



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“SANEAMIENTO Y RIESGOS AMBIENTALES MICROBIOLÓGICOS EN
CUENCAS HIDROLÓGICAS DE LIMA METROPOLITANA”

Trabajo de investigación para optar el grado académico de:

Bachiller en Ingeniería Ambiental

Presentado por:

Daniel Jesús Churano Shuan (0000-0003-4925-0185)

Asesor:

Marcos Alejandro Sulca López (0000-0001-9056-0068)

Lima – Perú

2019

RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N° 069-2021-DACIA-DAFCA-CIENTIFICA

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES / CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

Lima, 26 de febrero de 2021

VISTO:

La revisión realizada y la aprobación de Trabajo de Investigación titulado: **SANEAMIENTO Y RIESGOS AMBIENTALES MICROBIOLÓGICOS EN CUENCAS HIDROLÓGICAS DE LIMA METROPOLITANA**, presentado por:

- Daniel Jesús Churano Shuan

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el grado de Bachiller de **Ingeniería Ambiental** en la **Facultad de Ciencias Ambientales**, se debe desarrollar un trabajo de investigación.

Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

SE RESUELVE:

Aprobar e inscribir el trabajo de investigación titulado: **SANEAMIENTO Y RIESGOS AMBIENTALES MICROBIOLÓGICOS EN CUENCAS HIDROLÓGICAS DE LIMA METROPOLITANA** con N° de registro de la carrera: **0116-FCA-IAM**.

Nombrar al docente/colaborador **Marcos Alejandro Sulca López** como asesor de dicho trabajo de investigación.

Regístrese, comuníquese y archívese,



Mg. Gonzalo Francisco Flores Roca
Director Académico de Carrera
Ingeniería Ambiental

T // (51) 610 6738
informes@cientifica.edu.pe
cientifica.edu.pe

Riesgos Ambientales Microbiológicos en Cuencas Hidrológicas de Lima Metropolitana

Daniel Jesús Churano Shuan¹; Marcos Alejandro Sulca López¹

¹ Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Científica del Sur, Lima – Perú

*Autor de correspondencia: 180000142@ucientifica.edu.pe

RESUMEN

En las últimas décadas, los países se han encaminado al desarrollo sostenible, y para ello se han planteado nuevas metas en búsqueda de la sostenibilidad y el bienestar social como el término de la pobreza y el acceso a salud, bienestar y saneamiento; para ello han creado normas que permitan alcanzar estos objetivos. Sin embargo, a pesar de ello, el marco normativo por sí solo no nos acerca al objetivo y mucho menos soluciona los problemas sociales y ambientales que implica la sostenibilidad; por lo tanto, se requiere de un análisis basado en la interacción de los componentes ambientales, sociales y económicos. Dentro de la realidad peruana la cantidad, distribución y calidad del agua es un problema preocupante, ya que puede amenazar a la salud y al ambiente. En cuanto a la distribución y cantidad, la problemática radica en la demografía nacional, esto debido a que la mayor parte de la población se ha asentado en zonas áridas. Respecto a la calidad, existen problemas graves causados por diferentes contaminantes, siendo unos los principales los microbiológicos por el limitado acceso a un adecuado saneamiento, especialmente en zonas pobres. Este factor de riesgo junto a otras malas prácticas; generan peligros ambientales microbiológicos con un alto potencial de riesgo. Para lidiar con este problema, una adecuada gestión que integre el saneamiento y recurso hídrico con enfoque a cuencas hidrológicas es muy importante, así mismo se requiere de evaluaciones de riesgos ambientales que estén sujetas a estándares de calidad ambiental aplicables a nuestra realidad. Estos son necesarios para preservar nuestro recurso hídrico y evitar pérdidas humanas y mejorar la salud ambiental.

Palabras clave: Desarrollo Sostenible, Saneamiento, Riesgos Ambientales, Gestión de Cuenca

ABSTRACT

In the last decades, the countries have moved towards sustainable development, and for this purpose they have set new goals in search of sustainability and social well-being, such as the term poverty and access to health, well-being and sanitation; To this end, they have created norms to achieve these objectives. However, despite this, the regulatory framework alone does not bring us closer to the objective, much less does it solve the social and environmental problems that sustainability implies; therefore, an analysis based on the interaction of environmental, social and economic components is required. Within the Peruvian reality, the quantity, distribution and quality of water is a worrying problem, since it can threaten health and the environment. Regarding the distribution and quantity, the problem lies in the national demography, this because most of the population has settled in arid areas. Regarding quality, there are serious problems caused by different pollutants, the main ones being microbiological due to limited access to adequate sanitation, especially in poor areas. This risk factor along with other bad practices; generate microbiological environmental hazards with a high potential for risk. To deal with this problem, an adequate management that integrates sanitation and water resources with a focus on hydrological basins is very important, as well as environmental risk assessments that are subject to environmental quality standards applicable to our reality. These are necessary to preserve our water resources and avoid human losses and improve environmental health.

Keywords: Sustainable Development, Sanitation, Environmental Risks, Basin Management

REVISIÓN TEÓRICA

1. Desarrollo Sostenible y Normativa Aplicada a la Calidad del Vida y del Recurso Hídrico

1.1. Desarrollo Sostenible.

Mucho se dice sobre el ambiguo concepto de sostenibilidad; sin embargo, se le puede aplicar el enfoque sistémico para efectos de comprensión, es decir se puede considerar como un conjunto de subsistemas o elementos de distinta índole que interactúan entre sí y con o sin el exterior. Los límites de cualquier sistema son delimitados subjetivamente, pero si hablamos a nivel de ambiente, debemos considerar esto como un sistema abierto donde interactúa con otros sistemas y hay intercambios de materia y energía. Un sistema sustentable, debe mantener su funcionamiento “lo que hace”, a pesar de los cambios en los ingresos o salidas del mismo; como si de homeostasis se tratara. Por otro lado, el desarrollo sostenible tiene un concepto basado en el cambios graduales y sostenidos del sistema en búsqueda de algo más que incremento económico, sino que también alcanza el crecimiento cualitativo de las naciones. Estos beneficios deben poder ser percibidos por las próximas generaciones.(Gallopín, 2003).

Actualmente, el esfuerzo de los países se enfoca en el desarrollo sostenido, por ello, luego que cumplieran los 8 objetivos del milenio, en 2015 se plantearon nuevas metas para el desarrollo registradas en la Agenda 2030. Aquí se describieron los 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible y 169 metas para tratar de eliminar la pobreza, fomentar el bienestar social y medio ambiental, así como enfrentar al cambio climático. Entre los objetivos más resaltantes al 2030 está el “Garantizar la Disponibilidad de Agua y Gestión Sostenible y el Saneamiento para Todos”. Este objetivo es sustentado bajo la premisa que para el 2050 un 25% de las personas podría vivir en un país con estrés hídrico crónico. (ONU-CEPAL, 2016)

1.2. Derecho al ambiente sano en el Perú.

En el Perú la legislación ambiental está normada por la Ley N° 28611, “Ley General del Ambiente”, publicada en 2005 y menciona los deberes y derechos primordiales que todo ciudadano peruano tiene y que son estipulados en el Artículo 1 que dice:

“Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida; y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país.”

Esta normativa sienta las bases para defensa y conservación del ambiente con la finalidad de resguardar la salud pública y todo lo relacionado al desarrollo equilibrado de todo individuo en la naturaleza, y así mismo preservar los recursos naturales, indispensable para el desarrollo económico sostenido en el tiempo.

1.3. Legislación para Agua de Calidad.

El Estado Peruano regula la administración del agua mediante la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos (creada en 2009, modificada en 2019), la cual en su Artículo preliminar III., “Principio de participación de la población y cultura del agua”, contempla que el estado provee de medios para que pobladores organizados y usuarios puedan intervenir en la toma de decisiones que puedan afectar a la disponibilidad, calidad o cualquier otra cualidad del agua. Gracias a esto la sociedad civil puede tener presencia y participación en las actividades asociadas al uso de tipo extractivo y no extractivo del recurso hídrico.

Por otro lado, la misma ley en su Artículo 3°, “Declaratoria de interés nacional y necesidad pública”, dice lo siguiente:

“Declárase de interés nacional y necesidad pública la gestión integrada de los recursos hídricos con el propósito de lograr eficiencia y sostenibilidad en el manejo de las cuencas hidrográficas y los acuíferos para la conservación e incremento del agua, así como asegurar su calidad fomentando una nueva cultura del agua, para garantizar la satisfacción de la demanda de las actuales y futuras generaciones. “

Este hace mención al manejo del agua desde un enfoque de cuenca y de acuíferos, para de esta manera aprovechar el recurso de forma más sostenible. En cuanto a la conservación e incremento del agua, se menciona a la importancia de mantener y preservar la calidad del recurso, ya que este es indispensable no solo para el desarrollo de la vida, sino que forma parte del desarrollo socio-económico. Esta necesidad se trata resolverse mediante la creación de una nueva institución como lo indica en el Artículo 11°, “Conformación e Integración del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos” (SNGRH), que dice que:

“El SNGRH está conformado por el conjunto de instituciones, principios, normas, procedimientos, técnicas e instrumentos mediante los cuales el Estado desarrolla y asegura la gestión integrada, participativa y multisectorial, el aprovechamiento sostenible, la conservación, la preservación de la calidad y el incremento de los recursos hídricos...”

Este ente queda constituido por la Autoridad Nacional del Agua (ANA); Los Ministerios de Agricultura; del Ambiente; de Salud; de Vivienda, Construcción y Saneamiento; de Energía y Minas; y de Producción; organizaciones de usuarios agrarios y no agrarios; entidades operadoras de los sectores hidráulicos sectoriales y multisectoriales; comunidades campesinas y nativas; entidades públicas vinculadas a la gestión del Recurso Hídrico; así como los otros niveles de gobierno.

En el Artículo 76°, “Vigilancia y fiscalización del agua”, dice que la Autoridad Nacional en coordinación con el Consejo de Cuenca evalúa el estado físico del agua de los cauces naturales y artificiales, de manera que controla, supervisa y fiscaliza que se cumplan los Estándares de Calidad Ambiental (Actualmente Decreto Supremo N° 004 – 2017 – MINAM); este artículo da a la ANA la responsabilidad de evaluar la condición de los cuerpos de agua para resguardar la calidad del recurso, así como la salud de las personas.

1.4. Saneamiento y su Legislación.

A nivel nacional el servicio de Saneamiento está a cargo de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), esta entidad fue creada bajo la Ley N° 26284 y en este documento se le encarga a SUNASS la administración, proponer políticas y normas sobre los servicios de alcantarillado sanitario y pluvial, agua potable, y la disposición sanitaria de excretas, esta institución fue creada a fin de mejorar las condiciones de calidad del servicio de saneamiento, contribuyendo a la salud población y mejorar el medio ambiente. Esta entidad aplica la Ley General de Saneamiento, Decreto Legislativo N° 1280; que fija las normas que rigen a los servicios de saneamiento. Por otro lado, la Dirección General de Salud Ambiental es otra entidad que también se encarga de regular los temas de saneamiento, pero relacionado más hacia la protección ambiental para la salud de la población, saneamiento básico, vigilancia y control de vectores, de higiene en alimentos, zoonosis y la vigilancia de la contaminación ambiental. Los aspectos antes referidos son descritos en la Política Nacional de Salud Ambiental, el cual según el Decreto Supremo N° 023 – 1005 – SA es competencia de esta entidad.

2. Agua Disponible para el Consumo Humano

Como se describió anteriormente los aspectos relacionados al saneamiento, a la calidad del recurso hídrico y su preservación son de gran importancia, y es por ello que se hacen esfuerzos

políticos para tratar de conservar este recurso vital que es uno de los pilares para mantener la vida humana.

2.1. Cuenca Hidrográfica e Hidrológica.

2.1.1. Cuenca hidrográfica.

A la cuenca hidrográfica se le puede definir como el espacio o superficie geográfica que está delimitada por la línea de aguas, este se entiende como un sistema abierto, ya que existen intercambios de energía y materia. En este sistema existen entradas que corresponden a las precipitaciones, y salidas que son por escorrentía hasta la desembocadura o evapotranspiración dentro de la cuenca.

2.1.2. Cuenca Hidrológica.

Por otro lado, la cuenca hidrológica se entiende como la parte de interacción física en el sistema, es decir a las entradas y salidas, y a cómo interactúan físicamente dentro de la cuenca. Este empieza desde que la gota, nieve o granizo precipita y luego se infiltra, satura al suelo y luego desciende por la cuenca por escorrentía hasta la desembocadura de la cuenca. Mientras otra parte del agua es captada por la vegetación y por mecanismos biológicos y térmicos transpiran el agua en forma de vapor. Así mismo otros cuerpos de agua evaporan el agua por acción del calor, llevando el vapor a la atmósfera.

2.2. Disponibilidad de agua como recurso nivel mundial, nacional y local.

2.2.1. Disponibilidad de Agua a Nivel Mundial.

Se estima que la superficie terrestre es de 510.1 millones de km² (Santana, A., Ginés, C., & Mayer, L.; 2014) y de este aproximadamente el 70% es agua que equivale a 1,386 millones de km³, que, aunque parezca un gran volumen, en realidad es el equivalente a una esfera pequeña de diámetro de 1,385 km, tal como se muestra en la Figura 1. (Perlman, 2016)

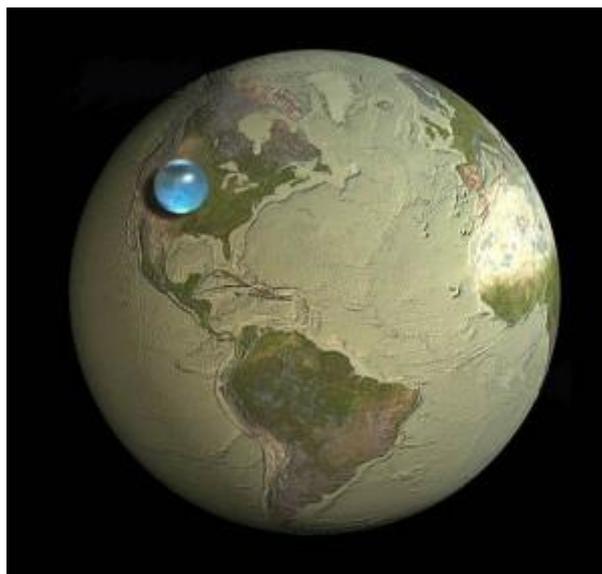


Figura 1. *Representación del agua mundial en una esfera*

Fuente: Cook Jack en ¿Cuánta agua hay en la tierra?, 2016

El agua de la tierra se encuentra distribuida en diferentes cuerpos y estados, en la Tabla 1 se clasifican las fuentes de agua según United States Geological Survey (USGS) y el volumen total y por fuente de cada tipo.

Tabla 1. *Estimación de la distribución global del agua*

Fuente de agua	Volumen de agua en km ³	Porcentaje de agua dulce	Porcentaje de agua total
Océanos, bahías y mares	1,338,000,000		94.9234
Casquetes de hielo, nieve permanente y glaciares	24,060,000	68.694	1.7069
Agua Subterránea	23,400,000		1.6601
Fresco	10,530,000	30.064	0.7470
Salina	12,870,000		0.9131
Humedad del suelo	16,500	0.047	0.0012
Hielo molido y hielo permanente	300,000	0.857	0.0213
Lagos	176,400		0.0125
Fresco	91,000	0.260	0.0065
Salina	85,400		0.0061
Atmósfera	12,900	0.037	0.0009
Agua de pantano	11,470	0.033	0.0008
Ríos	2,120	0.006	0.0002
Agua biológica	1,120	0.003	0.0001
Total	1,409,556,910	100	100
<u>Total dulce</u>	35,025,110		
Porcentaje de agua dulce		2.5	
Porcentaje de agua salada		97.5	

Fuente: Adaptación de USGS, (2016)

De la Tabla 1 se puede rescatar que solo el 2.5 % del agua total es dulce y casi más de dos tercios de esta se encuentra dentro de los casquetes polares, más aún solo el 0.0125% y el 0.0002% del agua dulce se encuentran en lagos y ríos respectivamente, las cuales representan las mayores fuentes de agua para consumo humano, peor aún todos los demás componentes del agua dulce no llegan a sumar siquiera 1% del total de agua mundial. (Mazari, s.f.)

2.2.2. Disponibilidad de Agua a Nivel Nacional.

El agua es uno de los recursos que tenemos en gran cantidad en todo el territorio; sin embargo, la distribución del agua y la distribución poblacional son contrarias. En la Figura 2 se describe la disponibilidad del agua según la vertiente hidrológica por la cual recorra, además de la población y la producción de PBI dentro de la vertiente.

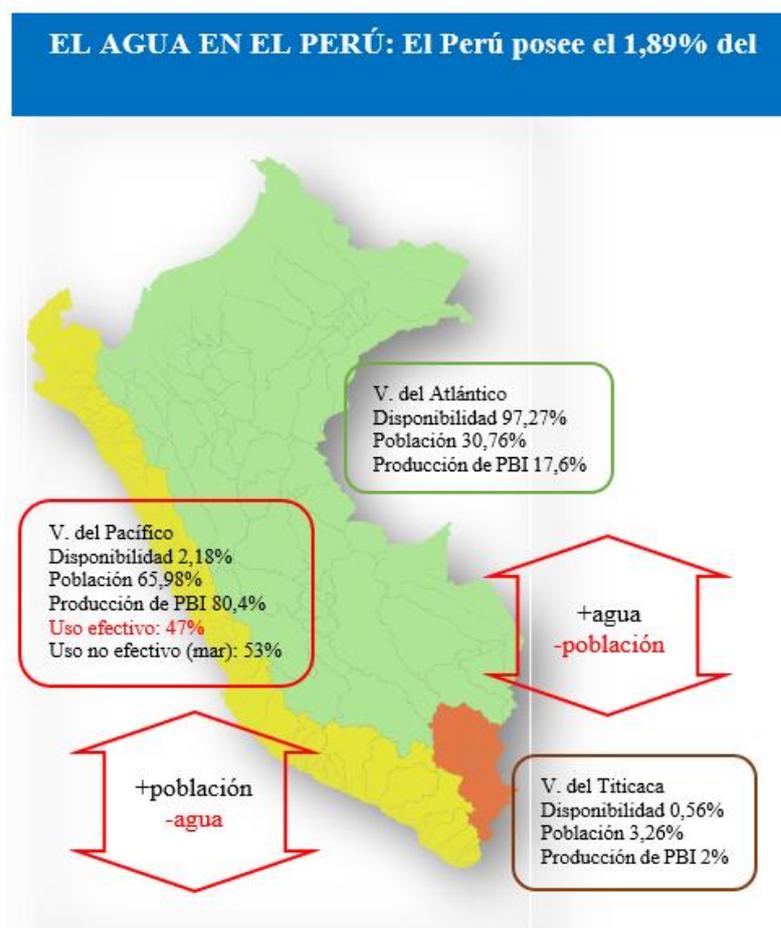


Figura 2. La disponibilidad del agua en las vertientes del Perú.

Fuente: Adaptación propia del Agua en cifras de la Autoridad Nacional del Agua.

En lo anterior se destaca la disponibilidad del agua en la costa; ya que, aquí se concentra aproximadamente el 66% de la población nacional y pese a la alta contribución al Producto Bruto Interno (PBI) la cantidad de agua que recibe la vertiente del pacífico, necesaria para el desarrollo social y económico, es muy demasiado baja.

2.2.3. Disponibilidad de Agua a Nivel Local.

La problemática en mención se hace más crítica en Lima Metropolitana que alberga a 9 millones 320 mil de los 31 millones 237 mil 385 habitantes en 2018. (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018). Por otro lado, según el índice de eficiencia del ANA entre el 40 y 45 % del uso de agua es poblacional. Según informa la OMS el consumo adecuado de agua potable debe ser de 100 litros por persona al día, para que el abastecimiento sea continuo y a la vez se satisfagan las necesidades de higiene; por lo tanto, el nivel de efecto en la salud es muy bajo. Sin embargo, en Lima Metropolitana los distritos de San Isidro y Miraflores el consumo más de 3 veces lo recomendado; y en distritos como Villa María del Triunfo, Villa el Salvador, San Juan de Miraflores y San Juan de Lurigancho consumen solo entre 70 y 92 litros, y en Lurigancho y Chosica el consumo es solo de 15.2 L por persona al día, esto puede derivar en un alto efecto en la salud. (Sedapal, 2017)

Actualmente, la organización Aquafondo realiza evaluación de la huella hídrica para Lima Metropolitana y análisis de riesgos sobre este recurso. Concerniente a la evaluación de la huella hídrica de Lima Metropolitana demostró que su Huella Hídrica Azul directa para el año 2016 fue de 638 Millones de Metros Cúbicos (MMC), de los cuales el 54% es representado por el sector residencial, 15 % por el sector industrial y comercial, 9% por el sector agrícola y solo 7% por el sector público, destinado a parques y jardines y en actividades de entidades públicas. También se encontró que el 72% del volumen total del agua residual es vertida al mar en lugar de tratarse y retornarse al sistema. En cuanto a la Huella Hídrica Gris fue de 1768 MMC que equivale al 200% del agua que trae el río Rímac anualmente, además el 97% de la huella gris

corresponde al sector industrial y residencial. Referido al análisis de sostenibilidad del recurso hídrico el promedio anual del estrés hídrico fue de 0.57, lo que significa que actualmente el agua en Lima Metropolitana se maneja a niveles insostenibles.

Concerniente al resultado de la evaluación de riesgo hídrico se encontró que el agua per cápita anual es muy bajo en las cuencas de Lima Metropolitana, como se muestra en la figura 3.



Figura 3. Disponibilidad de agua per cápita anual.

Fuente: Aquafondo, (2015). Proyecto ProACC

Tal como se muestra en la Figura 3 los limeños que se sitúan dentro de las cuencas de los ríos Lurín, Rímac y Chillón se enfrentan a una severa crisis hídrica; ya que, según la Organización Mundial de la Salud señala las poblaciones que dispongan de menos de 1700 m³/hab/año se enfrentan a problemas de estrés hídrico. Dentro de los riesgos asociados al agua encontrados en la evaluación se destacan la posible pérdida de 652,110 empleos y una disminución del 25% del PBI, es decir aproximadamente menos 35,000 millones de soles.

3. Factores agravantes de riesgo en poblaciones de bajos recursos

3.1. Pobreza y agua.

En 2015, en todo el mundo se registró a 736,000,000 de personas que viven en pobreza extrema, es decir con menos de 2 dólares al día, y es justamente estos reducidísimos ingresos que hacen que estas personas no puedan acceder a un servicio de saneamiento, alimentación y agua potable adecuados, debido a que no pueden costearlo. De lo antes mencionado, a nivel mundial

aproximadamente 1,600 millones de individuos viven en lugares frágiles donde carecen de servicios sanitarios adecuados y 400 millones no accede a servicios básicos de salud; así mismo, 40% de estos no tiene protección social. (PNUD, 2015). Esto genera que las personas sean más vulnerables a padecer variedad de enfermedades, que no solo se traduce en gastos para el estado en el que viven, porque tienen que controlar la propagación de estas enfermedades y lo posibles vectores que ahí afloran; sino también en pérdidas económicas de gente que de haber tenido mejores condiciones de vida como educación y salud pudieron haber contribuido al desarrollo de su país.

En el Perú se está tratando de reducir los niveles de pobreza; sin embargo, en los últimos cuatro años los intentos por reducirla se estancaron manteniendo los valores de 21.8 en 2015, 20.7 en 2016, 21.7 en 2017 y 20.5 en 2018 que conjuntamente a los demás años estudiados se muestran en la Figura 4.



Figura 4. Pobreza monetaria del Perú 2007-2017

Fuente: INEI (2018).

Como se puede observar que entre el año 2016 y 2017 la pobreza creció por primera vez en los 10 años estudiados, lo cual significó más de 300 mil nuevos pobres, pero que luego para el siguiente año 2017 a 2018 se reduciría en 1.2%, lo que lleva a mantener valores muy semejantes a al del 2015-16; técnicamente los niveles de pobreza en estos últimos años están oscilantes y por lo mismo estamos fallando al primer objetivo de desarrollo sostenible en cuanto a reducción de pobreza.

Por otro lado, en la actualidad el problema no solo recae en el déficit hídrico y la pobreza, sino también en la calidad del recurso hídrico, ya que de este se extrae la materia prima para luego tratarla y redistribuirla a las viviendas. El problema se agrava según el contexto socio-económico de la población circundante (Hennsy y Bressler, 2016); puesto que, condiciones precarias y limitado acceso a ciertos servicios públicos como el recojo de basura o servicios de alcantarillado y agua potable terminan incrementando la carga de contaminantes en el medio. Esta medida solo termina por perjudicarlos más o afectar a otros poblados, debido a los factores de riesgo generados; tal es el caso de los distritos de Puente Piedra, Comas y Carabayllo que rodean a la parte baja de la cuenca del río Chillón y presentan alta densidad poblacional. Estos pobladores se encuentran vulnerables debido a su condición, y por lo mismo el riesgo a padecer alguna enfermedad que deteriore su integridad física aumenta significativamente.

3.2. Factores de Riesgo.

Como ya se mencionó la pobreza hace vulnerables a las personas a padecer ante cualquier amenaza o factor de riesgo. Pero, ¿Cómo se define un factor de riesgo? De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud un factor de riesgo lo define como una característica, exposición o rasgo de un individuo que aumente su probabilidad de padecer una lesión o enfermedad. Entre los más importantes están hacer prácticas sexuales sin protección, padecer

hipertensión, consumir de tabaco y alcohol, ingerir agua insalubre, tener deficiente saneamiento y la falta de higiene. (OMS, s.f.). Es necesario mencionar que gran parte de los factores de riesgo más importantes para la OMS están relacionados al saneamiento, salubridad e higiene; sin embargo, el agua apta para consumo humano es escasa, lo que conlleva a las poblaciones a beber agua cuya calidad deja mucho que desear, lo cual genera enfermedades en los mismos. (MINSA, 2011).

Para tratar de controlar el problema antes mencionado, la Administración Local del Agua Chillón – Rímac – Lurín (ALA Chillón – Rímac – Lurín) evalúa constantemente la calidad de los cuerpos de agua en su jurisdicción. En uno de los estudios realizados durante el 2015 en la cuenca del río Chillón se encontraron una gran cantidad de fuentes de contaminación como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2: *Fuentes de contaminación presentes en la cuenca del río Chillón.*

Tipo	Cantidad
Vertimientos de aguas residuales domésticas descargas a cuerpo receptor	25
Vertimientos de aguas residuales municipal descargas a cuerpo receptor	01
Botaderos de residuos sólidos tipo doméstico	34
Botaderos de residuos sólidos de origen de construcción	05
Tuberías conectadas al cauce del río	07
Fuente de contaminación indirecta por infiltración y percolación	16
Total	88

Fuente: ANA (2016).

Esta gran cantidad de vertimientos y botaderos llegaron a contaminar el agua principalmente de la parte baja de la cuenca del río Chillón, correspondiente a Lima Norte, con hasta 110,000 NMP/100 mL. (ANA, 2016). Como consecuencia a esta contaminación que se repite en muchas cuencas del Perú; y demás factores de riesgo de la población como la carencia de adecuadas prácticas sanitarias en 2016 se presentaron cerca de 300 mil casos de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDA), sólo en el departamento de Lima y en total cerca de 1.2 millones de peruanos padecieron de EDAs

4. Acceso a saneamiento

De lo antes mencionado, la actividad antrópica de los pobres con alta densidad poblacional acompañada de falta de saneamiento, salubridad e higiene causa factores de riesgo que derivan en enfermedades y especialmente en el caso asociado al consumo de agua puede llegar a convertirse en una pandemia. Así mismo, se mencionó al monitoreo en la cuenca del río Chillón que fue realizado durante el año 2015 y en donde se demostró resultados negativos que son presentados en la Tabla 2. Estos valores son contrastados con el mapa de diagnóstico de provisión de servicio público de alcantarillado del 2014, Figura 5. Así mismo, Larios-Meño, Gonzales y Morales (2015) mencionaron que, de acuerdo a estimaciones basadas en el estudio del Banco Mundial de 1997, solo Lima requiere de 1 000 millones de dólares americanos para lograr tener la infraestructura convencional para atender a 10 millones de personas. Sin embargo, esta cifra no toma en consideración el capital necesario para el mantenimiento de la infraestructura, ni los costos de operación. Es preciso considerar que, aunque la estimación se ajusta a la población limeña, se debe tomar en cuenta la expansión territorial de Lima Metropolitana y los nuevos costos en los que se incurrían para satisfacer la demanda.

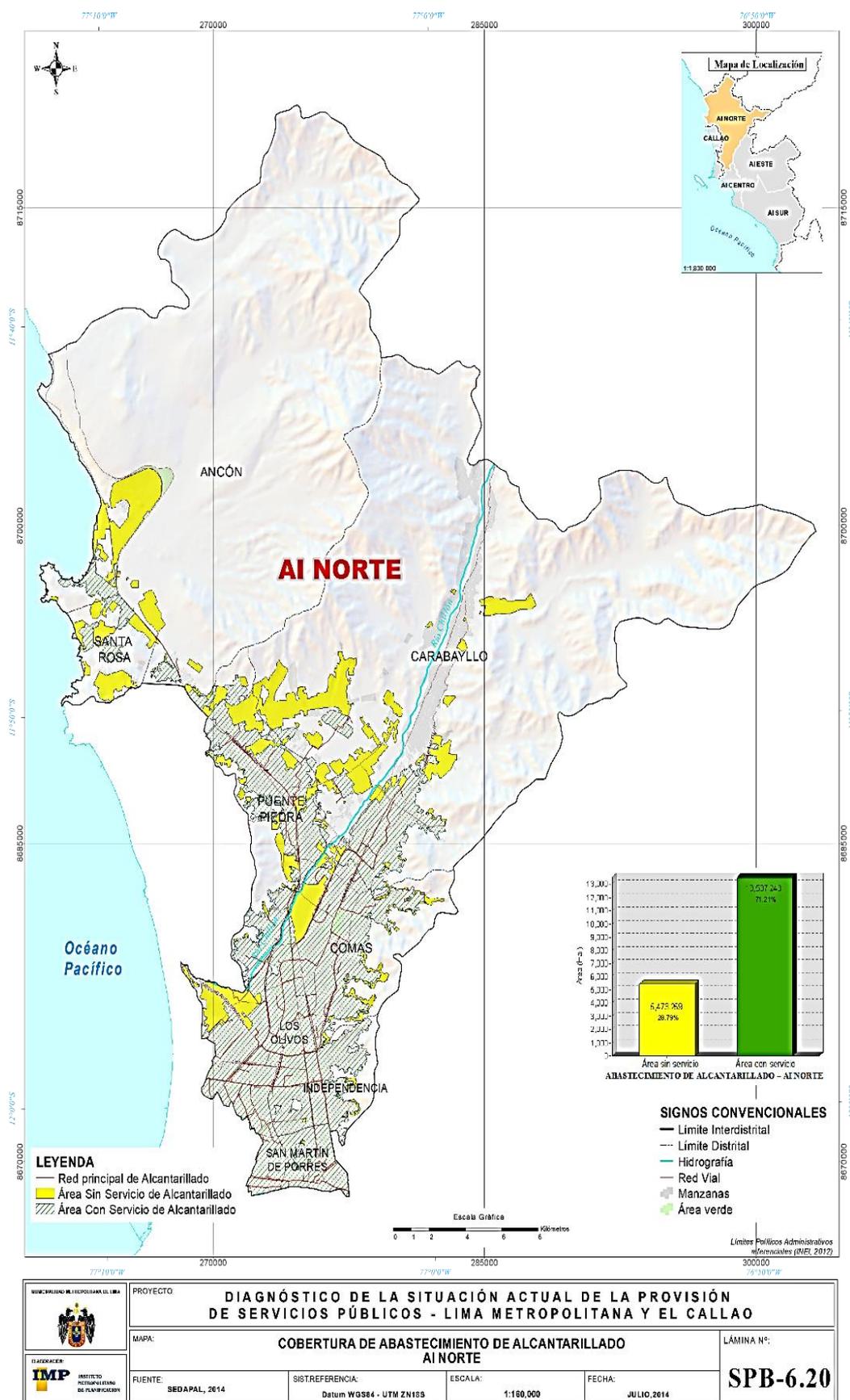


Figura 5. Mapa diagnóstico de la situación actual de la provisión de alcantarillado de Lima Norte.

Fuente: Sedapal, 2014

El mapa mostrado da mayor sentido a la Tabla 2 debido a que justifica la gran cantidad vertimientos ligados a un limitado acceso a servicios de saneamiento

5. Peligros y riesgos asociados a la gestión del recurso hídrico y saneamiento

5.1. Peligros Ambientales Microbiológicos.

Dentro del estudio de riesgos ambientales para gestionar los recursos hídricos, es necesario considerar previamente a los peligros ambientales; los cuales se definen como una característica, condición o situación que pueda comprometer a la calidad de aire, agua y/o suelo, también puede afectar a la salud humana y la biodiversidad. Los peligros ambientales pueden ser de origen natural o antrópico; así mismo, estos pueden ser del tipo físico, químico y/o biológico (MINAM, 2010; Martínez, 2008; Organización Panamericana de la Salud, s.f.). En consecuencia, las enfermedades o cualquier otra afectación humana o ambiental ligada a microorganismos proviene en gran medida de peligros ambientales microbiológicos. Así mismo, las afectaciones a la salud y al ambiente se mantienen constantes cuando un servicio fundamental como el acceso a alcantarillado y agua potable es limitado (Freeman et al., 2017); ya que las aguas residuales, producto de una mala gestión de saneamiento, contienen dosis infecciosas que causan enfermedades gastrointestinales agudas (Leclerc et al., 2002). En este caso los microorganismos cubrirían el rol de agentes patógenos desde la perspectiva de la salud humana desatando diferentes enfermedades y desde la perspectiva ambiental los microorganismos ocupan el nicho ecológico de otras especies limitando su crecimiento y disponibilidad de nutrientes, así como alterando ciertos parámetros fisicoquímicos (Divya y Solomon, 2016; Clarke, Peyton, Healy, Fenton, y Cummins, 2017).

Existen peligros que en especial pueden afectar principalmente a la cuenca baja, ya que nuestra geografía permite que estas zonas tengan mayores temperaturas y así las especies microbianas

aumentes sus posibilidades de sobrevivencia y reproducción (Parkinson et al., 2014; Daley, et al., 2019). Aunque, por otro lado, las especies microbianas provienen de diferentes fuentes o eventos, y son estas las que se deben manejar para una debida gestión dentro de la cuenca, considerando a toda esta como un sistema, donde zonas altas pueden generar los contaminantes que afecten a las zonas bajas. Los principales peligros microbiológicos asociados a un evento se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. *Peligros microbiológicos que afectan a la cuenca*

Evento peligroso (fuente de peligro)	Peligros asociados (y cuestiones que tener en cuenta)
Agricultura	Contaminación microbiológica; plaguicidas; nitrato; abonado con estiércol líquido o sólido; desecho de cadáveres de animales
Viviendas: fosas sépticas	Contaminación microbiológica
Mataderos	Contaminación orgánica y microbiológica
Fauna	Contaminación microbiológica
Usos recreativos	Contaminación microbiológica

Fuente: Adaptado de Ejemplo/instrumento 3.1: Peligros típicos que afectan a las cuencas de captación. OMS (2009)

Como se muestra en la tabla los eventos causantes de contaminación biológica están ampliamente relacionados a actividades antrópicas, y de acuerdo a la realidad nacional los contaminantes pueden provenir de zonas medias y bajas de la cuenca; por ejemplo, en el deficiente manejo de aguas residuales en la cuenca media afectaría más a la zona baja debido a las condiciones climáticas y al flujo del caudal.

5.2. Riesgos Ambientales.

El riesgo ambiental, dentro de la gestión, es definido por el MINAM como la incertidumbre de que ocurra un peligro, el cual afecte al ambiente y la biodiversidad de manera directa o indirecta, en un tiempo y espacio específicos, estos pueden originados de manera natural o por actividad antrópica. (MINAM, 2010)

En cuanto a los riesgos que asocian a la ingesta de agua contaminada Constans, Alonso & Pérez (2008) mencionan que el riesgo biológico está agenciado a la exhibición a algún agente biológico y que la forma en como entran al organismo es mediante vía respiratoria, digestiva, dérmica y conjuntiva. Incluso, ciertas enfermedades causadas por los agentes biológicos pueden originarse en el mundo laboral; sin embargo, es en la naturaleza donde estos padecimientos toman mayor importancia, debido al incremento del riesgo de contagio. Este riesgo de contaminación se mantiene incluso en zonas de tratamientos de aguas residuales (Daley et al., 2019).

Por otra parte, es necesario considerar que el grado de exposición de cualquier persona dependerá de los retos socioeconómicos que atraviese el entorno en donde se desarrolla, ya que condiciones como la inadecuada vivienda, deficiencias en nutrición o ineficiente atención médica exacerban la exposición y las consecuencias de padecer por algún peligro microbiológico (Hennssy y Bressler, 2016).

6. Gestión del Recurso Hídrico, Riesgos Ambientales y Saneamiento desde las cuencas hidrográficas en Perú

6.1. Gestión del Recursos Hídricos.

Según la propia ANA una eficaz y sustentable gestión del agua es una parte esencial para el desarrollo nacional. En contrariedad, la gestión histórica estaba dedicada primordialmente a las inversiones y a asegurar la disponibilidad del agua mediante represas y trasvases entre cuencas, pero para lograr una gestión integrada del recurso hídrico se debe considerar otros instrumentos como adecuar la demanda dentro de una cuenca y así mismo gestionar la calidad y uso que se le dé al agua. (Sevilla, Güimac, & Lalich, 2015)

6.2. Evaluación y Gestión de Riesgos Ambientales.

6.2.1. Evaluación de la Calidad Ambiental del Recurso Hídrico.

La evaluación de riesgos microbiológicos ambientales debe ir vincula a la evaluación de parámetros microbiológicos de calidad para agua, en Perú rigen los Estándares de Calidad Ambiental de Agua, aprobado mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, los cuales tienen por objetivo normar la concentración permitida de contaminantes en el cuerpo receptor, siendo estos parámetros la principal herramienta para iniciar la cuantificación de los impactos causados en medio ambiente y gestionar los recursos; por ende, esta norma técnica es vinculada a los riesgos ambientales para obtener resultados más precisos y relevantes. Los resultados del análisis de calidad del agua y otros como el suelo y aire proporcionan la primera data para saber la situación del ambiente, para luego evaluar cómo estas condiciones afectan factores económicos y sociales.

6.2.2. Gestión del Riesgo Ambiental.

Por todo lo anteriormente argumentado, para lograr una correcta gestión del agua es necesario considerar seriamente la evaluación y gestión los riesgos ambientales que estén dentro de una cuenca, tal como indica la Organización Mundial de la Salud. Los peligros inmersos dentro de una cuenca son variados y ponen en riesgo la calidad y cantidad del recurso hídrico. Estos peligros tienen 2 posibles orígenes ya mencionados, pero es la actividad antrópica la principal generadora de estos peligros que pueden ser la contaminación microbiológica, química (iones disueltos), por metales pesados, por productos agroquímicos o por hidrocarburos (OMS, 2009). De los peligros antes mencionados la contaminación microbiológica del ambiente y del cuerpo humano es una de las más probables de acuerdo a la realidad nacional peruana, y también en gran parte de la realidad global. Se estima que los padecimientos gastrointestinales provocan un ajuste en la función de la discapacidad causado por enfermedades en cerca del 3,6% de todos los años de vida de una persona; a su vez, ocasionan 1,500,000 de muertes anuales. De

la anterior estimación más de la mitad, cerca de 842 mil, son causadas por la carencia de agua potabilizada y malas prácticas de higiene. Del total de muertes por las causas antes mencionadas, se destaca que 361 mil decesos son de niños menores a 5 años y estos corresponden principalmente a países de bajos recursos. (Gastañaga, 2018). En el caso específico de Perú durante el año 2017 se presentaron 1,175,967 casos reportados de enfermedades diarreicas agudas (EDAs), estas ligadas a diferentes factores de riesgo y la poca educación sobre salubridad de las personas.

Para lidiar con estos problemas ambientales dentro de un espacio tiempo determinados el Ministerio del Ambiente emitió en 2011 una guía técnico metodológica para la evaluación riesgos ambientales que considera a los peligros no solo microbiológicos, sino también los peligros ambientales de tipo físicos, químicos, agrícolas, ganaderos, etc. y considera los impactos al entorno humano, natural y socio económico, así mismo formula posibles escenarios e identifica las posibles causas y gravedad de las consecuencias que tendrías los peligros ambientales, para luego evaluar la exposición, la extensión y probabilidad de ocurrencia de los escenarios formulados. (MINAM, 2011). Como parte de la gestión de riesgos se incluyen medidas para tratar de reducir la vulnerabilidad de cada entorno ante cada peligro.

6.3. Enfoque a Cuenca para la Gestión del Recurso Hídrico.

Como se mencionó la Gestión de los Recursos Hídricos está regulado por la Ley N° 29338, esta norma indica en su Principio 10, lo siguiente:

“El uso del agua debe ser óptimo y equitativo, basado en su valor social, económico y ambiental, y su gestión debe ser integrada por cuenca hidrográfica y con participación activa de la población organizada. El agua constituye parte de los ecosistemas y es renovable a través de los procesos del ciclo hidrológico” (ANA, s.f.)

Esta norma es clara y expresa que la gestión del recurso hídrico se hace de manera integrada dentro del área geográfica de la cuenca. El espacio hidrográfico delimita el alcance geográfico que tendrá la gestión; sin embargo, el agua que ingresa, recorre y sale de la cuenca es la parte hidrológica que es gestionado con los diferentes actores sociales y las autoridades pertinentes con la finalidad de resguardar la calidad del recurso y el desarrollo económico y social.

La gestión del agua inicia en la Gestión Sectorial del agua, prosigue en la gestión multisectorial del agua, y después a un nivel superior la gestión de recursos naturales; finalmente todo esto es parte de la Gestión Ambiental. El manejo de cuencas se da entre el nivel de gestión multisectorial del agua y la gestión de recursos naturales como se muestra en la Figura 6.

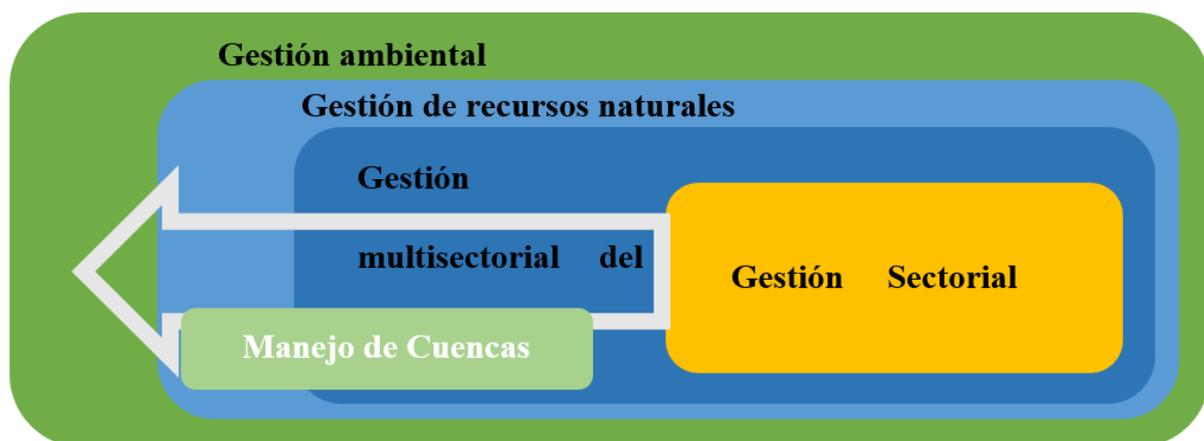


Figura 6. *Jerarquía de las acciones para la gestión de cuencas*

Fuente: ANA (s.f.)

6.4. Gestión del Saneamiento Ambiental en Perú.

En el Perú la gestión del saneamiento se encuentra normada por la Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento (Decreto Legislativo N° 1280 – 2016). Esta ley que deroga a la Ley N° 26338, Ley General de los Servicios de Saneamiento y dentro de esta ley los cambios fundamentales en la gestión son los mostrados en la Figura 7.



Figura 7: Infografía de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento

Fuente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2016)

De acuerdo a lo mostrado en la figura 7, conforme al apartado gestión ambiental, Baca Ulloa, O. (2016) señala que, en el contexto del aseguramiento de salud pública y ambiental, es importante una apropiada y seguida evaluación de la calidad del saneamiento. Por esto, se consideran a ciertas especies de microorganismos que principalmente generan enfermedades gastrointestinales como son: Coliformes termotolerantes, Coliformes fecales, Escherichia coli, que son usados dentro de la gestión de los recursos hídricos. Estos son usados dentro de la gestión en la evaluación de la contaminación y el riesgo a la salud del agua. Profundizando en

los microorganismos indicadores, Larrea, J. et al. (2013) mencionan que las bacterias indicadoras de contaminación biológica son las que determinan la calidad microbiológica del agua y las medidas que se deben usar para detectarlas, entre ellos los más comunes son los coliformes totales y termotolerantes, enterococos y *Escherichia coli*. Estas bacterias nos dejan clasificar el agua sanitariamente según el uso que se le dé, permite determinar criterios para generar normas de calidad, permite identificar contaminantes, controlar la sucesión de tratamientos para el agua y estudios epidemiológicos, etc.

CONCLUSIONES

Se puede concluir que el agua es un recurso limitado en cantidad y calidad y el Perú tiene las herramientas legislativas necesarias para afrontar problemas ambientales y de saneamiento que afecten al recurso hídrico principalmente a la calidad microbiológica; sin embargo, la brecha para alcanzar a cubrir la totalidad de las necesidades de saneamiento y demás problemas ambientales es muy alta. Por ello, la gestión integrada de los recursos hídricos y evaluación de los riesgos ambientales es indispensable y como complemento se requiere un enfoque de cuenca; ya que desde el punto de vista hidrográfico e hidrológico se puede manejar mejor territorialmente las cuencas, así como su distribución, los ingresos y salidas de agua. En complemento, se debe lidiar también con la pobreza, ya que esta incrementa los factores de riesgo de la población y la afectación a la calidad de agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Autoridad Nacional del Agua (s.f.). *Adaptación de la gestión de recursos hídricos en zonas urbanas al cambio climático con la participación del sector privado*. Cooperación Alemana para el Desarrollo. Recuperado de:
<https://www.giz.de/en/worldwide/31204.html>

Autoridad Nacional del Agua (s.f.). *El agua en cifras*. Recuperado de:
<http://www.ana.gob.pe/contenido/el-agua-en-cifras>

Autoridad Nacional del Agua. (s.f.). *Enfoque de Cuenca*. Retrieved from
<https://www.ana.gob.pe/portal/gestion-del-conocimiento-girh/enfoque-de-cuenca>

Aquafondo. (2016). Estudio de riesgos hídricos y vulnerabilidad del sector privado en Lima Metropolitana y Callao en un contexto de Cambio Climático. Retrieved from
<https://aquafondo.org.pe/estudio-de-riesgos-hidricos-y-vulnerabilidad-del-sector-privado-en-lima-metropolitana-y-callao-en-un-contexto-de-cambio-climatico/>

Aquafondo. (2018). *Huella Hídrica de los Usuarios de Agua de Lima Metropolitana*. Recuperado de:
<https://aquafondo.org.pe/huella-hidrica-de-los-usuarios-de-agua-en-lima-metropolitana/>

Bartram J, Corrales L, Davison A, Deere D, Drury D, Gordon B, Howard G, Rinehold A, Stevens M. Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua: metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo. Organización Mundial de la Salud. Ginebra, 2009.

Campos, F. (2012). ¿Cuánta agua hay en la Tierra? Retrieved from Cosmo Noticias website:
<https://www.cosmonoticias.org/cuanta-agua-hay-en-la-tierra/>

Castro, R., & Perez, R. (2009). Ambiente Y Salud. *Saneamiento Rural y Salud. Guía Para Acciones a Nivel Local.*, p. 18. Recuperado de: <http://www.paho.org/hq/dmdocuments/2010/Sanemiento-Capitulo1.pdf>

Clarke, R., Peyton, D., Healy, M. G., Fenton, O., & Cummins, E. (2017). A quantitative microbial risk assessment model for total coliforms and E. coli in surface runoff following application of biosolids to grassland. *Environmental Pollution*, 224, 739–750. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.12.025>

Daley, Kiley, Rob Jamieson, Daniel Rainham, Lisbeth Truelstrup Hansen, and Sherilee L. Harper. 2019. “Screening-Level Microbial Risk Assessment of Acute Gastrointestinal Illness Attributable to Wastewater Treatment Systems in Nunavut, Canada.” *Science of the Total Environment* 657:1253–64.

Decreto Legislativo N° 1280. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 29 de diciembre de 2016.

Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 7 de junio de 2017.

Decreto Supremo N° 022 – 2001 –SA. Diario Oficial El Peruano, Lima, 18 de julio de 2001.

Decreto Supremo N° 023 – 2005 –SA. Diario Oficial El Peruano, Lima, 1 de enero de 2006.

Divya, A. H., & Solomon, P. A. (2016). Effects of Some Water Quality Parameters Especially Total Coliform and Fecal Coliform in Surface Water of Chalakudy River. *Procedia Technology*, 24, 631–638. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2016.05.151>

Dourojeanni, A. (1994). La gestión del agua y las cuencas en América Latina. *Revista de La CEPAL*, 53. Retrieved from

https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/11953/053111127_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Freeman, M. C., Garn, J. V., Sclar, G. D., Boisson, S., Medlicott, K., Alexander, K. T., ...

Clasen, T. F. (2017). The impact of sanitation on infectious disease and nutritional status: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, Vol. 220, pp. 928–949. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.05.007>

Gastañaga, M. (2018). Agua, saneamiento y salud. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 35(2), 181–182. Retrieved from http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342018000200001

Gallopín, G. (2003). Sostenibilidad y desarrollo Sostenible: un enfoque sistémico. In *Medio Ambiente y Desarrollo*. Recuperado de: Organización de las Naciones Unidas Recuperado de: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5763/S033120_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gutierrez, C., Romero, E., Costa, F., Sánchez, A., Hidalgo, N., & Benavides, H. (2018). *Perú: Formas De Acceso a Agua Y Sanemiento Básico*. Retrieved from https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_y_saneamiento.pdf

Hennessy, Thomas W., and Jonathan M. Bressler. 2016. “Improving Health in the Arctic Region through Safe and Affordable Access to Household Running Water and Sewer Services: An Arctic Council Initiative.” *International Journal of Circumpolar Health* 75(August 2017).

Instituto Metropolitano de Planificación. (2014). *Cobertura de Abastecimiento de Alcantarillado al Norte*. Recuperado de: http://www.imp.gob.pe/images/Servicios/COB_ALCANTARILLADO_NORTE.pdf

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2015). *Mapa de pobreza provincial y distrital 2013*. Recuperado de: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1261/Libro.pdf

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Lima alberga 9 millones 320 mil habitantes al 2018*. Recuperado de: <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/poblacion-del-peru-totalizo-31-millones-237-mil-385-personas-al-2017-10817/>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Población del Perú totalizó 31 millones 237 mil 385 personas al 2017*. Recuperado de: <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/lima-alberga-9-millones-320-mil-habitantes-al-2018-10521/>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2019). *Evaluación de la Pobreza Monetaria*. Recuperado de: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1646/libro.pdf

Larios-Meño, Fernando, Carlos González, and Yennyfer Morales. 2015. "Las Aguas Residuales y Sus Consecuencias En El Perú." *Revista de La Facultad de Ingeniería de La USIL* 2(1991):9–25.

Leclerc, H., L. Schwartzbrod, and E. Dei-Cas. 2002. “Microbial Agents Associated with Waterborne Diseases.” *Critical Reviews in Microbiology* 28(4):371–409.

Ley N° 26284. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 1994.

Ley N° 28611. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 15 de octubre de 2005.

Ley N° 29338. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 31 de marzo de 2009, modificada 27 de marzo de 2019.

Martinez, R. (2007). *Análisis Y Evaluación De Riesgos Medioambientales*. Retrieved from http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45569/componente45567.pdf

Mazari, M. (2008). *El agua como recurso* (pp. 10–12). pp. 10–12. Retrieved from <http://www.comoves.unam.mx/assets/revista/54/el-agua-como-recurso.pdf>

Ministerio del Ambiente. (2010). *Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales*. Recuperado de: http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/guia_riesgos_ambientales.pdf

Ministerio de Salud. (2018). *Número de Enfermedades Diarreicas Agudas - Perú 2013 a 2018*. Recuperado de: <http://www.dge.gob.pe/portal/docs/vigilancia/sala/2018/SE02/edas.pdf>

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2016). Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento. In *Decreto Legislativo N° 1280*. Recuperado de: <http://www3.vivienda.gob.pe/oc/brochure%20REFORMA%20DEL%20AGUA.pdf>

Minsa. (2011). *Política Nacional de Salud Ambiental Dirección General de Salud Ambiental*
Ministerio de Salud Lima – Perú. Recuperado de:

<http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/POLITICA-DIGESA-MINSA.pdf>

ONU-CEPAL. (2016). Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. In *Publicación de las Naciones Unidas*. Recuperado de: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf

Organización Mundial de la Salud. (s.f.). *Factores de riesgo*. Recuperado de: https://www.who.int/topics/risk_factors/es/

Organización de las Naciones Unidas. (s.f.). *Objetivos del Desarrollo*. Recuperado de: <https://onu.org.gt/objetivos-de-desarrollo/>

Parkinson, Alan J., Birgitta Evengard, Jan C. Semenza, Nicholas Ogden, Malene L. Børresen, Jim Berner, Michael Brubaker, Anders Sjöstedt, Magnus Evander, David M. Hondula, Bettina Menne, Natalia Pshenichnaya, Prabhu Gounder, Tricia Larose, Boris Revich, Karsten Hueffer, y Ann Albihn. (2014). “Climate Change and Infectious Diseases in the Arctic: Establishment of a Circumpolar Working Group.” *International Journal of Circumpolar Health* 73(June 2017):1–7.

Pender, S. M., Boland, G. W., & Lee, M. J. (1998). *The incidental nonhyperfunctioning adrenal mass: An imaging algorithm for characterization*. *Clinical Radiology*, 53(11), 796–804. [https://doi.org/10.1016/S0009-9260\(98\)80189-X](https://doi.org/10.1016/S0009-9260(98)80189-X)

Perlman, H. (2016). ¿Cuánta agua hay en la tierra? Retrieved from United States Geological Survey website: <https://water.usgs.gov/edu/gallery/global-water-volume.html>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (s.f.). Objetivo 1: Fin de la pobreza.

Recuperado de: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-1-no-poverty.html>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (s.f.). Objetivo 3: Salud y Bienestar.

Recuperado de: <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-3-good-health-and-well-being.html>

Santana, A., Ginés, C., & Mayer, L. (2014). *Geografía*. Recuperado de:

<https://ebookcentral.proquest.com>

Sedapal. (2017). Mayor consumo de agua potable por habitante/día se registra en San Isidro.

Retrieved from website: <https://cutt.ly/FhYI0I>

Sevilla, J., Güimac, M., & Lalich, A. (2015). La Importancia de la Gestión del Agua en el Perú.

Agua y Más, Vol. 1, pp. 4–7. Lima: Autoridad Nacional del Agua.

Vicente Salas, J. (2016). *Informe Técnico de Resultados del Monitoreo Participativo de la*

Calidad del Agua en la Cuenca del Río. Recuperado de:
<http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/2191>

World Water Assessment Programme. (2015). *Informe de las Naciones Unidas sobre los*

recursos hídricos en el mundo 2015: AGUA PARA UN MUNDO SOSTENIBLE - DATOS Y CIFRAS. In *UN WATER, United Nations Educational Scientific and Cultural Organization*. Recuperado de : <http://www.unesco.org/water/wwap%0AAWWDR>