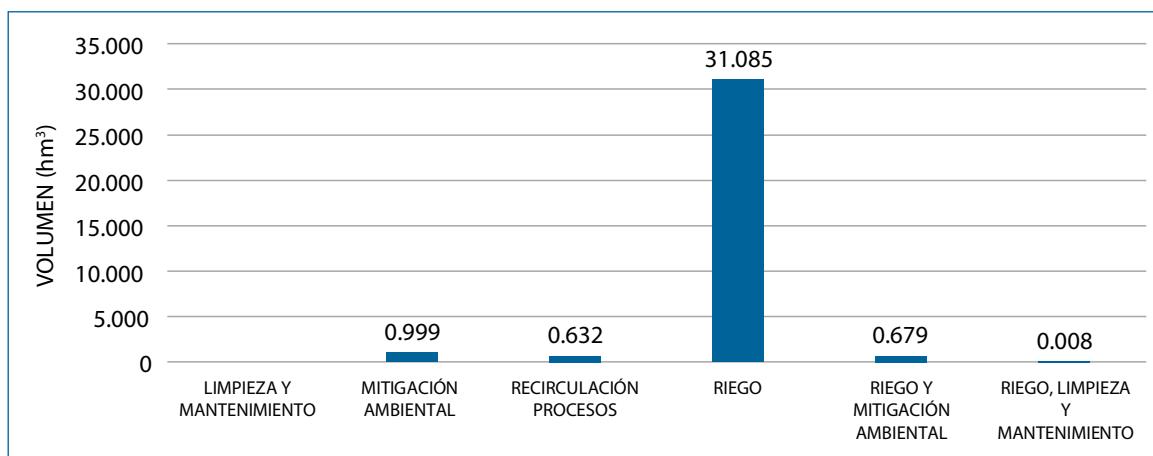
**Figura 6.10. Tendencia del reúso para mitigación ambiental**

Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

Un método para conocer la ruta de las aguas residuales tratadas reusadas, se encuentra en el análisis del tipo de agua residual versus el uso final. La **Figura 6.11** muestra que las aguas residuales domésticas tratadas se destinan al riego, con  $31.085 \text{ hm}^3$ ; y el uso para mitigación ambiental, con  $0.999 \text{ hm}^3$ .

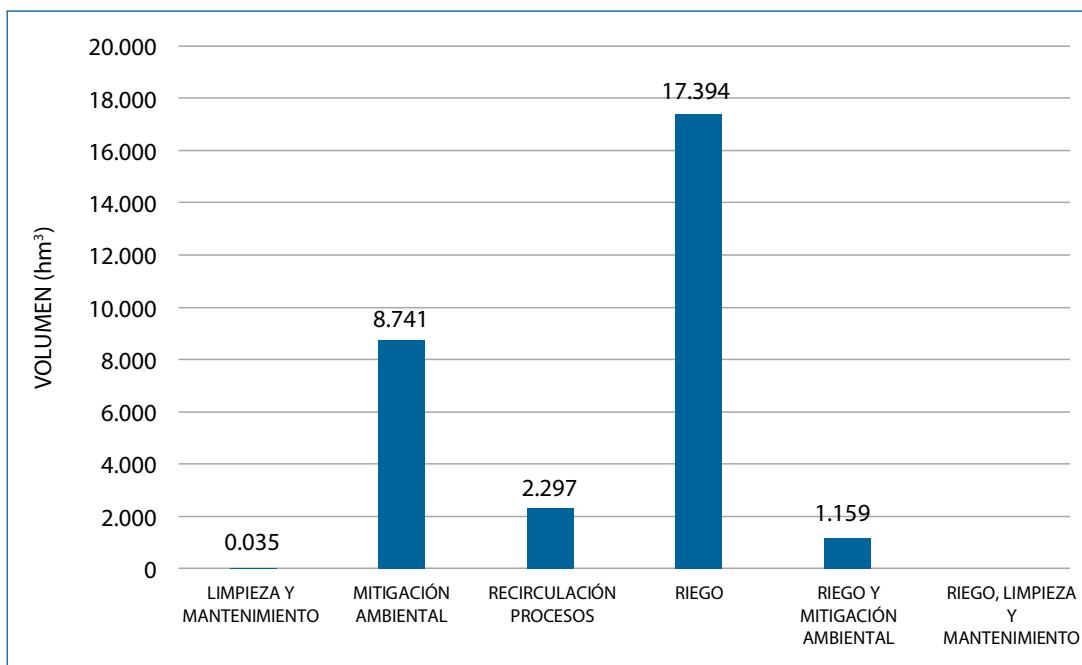
En dicha figura, se observa el reúso que de las aguas residuales industriales tratadas, con  $17.34 \text{ hm}^3$ , seguido al reúso para fines de mitigación ambiental, con  $8.7 \text{ hm}^3$ ; y, finalmente para recirculación de procesos, con  $2.3 \text{ hm}^3$ .

De otro lado, el reúso de las aguas residuales mineras tratadas se destinan para mitigación ambiental, con  $0.049 \text{ hm}^3$ . El reúso de las aguas residuales municipales tratadas se destinan para el riego, con  $32.178 \text{ hm}^3$ , seguido del reúso para recirculación minera con  $31.5 \text{ hm}^3$ . Cabe precisar que este indicador obedece a los valores autorizados de reúso para la ampliación de la capacidad instalada de Sociedad Minera Cerro Verde en Arequipa.

**Figura 6.11. Reúso del agua residual doméstica en el Perú**

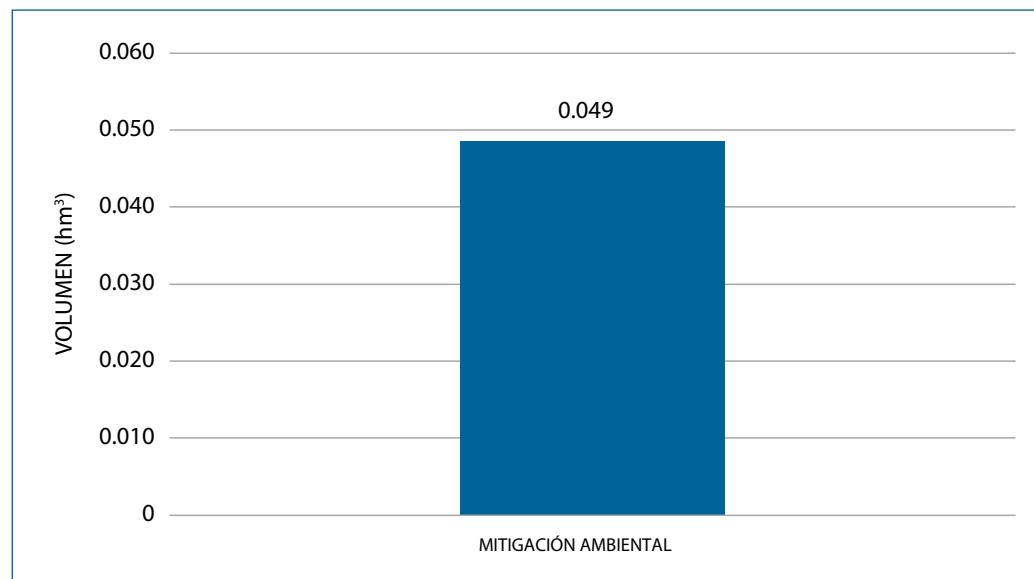
Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

Figura 6.12. Reúso del agua residual industrial en el Perú

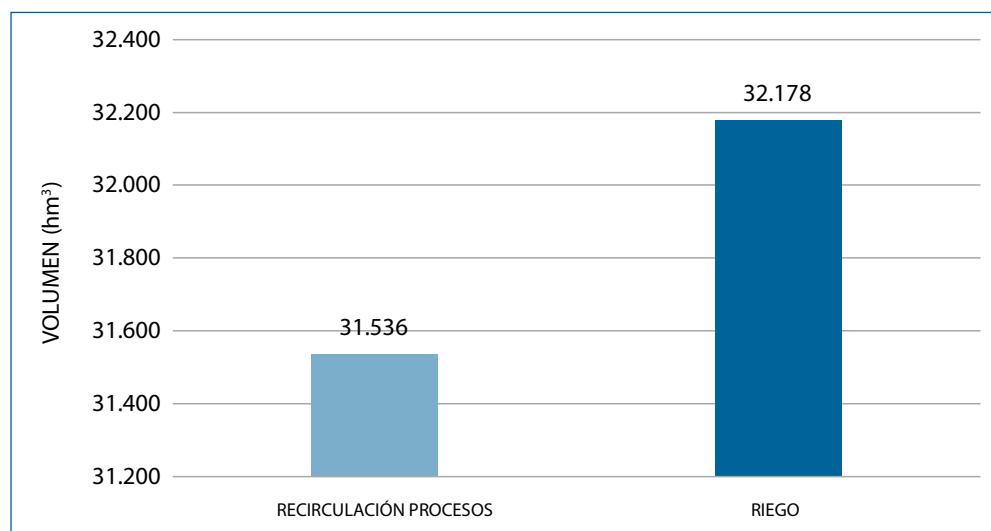


Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

Figura 6.13. Reúso del agua residual minera en el Perú



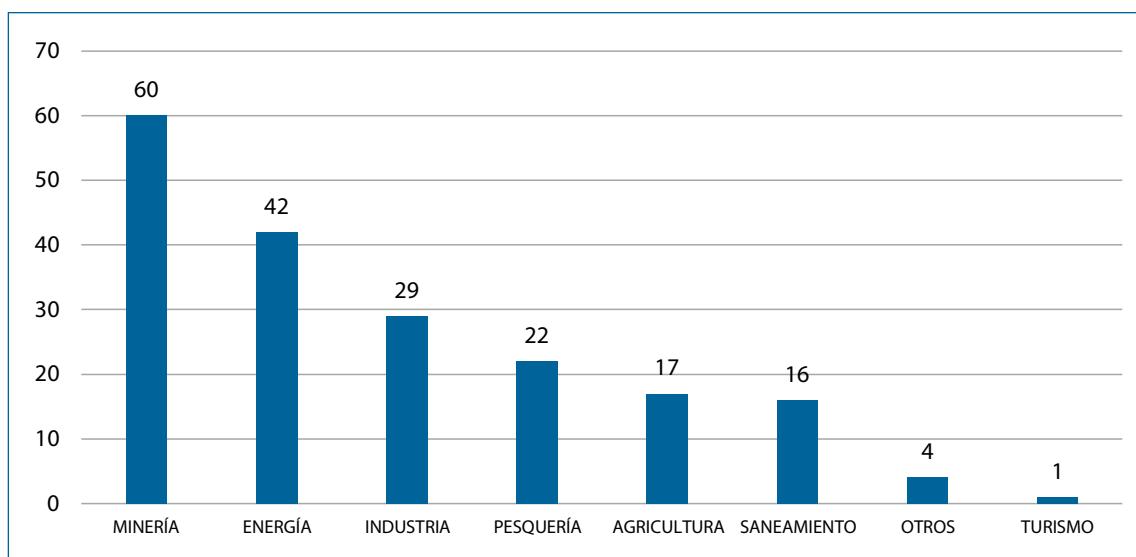
Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

**Figura 6.14. Reúso del agua residual municipal en el Perú**

Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

## 6.6. Los sectores y el reúso del agua residual tratada

De las 191 autorizaciones de reúso otorgados por la ANA entre los años 2009 y 2017, el sector minero encabeza la lista con 60 autorizaciones (31%), seguido del sector energía con 42 autorizaciones (22%) e industria con 29 autorizaciones (15%). En la lista, también se encuentra el sector turismo con una (1) autorización de reúso (0.5%).

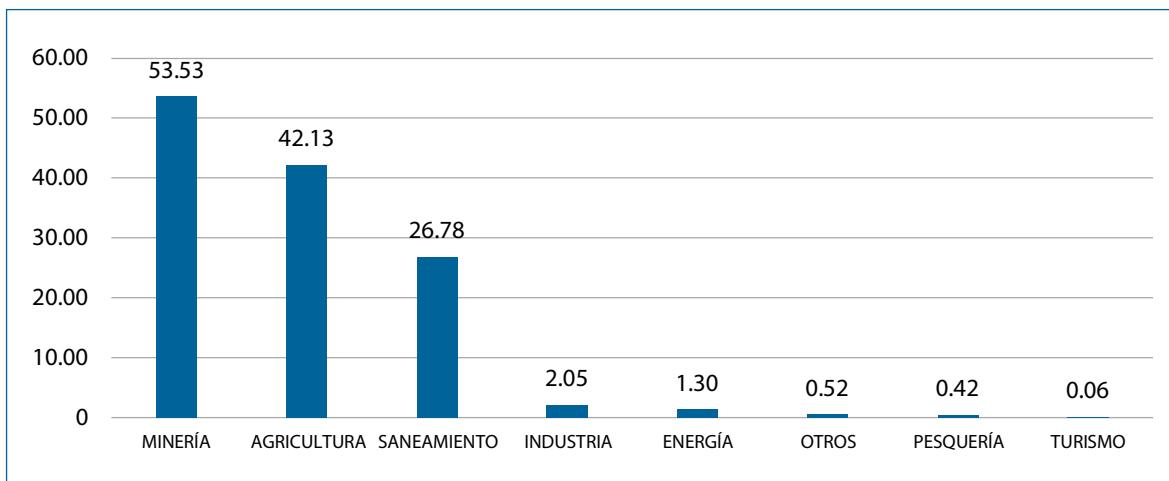
**Figura 6.15. Número de autorizaciones por sector 2009-2017 en el Perú.**

Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

Recordemos que, en términos de volumen, el reúso autorizado entre los años 2009 y 2017 asciende en total a 126.79 hm<sup>3</sup>. Lideran los registros del sector minero (53.53 hm<sup>3</sup>), sector

agricultura ( $42.13 \text{ hm}^3$ ) y sector saneamiento ( $26.78 \text{ hm}^3$ ). Los volúmenes más bajos se otorgaron al sector industria ( $2.05 \text{ hm}^3$ ), sector energía ( $1.30 \text{ hm}^3$ ), sector pesquería ( $0.42 \text{ hm}^3$ ), sector turismo ( $0.06 \text{ hm}^3$ )<sup>27</sup> y otros ( $0.52 \text{ hm}^3$ ).

**Figura 6.16. Volúmenes de reúso otorgadas por sectores 2009-2017 ( $\text{hm}^3$ )**



Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

En promedio, el sector minero reúsa cerca de  $6.175 \text{ hm}^3/\text{año}$  de agua residual tratada, seguida de los sectores agricultura con  $6.018 \text{ hm}^3/\text{año}$  y saneamiento con  $4.074 \text{ hm}^3/\text{año}$ . Como se aprecia en la **Tabla 6.7**.

**Tabla 6.7. Promedio anual de reúso de aguas residuales tratadas por sector**

SECTOR	PROMEDIO ANUAL ( $\text{hm}^3/\text{año}$ )
Minería	6.175
Agricultura	6.018
Saneamiento	4.074
Industria	0.293
Otros	0.173
Energía	0.142
Pesquería	0.070
Turismo	0.059

Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

La **Tabla 6.8** nos muestra los sectores que reúsan volúmenes de agua residual tratada. En efecto, el sector minero reúsa cuatro tipos de aguas residuales, siendo el más significativo. El reúso del agua residual municipal tratada con  $31.5 \text{ hm}^3$  correspondiente a una sola empresa minera en el departamento de Arequipa.

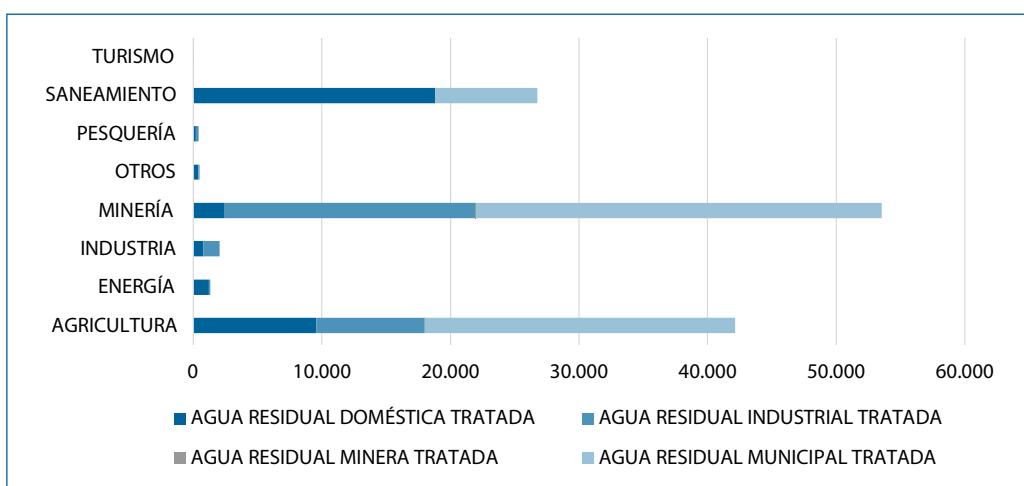
<sup>27</sup> A este sector se le otorgó autorización de reúso en el año 2010 para un periodo de seis años a la Asociación Agroindustrial Calientes, aguas provenientes del proyecto "Baños Termales Calientes" de un efluente de agua residual industrial tratada para fines de cultivo forestal de molle, eucalipto, tara y cypres en el distrito de Pachia, provincia de Tacna, departamento de Tacna.

**Tabla 6.8. Reúso de las aguas residuales tratadas por sector**

SECTORES	VOLUMEN TOTAL 2009-2017 (hm <sup>3</sup> )			
	AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA TRATADA	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL TRATADA	AGUA RESIDUAL MINERA TRATADA	AGUA RESIDUAL MUNICIPAL TRATADA
Agricultura	9.557	8.460		24.112
Energía	1.206	0.095		
Industria	0.786	1.263		
Minería	2.445	19.503	0.049	31.536
Otros	0.410			0.110
Pesquería	0.187	0.235		
Saneamiento	18.813	0.011		7.955
Turismo		0.059		

Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

La **Figura 6.17** muestra que a los sectores que mayor volumen de agua residual tratada utilizan, ubicándose al sector minería en primer lugar.

**Figura 6.17. - Reúso de las aguas residuales tratadas por sector (hm<sup>3</sup>)**

Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

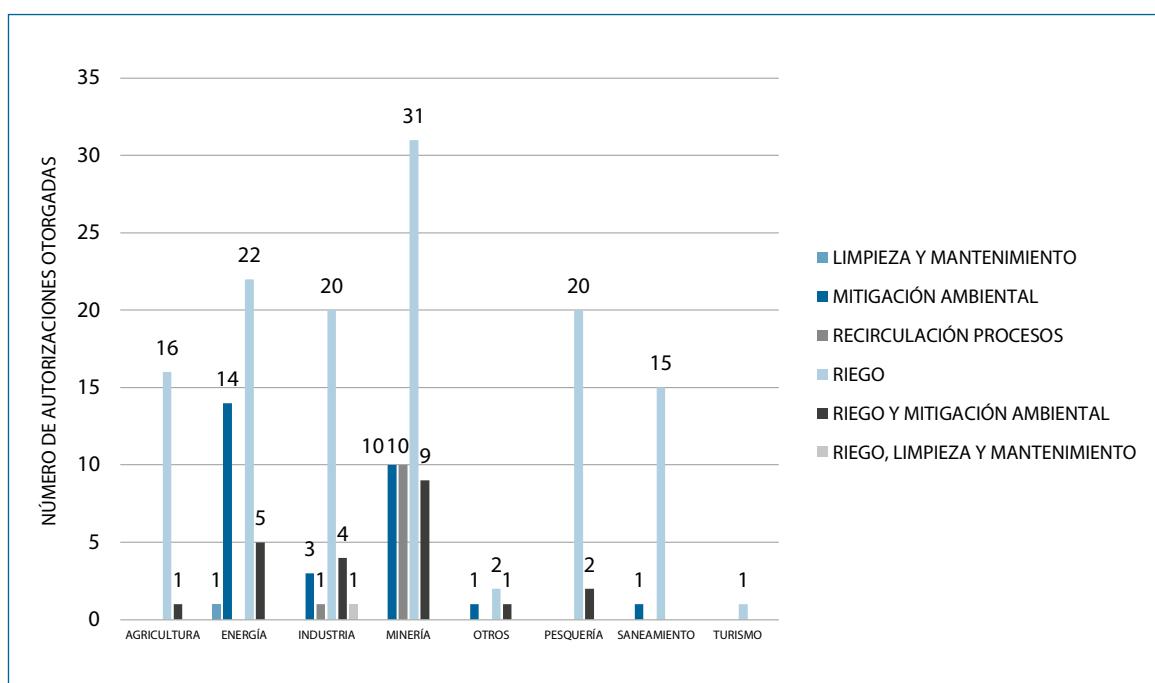
Una buena práctica que contribuye con la recuperación y protección de la calidad del agua, es el reúso de las aguas residuales en la recirculación de los procesos. La actividad minera lidera en ese sentido, con la autorización de reúso otorgado a una (1) empresa minera, que cuenta con el mayor volumen de reúso a la fecha, más de 31 hm<sup>3</sup>. No debe entenderse que el sector minero, en su conjunto, estaría reusando las aguas residuales tratadas para la recirculación de sus procesos.

De acuerdo a la **Tabla 6.9**, advertimos que las aguas residuales de tipo domésticas y de tipo municipales son utilizadas, en su mayoría, para la recirculación de procesos, a diferencia de las aguas residuales de tipo industrial. Por ejemplo, de diez (10) autorizaciones de recirculación para los procesos, solo dos (2) provienen de las aguas residuales industriales tratadas, a diferencia de las ocho autorizaciones de reúso que provienen de las aguas residuales domésticas y municipales tratadas.

Lo indicado, evidencia la practicidad de emplear aguas residuales domésticas y municipales por su naturaleza, en lugar de las aguas residuales industriales. Esto debido a que las aguas industriales implican mayor complejidad de recursos técnicos y demandan mayor inversión (por la presencia de agentes químicos como los metales y metaloides), a pesar de existir métodos de tratamiento en el sector minero, tal como se detalla en el anexo del presente informe.

De acuerdo a la tabla en mención, se evidencia que es más práctico reusar las aguas residuales industriales tratadas para fines de riego y mitigación ambiental, que para su recirculación en el proceso industrial.

**Figura 6.18. Número de autorizaciones de reúso por sector y destino final**



Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

La siguiente tabla muestra con mayor detalle la relación de autorizaciones de reúso y el destino de las mismas.

**Tabla 6.9. Autorizaciones de reúso según tipo de agua residual y destino final del reúso**

SECTOR MINERÍA / REÚSO	NÚMERO DE AUTORIZACIONES DE REÚSO				TOTAL
	AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA TRATADA	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL TRATADA	AGUA RESIDUAL MINERA TRATADA	AGUA RESIDUAL MUNICIPAL TRATADA	
Mitigación ambiental	7	2	1	0	10
Recirculación procesos	7	2	0	1	10
Riego	22	9	0	0	31
Riego y mitigación ambiental	6	3	0	0	9
<b>TOTAL</b>	<b>42</b>	<b>16</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>60</b>

Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

A continuación, se presenta una breve lista de empresas que recirculan las aguas residuales tratadas como parte de sus procesos, lo cual podría considerarse como una buena práctica ambiental.

**Tabla 6.10. Lista de empresas que realizan recirculación del agua residual tratada en sus procesos**

EMPRESA	UNIDAD/PROYECTO	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	DESCRIPCIÓN
Sociedad Minera Corona SA	Planta de tratamiento denominada Chumpe - Unidad Acumulación Yauricocha	Lima	Yauyos	Alis	Recirculación de su planta concentradora.
Minera Yanacocha SRL	Campamento Calera China Linda (punto de control STPCHL) de la Unidad Claudina 8	Cajamarca	Cajamarca	Encañada	Proceso de lixiviación en operaciones metalúrgicas.
Minera Barrick Misquichilca SA	Nueva poza de limpieza de la unidad minera Lagunas norte	La Libertad	Santiago de Chuco	Quiruvilca	
Cerámica San Lorenzo SAC	Planta Industrial de Producción	Lima	Lima	Lurín	Recirculación en el proceso de producción y lavado de máquinas.
Minera Yanacocha SRL	Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas STPHY del campamento garita Huandoy - Yanacocha	Cajamarca	Cajamarca	Encañada	Reutilización en el sistema de lixiviación de la zona de operaciones La Quinua - Poza Storm Water Pond.
Minera Shouxin Perú SA	Depósito de relaves Pampa Choclón I	Ica	Nasca	Marcona	Fines mineros (recirculación en su proceso y vertidas al depósito de relaves Choclón III).
Andalucita SA	Planta de tratamiento de aguas residuales	Piura	Paita	Paita	Fines industriales del proceso metalúrgico de su planta de beneficio.
Sociedad Minera Cerro Verde SAA	Proyecto expansión de la Unidad de Producción Cerro Verde	Arequipa	Arequipa	Uchumayo	Desarrollo del proyecto de expansión de la unidad de producción Cerro Verde.
Xstrata Tintaya SA	Campamento minero Tintaya	Cusco	Espinar	Espinar	Para ser utilizado en el proceso de explotación.
Andalucita SA	Planta de Tratamiento de aguas residuales	Piura	Paita	Paita	Fines industriales del proceso metalúrgico de su planta de beneficio.

Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.





7

# ANÁLISIS INTEGRADO DEL USO, VERTIMIENTO Y REÚSO DEL AGUA RESIDUAL TRATADA

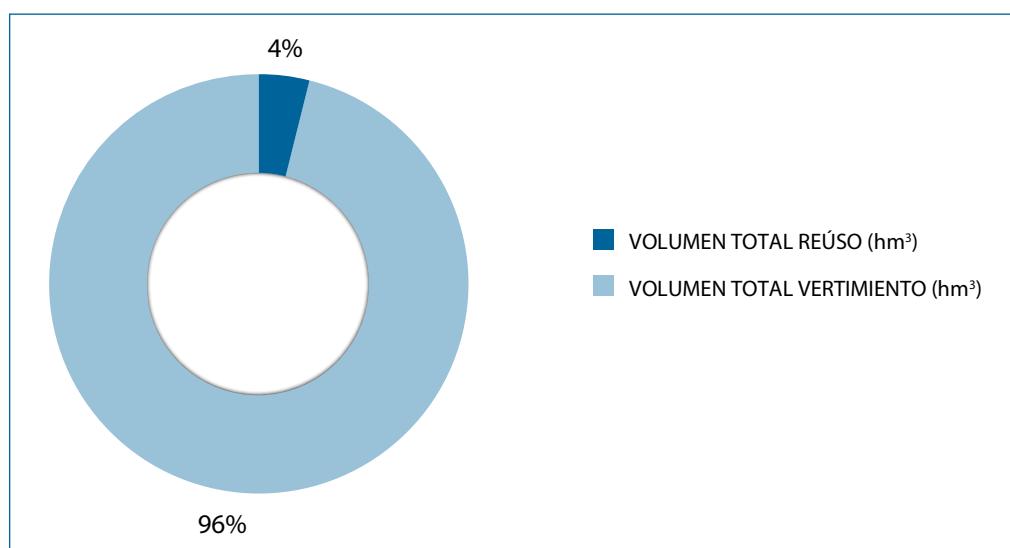


# VII. ANÁLISIS INTEGRADO DEL USO, VERTIMIENTO Y REÚSO DEL AGUA RESIDUAL TRATADA

De un análisis integral y conforme a los registros de la ANA, entre el periodo 2009 y 2017, el 4% de las aguas residuales tratadas se destinaron para reúso, y el 96% para vertimiento. Es decir, la relación vertimiento/reúso es de 24, lo que implica que por cada litro de agua residual tratada que se reúsa, 24 litros son vertidos a un cuerpo receptor. Dicho dato es significativo, considerando que hoy en día existen técnicas y métodos de tratamiento de aguas residuales que pueden emplearse para promover el reúso de las aguas residuales tratadas.

Esta relación podría optimizarse, en tanto se promueva una política dirigida hacia el reúso, reutilización y usos alternativos de las aguas residuales en el Perú.

Figura 7.1. Relación entre vertimiento y reúso del agua residual tratada



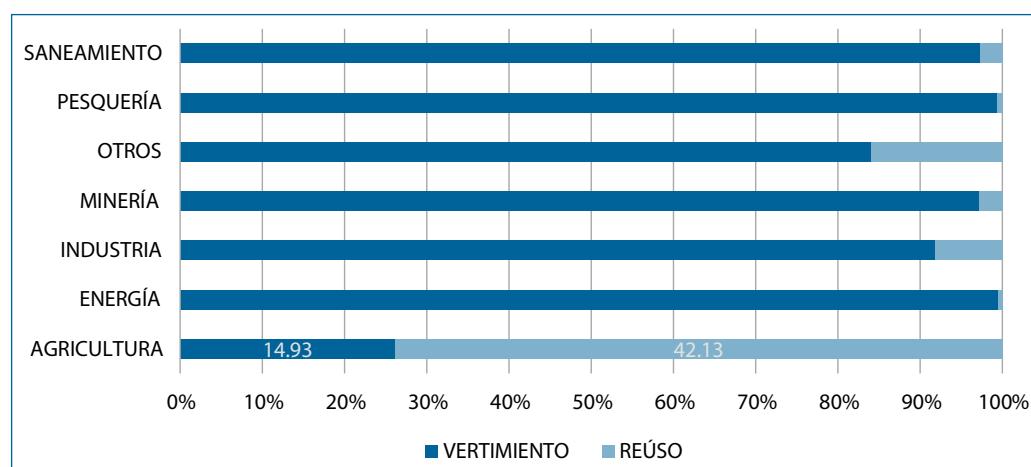
Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

El sector agricultura es el más beneficiado con la práctica del reúso de aguas residuales tratadas, lo observamos en la relación reúso/vertimiento, donde  $42.13 \text{ hm}^3$  corresponden al reúso, mientras el vertimiento solo llega a  $14.93 \text{ hm}^3$ . Ello se debe, en gran parte, a que las principales plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas y municipales se encuentran entre la cuenca media y baja, cerca de importantes áreas de sembrío. Un ejemplo de ello, es la Asociación de Agricultores de Ate en Lima, que emplean las aguas residuales municipales tratadas de la Planta de Tratamiento Santa Clara.

El sector energía y pesquería, la mayoría de su agua residual tratada es vertida a los cuerpos de agua. En el sector energía, la relación vertimiento/reúso es de  $224.3 \text{ hm}^3$  a  $1.3 \text{ hm}^3$ . Por ello, es importante realizar actividades de promoción del reúso en ese sector, dado que

muchas de sus descargas están asociadas al impacto sobre cuerpos de agua, como ríos y quebradas, especialmente, en la región amazónica. Situación que generaría, a largo plazo, afectaciones a las comunidades indígenas que habitan por la zona. Dicho panorama podría reducirse con el reúso de estas aguas residuales, permitiéndose mayor flujo de agua fresca, dado que la actividad consumiría menos agua natural o fresca.

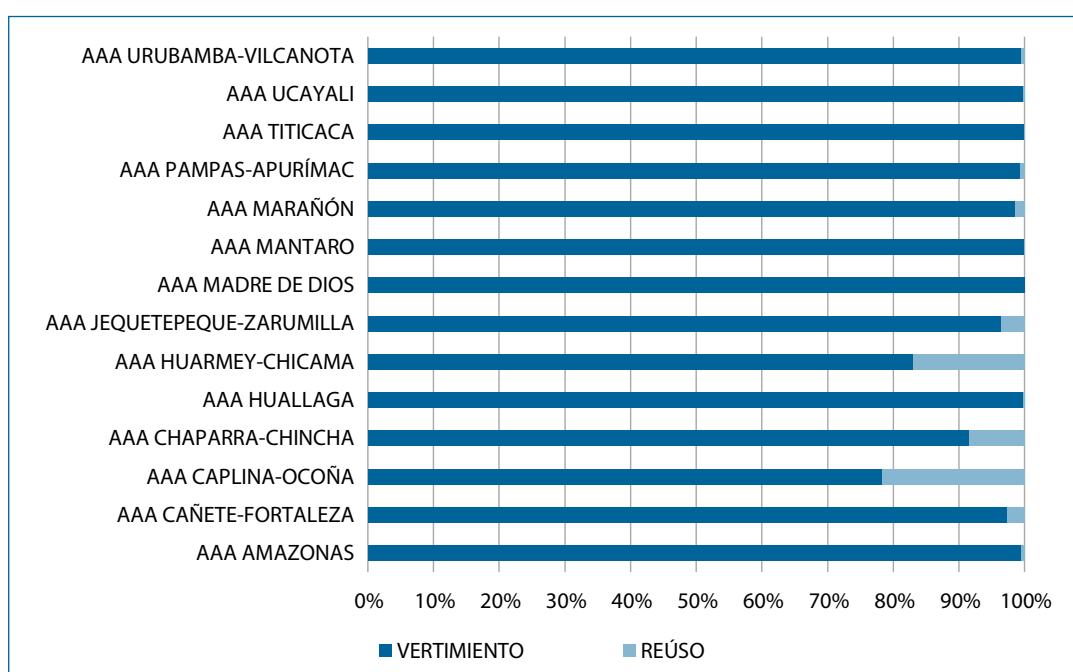
**Figura 7.2. Relación vertimiento/reúso por sectores 2009-2017**



Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

En ámbitos jurisdiccionales de la AAA, la relación de vertimiento/reúso nos permite observar, que mayor incidencia de reúso del agua residual tratada se da en la AAA Caplina-Ocoña, la AAA Huarmey-Chicama y la AAA Cháparra-Chincha, todas ubicadas en la vertiente del Pacífico. Mientras que en las AAA ubicadas en la vertiente del Amazonas, se observa mayor vocación hacia el vertimiento del agua residual tratada.

**Figura 7.3. Relación vertimiento/reúso por ámbito AAA 2009-2017**

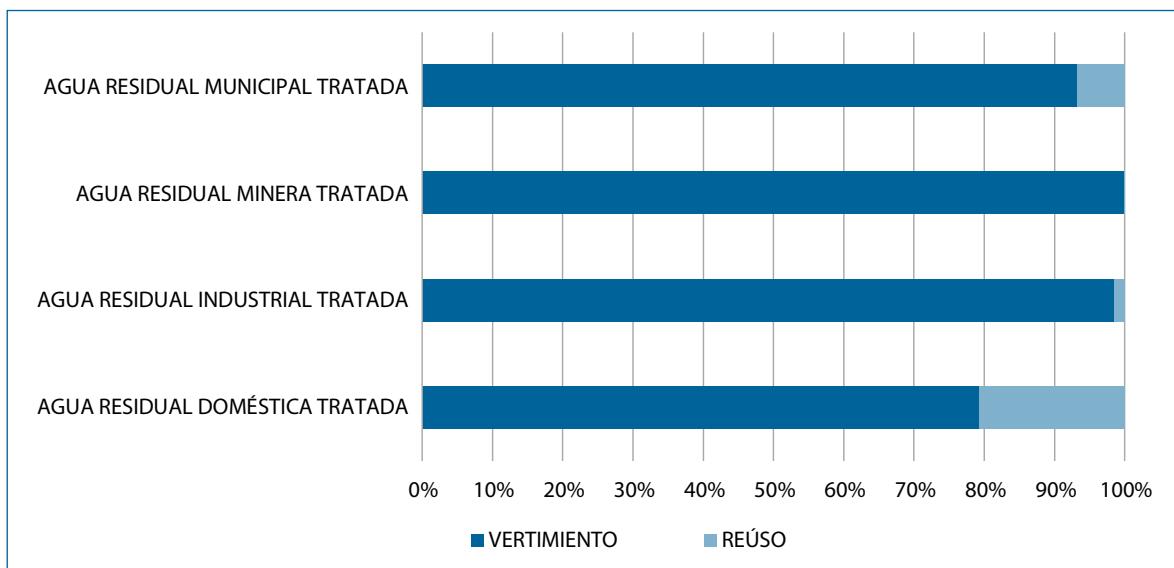


Fuente: ANA. Elaboración propia.

Como se venía advirtiendo en los capítulos anteriores, hay mayor interés en reusar las aguas residuales domésticas y municipales, no sucede lo mismo con las de tipo industrial y minero. El Estado debe cambiarse esta tendencia, dado que las aguas residuales industriales vienen acompañadas de una carga química que, a largo plazo, va afectar a los cuerpos de agua.

Un motivo para no utilizar el agua residual industrial en la recirculación de procesos podría relacionarse a los costos que requerirían tratar dichas aguas, de acuerdo a las exigencias del proceso metalúrgico e industrial; siendo más económico seguir empleando aguas naturales o frescas que tratar las aguas residuales para su reuso con tecnología avanzada.

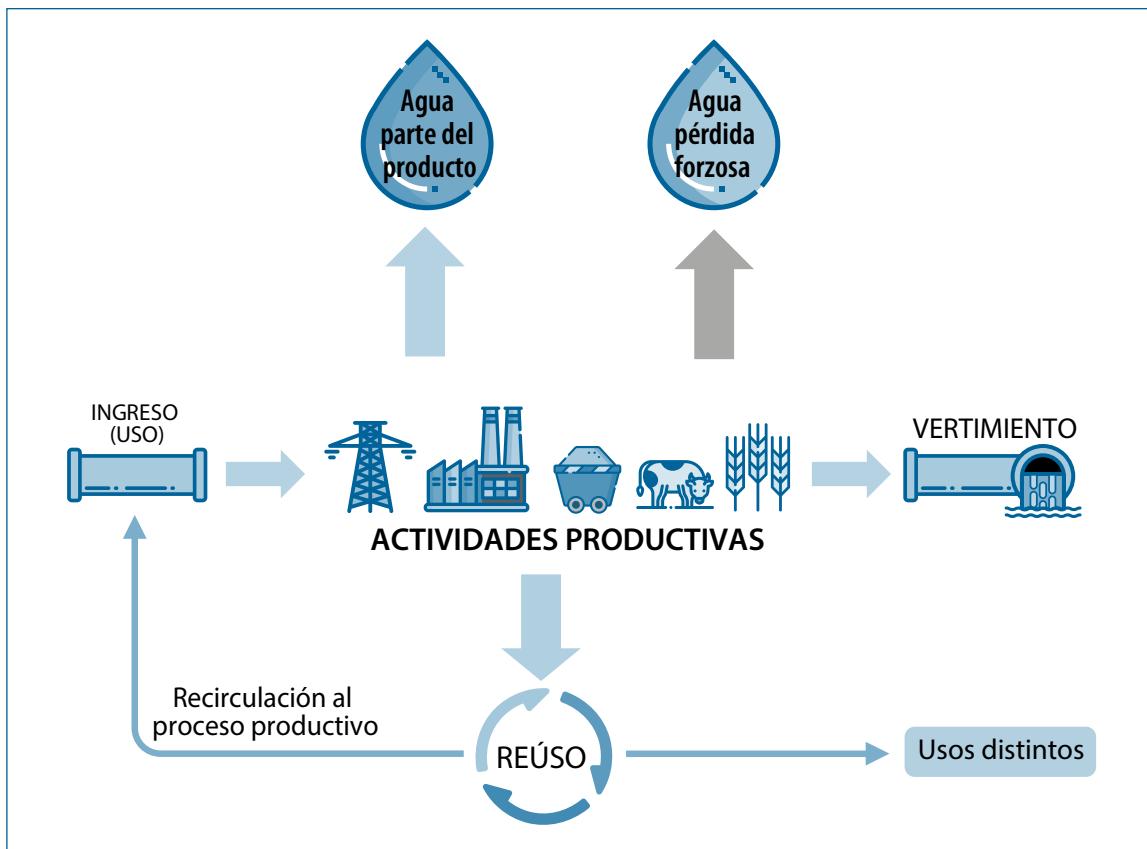
**Figura 7.4. Relación vertimiento/reuso según tipo de agua residual tratada**



Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

Si analizamos de manera integral el uso del agua desde su ingreso (uso consuntivo) al proceso productivo, podemos construir un sistema de verificación del tránsito del agua en la actividad productiva, lo cual permite hacer un seguimiento y gestionar eficientemente los volúmenes de agua necesarios en cada momento de la actividad, excepto las pérdidas inevitables, como las que se producen en la evaporación, infiltración, etc.

Esquema 7.1. Balance Integral del tránsito del agua en una actividad productiva



Fuente: Elaboración propia.

Del esquema planteado encontramos que la ANA no lleva el control detallado del uso del recurso hídrico. Por ello identificamos tres cifras globales: i) El volumen de agua otorgado (Derechos de Uso de Agua), ii) El volumen de agua vertido (Autorizaciones de Vertimiento), y iii) El volumen de agua reusado (Autorizaciones de Reúso).

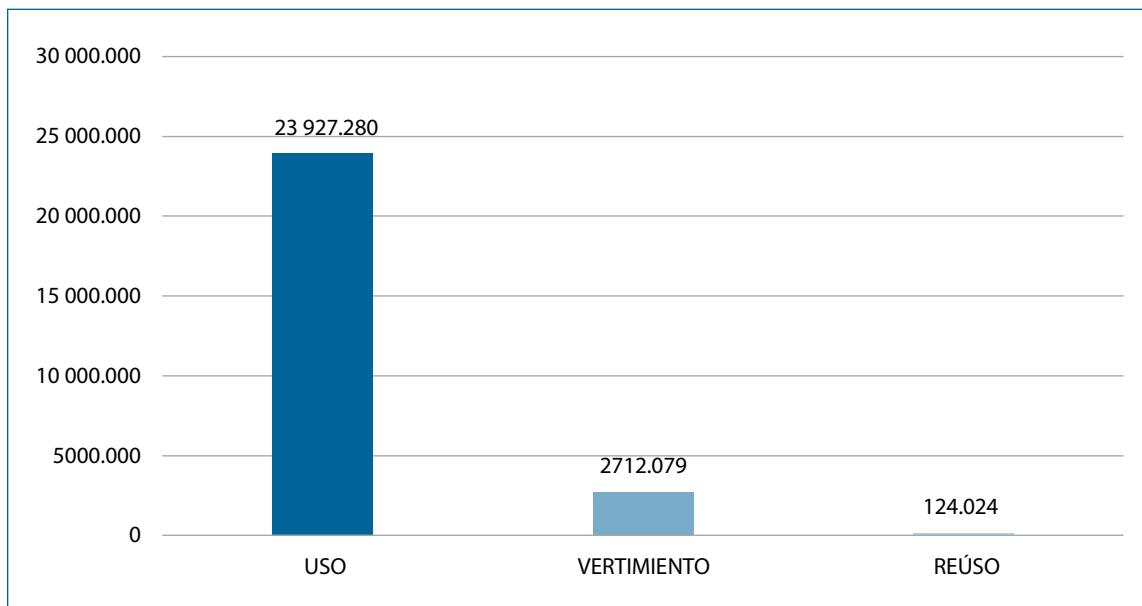
Haciendo el ejercicio de balance global para el año 2015, encontramos que el uso de agua otorgado para las actividades consumptivas (en los sectores agrario, industrial, minero, pecuario y población) ascendía a 23 927.280 hm<sup>3</sup>, el vertimiento a 2 712.079 hm<sup>3</sup> y el reúso a 124.024 hm<sup>3</sup>. Con dicha data, identificamos que se desconoce el destino de 21 091.177 hm<sup>3</sup> de agua; en ese sentido, consideramos que el agua puede formar parte de un producto elaborado, o tratarse de un efluente informal o ilegal.

Todo este volumen de agua, cuyo destino final se desconoce, equivale al 88.15% del agua otorgado para su uso. Por ello, como se aprecia en la **Figura 7.5**, es importante cuantificar y establecer un mecanismo obligatorio de seguimiento a los balances de agua en las actividades productivas y en los demás Derechos de Uso de Agua que otorga la ANA. Tal información debe ser requerida a los titulares beneficiarios de dichos Derechos de Uso, para luego proceder a su análisis. Ello serviría de insumo para potenciar, establecer y promover una clara política de gestión integral, eficiente y responsable del recurso hídrico y las aguas residuales.

De cuantificarse y controlarse de manera eficiente el consumo del agua por sus usos, sumándole un porcentaje cuantitativo de reúso de aguas residuales tratadas en su proceso

productivo; lograríamos un avance en términos de la eficiencia de la gestión del agua y aguas residuales; además del incremento de la capacidad de resiliencia de los cuerpos de agua y la disponibilidad oportuna del agua para consumo humano y sostenibilidad de ecosistemas.

**Figura 7.5. Relación del uso, vertimiento y reúso 2009-2015 (hm<sup>3</sup>)**



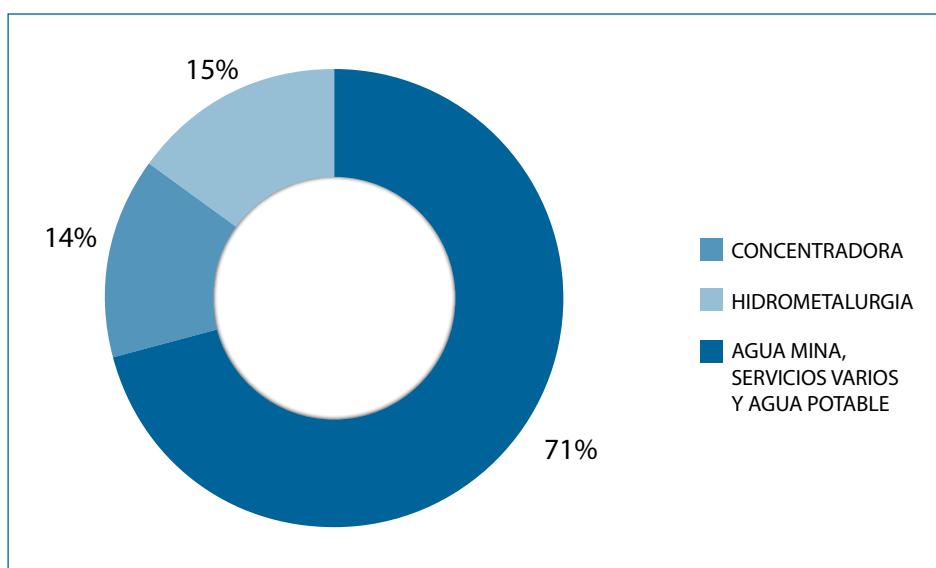
Fuente: ANA, 2017. Elaboración propia.

Por otra parte, el reúso aplicado a la mitigación ambiental y riego requiere mayor análisis de impacto sobre la calidad del agua. Por suponer que dicho mecanismo no ayuda a reducir el consumo de agua fresca o natural en las actividades productivas o extractivas, a largo plazo. Por el contrario, incrementa la carga de elementos metálicos acumulados sobre el suelo, y por ende, sobre las aguas subterráneas.

#### **Una Breve propuesta de recirculación en la actividad minera**

Empresa COCHILCO: Como se aprecia en la **Figura 7.6**, en promedio, la demanda de agua fresca (agua captada de la fuente de agua natural<sup>28</sup>) para un proceso metalúrgico, se encuentra en 12.6 m<sup>3</sup>/s. En general, el mayor requerimiento de agua dentro de un proceso metalúrgico se da en la planta concentradora, cerca del 71%; otros usos destinados para los diferentes servicios (agua potable, en minado y servicios varios) que representa el 15%, y un 14% para otros tipos de procesos hidrometalúrgicos.

28 Las principales fuentes de agua fresca (agua natural) son superficial, subterránea, aguas de lluvia o agua de mar.

**Figura 7.6. Demanda de agua fresca en una operación minera**

Fuente: COCHILCO.

La eficiencia del uso del agua va a depender de la naturaleza del mineral y de las operaciones unitarias a ser aplicadas para el procesamiento del mineral. El agua empleada para la operación unitaria de concentración oscila entre 0.36 a 0.84 m<sup>3</sup>/tonelada de mineral, en promedio 0.65 m<sup>3</sup>/tonelada de mineral. Estos valores son importantes si comparamos con los requerimientos poblacionales.

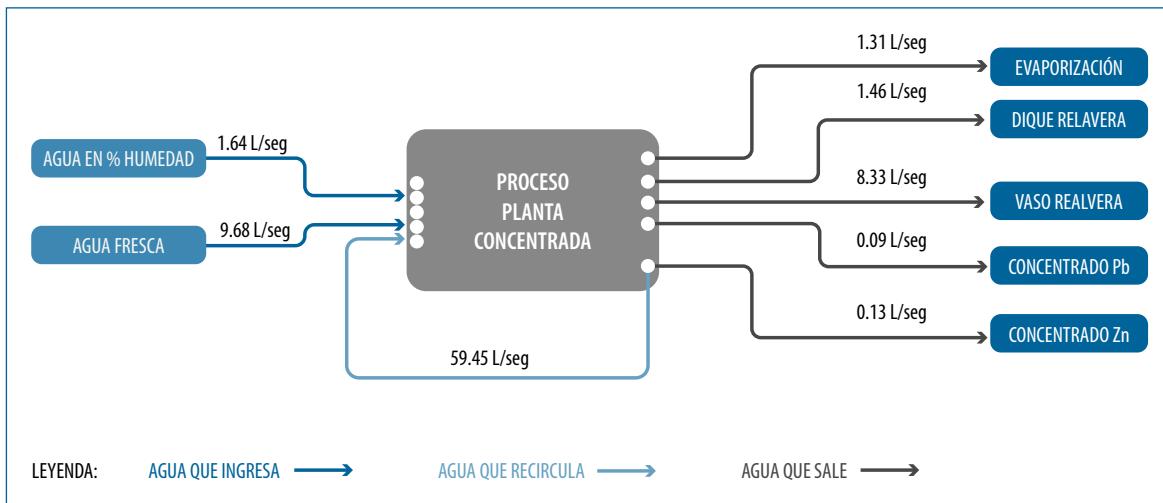
Tratándose de una planta concentradora mediana que procesa diariamente 1000 toneladas de mineral (TMD), esta requerirá 0.65 m<sup>3</sup> de agua por tonelada. Lo que implica el consumo diario de 650 m<sup>3</sup> de agua fresca. De compararse los volúmenes de agua con el número de peruanos que no tienen acceso al agua (según la dotación de agua para un habitante de la sierra es de 50L/hab-día, según el MEF) – daría como resultado el volumen diario de 650 m<sup>3</sup> que beneficiaría a 13 000 habitantes de la sierra con acceso de agua potable por día.

Bajo dicha cuestión, corresponde analizar los grandes proyectos mineros, como las Bambas con una potencial producción de 140 000 toneladas diarias de mineral, y el proyecto Toromocha que presenta una capacidad de diseño cerca de 120 000 toneladas diarias.

Un ejemplo hipotético, lo podemos observar en una unidad minera y el balance de agua de una planta concentradora: El 84% (59.45 L/s) de agua que ingresa al proceso proviene de la recirculación del agua residual tratada; el 14% (9.68 L/s) es agua fresca y el 2% (1.64 L/s) agua presente en el mineral (**Figura 7.7**).

Observamos en dicha figura que cerca del 15.7% de agua no se emplea y de una u otra forma, se pierde ya sea por evaporación (1.31 L/s), por presencia en el dique de la relavera (1.46 L/s) o en el vaso de la relavera (8.33 L/s). El 0.3% se encuentra como parte del concentrado y el 84% (59.45 L/s) representa el agua residual que, al ser tratada se recircula dentro del proceso. Esta práctica de uso debe, promoverse habitualmente dentro de las actividades mineras ubicadas en cabeceras de cuencas, ecosistemas hidráulicamente frágiles o cercanos a comunidades campesinas y nativas.

**Figura 7.7. Balance del uso eficiente del agua en una planta concentradora**



Fuente: Elaboración propia.

### Sistemas de manejo del agua

Entre las principales medidas de manejo se encuentran:

- Captación, derivación de escorrentías de aguas superficiales
- Manejo del drenaje ácido de mina
- Recirculación de las aguas provenientes del proceso de beneficio
- Reutilización proveniente de las aguas residuales domésticas

### Mecanismo de tratamiento del agua

#### a. Tratamientos físicos

- Sedimentación, clarificación
- Filtración
- Membranas (ultrafiltración, nanofiltración, osmosis inversa)

#### b. Tratamientos químicos

- Neutralización  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Precipitación
  - Yeso:  $\text{CuSO}_4 + \text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
  - Sulfuros metálicos:  $\text{CuSO}_4 + \text{NaHS} \rightarrow \text{CuS}_{(s)} + \text{NaSHO}_4$
  - Hidróxidos metálicos:  $\text{Zn}^{+2} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_{2(s)} + \text{Ca}^{+2}$
  - Aniones con sales férricas:  $2\text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow 2\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Ablandamiento químico
  - Precipitación de Carbonatos con Ceniza de Soda:  $\text{Ca}^{+2} + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CaCO}_{3(s)} + 2\text{Na}^{+1}$
- Oxidación (aireación, avanzada) y reacciones óxido-reducción
- Intercambio Iónico

C. Tratamientos biológicos por biodegradación tratamientos físicos

- Comprende el empleo de organismos biológicos que permiten la bioabsorción de determinados agentes químicos con lo cual se reduce, importantemente, la carga de metales. Este método también es conocido como tratamiento pasivo.

# CONCLUSIONES

1. Nuestro país cuenta con una arquitectura legal para impulsar la gestión del recurso hídrico y aguas residuales. Se institucionaliza a la ANA como ente rector en la gestión del recurso hídrico, con más de 72 órganos desconcentrados en el país. En ese sentido, entendemos que existen condiciones para la promoción de nuevos mecanismos orientados a la gestión eficiente del uso, manejo y disposición final del recurso hídrico y aguas residuales.
2. Contamos con mayor disponibilidad de recurso hídrico en la vertiente del Amazonas, con un aproximado de 1 895 226 hm<sup>3</sup>/año; situación contraria a la vertiente del Pacífico que cuenta con apenas a 34 136 hm<sup>3</sup>/año. Paradójicamente, en ambos casos, la calidad del recurso es crítica, condición que supone una serie de retos para el Estado, y que podría significar una oportunidad para implementar políticas intersectoriales que incentiven a la eficiencia del recurso hídrico y gestión responsable de las aguas residuales.
3. La Estrategia Nacional de Recursos Hídricos muestra que las principales Autoridades Administrativas del Agua (AAA) ubicadas en la costa peruana son vulnerables al estrés hídrico. La AAA Cháparra-Chincha registra -925 hm<sup>3</sup>/año, se acerca a esta tendencia AAA Cañete-Fortaleza y Huarmey-Chicama; contexto que vislumbra un severo problema de estrés hídrico. En ese sentido, resulta oportuno incidir en prácticas de reúso de aguas residuales tratadas, lo cual representaría un modesto aporte en términos de cantidad y calidad del agua.
4. En virtud a los datos registrados por la Autoridad Nacional del Agua, se advierte que las aguas residuales industriales tratadas son vertidas sobre los ríos y quebradas en un promedio de 134 hm<sup>3</sup>/año y 71 m<sup>3</sup>/año, respectivamente. Situación que incrementa la carga contaminante sobre los cuerpos de agua, a mediano y largo plazo. Asimismo, el mayor volumen de aguas residuales que provienen del sector saneamiento son vertidas al mar, resultando Lima y Callao las áreas con mayor impacto por dicho vertimiento. En tanto se acreciente la necesidad de abastecer a la población del recurso hídrico, debe reevaluarse los mecanismos de reúso de las aguas residuales, pues en promedio representan caudales mayores a 15 m<sup>3</sup>/s.
5. Los LMP son herramientas de gestión ambiental que establecen el valor de concentración máximo de elementos químicos, físicos, biológicos, etc. que caracterizan a un efluente; de superarse dichos niveles implicaría riesgos a la salud y al ambiente. Esto no supone que de cumplirse con dichos niveles, el agua carezca de algún metal presente en el efluente vertido sobre un cuerpo receptor (ríos, lagos).

En ese sentido y conforme a los registros proporcionados por la ANA, asumiendo que todos los efluentes cumplen con dichos niveles, se estima que la carga permitida de agentes químicos se estaría descargando sobre cuerpos naturales de agua. De acuerdo, a los parámetros regulados en los sectores mineros e hidrocarburos llegamos a las siguientes conclusiones:

- a. Si sumamos las descargas de las aguas residuales industriales y las aguas residuales de mina tratadas, ambas generadas en el sector minero, podemos tener una idea de la masa de agentes químicos descargadas sobre los cuerpos receptores. En virtud a los datos identificados, se demuestra que anualmente se vierten 22 toneladas arsénico a

los ríos y quebradas, 44 toneladas de plomo, 11 toneladas de cadmio, 110 toneladas de cobre y más de 331 toneladas de zinc.

- b. En el ámbito de la actividad de hidrocarburos se advierte que, anualmente, se descarga sobre quebradas, ríos y el mar cerca de cinco (5) toneladas de arsénico, 122 toneladas de bario, 488 hidrocarburos totales de petróleo, poco más de dos (2) toneladas de plomo y cromo hexavalente. En el caso específico de los ríos de la selva, se estima que, anualmente, se vierte hasta 140 kilogramos de arsénico, más de 3 toneladas de bario, poco más de 14 toneladas de hidrocarburos de Petróleo, 70 kilos de plomo al igual que cromo hexavalente.
- 6. Ingresando a las prácticas de reúso de aguas residuales, se advierte que el mayor número de autorizaciones de reúso según la ANA, se encuentran en el departamento de Lima con 48 autorizaciones, utilizados principalmente para fines agrícolas; y en Loreto con 27 autorizaciones, utilizados en actividades petroleras para fines de riego. En términos de la calidad de políticas de reúso, el departamento de Arequipa ocupa el primer lugar; dado que la Sociedad Minera Cerro Verde emplea las aguas residuales municipales tratadas para sus operaciones de ampliación.
- 7. Es evidente que la gestión de las aguas residuales no forma parte de una gestión integrada de recursos hídricos; sino se limita su enfoque al ámbito administrativo; por ello, la diferencia significativa entre los volúmenes de reúso y vertimiento. En ese sentido, el estudio ha identificado tres reúsos principales (riego, recirculación de procesos y mitigación ambiental) y tres combinados (riego y mitigación ambiental, limpieza y mantenimiento y riego, limpieza y mantenimiento).

De estos seis tipos, el uso para riego representa más del 63%, seguido de la recirculación de procesos con 27% y mitigación ambiental con más de 7%. Al respecto, es importante otorgar la debida importancia a la ausencia de control de calidad del agua residual tratada destinada para fines de riego y mitigación, que debiera estar en manos de la autoridad ambiental competente.

- 8. En el caso de las actividades petroleras, no se muestran dentro de las estadísticas haberse otorgado autorizaciones de uso de agua; sin embargo, dichas actividades cuentan con autorizaciones de vertimiento por lo que es necesario incluirlas dentro de las estadísticas de otorgamiento de Derechos de Uso de Agua realizado por la ANA.
- 9. En el caso del reúso por mitigación ambiental, se observa una tendencia ligera de incremento que se debe principalmente por los volúmenes autorizados en 2014 con 0.4 hm<sup>3</sup> y 2015 con 0.16 hm<sup>3</sup>, ambos años presentan los mayores volúmenes autorizados en los siete años analizados. Si bien, es ligeramente positiva esta tendencia de crecimiento, cabe advertir que este tipo de reúso, es aplicado estrictamente al control de polvo de caminos de acceso y áreas superficiales. De una revisión a los procedimientos de supervisión y fiscalización ambiental del OEFA no se ha encontrado que se realice un análisis a la calidad del agua tratada para fines de control de polvo o riego de caminos de acceso, tampoco hemos identificado que la ANA realice el análisis de la calidad de este tipo de agua residual. Esto fue confirmado inclusive, por un funcionario de la DGCRH, en una entrevista sostenida para el estudio. Por ello, es necesario efectuar el control y monitoreo de la calidad de estas aguas residuales tratadas de parte de las autoridades competentes, así como la realización de un análisis de calidad al componente final de destino de dichas aguas, aguas que indirectamente se vierten sobre el componente suelo.

10. Desde un enfoque global, el estudio ha identificado una alta ineficiencia en el uso del agua, debido a que las autoridades no realizan seguimiento sobre el mismo. Según registros de la ANA, en el año 2015, el volumen total de autorización de uso de agua para las actividades consuntivas fue de 23 927 hm<sup>3</sup>; el volumen de vertimiento autorizado fue de 2712.1 hm<sup>3</sup> y el volumen de reúso de 124 hm<sup>3</sup>. La diferencia entre el uso de agua otorgado respecto al vertimiento y reúso es de 21 091.2 hm<sup>3</sup>; es decir, se desconoce el destino del 88.15 % del agua otorgado para su uso. El destino podría encontrarse como parte de los productos generados, parte de las pérdidas por condiciones ambientales como evaporación y/o parte de una descarga informal.

En ese contexto, es importante que exista sinergias de actuación, monitoreo y supervisión coordinada entre la Dirección de Administración de Recursos Hídricos y la Dirección de Gestión de Calidad de Recursos Hídricos de la ANA, estableciendo de esta manera un mayor control del uso y disposición del recurso hídrico que podría ayudar a la identificación de posibles fuentes de descarga informal de aguas residuales tratadas.

11. De acuerdo a los registros de la ANA, en promedio, se vierten más de 134 hm<sup>3</sup>/año de agua residual industrial tratada sobre los ríos y más de 71 m<sup>3</sup>/año sobre las quebradas. Esta situación incrementará la presión de carga contaminante sobre estos cuerpos de agua, a mediano y largo plazo. Por ello, es importante promover políticas que permitan la medición de la huella gris.

12. En la actividad minera, por cada 1000 toneladas de mineral procesado por métodos de concentración, se emplea un porcentaje muy alto de agua, que bien podría abastecer alrededor de 13 000 habitantes de la región andina por día. Esto constituye un factor importante para promover el reúso del agua residual tratada que podría cubrir el 84% del agua requerida en una operación de concentración de minerales.

13. El incremento en la demanda de agua para abastecer a ciudades e industrias, ha provocado conflictos por escasez del recurso. Las aguas residuales pueden constituir una fuente de abastecimiento segura y confiable para este uso y otros que no requieran calidad de agua potable (consumo); siempre y cuando se establezcan adecuados controles sanitarios y tóxicos.

14. Si bien se establece una suerte de control de la calidad del agua residual tratada para su reúso, según indicaciones del sector competente o el empleo de las guías de la OMS, dicha disposición es demasiado discrecional, pues no se ha establecido en el sector extractivo algún límite o estándar de calidad para el reúso, a pesar de albergar actividades con más del 50% de autorizaciones de reúso. Por ello, es vital determinar niveles de calidad del agua residual a ser reusada según el destino final, de tal modo se eviten afectaciones al largo plazo en los aspectos del ambiente que reciben dichas aguas.



# RECOMENDACIONES

## Aguas residuales, calidad de agua para consumo humano y salvaguarda de los derechos conexos: dignidad, salud, seguridad alimentaria y sostenibilidad de ecosistemas

1. Los criterios o normas que se implementen para un manejo seguro y productivo de las aguas residuales deben adecuarse a las condiciones ambientales, sociales, económicas y financieras, considerando el eje de salud pública y ambiental.
2. Es necesaria la implementación de lineamientos que identifiquen la huella hídrica gris en las industrias, para promover una gestión responsable del agua residual tratada y generar una alternativa significativa para recuperar las cuencas hidrográficas amenazadas.
3. Las aguas residuales, pueden constituir una fuente de abastecimiento segura y confiable para otros usos, que no involucre el agua potable, siempre y cuando se establezcan controles sanitarios y toxicológicos.
4. Debe incidirse en el control, monitoreo y vigilancia permanente sobre la calidad del agua, en el marco de una política de salubridad por parte de la ANA

## Monitoreo, vigilancia y supervisión del riesgo de la gestión de aguas residuales

1. Se recomienda que los programas de control y manejo de reúso de aguas residuales tengan el componente salud. Esto permitirá evidenciar el riesgo y/o rechazo de diferentes alternativas de reúso de aguas residuales tratadas.
2. De detectarse descargas industriales sobre fuentes de agua, se debe realizar una clasificación del riesgo por contaminantes químicos, biológicos y físico-químicos, especialmente en lo que atañe a metales pesados y substancias tóxicas.
3. El ente rector en la gestión de recursos hídricos, Autoridad Nacional del Agua, debe implementar mecanismos de monitoreo y control sobre las aguas residuales autorizadas para su tratamiento y reúso.
4. Es necesario implementar, como parte de la verificación y supervisión ambiental, la evaluación del efecto que representaría el reúso del agua residual tratada de tipo industrial y minero para fines de mitigación de polvo y riego de productos agrícolas y especies vegetales.

## Desarrollo de programas de investigación académica e innovación de tecnología

1. Se debe promover en la industria el uso de tecnologías, que permitan menor utilización del agua, y eviten descargas de contaminantes difíciles de ser tratados con posterioridad.
2. Las tecnologías seleccionadas para el tratamiento de aguas residuales y la disposición para su reúso deben ser técnicamente apropiadas, económicamente viables y acorde a la realidad geográfica. Además debe informarse a la población y entidades competentes sobre sus características.

3. Actualmente, existen métodos tecnológicos avanzados para el tratamiento de las aguas residuales industriales y domésticas, que alcanzan niveles de calidad para la recirculación de aguas residuales en los procesos productivos de empresas. Dichos métodos debe ser difundidos en su implementación y funcionamiento
4. Respaldar plataformas y procesos participativos intersectoriales y multipartícipes para estimular la investigación, el intercambio de conocimientos y la transferencia de tecnología para una adecuada gestión de aguas residuales, su tratamiento y reúso.
5. Promover un centro de eficiencia tecnológica con el objeto de desarrollar nuevas tecnologías de potabilización y tratamiento de aguas residuales sostenibles y adecuadas a las condiciones ambientales del país.

### **Acceso equitativo al agua, priorizar a los sectores vulnerables y empoderar a los actores sociales (pueblos indígenas, comunidades campesinas y sociedad civil)**

1. Toda actividad productiva industrial debe incorporar en sus políticas corporativas la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales sostenibles, como una alternativa para mitigar impactos ambientales de sus operaciones.
2. Impulsar y fortalecer la gobernanza del agua con la creación de plataformas intergubernamentales para promover la gestión eficiente y responsable de las aguas residuales dentro del marco de gestión integrada del recurso hídrico.
3. El Estado, a través del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), Ministerio del Ambiente (MINAM), Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) deben promover políticas, de corto y mediano plazo, que incentiven el reúso de aguas residuales como una alternativa frente a las demandas de cantidad y calidad del recurso hídrico en las cuencas hidrográficas vulnerables.
4. El Estado debe poner especial atención sobre la crítica situación que subyace en las cuencas hidrográficas, ecosistemas hídricamente frágiles y zonas donde se sitúen pueblos indígenas y/o comunidades campesinas; considerando los parámetros sociales y ambientales.
5. Fortalecer la integración de la ciudadanía en la toma de decisiones en todos los niveles de gobierno (nacional, regional y local) sobre planes, políticas y programas de gobierno relacionado con la gestión eficiente del agua y aguas residuales
6. Se debe respetar, preservar, sobrevalorar y practicar los saberes ancestrales sobre la gestión sostenible del recurso hídrico y protección de la calidad del agua. En virtud de ello, corresponde impulsar su inclusión dentro del marco político y normativo.
7. El derecho a la consulta previa de pueblos indígenas debe garantizarse en temas que involucren proyectos de tratamiento y reúso de aguas residuales. Asimismo, asegurar la participación informada y los procesos de vigilancia de la sociedad civil, en general, en la toma de decisiones, al respecto.

### **Competencias, planificación y políticas gubernamentales en el marco de la gestión del recurso hídrico con una visión integrada, considerando la gestión de aguas residuales (SUNASS, MVCS, OEFA, MINAM, ANA, MINAGRI, MINSA)**

1. Crear programas de fortalecimiento de capacidades a funcionarios, servidores, sociedad civil y agentes involucrados en la gestión del recurso hídrico y aguas residuales, resaltando el valor de la calidad del agua.
2. Las competencias de cada sector deben ser definidas y delimitadas, a fin de entender y diferenciar el rol que desempeña cada institución y sus capacidades técnicas para cumplir sus fines. Cada entidad cumple un rol complementario, no obstante, de generarse duplicidad de funciones implicaría costos innecesarios en el presupuesto público.
3. La Autoridad Nacional del Agua (ANA) deberá asumir el rol antes desempeñado por la Dirección General de Salud (DIGESA): emitir la opinión vinculante en materia de salud, respecto a la autorización de vertimiento del agua residual tratada en base al cumplimiento de los estándares de calidad ambiental (ECA-Agua), y los límites máximos permisibles (LMP).
4. Considerar la reducción del plazo de adecuación de las Entidades Prestadoras de Servicio (EPS) para el otorgamiento de autorizaciones de vertimientos. Ello beneficiará a la sostenibilidad ambiental de los proyectos de inversión en saneamiento y otorgará a la población la plena seguridad de que el agua que consume es salubre.

### **Marco de propuestas e iniciativas para contribuir con la gestión eficiente y responsable del recurso hídrico y aguas residuales**

1. Promover y asegurar el reúso de las aguas residuales tratadas mediante la recirculación de procesos industriales, lo cual asegurará mayor inversión en sistemas de tratamiento, mejor control, menos carga contaminante sobre los cuerpos de agua y mayor volumen de agua fresca de autodepuración.
2. El sector privado debe implementar políticas corporativas que tengan como visión la gestión eficiente de aguas residuales a través de tratamiento y posterior reutilización y/o reúso.
3. El Estado debe implementar programas que incentiven al sector industrial, a la gestión eficiente y responsable de las aguas residuales, promoviendo su reciclaje y reúso dentro de sus propios procesos operativos. Otorgándose para dicho efecto una certificación de reconocimiento. Con ello se procederá a la denominación de empresas responsables en la gestión de la calidad del recurso hídrico.
4. El sector industrial debe construir políticas corporativas que consignen como finalidad principal el vertimiento cero, situación que ha de contribuir al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible al año 2030.



# REFERENCIAS

## Bibliográficas

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION

2002 *Calidad y Tratamiento del Agua*. Madrid: Mc Graw Hill/Interamericana de España SA.

BANCO MUNDIAL.

1991 *Libro de Consulta para Evaluación Ambiental, Trabajo Técnico Número 139*. Washington DC.

CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT (CCMA)

2004 *Environmental Quality Standards*.

KIELY, G.

1999 *Environmental Engineering*. McGraw Hill/International (UK) Limited.

GULLIVER, John S.

2007 *Introduction to Chemical Transport in the Environment*. Cambridge University Press.

HAYWARD, Steven F.

2003 *Environmental Policy Outlook*. AEI Online (Washington), April 1, 2003.

Henderson-Sellers, Brian. 1991. Water Quality Modeling - Volume IV: Decision Support Techniques for Lakes and Reservoirs. CRC Press Inc.

REÁTEGUI, I.

2006 *La Contaminación Ambiental como delito*. Jurista editores EIRL.

VILLÓN M.

2005 Hidroesta - Software para cálculos Hidrológicos. Editorial Villón.

METCALF & EDDY

1996 Ingeniería de Aguas Residuales. Madrid: Mc Graw Hill/Interamericana de España SA.

UNIÓN EUROPEA

2015 *Interpretation of definitions of project categories of annex I and II of the EIA Directive*. Disponible en: [http://ec.europa.eu/environment/eia/pdf/cover\\_2015.pdf](http://ec.europa.eu/environment/eia/pdf/cover_2015.pdf).

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA)

2002 National Recommended Water Quality Criteria.

FERNÁNDEZ-VITORA, Vicente Conesa

1993 Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. Segunda edición. Madrid: Editorial MUNDI-PRENSA.

## Reportes, informes y guías:

### AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA

- 2016 Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA.
- 2016 Estrategia Nacional para el Mejoramiento de la Calidad de los Recursos Hídricos. Resolución Jefatural N° 042-2016-ANA del 16 de febrero de 2016.
- 2016 Modificación del Reglamento para el Otorgamiento de Autorizaciones de Vertimiento y Reúso de Aguas Residuales Superficiales Tratadas, aprobado por resolución Jefatural N° 224-2013-ANA. Resolución Jefatural N° 145-2016-ANA del 8 de junio de 2016.
- 2016 Evaluación de Recursos Hídricos de doce cuencas hidrográficas del Perú. Resumen Ejecutivo integrado. Disponible en: [http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/evaluacion\\_de\\_recursos\\_hidricos\\_de\\_doce\\_cuencas\\_0.pdf](http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/evaluacion_de_recursos_hidricos_de_doce_cuencas_0.pdf)
- 2016 Manual de Buenas Prácticas para el Uso Seguro y Productivo de las Aguas Residuales Domésticas. Lima: Creacolor SAC. Disponible en: [http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/manual\\_de\\_buenas\\_practicas\\_para\\_el\\_uso\\_seguro\\_y\\_productivo\\_de\\_las\\_aguas\\_residuales\\_domesticas.pdf](http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/manual_de_buenas_practicas_para_el_uso_seguro_y_productivo_de_las_aguas_residuales_domesticas.pdf).
- 2012 Informe Técnico N° 018-2012-ANA-DGCRH/KH, Propuesta de modificación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, ing. Klaus Holzner, experto integrado CIM/GIZ.
- 2012 Metodología para determinar el valor de las retribuciones económicas por el uso de agua y por le vertimiento de aguas residuales tratadas. Resolución Jefatural N° 457-2012-ANA.

### BANCO MUNDIAL

- 2006 Perú: La oportunidad de un país diferente. Próspero, equitativo y gobernable. Disponible en: [https://www.mef.gob.pe/contenidos/pol\\_econ/documentos/BM\\_Peru\\_un\\_pais\\_diferente.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/pol_econ/documentos/BM_Peru_un_pais_diferente.pdf).

### CENTRO NACIONAL DE PLANEAMIENTO ESTRATÉGICO

- 2011 Plan Bicentenario, Perú hacia el 2021. Disponible en: [https://www.mef.gob.pe/contenidos/acerc\\_mins/doc\\_gestion/PlanBicentenarioversionfinal.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/acerc_mins/doc_gestion/PlanBicentenarioversionfinal.pdf).

### DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL

- 2008 Reportes de Monitoreo DIGESA 2003-2008.

### MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS

- 2014 Protocolo de Monitoreo de Calidad del Agua.
- 2008 Guía para la Evaluación del Impacto a la Calidad del Agua – MINEM.

### SUPERINTENDENCIA NACIONAL DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO

- 2015 Diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicio de saneamiento.

## Recursos

### AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA

- 2017 Compendios de Aguas.  
Disponible en: <http://www.ana.gob.pe/publicaciones/compendios-del-agua>.
- 2017 Reportes de Vertimiento 2009-2017. (Solicitudes de acceso a la información hasta febrero de 2017).

### INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO DEL PERÚ

- 2017 Mapa Geológico del Perú.

### MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS

- 2013 Reportes de monitoreo del Sistema de Información Ambiental Minero del Ministerio de Energía y Minas (1996-2008).



# ANEXOS

## Anexo 1. Volumen total Autorizado para vertimiento de aguas residuales tratadas por provincias 2009-2017

PROVINCIAS	VOLUMEN TOTAL AUTORIZADO 2009-2017 (hm <sup>3</sup> )
Callao	458.506
Lima	396.118
Cajamarca	300.343
Pasco	264.764
Yauli	201.654
Huari	192.360
Talara	149.708
Huarochirí	93.800
Arequipa	82.722
Pataz	75.860
Lauricocha	73.722
Santiago de Chuco	57.249
Oyón	53.689
Chanchamayo	53.109
Castilla	43.227
Yauyos	40.941
Condesuyos	37.364
Bolognesi	34.795
Cusco	34.523
Melgar	29.030
Maynas	28.734
Ilo	21.729
Caylloma	20.470
Huancavelica	20.290
Chumbivilcas	18.033
Concepción	17.215
Celendín	16.512
Hualgayoc	15.124
Nasca	14.675
Churcampa	13.614
Huaraz	13.364
Huaura	12.764
Angaraes	12.581

PROVINCIAS	VOLUMEN TOTAL AUTORIZADO 2009-2017 (hm <sup>3</sup> )
Chincha	12.031
Santa	10.646
Jorge Basadre	10.460
Lampa	10.130
Ascope	9.987
Cajabamba	9.631
Espinar	9.337
Cotabambas	9.205
Puerto Inca	9.044
Pisco	8.845
Mariscal Nieto	8.362
Aymaraes	8.071
Cañete	7.568
Santa Cruz	7.153
Huancayo	6.671
Huaral	6.216
Carabayla	5.952
San Miguel	5.894
Huaytará	5.537
Cajatambo	5.452
La Convención	5.288
Daniel Alcides Carrión	4.347
Paita	3.465
Barranca	3.375
Camaná	3.169
Páucar del Sara Sara	3.094
Huaylas	3.002
Parinacochas	2.551
Víctor Fajardo	2.539
San Antonio de Putina	2.526
Sechura	2.176
Lambayeque	1.650
Sánchez Carrión	1.500
Castrovirreyna	1.394
Trujillo	1.347
Tayacaja	1.257
Islay	1.021
Chota	0.986
Caravelí	0.979
Ica	0.910
Piura	0.899

PROVINCIAS	VOLUMEN TOTAL AUTORIZADO 2009-2017 (hm <sup>3</sup> )
Antabamba	0.858
Sullana	0.754
Rioja	0.681
Tocache	0.638
La Mar	0.599
Huánuco	0.588
Abancay	0.577
Coronel Portillo	0.543
General Sánchez Cerro	0.469
Lucanas	0.370
Huarmey	0.358
Loreto	0.337
Anta	0.183
Oxapampa	0.179
Aija	0.158
Datem del Marañón	0.123
Requena	0.116
Condorcanqui	0.115
Manu	0.112
Lamas	0.103
Sucre	0.071
Utcubamba	0.054
Pachitea	0.042
Calca	0.040
Chiclayo	0.034
Sandia	0.030
Satipo	0.027
Contralmirante Villar	0.014
Gran Chimú	0.011
Tacna	0.010
Quispicanchis	0.004
Urubamba	0.003
Junín	0.002
Padre Abad	0.001
Alto Amazonas	0.000
<b>TOTAL</b>	<b>3120.46</b>

Fuente: ANA: Registro de Vertimientos 2009-2017.

## Anexo 2. Número de autorizaciones de vertimiento por cuencas 2009-2017

CUENCAS HIDROGRÁFICAS	CUENTA DE CUENCA
Región Hidrográfica del Pacífico	284
Cuenca Mantaro	186
Cuenca Urubamba	123
Intercuenca Alto Marañón V	113
Cuenca Rímac	70
Intercuenca Alto Apurímac	66
Cuenca Camaná	64
Cuenca Huaura	54
Cuenca Crisnejas	49
Intercuenca Alto Huallaga	45
Cuenca Santa	40
Intercuenca Alto Marañón IV	30
Cuenca Perené	25
Cuenca Quilca-Vítor-Chili	22
Cuenca Inambari	20
Cuenca Ocoña	18
Cuenca Tigre	18
Cuenca Pativilca	17
Cuenca Tambo	17
Cuenca Moche	16
Cuenca Pucará	15
Cuenca Grande	14
Cuenca Napo	14
Intercuenca Medio Bajo Marañón	14
Cuenca Pampas	13
Cuenca Jequetepeque	11
Cuenca Cañete	9
Cuenca Chamaya	9
Cuenca Chancay-Lambayeque	9
Cuenca Chillón	9
Cuenca Coata	8
Cuenca Pachitea	7
Cuenca Azángaro	6
Cuenca Mayo	6
Intercuenca Medio Bajo Ucayali	6
Intercuenca 49917	5
Intercuenca Bajo Apurímac	5
Cuenca Chancay-Huaral	4
Cuenca Locumba	4

CUENCAS HIDROGRÁFICAS	CUENTA DE CUENCA
Cuenca Morona	4
Cuenca Tamaya	4
Cuenca Yauca	4
Intercuenca 49913	4
Cuenca Poyeni	3
Cuenca San Juan	3
Intercuenca 49793	3
Cuenca Acarí	2
Cuenca Aguaytía	2
Cuenca Ica	2
Cuenca Itaya	2
Cuenca Lacramarca	2
Cuenca Lurín	2
Cuenca Nanay	2
Cuenca Olmos	2
Cuenca Pastaza	2
Cuenca Piura	2
Cuenca Suches	2
Cuenca Chilca	1
Cuenca Chira	1
Cuenca Huancané	1
Cuenca Huarmey	1
Cuenca Ilo-Moquegua	1
Cuenca Pisco	1
Cuenca Santiago	1
Cuenca Supe	1
Cuenca Utcubamba	1
Intercuenca 49877	1
Intercuenca 49879	1
Intercuenca 49951	1
Intercuenca Alto Madre de Dios	1
Intercuenca Medio Bajo Huallaga	1
<b>TOTAL</b>	<b>1506</b>

Fuente: ANA: Registro de Vertimientos 2009-2017.

### Anexo 3. Revisión de tecnologías de tratamiento, disponibles para los principales parámetros regulados en los LMP de efluentes líquidos minero-metalúrgicos

PARÁMETRO	LA MEJOR TECNOLOGÍA DISPONIBLE ECONÓMICAMENTE ALCANZABLE (BATEA)	CONCENTRACIÓN MÁS BAJA ALCANZABLE
Aceites y grasas (minerales)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flotación por aire disuelto. Se emplea el concepto de separación por gravedad para la remoción de aceite y grasa del agua residual. Las pequeñas burbujas de aire se inducen para incrementar el diferencial de flotabilidad. Aditivos de coagulación como los polielectrolitos se emplean comúnmente para promover la aglomeración del material con contenido de aceite en flocos grandes que son más fáciles de remover. Un pH óptimo, la dosis del agente químico (alumbre y polímero) y la presión empleada en la planta de flotación por aire disuelto son parámetros importantes a considerar en el diseño<sup>[8], [9]</sup>.</li> <li>Flotación por Inducción de Aire. La mezcla estrecha de aire y líquido cargado de mineral es forzada a través de boquillas que proporcionan la acción de separación necesaria para crear millones de burbujas que se diseminan a través de toda la cámara de flotación. El aceite y los sólidos en suspensión adheridos a las burbujas de aire son transportados a la superficie del agua en donde forman una espuma que es barrida por una pala niveladora<sup>[9]</sup>.</li> <li>Remoción por Ultrafiltración. La filtración por membrana que utiliza tratamiento por osmosis inversa es muy efectiva para remover aceites disueltos y emulsificados.</li> <li>Adsorción por carbono. Método eficiente para limpiar el efluente luego del tratamiento con otras técnicas.</li> <li>Tratamiento Biológico. Es generalmente efectivo en la degradación de aceites degradados y otros tipos de emulsiones estabilizadas que no se pueden desestabilizar mediante coagulantes químicos en aguas residuales contaminadas por aceites de alta dilución<sup>[9]</sup>.</li> </ul>	10 mg/L
Antimonio (Sb), Molibdeno (Mo), Selenio (Se)	<p>La remoción de Sb, Mo y Se es de algún modo similar a la remoción de As. La mejor tecnología disponible es la coagulación/filtración y los procesos de membrana. En base a la experiencia disponible, las sales férricas (por ejemplo, cloruro férrico) son eficaces para remover Sb y, a diferencia del As, la remoción de Sb (III) puede ser mejor que la del Sb (V). Asimismo, la remoción depende del pH y de la dosis. Los estándares de US EPA (agua potable) requieren 6 µg/L de Sb.</p> <p>Considerando que la remoción de Sb, Se<sup>6+</sup> y Mo muestra similitudes con el As, se espera que los sistemas pasivos que emplean bacterias sulfureductoras tengan la capacidad de remover/reducir Sb de las aguas.</p>	~ 6 µg/L Sb 50 µg/L de Se (precip. por S <sup>2-</sup> )
Arsénico (As)	<p>El método convencional de remoción de arsénico es potencialmente disponible para la industria minera e incluye:</p> <p><i>Co-precipitación.</i> Alumbre, hierro o coagulación con cal.</p> <p><i>Técnicas de Sorción.</i> Alumbre activado, arena con revestimiento de hierro, resina con intercambio de hierro.</p> <p><i>Técnicas de membrana.</i> Ósmosis inversa, electrodialisis<sup>[5], [6]</sup>.</p> <p>Oxidación de As<sup>3+</sup> a As<sup>5+</sup>(estado menos soluble) es recomendable efectuarla antes del proceso de precipitación/coprecipitación para incrementar la efectividad del proceso. Se puede realizar como un paso de pretratamiento por separado o como parte del proceso de precipitación mediante la adición de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, FeCl<sub>3</sub> o Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>.</p>	0.05mg/L S <sup>2-</sup> (precip. + filtración) <sup>[1], [11]</sup> 0.005 mg/L Fe <sup>3+</sup> (coprecipitación)

PARÁMETRO	LA MEJOR TECNOLOGÍA DISPONIBLE ECONÓMICAMENTE ALCANZABLE (BATEA)	CONCENTRACIÓN MÁS BAJA ALCANZABLE
Arsénico (As)	<p>Algunos de los agentes químicos usados para el proceso de precipitación incluyen: cal, hidróxido de calcio, sales férricas (por ejemplo, cloruro férrico), sulfato férrico, hidróxido férrico, alumbre (hidróxido de aluminio), manganeso, sulfato, sulfato de cobre, sulfuro<sup>[1], [3]</sup>.</p> <p>La presencia de otros metales o contaminantes puede impactar la efectividad de la precipitación/coprecipitación así como el pH del sistema afecta la eficiencia de remoción de As<sup>[3]</sup>. La remoción de arsénico por precipitación química con Fe<sup>2+</sup> y Fe<sup>3+</sup> se considera el método más efectivo y comúnmente utilizado<sup>[5]</sup>.</p>	<p>0.05mg/L S<sup>2-</sup>(precip. + filtración)<sup>[1], [11]</sup></p> <p>0.005 mg/L Fe<sup>3+</sup> (coprecipitación)</p>
Cadmio (Cd)	<p>Precipitación por cal a pH &gt; 10 (por ejemplo, usando caliza con alto contenido de calcio o cal hidratada). La neutralización/precipitación con cal a pH &gt; 10.5 puede reducir la concentración de Cd en el efluente a menos de 0.01 mg/L.</p> <p>La precipitación por sulfuro utilizando H<sub>2</sub>S o Na<sub>2</sub>S se puede considerar una alternativa. Debe notarse que la precipitación del Cd se ve obstaculizada debido a la alta concentración de Fe en el efluente<sup>[1]</sup>. Mediante precipitación por sulfuro pueden obtenerse concentraciones del orden de 0.008 a 0.01 mg/L.</p>	<p>0.05 mg/L<sup>[11]</sup> (precip. alcalina)</p> <p>0.008-0.01 mg/L (precip. por S<sup>2-</sup>)</p>
Cianuro (CN) CN-libre CN-WAD CN-total	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las reacciones de degradación natural en las pozas de contención convierten el cianuro a derivados no tóxicos (dióxido de carbono y compuestos de nitrógeno). Estas reacciones naturales se han utilizado en la industria minera como el medio más común para la atenuación de cianuro<sup>[1]</sup>. Sin embargo, la tendencia reciente consiste en tratar química o biológicamente (oxidar) los líquidos con contenido de cianuro.</li> <li>Procesos de oxidación: Los oxidantes comunes empleados para la remoción de complejos o cianuros de enlace débil son: SO<sub>2</sub>/aire (proceso Inco), ozono o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. No se recomienda el uso de Cl<sub>2</sub> y ClO<sub>2</sub> debido a la formación de derivados tóxicos. La oxidación por cianuro resulta en cianuro libre CN convirtiéndose el cianuro en cianato. Se debe considerar la oxidación química cuando los niveles de cianuro oxidable son demasiado altos para procesarse mediante un sistema de tratamiento biológico. El método más comúnmente adoptado para la técnica de oxidación por cianuro es la aplicación de SO<sub>2</sub>/aire y para casos específicos se pueden usar peróxidos, ácido peroximonosulfúrico y persulfatos como alternativas efectivas para la destrucción de cianuro. El uso de sistemas de peróxido de hidrógeno depende del tiempo de reacción, temperatura, pH, el producto deseado de cianato, CO<sub>2</sub> y NH<sub>3</sub>, los tipos de cianatos que se tratan y la economía del sistema.<sup>[10]</sup></li> <li>Otros métodos de tratamiento son: acidificación/ volatilización/ regeneración, procesos de adsorción, procesos electrolíticos, conversión a especies menos tóxicas en solución, precipitación de cianuros de metal insoluble, tratamiento biológico, hidrólisis de alta temperatura.<sup>[5]</sup></li> </ul>	
Cobre (Cu)	<p>Neutralización y precipitación por cal. La menor solubilidad del cobre se encuentra a pH 9-10<sup>[1]</sup>. La precipitación de sulfuro (de generación química o biológica) se puede considerar una alternativa. El método de precipitación por sulfuro siempre puede dar lugar a menores concentraciones en el agua tratada (es decir, niveles de µg/L) a niveles de pH alrededor del neutro.</p> <p>Los biosorbentes como aserrín, musgo (sphagnum moss) o algas se pueden usar como una alternativa de tratamiento in situ que se puede colocar si ocurre infiltración. Cuando se saturan con iones metálicos, los materiales biosorbentes saturados se pueden eliminar con el relave o reciclar en una planta de fundición, o lavarse con una salmuera apropiada para la recuperación de metales<sup>[1]</sup>.</p> <p>Otro método es la extracción de iones metálicos de soluciones acuosas mediante el uso de compuestos de silicato-pollamina con alta capacidad de extracción de iones metálicos<sup>[7]</sup>.</p>	<p>&lt;0.1 mg/L<sup>[1]</sup></p> <p>0.02-0.07 mg/L (precip. alcalina)</p> <p>0.01-0.02mg/L (precip. por S<sup>2-</sup>)</p>

PARÁMETRO	LA MEJOR TECNOLOGÍA DISPONIBLE ECONÓMICAMENTE ALCANZABLE (BATEA)	CONCENTRACIÓN MÁS BAJA ALCANZABLE
Cromo (Cr) Cr-III Cr-VI Cr-total	<p>Si se trata de Cr<sup>6+</sup>, debe reducirse a Cr<sup>3+</sup> (que se puede precipitar) antes de neutralizar para ser removido como Cr(OH)<sub>3</sub><sup>[1]</sup>.</p> <p>Se puede utilizar metabisulfito de sodio (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) como agente reductor en condiciones ácidas, seguido por ajuste de pH, para precipitar los iones metálicos.</p> <p>El uso de precipitación por sulfuro también puede ocasionar la remoción de metales en efluentes que contengan Cr<sup>6+</sup>. Los complejos de sulfuro de metal son menos voluminosos que los precipitados de hidróxido. Así, son menos susceptibles de sufrir cambios en el pH cuando se almacenan en condiciones anaeróbicas<sup>[1]</sup>.</p> <p>Luego, se aplica clarificación para remover los precipitados antes de descargar el agua tratada al medio ambiente<sup>[4]</sup>.</p>	
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Oxidación química convencional y tratamiento por precipitación. Por ejemplo, la remoción de hierro, manganeso, arsénico y tiosales resultan en la reducción del DQO. Para la remoción de As y lograr la coprecipitación del reglamento para efluentes de agua más estricto se debe considerar hierro férrico o alumbre, adsorción, oxidación y/o filtración por membrana.	
Fenol	Adsorción, biodegradación, extracción por membrana líquida y oxidación. Entre estos métodos, la tecnología de oxidación ha demostrado el mejor desempeño. Se pueden considerar agentes oxidantes, incluyendo ozono, radiación UV y peróxido de hidrógeno, además de oxidación húmeda catalítica. El proceso de oxidación-adsorción de dos pasos es otro método que se ha investigado.	
Hierro (Fe)	Neutralización y precipitación con cal. La menor solubilidad del Hierro se encuentra a pH 9-10. Se emplea aireación para oxidar el hierro ferroso (Fe <sup>2+</sup> ) a hierro férrico (Fe <sup>3+</sup> ) durante la precipitación debido a que los lodos de hierro férrico son químicamente más estables. Otros métodos de oxidación incluyen métodos químicos (por ejemplo, peróxido de hidrógeno) y biológicos (por ejemplo, bacteria Thiobacillus sp. que oxida hierro y/o azufre) <sup>[1]</sup> .	Rango de µg/L <sup>[1]</sup>
Mercurio (Hg)	Precipitación por sulfuro (tal como Hg + S → HgS). Un método alternativo es emplear una resina de Intercambio iónico a fin de lograr bajas concentraciones de Hg en el efluente <sup>[1]</sup> . También se puede usar el proceso SRB.	10-20 µg/L (precip. por S <sup>2-</sup> ) 1 a 5 µg/L
Níquel (Ni)	Neutralización y precipitación por cal. La más baja solubilidad del níquel se encuentra a pH > 10. La precipitación se ve obstaculizada por estar a la máxima concentración de Fe. <sup>[1]</sup> Se puede considerar una alternativa la precipitación de sulfuro.	< 1mg/L <sup>[1]</sup> 0.12 mg/L (precip. alcalina) <sup>[1]</sup>
pH	Neutralización con reactivo alcalino. Neutralización con cal para elevar el pH del efluente. Cal como CaO (cal viva), Ca(OH) <sub>2</sub> (cal hidratada) o CaCO <sub>3</sub> (caliza) son los reactivos alcalinos más comúnmente usados debido a su alta reactividad y su amplia disponibilidad. <sup>[1], [2]</sup> Ca(OH) <sub>2</sub> o CaO pueden elevar el pH hasta 12.4, pero CaCO <sub>3</sub> sólo puede elevar el pH alrededor de 7.	90% de eficiencia con CaO y Ca(OH) <sub>2</sub> <sup>[2]</sup>
Plomo (Pb)	Precipitación con cal (por ejemplo, cal viva (CaO) o cal apagada (Ca(OH) <sub>2</sub> de alto contenido de caldo) para formar hidróxidos. La más baja solubilidad del plomo se encuentra a pH 9-10 <sup>[1], [5]</sup> . La precipitación del sulfuro o del sulfato se puede usar como una alternativa. Emplear una bacteria anaeróbica sulfureductora (SRB), donde el sulfuro se genera biológicamente, es otro método efectivo para la remoción de plomo y otros metales. Contando con las condiciones adecuadas de temperatura de solución y potencial de oxidación/reducción y con los nutrientes apropiados disponibles para la SRB, el sulfato es microbiológicamente reducido a sulfuro, que forma precipitados insolubles con muchos metales <sup>[1], [6]</sup> .	Rango de µg/L <sup>[1]</sup>
Radio-226	La co-precipitación con BaCl <sub>2</sub> se reconoce como tecnología BATEA. También se puede emplear intercambio iónico.	0.3 Bq/L

PARÁMETRO	LA MEJOR TECNOLOGÍA DISPONIBLE ECONÓMICAMENTE ALCANZABLE (BATEA)	CONCENTRACIÓN MÁS BAJA ALCANZABLE
Sólidos Totales en Suspensión (STS)	Precipitación empleando coagulantes (es decir, sulfato de aluminio (alumbre), sulfato férrico) y/o floculantes (es decir, polímeros orgánicos), que incrementan la eficiencia de la sedimentación de partículas. El coagulante reduce las fuerzas netas repulsivas eléctricas en las superficies coloidales y promueve la consolidación de pequeñas partículas en partículas más grandes y los floculantes unen las partículas neutras. Los parámetros importantes a considerar en el diseño son el tipo y la dosis de coagulantes y floculantes, la temperatura del sistema, la velocidad de mezclado y el tiempo de residencia [1], [2]. La filtración por membrana (microfiltración, ultrafiltración u osmosis Inversa) pueden emplearse para lograr estándares más estrictos. La eficiencia de remoción de STS es 99%.	<10 mg/L
Temperatura (incremento)	Torres de enfriamiento o pozas de enfriamiento.	
Tiosales	Se puede usar oxidación fuerte (por ejemplo, con $H_2O_2$ u ozono) u oxidación biológica. Con excepción del $H_2O_2$ , ninguno de estos procesos ha sido evaluado a escala industrial. Se ha evaluado también la adición de bicarbonato y carbonato para controlar las tiosales y su potencial impacto adverso en las aguas.	Obtener <30 mg/L COD
Zinc (Zn)	Precipitación a pH 9-10 (la más baja solubilidad del zinc) empleando cal (es decir, cal viva ( $CaO$ ) o cal apagada ( $Ca(OH)_2$ de alto contenido de calcio). <sup>[1]</sup> Reactivos alcalinos alternativos pueden ser hidróxido de sodio o potasio. La neutralización y precipitación por cal es uno de los métodos más comúnmente utilizados. Los precipitados formados como hidróxido de zinc se pueden separar de la solución mediante clarificación (sedimentación) y procesos de espesamiento. Las ventajas de este proceso son su alta eficiencia y fácil control a temperatura ambiente <sup>[5]</sup> . La precipitación por sulfuro, usando procesos químicos o basados en bacterias sulfureductoras, se puede considerar un método alternativo.	0.1 mg/L (preci. alcalina) <0.1 mg/L <sup>[1]</sup>

1. Nural Kuyucak, 2006, "Sources of mining effluents and suitable treatment options", the "Water in Mining – 2006: Multiple Values of Water" Conference, 14-16 November 2006, Brisbane, Australia.
2. "Overview of acid mine drainage treatment with chemicals", <http://www.wvu.edu/~agexten/landrec/chemtrt.htm>.
3. EPA, "Arsenic treatment technologies for soil, waste and water", September 2002, [http://www.epa.gov/tio/download/remed/542r02004/arsenic\\_report.pdf](http://www.epa.gov/tio/download/remed/542r02004/arsenic_report.pdf).
4. Patterson JW., Gasc E., Wang Y., "Optimization for reduction/precipitation treatment of hexavalent chromium," Water Science & Technology. Vol. 29, no. 9, pp. 275-284. 1994.
5. Hélio Takara, CMM, Gerente Higiene, Segurança, Meio Qualidade, "Standards for mining activities and environment", IMWA Symposium 2001. <http://www.imwa.info/docs/BeloHorizonte/Standards.pdf>;
6. EPA, "Annual Report 2000, Mine Waste Technologies". <http://www.epa.gov/hardrockmining/annual/annual2000/annual00a.htm>.
7. Fischer, R.J. ; Pang, D. ; Beatty, S.T.; Rosenberg, E., "Silica-polyamine composite materials for heavy metal ion removal, recovery, and recycling. Metal ion separations from mine wastewater and soft metal ion extraction efficiency", 1999 Dec 01.
8. M. Abid Baig, Mohsin Mir, Zafar I. Bhatti and M A. Baig, "Removal of oil and grease from industrial effluents", 2006, [http://ejafchc.uvigo.es/2\(5\)2003/007252003.htm](http://ejafchc.uvigo.es/2(5)2003/007252003.htm).
9. Choong Hee Rhee, Paul C. Martyn, Jay G. Kremer, "Removal of oil and grease in oil processing wastewaters", <http://www.p2pays.org/ref/02/01442.pdf>.
10. A. Khodadadi, M. Abdolahi and P. Teimoury, "Detoxification of cyanide in gold processing wastewater by  $H_2O_2$ ", Iranian Journal of Environmental Health, Science and Engineering, Iranian Association of Environmental Health (IAEH), ISSN: p-ISSN: 1735-1979, Vol. 2, Num. 3, 2005, pp. 177-182.

Fuente: PERCAN, 2007.

**CALIDAD DEL AGUA EN EL PERÚ**  
**Retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales**

Se terminó de imprimir en octubre de 2017  
en los talleres de Sonimágenes del Perú SCRL  
Av. Gral. Santa Cruz 653, Ofic 102  
Jesús María, Lima-Perú  
Teléfono: 277 3629 / 726 9082  
[www.sonimagenes.com](http://www.sonimagenes.com).





## DAR - Derecho, Ambiente y Recursos Naturales

Es una organización civil sin fines de lucro, cuyo fin prioritario es contribuir a lograr una Amazonía con bienestar y equidad socio-ambiental, a partir de la gestión del conocimiento, la incidencia en políticas públicas, el empoderamiento de los actores, el fortalecimiento de la institucionalidad y la promoción de la vigilancia social, en los ámbitos nacional, regional y local.

### MISIÓN

DAR está comprometida en construir la gobernanza ambiental y recursos hídricos, el desarrollo sostenible y la promoción de los derechos indígenas en la Amazonía.

### PROGRAMA GESTIÓN SOCIO-AMBIENTAL E INVERSIONES

Promueve la implementación de instrumentos de gestión socio-ambiental en la gestión pública, y promoción de inversiones sostenibles y equitativas para la Amazonía. Para ello focaliza sus esfuerzos en acciones que promuevan la institucionalización del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), la implementación de iniciativas de Evaluación Ambiental Estratégica (EAE), el cambio de actitudes en actores para una gestión socio-ambiental efectiva y el ordenamiento territorial. Asimismo, encamina acciones dirigidas a promover buenas prácticas en energía y transporte, la mejora de la planificación energética y la implementación de salvaguardas en energía y transporte.

Con el apoyo de:



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Embajada de Suiza en el Perú

Agencia Suiza para el Desarrollo  
y la Cooperación COSUDE

Fundación  
**Avina**