

CRISIS DE AGUA: UNA AMENAZA SILENCIOSA PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO

aquafondo
INVERSIÓN EN AGUA PARA LIMA



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Embajada de Suiza en el Perú

Agencia Suiza para el Desarrollo
y la Cooperación COSUDE



Nestlé

Estudio Crisis de agua: una amenaza silenciosa para el desarrollo económico

© Fondo de Agua para Lima y Callao - AQUAFONDO, 2020. Todos los derechos reservados.

Esta publicación ha sido posible gracias a la contribución de:

Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación COSUDE y Nestlé Perú

Elaboración:

Grupo de Análisis para el Desarrollo - GRADE

Eduardo Zegarra - Consultor principal

Claudia Torres - Asistente

Fondo de Agua para Lima y Callao - AQUAFONDO

Diseño y diagramación:

Paloma Maturana Palma

Areli Arias Andrade

Fotografías:

Fondo de Agua para Lima y Callao - AQUAFONDO

Cooperación Alemana para el Desarrollo - GIZ.

2da edición, Mayo 2020

Editado por:

Fondo de Agua para Lima y Callao - AQUAFONDO

Av. Del Ejercito Nro. 800 Int. 301 Urb. Santa Cruz Lima - Lima - Miraflores

La primera edición de esta publicación fue posible gracias a la contribución de la Cooperación Alemana para el Desarrollo - GIZ, en el marco del Proyecto de adaptación de la gestión de los recursos hídricos en zonas urbanas al cambio climático con la participación del sector privado- PROACC.

CRISIS DE AGUA:
UNA AMENAZA
SILENCIOSA
PARA EL DESARROLLO
ECONÓMICO

RESUMEN EJECUTIVO

La ciudad de Lima, con 10.5 millones de habitantes y un 44% del PBI nacional, enfrenta riesgos significativos que pueden impactar en el normal abastecimiento de agua utilizado por el tejido productivo. En particular, los riesgos más importantes se relacionan a la ocurrencia de un sismo de gran magnitud, así como a fenómenos climáticos que alteran significativamente la disponibilidad de agua (sequías, inundaciones). La literatura revisada en el tema, indica que existe una probabilidad relativamente alta de ocurrencia de sismos que afectarían ya sea la infraestructura de distribución de agua en la ciudad, o de la infraestructura de almacenamiento y conducción en las partes altas de la cuenca.

Adicionalmente, la regular ocurrencia del Fenómeno del Niño y el propio proceso de cambio climático en curso también influyen en una mayor volatilidad esperada de la oferta de agua para la ciudad en las próximas décadas, en un contexto de sostenido aumento de la demanda del recurso tanto para consumo humano como para los diversos usos productivos.

Experiencias recientes en las ciudades de Sao Paulo (Brasil) y El Cabo (Sudáfrica) indican que el impacto económico y social de una crisis hídrica es significativo y particularmente complicado en espacios urbanos de muy alto crecimiento poblacional y ubicación de sectores productivos en las últimas décadas. Ambas ciudades comparten estas características con Lima en un contexto de alta vulnerabilidad hídrica.

Para la evaluación del riesgo hídrico el estudio utiliza un marco conceptual que relaciona, a través de una función de producción, la cantidad de agua consumida por cada rama y el valor agregado generado. Esto permite generar un indicador de riesgo hídrico que combina ambas variables para clasificar a las ramas con mayor riesgo de caída en el valor productivo frente a una potencial crisis. Esta metodología también se utiliza para evaluar el riesgo de acuerdo a la ubicación territorial de las empresas (en los distritos), y teniendo en cuenta la fuente de abastecimiento (SEDAPAL o agua subterránea).

Para este estudio se utilizaron las siguientes bases de datos: (i) registros de derechos de extracción y uso de agua de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en el ámbito de la cuenca (en la que se incorporaron variables de uso anual de agua); (ii) registros de clientes industriales y comerciales de SEDAPAL (con el consumo mensual entre los años 2016 a octubre 2019); (iii) valores de producción, valor agregado y empleo del Censo Económico 2008 (año base 2007) para Lima Metropolitana. En las dos primeras bases fue necesario generar manualmente el código CIIU de una cantidad importante de unidades productivas que no contaban con esta información. Para la integración con el Censo Económico se agregaron las otras dos bases al nivel de División CIIU2 (Revisión 4) y por distrito. En base a esto se cuenta con datos bastante detallados por rama de producción y ubicación distrital de las empresas, con el valor de producción, valor agregado, empleo y consumo de agua. La base permite diferenciar el uso de agua subterránea y el uso de agua provista por SEDAPAL, generándose indicadores de riesgo diferenciado por cada fuente.

Sobre la base de esta información fue posible clasificar a las empresas en cinco niveles de riesgo: (i) sin riesgo; (ii) bajo, (iii) medio-bajo; (iv) medio-alto, y (v) alto. La clasificación de las empresas (agregadas por rama de producción y distrito) depende de su ubicación en un cuadrante con el valor agregado en eje vertical y el consumo de agua en el eje horizontal.

Los sectores que enfrentan alto riesgo se encuentran en el rubro de servicios y manufactura. En servicios destacan los de gobierno, enseñanza y comercio, especialmente importantes en el caso de Lima. En el sector manufactura se ubican en situación de alto riesgo las ramas de alimentos, bebidas, textiles, metales, químicos y petróleo. En conjunto, las ramas de producción bajo alto riesgo representan el 92% del consumo total de agua, y el 60% del valor agregado generado en Lima. Adicionalmente, implican al 55% del empleo de la ciudad. Esto indica que gran parte de la actividad económica de la ciudad enfrenta alto riesgo hídrico.

Además del riesgo hídrico general calculado en base al consumo total de agua, se diferenciaron los tipos de riesgo de acuerdo a la fuente de abastecimiento de agua, es decir, según el uso de agua subterránea (extraída directamente por los usuarios) y el agua provista por SEDAPAL a las empresas. En el caso del agua subterránea, los sectores de alto riesgo son prácticamente los mismos que en el caso del consumo total ya que los volúmenes de uso de agua subterránea representan más del 70% del consumo total de agua para uso productivo. Aún en este caso, los sectores de enseñanza y servicios de gobierno se ubican como alto riesgo hídrico pero ahora se ubican en la parte de menor consumo (en agua subterránea) ya que estos sectores dependen menos de esta fuente.

Para el agua abastecida por SEDAPAL, se clasifican con alto riesgo con mayor claridad las ramas de los sectores de servicios, y especialmente las que tienen que ver con servicios públicos y actividades comerciales. También aparece como un sector particularmente vulnerable el de esparcimiento (93), que es un alto consumidor de agua de SEDAPAL. Algunas ramas de manufactura también se ubican en el grupo de alto riesgo, aunque a un nivel intermedio de consumo de agua de esta fuente como los sectores textil, alimentos, químicos, y minería no metálica. En este caso, no aparece la rama de bebidas clasificada como de alto riesgo por uso de agua de SEDAPAL.

Por otro lado, fue posible identificar distintos niveles de riesgo hídrico de acuerdo a la ubicación territorial de las empresas en los distritos de Lima y Callao. Los distritos con alto niveles de riesgo hídrico por consumo total de agua se ubican, mayormente, en la parte central y norte de la ciudad, como en Ate, Lima (Cercado), Carabayllo, San Juan de Lurigancho, Independencia, Los Olivos y San Martín de Porres, así como en el Callao. También son distritos con alto riesgo los de La Molina y Santiago de Surco, así como Miraflores y San Isidro. En conjunto, los distritos con alto riesgo hídrico concentran el 70% del consumo total de agua por toda fuente.

Finalmente, en base a una metodología basada en la matriz insumo-producto, en el presente estudio se han estimado los impactos potenciales de una crisis de agua que reduzca en 30% la disponibilidad del recurso para las empresas en un año determinado. El impacto potencial estimado en PBI total de la ciudad sería de -2.22%. Desagregando por fuente de abastecimiento, el impacto atribuible a la menor oferta de SEDAPAL equivaldría a -0.32% del PBI, y en el caso del agua subterránea a -1.90%. Los sectores con mayor impacto negativo en el valor de producción son el de agua potable (-21%), bebidas (-4-4%), servicios sociales (-4-3%), siderurgia (-3.9%), textiles (-3.85%), administración pública, papel, servicios de educación y salud entre los principales. El impacto estimado en el empleo equivaldría a una pérdida de más de 35,000 empleos debido a la contracción de la producción por la crisis hídrica.

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Lima, con 10.5 millones de habitantes y un 44% del PBI nacional, enfrenta riesgos significativos que pueden impactar en el normal abastecimiento de agua utilizado por el tejido productivo. En particular, los riesgos más importantes se relacionan a la ocurrencia de un sismo de gran magnitud, así como a fenómenos climáticos que alteran significativamente la disponibilidad de agua (sequías, inundaciones). El presente estudio tiene como objetivo identificar los niveles de riesgo hídrico que enfrentan las empresas de Lima¹. El nivel de riesgo se mide por rama de producción, por fuente de abastecimiento y por ubicación de las empresas en el territorio de la ciudad. El riesgo hídrico hace referencia a dos elementos de las empresas: (i) su nivel de dependencia en el uso del agua en un contexto de creciente escasez y volatilidad hídrica; (ii) el valor económico generado. Además de identificar niveles de riesgo hídrico, el presente estudio también presenta una cuantificación de los impactos potenciales de una crisis hídrica (reducción significativa de la oferta) en variables económicas como el valor de producción y el empleo de la ciudad. .

¹ Para los efectos de este Informe, “Lima” hace referencia a las provincias de Lima y el Callao, que conforman una sola unidad urbana de 10.5 millones de habitantes, principal usuaria del agua de la cuenca Chillón, Rímac y Lurín, y también es el área de atención de una sola empresa pública de agua y alcantarillado, SEDAPAL.

Alto riesgo hídrico en el sector manufactura de Lima y Callao

Ramas de producción en alto riesgo hídrico



Alimentos



Bebidas



Textiles



Metales



Químicos



Petróleo

Estas ramas en **alto riesgo hídrico** representan

92%

del consumo total de agua

55%

del empleo en la ciudad

Existe una probabilidad alta de una crisis hídrica en los próximos 10 a 15 años

Esta crisis significaría una caída de la disponibilidad de **agua potable** en un

30%



La producción total de Lima tendría una reducción de

2.22 %

Se perderían **35,000** empleos

debido a la contracción de la producción por la crisis hídrica.

Ante la crisis los sectores con mayor impacto negativo



Agua potable
-21%



Bebidas
-4.4%



Servicios Sociales
-4.3%



Siderurgia
-3.9%

INFOGRAFÍAS

¿Cómo afrontaría Lima un escenario de crisis hídrica severa?


El agua potable es el principal recurso con el que contamos para evitar la propagación de enfermedades.

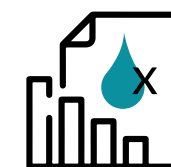
Un grupo humano sufre de **“escasez de agua”** cuando dispone menos de:
1,000 m³
por habitante por año.

Los limeños disponen solo de:
125 m³
por habitante por año.

De ellos, unas **342 mil** personas que viven en Lima se abastecen principalmente, a través de **camiones cisterna** y pagan precios mucho más altos por el agua.



 Distritos más afectados



Estudios señalan que esto puede empeorar severamente entre los próximos **10 a 15 años**. Esto desencadenaría una severa **crisis de agua en la ciudad.**

En un escenario conservador, una crisis como la planteada podría significar una **disminución de 30%** en la **disponibilidad hídrica.**

COMENTARIOS

“



“Este estudio, nos va a servir de base para plantear las estrategias que ayuden a mejorar la gestión del recurso hídrico en las cuencas”.

Amarildo Fernández
Jefe
Autoridad Nacional del Agua - MINAGRI

”

“



“Con el 1 % de fondos recaudados de la tarifa de agua, ya tenemos más de 100 millones de soles para intervención en proyectos de infraestructura natural en la parte alta de la cuenca que contribuyan al incremento de la oferta del recurso hídrico a Lima. Felicito a Aquafondo en liderar la recuperación de amunas”

Francisco Dumler
Presidente
Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima - Sedapal

”

“



“Los acuíferos son la principal fuente de respaldo para Lima, es importante reflexionar, que pasaría si tuviéramos 2 veranos secos o si la sequía se prolonga y como impactaría en la industria. Si esta situación se agravará se restringiría la extracción de agua subterránea, lo que nos llevaría a impactos mayores”.

Iván Lucich,
Presidente Ejecutivo
Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento - SUNASS

”

CONTENIDO

Capítulo 1: El abastecimiento de agua para Lima y las posibilidades de una crisis hídrica en un contexto de cambio climático	12
1.1. Características básicas del abastecimiento de agua en Lima	14
1.1.1 La oferta hídrica en Lima	14
1.1.2. La infraestructura de SEDAPAL	16
1.2. Riesgos que pueden desencadenar una crisis hídrica en Lima	17
1.2.1. Peligros sísmicos	17
1.2.2. El Fenómeno del Niño	19
1.2.3. Efectos potenciales sobre el abastecimiento de agua	19
1.3. Efecto del cambio climático sobre los daños de los eventos extremos	23
1.4. Experiencias de Sao Paulo y El Cabo frente a crisis hídricas	26
1.4.1. La sequía 2014-2017 en Sao Paulo	26
1.4.2. La crisis hídrica en la ciudad de El Cabo	28
Capítulo 2: Identificación y clasificación de ramas de producción por riesgo hídrico	30
2.1. Clasificación de riesgo hídrico por consumo	31
2.2. Las ramas de producción con riesgo hídrico alto en consumo total de agua	32
2.3. Clasificación de riesgo hídrico según fuente de agua	35
2.3.1. Riesgo hídrico en base al uso de agua subterránea	35
2.3.2. Riesgo hídrico por uso de agua de SEDAPAL	36
2.4. Clasificación del riesgo hídrico en los distritos de Lima y Callao	37
2.5. Riesgo hídrico de los distritos según fuente de agua	40
2.5.1. Riesgo hídrico en base a consumo de agua subterránea	40
2.5.2. Riesgo hídrico en base a consumo de agua de SEDAPAL	42
Capítulo 3: Estimación de los impactos de una crisis de agua en Lima	44
3.1. Metodología en base a la tabla insumo producto	45
3.2. El modelo de “oferta” ⁶ de la matriz insumo producto	46
3.3. Aplicación del modelo para medir impactos de una crisis de agua en Lima y Callao	47
3.4. Resultados: estimación de los impactos en variables económicas de una crisis hídrica en Lima y Callao	48
Conclusiones y hallazgos	50
Bibliografía	54
Anexos	56

Lista de acrónimos

ANA	Autoridad Nacional del Agua
CHRL	Cuenca del Chillón, Rímac y Lurín
CIU	Código industrial Internacional Uniformizado
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
IPOGA	Instituto de Promoción para la Gestión del Agua
IP	Insumo Producto
MMC	Millones de Metros Cúbicos
PBI	Producto Bruto Interno
PM	Plan Maestro
RUC	Registro único del Contribuyente
SEDAPAL	Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima
SUNAT	Superintendencia Nacional de Administración Tributaria



El abastecimiento de agua para Lima y las posibilidades de una crisis hídrica en un contexto de cambio climático

Existen potenciales riesgos hídricos a los que se enfrenta la ciudad de Lima y que podrían impactar en el abastecimiento de agua a las empresas. En este capítulo conoceremos las características del sistema hídrico que abastece a la ciudad, para luego se evaluar los principales riesgos (sismos, inundaciones, sequías) y sus implicaciones para el abastecimiento del agua en un contexto de cambio climático. Finalmente, presentaremos evidencia sobre eventos de crisis hídrica ocurridos recientemente en dos ciudades comparables a Lima, Sao Paulo en Brasil, y El Cabo en Sudáfrica.

“Lima no va tener más nuevas fuentes de agua potable durante los próximos cinco años, lo que implicaría una **reducción del abastecimiento de por lo menos 6 u 8 horas diarias**, lo que debe motivar a tomar acciones.”

Iván Lucich
Presidente Ejecutivo
SUNASS

1.1. Características básicas del abastecimiento de agua en Lima

1.1.1 La oferta hídrica en Lima

Lima Metropolitana y Callao tienen 10 479 899 habitantes habitantes (INEI, 2017). El Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL) es el encargado de abastecer de agua mediante su sistema de distribución. La empresa posee plantas de tratamiento de agua para abastecer los distritos que componen las provincias del Callao y de Lima Metropolitana. La ubicación de los ríos y el ámbito de la ciudad se pueden ver en el mapa siguiente:

Mapa 1. Cuenca del Chillón-Rímac-Lurín



Fuente: AQUAFONDO

Según el Plan Maestro que publicó SEDAPAL en el 2014², el principal río que abastece de agua a Lima y Callao es el río Rímac, seguido por Chillón y finalmente Lurín. Esto debido a que el Río Rímac tiene el mayor caudal y un régimen de parcial regulación por parte de SEDAPAL, además en la parte alta de la cuenca existe un sistema de lagunas e interconexiones con la cuenca del Mantaro. En el cuadro 1 se detalla los niveles del caudal en épocas de avenida, época de estiaje y caudal promedio de cada río; siendo 27 m³/s el caudal promedio para Rímac, 7.8 m³/s para Chillón y 4.5 m³/s Lurín.

Cuadro1: Datos de caudal de los ríos que abastecen de agua a Lima y Callao

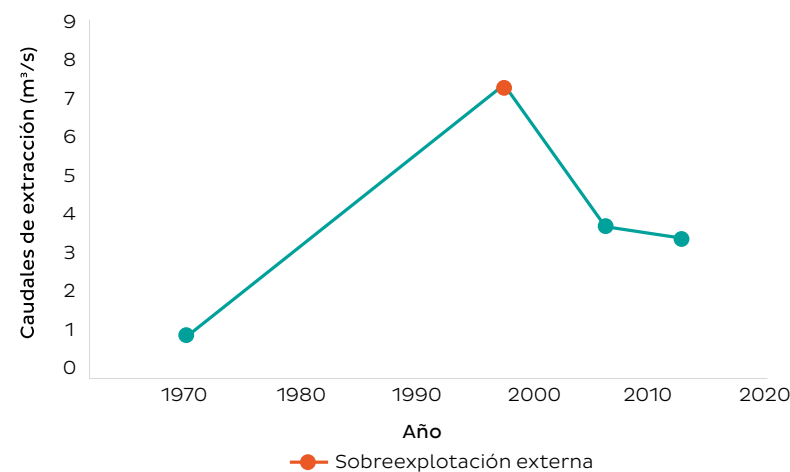
RÍOS QUE ABASTECEN DE AGUA A LIMA Y CALLAO	Datos de Caudal (m³/s)		
	Época de avenida	Época de estiaje	Promedio
Río Rímac	45	17	27
Río Chillón	17.5	3	7.8
Río Lurín	11.4	1	4.5

² SEDAPAL (2013) "Plan Maestro de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado". Tomos I y II. Diagnóstico.

La cuenca también almacena agua en dos acuíferos subterráneos conectados: Chillón-Rímac, y uno independiente, Lurín. Del primero, se puede extraer agua a una profundidad de entre 100 y 300 metros; sin embargo, debido a las características morfológicas de la zona solo es accesible llegar hasta 200 metros. La extracción estimada que permita mantener el equilibrio entre descarga y recarga es de 6 a 7 m³/s; mientras que para el acuífero Lurín se tiene un máximo explotable de 1 m³/s, pero el máximo deseable es 0.5 m³/s.

Los estudios del acuífero de Lima llevados a cabo por SEDAPAL y resumidos en su Plan Maestro indican que en el período más reciente (2006-2013) los caudales promedio extraídos fluctuaron entre 3.5 m³/s y 4.0 m³/s. Cabe mencionar que han existido épocas con mucha mayor extracción. Por ejemplo, en el período 1969-1997 los caudales de extracción aumentaron de 1.07 m³/s a 8.32 m³/s, provocando una sobreexplotación extrema y un descenso del nivel del acuífero de 30-40 a 60-80 metros en promedio. En el período 1997-2006 los caudales de extracción bajaron de 8.3 m³/s a unos 4.0 m³/s que es el promedio actual (Gráfico 1).

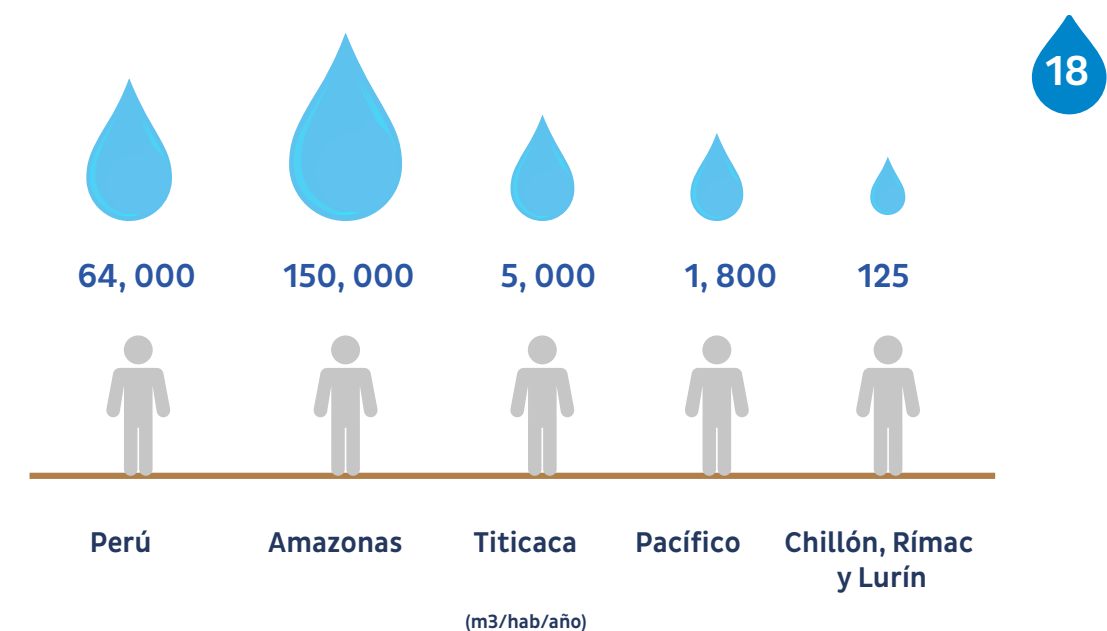
|Gráfico 1: Promedio de caudales de extracción en acuíferos de Lima (1997 – 2013)



Fuente: AQUAFONDO

Según las definiciones de NNUU, un país o una cuenca tiene “estrés hídrico” cuando la disponibilidad de agua dulce per cápita se encuentra entre 1,000 y 1,700 m³/año. Las áreas con “escasez de agua” tienen disponibilidad de agua per cápita por debajo de los 1,000 metros cúbicos⁶. En este contexto, la disponibilidad per cápita media anual en las cuencas Chillón – Rímac – Lurín es ocho veces menor que el “índice de escasez de agua crónica”, lo que significa una alarmante situación de “escasez hídrica” como lo demuestra Gráfico 2. .

|Gráfico 2. Comparación de disponibilidad per cápita anual



Fuente: PROACC 2015 (En base a información ANA)

1.1.2. La infraestructura de SEDAPAL

En el Plan Maestro de SEDAPAL se cuenta con una descripción detallada del sistema de agua potable, alcantarillado y de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). En primer lugar, el sistema de abastecimiento de agua potable se constituye por “el aprovechamiento hídrico superficial de los ríos Rímac y Chillón, los caudales incrementales que se producen durante los períodos de estiaje, como consecuencia de la operación de embalses, y por la explotación de los acuíferos subterráneos Rímac – Chillón y Lurín, además de la fuente proporcionada por el túnel dren denominado Graton, proveniente del acuífero en rocas calizas.” (SEDAPAL, 2014:46).

Debido a la demanda por agua, proveniente del crecimiento de Lima y del creciente interés por el sector hidroenergético se construyeron, primero en la década de 1960 por Electrolima S. A. y en 1990 conjuntamente con SEDAPAL, embalses que trasvasan agua de la cuenca alta del río Mantaro y quince lagunas de la cuenca del río Santa Eulalia y el río Blanco, con las obras Marca I, Marca II (el informe indica que no se realizó por motivos políticos) y Marca IV. Los niveles de descarga medios son los siguientes:

La disponibilidad de agua en las cuencas Chillón – Rímac – Lurín es 8 veces menor que el “índice de escasez de agua crónica”, es decir estamos frente una alarmante situación de “escasez hídrica”

Cuadro 2. Niveles de descarga medios en la cuenca de Chillón, Rímac, Lurín

	DESCARGA MEDIA MENSUAL		
	Época de estiaje	Época de avenida	Porcentaje de abastecimiento
Río Rímac	23.80 m ³ /s**		
Bocatoma La Atarjea	19 m ³ /s aprox.		78%
Río Chillón	1 m ³ /s	2.50 m ³ /s	4%
Acuíferos Lima - Chillón - Lurín	4.27 m ³ /s	3.12 m ³ /s	15% (pozos SEDAPAL) 3% (pozos Agua Azul)

* Licencia por uso de agua solo en época de avenida.

**Mediciones de SENAMHI *FUENTE: SEDAPAL (2014)

Fuente: SEDAPAL, 2014

Debido a que en el río Chillón solo se tiene permiso para usar sus aguas en época de avenida, el estudio menciona que se opera una planta de tratamiento en Punchauca, mientras que en la época de estiaje operan ocho pozos tubulares en el margen izquierdo del río. Para el uso de acuíferos subterráneos SEDAPAL dispone de 377 pozos tubulares y el consorcio Agua Azul S. A. de veintiocho.

Sobre el sistema de distribución primaria el estudio menciona:

“(...) La mayor superficie territorial de Lima y Callao es abastecida por la Planta La Atarjea, mientras que las Plantas del Chillón y Huachipa son utilizadas para el abastecimiento de Lima Norte. A ello se suman las aguas subterráneas mediante pozos tubulares distribuidos en el ámbito de Lima y Callao (...) las redes se encuentran divididas en tuberías del sistema de distribución primario y sistema secundario. Las primeras presentan diámetros mayores o iguales a 350mm, que son las tuberías más grandes ubicadas a la salida de la Planta La Atarjea (72”, 64”, 40”), con material de concreto, en tanto que las tuberías que salen de la Planta Chillón es de (48”) y Huachipa (64”), ambas de hierro dúctil, alcanzando una longitud de aproximadamente 710km.” (SEDAPAL, 2014: 48)

Sobre los sistemas de alcantarillado, SEDAPAL cuenta con un sistema de redes de recolección primaria en su mayoría hechas de concreto, las más grandes abarcan hasta 869.1 km:

“El caudal promedio de aguas residuales recolectados por el sistema de recolección primaria de SEDAPAL en el 2013 fue de 18.32m³/s de los cuales, al mes de diciembre, 13.4 m³/s (73%) fueron conducidas a diferentes plantas de tratamiento de aguas residuales y 4.92 m³/s descargaron en el mar sin tratamiento previo. (...) Está conformado por tuberías de diversos materiales cuyos diámetros varían desde: 350 mm (14”) hasta 2 400 mm (72”), con una longitud total de 869.1 km. Así, el material predominante es el concreto reforzado con y sin revestimiento, representando alrededor de 71% del total de los colectores primarios.” (SEDAPAL, 2014: 183-184).

Asimismo, sobre las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), veintiuno de estas se encuentran a cargo de SEDAPAL. Hasta diciembre del 2013, el estudio menciona que el caudal de aguas residuales tratadas era de 13.40 m³/s, representando el 62.11% del total de aguas residuales recolectadas.

1.2. Riesgos que pueden desencadenar una crisis hídrica en Lima

1.2.1. Peligros sísmicos

Geográficamente la ciudad de Lima se encuentra ubicada en la zona costera del Pacífico, y por tanto dentro del llamado cinturón de fuego del Pacífico, zona en la que se ubican las intersecciones de varias placas tectónicas y que “(...) soporta el 80% de la actividad sísmica y volcánica del planeta” (Morales-Soto y Zavala: 2008). Siendo las dos más importantes para nuestro país la placa oceánica de Nazca y la placa continental Sudamericana. Esto origina “(...) una serie de procesos cíclicos que dan lugar a la ocurrencia de terremotos como los ocurridos en Arequipa en el 2001 y Pisco en el 2007. Por esta razón, las ciudades costeras del territorio peruano se encuentran en permanente exposición al peligro de sismos y tsunamis.” (INDECI, 2017: 3).

Lima tiene una larga historia de sismos. El estudio de Morales-Soto y Zavala (2008) recopila una lista de diecinueve “(...) terremotos destructivos ocurridos en el litoral del Perú en los últimos cinco siglos”, siendo el ocurrido en Lima el 28 de octubre de 1746, que alcanzó una intensidad de X en la escala de Mercalli modificada (MM). INDECI

asegura que “(...) de liberarse la energía sísmica acumulada desde el gran terremoto de 1746, hace ya más de 270 años, se podría generar un sismo de magnitud entre 8.5 y 8.8 Mw (magnitud momento)” (2017). Un estudio de CISMID en el año 1991 concluye que “(...) la ciudad de Lima ha sido expuesta a sismos de alta magnitud con relativa frecuencia. La población ha aumentado considerablemente en los últimos años, ocupando las edificaciones en la actualidad terrenos marginales bajo el punto de vista de resistencia sísmica. La vulnerabilidad sísmica de Lima ha aumentado.” (Alva Hurtado et al.: 1991). Si se considera que desde el censo de 1993, la población de Lima ha tenido un crecimiento de 48.5% (INEI: 2017) queda claro que la vulnerabilidad ha aumentado de manera considerable.

El estudio de Morales-Soto y Zavala (2008) plantea la hipótesis de ocurrencia de un “(...) terremoto de gran magnitud con epicentro marino frente a Lima (que) podría afectar el litoral central y la región andina correspondiente. Sus efectos podrían sentirse en gran parte del país”. La posible ocurrencia se fundamenta en los siguientes motivos:

- La ocurrencia de tres terremotos en la historia de Lima, siendo el último el de 1746,
- La ocurrencia de grandes maremotos,
- El reporte de dos zonas sísmicas vecinas activadas (Chimbote-Huacho y Lima-Pisco) quedando solo Huacho-Lima aún sin activarse,
- Porque usando el criterio de recurrencia sísmica: “La fórmula de Gutenberg y Richter, aplicada por Deza para la región sismotectónica de Lima ($\log N = 5,63 - 0,85 M_b$) establece que para un sismo de magnitud entre 7,8 M_b y 8,5 M_b el periodo de recurrencia sería aproximadamente de 100 años.” (Morales-Soto y Zavala: 2008)

SEDAPAL considera la posibilidad de un tsunami ocasionado por un sismo en el mar frente al Callao de una magnitud de 8.5 ocasionando deslizamientos que afectarían los cauces de los ríos que atraviesan Lima.

El estudio pronostica un sismo de, como máximo, 8.0 grados en la escala de Richter, con epicentro frente a Lima e intensidad IX MM. De acuerdo con esta hipótesis, SEDAPAL realizó dos estudios para evaluar la ocurrencia de sismos que pudieran afectar su infraestructura. El primero se realizó entre mayo del año 2000 y mayo del 2001 para la ocurrencia de un sismo en la zona de Marcapomacocha. El segundo estudio, de 2009, evaluó un evento sísmico de grado 8.0 con características similares al de Pisco, pero que ocurriera en la parte central de Lima, y el daño que este ocasionaría.

Ambos estudios consideraron la posible ocurrencia de un maremoto o tsunami frente a Lima. Morales-Soto y Zavala (2008) postula un maremoto de 7.5 grados Richter que afectaría “(...) el puerto y la ciudad del Callao, caletas e instalaciones en áreas ribereñas” con un estimado de más de 380 mil personas expuestas al tsunami. SEDAPAL por su parte, considera la posibilidad de un tsunami ocasionado por un sismo en el mar frente al Callao de una magnitud de 8.5. Un sismo de esta magnitud también podría ocasionar deslizamientos “(...) que afectarían los cauces de los ríos que atraviesan Lima sea en las quebradas altas o, en el caso del río Rímac, en el centro de la ciudad donde hay taludes inestables, asimismo deslizamientos en los acantilados costeros de Lima y de laderas en la sierra y la costa norte” (Morales-Soto y Zavala, 2008: 223).

1.2.2. El Fenómeno del Niño

El Perú históricamente se ha visto afectado por el Fenómeno del Niño, que es un “(...) evento océano-atmosférico donde aguas cálidas subsuperficiales se trasladan a lo largo del Pacífico Tropical y se produce un debilitamiento sostenido de los vientos alisios. Estos factores incrementan la temperatura superficial del mar y alteran el comportamiento de otras variables climatológicas.” (Contreras et al., 2017: 2).

Sobre el reciente evento denominado el “Niño Costero” de 2017, Instituto del Mar Peruano (IMARPE) realizó un reporte en el que afirma que las principales manifestaciones “fueron el incremento sustancial de las lluvias y por ende los caudales de los ríos en las regiones históricamente afectadas por fenómenos de El Niño extraordinarios: Tumbes, Piura, Lambayeque, La Libertad, así como Ancash, Lima e Ica.” (IMARPE, 2017: 30).

1.2.3. Efectos potenciales sobre el abastecimiento de agua

El hecho de que Lima se encuentre asentada entre los ríos Rímac y Chillón, y su alto nivel de vulnerabilidad ante eventos extremos abre la posibilidad de afectaciones al abastecimiento de agua de Lima. El Consorcio de Evaluación de Riesgos Naturales (CERN) afirma que: “(...) La evaluación del riesgo catastrófico de un sistema de acueducto y saneamiento debe incluir en forma prioritaria la amenaza o amenazas naturales principales sobre el sistema y la vulnerabilidad de los diferentes componentes o sea la predisposición de dichos elementos de sufrir daño en caso de ocurrencia de un evento importante.” (CERN-LA, 2012: 19).

La probabilidad de ocurrencia de eventos extremos que afecten la infraestructura de abastecimiento de agua en Lima es alta. Se ha descrito previamente las condiciones de ocurrencia de sismos en la ciudad y en la parte alta de la cuenca de la que proviene el agua. Además, deben considerarse las posibles inundaciones causadas por el fenómeno de El Niño y por el aumento del nivel del mar, deslizamientos, sequías y tsunamis.

Se sabe poco sobre cómo estos eventos podrían afectar el abastecimiento de agua, sin embargo, el estudio de La Sociedad de Urbanistas del Perú, realizado por Arana (2011) resalta que:

“(...) La interacción entre amenazas naturales y los sistemas de agua y saneamiento ha dejado en evidencia cuán expuestos se encuentran estos a ser dañados.

Puede alterar la confiabilidad de la infraestructura a de abastecimiento de agua, por ejemplo, alterando la seguridad y sanidad de un reservorio,

Puede alterar la capacidad de tratamiento del agua a estándares potables, cambiando la frecuencia de inundación de los trabajos del tratamiento y cambiando la calidad del agua,

Puede alterar la demanda de agua y la capacidad de distribuir agua para alcanzar las ‘necesidades’ de los clientes, particularmente en momentos de demanda pico”.

(Arnell y Delaney, 2006)” (Arana, 2011: 14, 23)

El Plan Maestro de SEDAPAL (2014) contiene una sección denominada “Diagnóstico y vulnerabilidad de los sistemas” en la que considera lo que ocurriría en los casos de sismos que afecten el almacenamiento de

agua superficial o el sistema de acueducto y alcantarillado, una sequía que afecte las fuentes de agua superficial y un tsunami sobre el sistema de acueducto y alcantarillado. Además, señala También el impacto que podría ocasionar un sismo en la parte alta de la cuenca que abastece los ríos de los que obtiene agua, específicamente un evento que afectara la presa de Antacoto y la zona de Marcapomacocha.

Si bien el estudio no realiza un análisis detallado de la vulnerabilidad de la infraestructura o la cuantificación de supuestos daños, los resultados obtenidos por la vigilancia sísmica advierten la necesidad de observar el desempeño de la sismicidad local para los túneles principales Trasandino y Gratón, así como para la planta de tratamiento de agua potable La Atarjea y Huachipa I. Se descubre en el análisis que la presa de Antacoto se encuentra expuesta y con probabilidad de altos daños por encontrarse en una zona con fallas de orientación SE-NW como la falla de Antacoto, Curihuay, Azulcocha y Casacancha; presenta hipocentros por debajo de la laguna y los alrededores de la primera de estas fallas, también se identificó en una de las estaciones un “alineamiento de focos que sugiere la presencia de una fractura con dirección NE” (SEDAPAL, 2014: 281); condiciones que podrían poner en alto peligro a la presa.

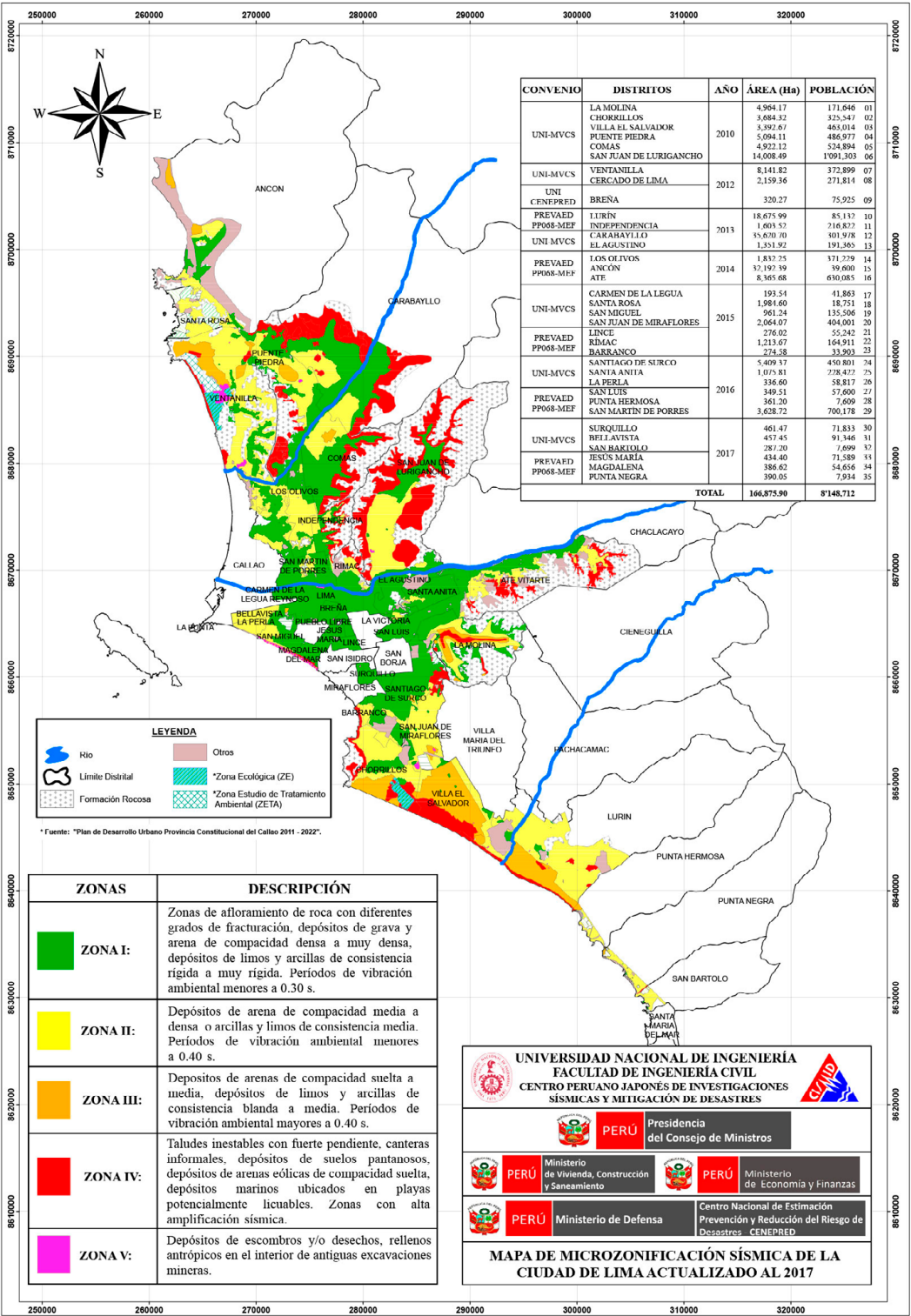
Como producto de un sismo de la magnitud que se evalúa, surge también la posibilidad de una inundación por maremoto o tsunami en la zona de Lima y Callao. El PM de SEDAPAL evalúa un tsunami como consecuencia del terremoto de 8.5 grados expuesto en el punto anterior con epicentro frente al Callao, realizan dos mapas de vulnerabilidad por exposición a tsunamis donde se muestra que las zonas más afectadas serían la zona de La Punta, Callao, Ventanilla, Chorrillos y Villa el Salvador. Sin embargo, el estudio menciona que:

“(...) La afectación directa del sistema de abastecimiento de agua por tsunami es una hipótesis muy remota, porque ningún recurso esencial, porción de red primaria, plante o reservorio se encuentra en la zona inundable por tsunami salvo las PTAR de Taboada y La Chira, que son dos concesiones, ubicadas en el litoral del Callao y Chorrillos respectivamente. Así como dos pozos que suman un caudal de 100 l/s, caudal que representa un porcentaje muy inferior al brindado por SEDAPAL. (...) Sin embargo, el mayor impacto producido por el tsunami podría ser en la interrupción del suministro de energía eléctrica.” (SEDAPAL, 2014: 308)

Lima es extremadamente vulnerable a la escasez de hídrica, debido a que el agua que se obtiene de los ríos es actualmente insuficiente para abastecer la creciente demanda poblacional

Mapa 2: Mapa de microzonificación sísmica de la ciudad de Lima

El mapa de microzonificación evalúa las zonas en Lima y el Callao más propensas a sufrir daños ante este tipo de eventos, debido a la composición de sus suelos. La geología de la región se conforma por rocas sedimentarias e intrusivas, así como depósitos no consolidados. Para el estudio, se realizaron campañas de exploración, en su mayoría solo fueron necesarios pozos abiertos para obtener muestras del suelo que luego fueron evaluadas en laboratorios. Basados en las características geotécnicas y dinámicas el área de estudio fue dividida en cinco zonas:



Fuente: CISMID, 2017

Cuadro 3. Zonas para estudio de microzonificación sísmica

ZONAS	CARACTERÍSTICAS
I	Mejores condiciones geotécnicas para la construcción de edificios
II	Buenas características para fines de cimentación
III	Malas características para fines de cimentación de edificios
IV	Montañas con pendientes empinadas tienden a sufrir fenómenos geodinámicos externos como deslizamientos de rocas
V	Incluye zonas con escombros y material de desechos y antiguas zonas de excavación mineras, en estas zonas la construcción no está permitida por la mala respuesta de sus materiales ante sismos.

Fuente: PROACC 2015 (En base a información ANA)

La ciudad de Lima está principalmente compuesta por grava de gruesa a media con una matriz arenosa, es decir, en su mayoría compuesta por zonas clasificadas como I; mientras que el Callao, en su mayoría compuesto por depósitos de arcilla, orgánica y arenosa que caracterizan a la zona II. Por este motivo el daño en el Callao, ante un evento de este tipo, sería mucho peor que en Lima, como sucedió en el sismo de 1974. Mientras que los distritos en Lima con las zonas más expuestas son Villa el Salvador, La Molina, Puente Piedra, San Juan de Lurigancho, Chorrillos, Comas y Carabayllo; por tener zonas clasificadas como III y IV en ellos.

Cuando relacionamos este estudio con el PM de SEDAPAL, ambos coinciden en que los distritos más afectados serían Comas y Villa el Salvador; mientras que, para Ate y Callao, el primero pronostica un alto grado de riesgo monetario, sin embargo, el segundo asegura que la composición de los suelos permitiría que no existieran tantas pérdidas como en los otros distritos.

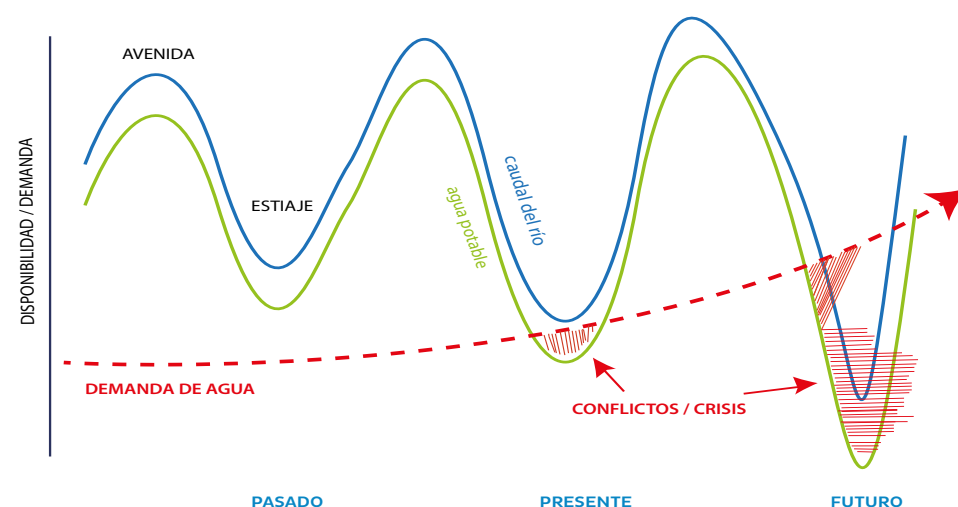
En cuanto a los potenciales efectos del Fenómeno del Niño y cómo afectaría esto al abastecimiento de agua que brinda SEDAPAL el estudio de Bell et al. (2017) resalta que Lima es extremadamente vulnerable a la escasez de agua ya que el agua que se obtiene de los ríos es actualmente insuficiente para abastecer la creciente demanda, entre otros motivos por el efecto del derretimiento de glaciares.

El PM de SEDAPAL menciona que el posible efecto del fenómeno de El Niño sobre el agua se materializa en una posible sequía en Lima “(...) Un calentamiento en el mar pacífico ecuatorial inhibe las precipitaciones” (SEDAPAL, 2014: 284) y se estiman porcentajes de reducción del agua de lluvias de las que se abastecen el río Chillón y Rímac. Igualmente, se establece que una disminución del caudal del río reduciría la capacidad de captación de agua lo cual sería muy peligroso sobre todo en épocas de alta demanda. Además, este fenómeno también generaría huaycos y deslizamientos que provocan que el agua se contamine como ha sucedido en episodios anteriores que dejaron a varios puntos de la ciudad sin agua por algunos días.

1.3. Efecto del cambio climático sobre los daños de los eventos extremos

El cambio climático aumenta la probabilidad de eventos extremos y potencia sus consecuencias. Los registros muestran la recurrencia de periodos secos en los cuales las descargas medias de los tres ríos de Lima pueden disminuir de manera significativa, provocando problemas graves de abastecimiento, sobre todo durante el período de estiaje. En muchos casos estos periodos secos han sido acentuados por el “Fenómeno El Niño”, pero existe una alta probabilidad que la frecuencia, duración e intensidad de los periodos secos vaya en aumento como resultado del cambio climático (véase gráfico 3).

Gráfico 3. Incremento en inestabilidad de oferta por cambio climático



Fuente: Calderón et al. (2014). Elaboración propia.

El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) desarrolla la siguiente metodología explicada en un estudio de la CEPAL sobre cambio climático en el Perú del año 2014:

“(...) Siguiendo la metodología aplicada en estudios similares, se propone utilizar modelos globales climáticos (GCM, por sus siglas en inglés) que representan gran parte de los procesos climáticos, en ocasiones compuestos por dinámicas no lineales. Al ser representaciones abstractas, consiguen acercarse relativamente bien a la realidad y permiten conducir experimentos y simular lo que ocurriría con el clima global cuando cambia la concentración de GEI. De esta manera, los modelos climáticos permiten construir escenarios mediante cambios controlados en algunas de las variables del modelo o en sus condiciones de entorno. El IPCC ha definido un conjunto de escenarios para estudiar y evaluar cómo el cambio en las concentraciones de GEI podría afectar al clima global. El Cuarto Informe del IPCC (2007a) presenta varios escenarios climáticos globales.” (CEPAL, 2014: 23-24).

En este estudio, se considera el aumento de la variable precipitación y a partir de las variaciones que se esperan en escorrentía para estimar el caudal de la cuenca del río Rímac en el caso de que suceda cambio climático. Se estima un aumento de las precipitaciones a 900 mm/año. Sin embargo:

“(…) el impacto del cambio climático es variado. En el escenario A1B, tres de los siete modelos sugieren un posible aumento de caudales. Incluso uno de ellos proyecta que los caudales aumentarían al doble. Por el contrario, dos modelos indican que los caudales disminuirían en el período 2005 a 2099 y otros modelos no presentan variaciones significativas. En el escenario A2, los caudales aumentan en un modelo, mientras que en otros tres disminuyen. Finalmente, para el escenario B1, tres modelos presentarían aumentos de caudales (uno de ellos más del doble) y otros tres muestran que los caudales disminuirían en el período analizado.” (CEPAL, 2014: 107)

El cambio del clima tendría efectos en las precipitaciones es de tal magnitud que afectarían la infraestructura del país (por ejemplo rompimiento de carreteras asfaltadas), con estimados de un impacto económico que oscila entre 132 millones de soles para el escenario climático más optimista, y 311 millones de soles constantes con año base 2010 para el escenario más optimista a la tasa de descuento menos estricta (4%) para el año 2100.

Por otro lado, para el caso de una sequía en Lima el PM de SEDAPAL (2014) utiliza los datos obtenidos de un estudio realizado por el Instituto Geofísico del Perú (IGP) en el 2005: “Evaluación local integrada de la cuenca del río Mantaro”. En dicho trabajo se muestran los resultados obtenidos para los meses de máximas precipitaciones (enero-marzo) para el período de 1960-2004. El estudio utiliza modelos climáticos globales (GCM y considera escenarios climáticos diferentes de manera que permita estimar la respuesta del clima a cambios en la concentración de GEI. El método que se escoge para caracterizar la

cuenca del río Mantaro en el downscaling estadístico, porque tiene un “(…) patrón de menor calentamiento en la región oriental consistente con observaciones y otros modelos” (SEDAPAL, 2014: 292). Para obtener los cambios en las variables temperatura y precipitación se usaron “los resultados de 12 combinaciones de modelos climáticos globales de la IPCC y escenarios de emisión distintos.” (SEDAPAL, 2014: 293). De acuerdo a los resultados obtenidos usando tendencias en precipitación, el estudio concluye que ocurrirá una disminución promedio de las precipitaciones en verano de 19% en la región central, 14% en la región sur y de 10% en la subcuenca de Chinchaycocha.

Toda esta evidencia indica que el cambio climático incrementará la probabilidad de ocurrencia de sequías al provocar disminución de las precipitaciones que alimentan los dos ríos de los que se abastecen de agua a Lima y Callao. El estudio de Felipe et al.(2015) también desarrolla una metodología basada en los GCM del IPCC, siendo los escogidos dos modelos del CMIP5, y dos escenarios de emisión, el RCP 4.5 y RCP 8.5² con proyecciones para el período 2035-2065, evaluados mediante la metodología Delta Change. Los resultados pronostican una reducción en las precipitaciones para la zona de Lima, Pacífico 4 en la clasificación de SENAMHI: “En las regiones Pacífico 2, Pacífico 3, Pacífico 4 y Pacífico 5 se proyecta disminución de la precipitación anual de -1.3%, -5.5%, -3.4%, -1.3%, respectivamente.” (Felipe et al., 2015: 22). El estudio concluye con que “se espera una menor disponibilidad de agua para el año 2050” (Felipe et al., 2015: 28).

² En el 2013 sale el Quinto informe del IPCC en el que se cambian de los escenarios descritos en el reporte especial de escenarios de emisiones (Special Report on Emissions Scenarios - SRES) a los Escenarios de concentración representativos (Representative Concentration Pathways - RCP).

Sobre los efectos del fenómeno de El Niño el estudio de Contreras et al. (2017) evalúa que la ocurrencia de un fenómeno de El Niño como el ocurrido en el año 1982-1983 tendría efectos negativos en la manufactura, específicamente en la no primaria, siendo el porcentaje para el departamento de Lima 61.1% de la producción total manufactura (INEI: 2018):

“En el caso de la manufactura no primaria el efecto negativo se da también por una menor producción de algodón para la fabricación de hilos y tejidos y una menor producción de prendas de vestir de invierno por una mayor temporada cálida. La industria textil representa 12 por ciento de la industria manufacturera, debido a ello el incremento de la producción de bebidas gaseosas (1,9 por ciento de la estructura de la manufactura no primaria) no compensa el efecto adverso del “Niño” sobre la industria textil.” (Contreras et al., 2017: 14)

Reguero et al. (2015) considera la posibilidad de ocurrencia del evento extremo inundación por aumento del nivel del mar para América Latina y el Caribe y encuentra resultados importantes para Lima y Perú en general. Considera como drivers o catalizadores de inundaciones las siguientes variables: aumento regional del nivel del mar, aumento relativo del nivel del mar, nivel del mar extremo y, el más importante por su alta correlación entre componentes del nivel del mar, el índice de Oscilación del Sur de El Niño (ENSO por sus siglas en inglés).

Con datos de un estudio anterior de Reguero et al. (2013) estiman la vulnerabilidad de exposición espacial de este evento extremo para diferentes escenarios de cambio climático, específicamente del RCP 4.5 y 8.5 del IPCC. Encuentran que cuando la inundación es causada por un incremento del nivel del mar, entre las áreas con mayor exposición están

Se estima que el **porcentaje de población expuesta en el Perú aumentaría en 157% en el escenario climático más pesimista en el que además de aumento del nivel del mar se agregue el efecto del fenómeno de El Niño.**

las costas del Perú, específicamente Lima, pues tiene uno de los niveles más altos de exposición ante este evento extremo. Los resultados son consistentes entre escenarios, siendo la diferencia entre ellos el impacto sobre los habitantes de un aumento del nivel del mar viéndose más afectados en el 8.5 y éste siendo más evidente en las áreas con mayor nivel de exposición, entre otros motivos, por el aumento de la población que se proyecta.

Cuando el aumento del nivel del mar se debe al ENSO, que ya ha tenido grandes efectos en países como Perú, se estima que tendrá efectos aún mayores en escenarios de cambio climático futuro en el que se supone un aumento relativo del nivel del mar: “(...) En valores agregados, si los efectos de El Niño son agregados a las proyecciones del aumento relativo del nivel del mar, entre 27% y 36% más de la población será expuesta que solo con el aumento del nivel del mar.” (Reguero et al., 2015: 10). El estudio también estima que el porcentaje de población expuesta en el Perú aumentaría en 157% en el escenario climático más pesimista en el que además de aumento del nivel del mar se agregue el efecto del fenómeno de El Niño, en valores proyectados para la población en 2090. Del mismo modo, los resultados cuando se refieren a la exposición de la población y el capital construido para Perú, específicamente Lima, son muy altos. Además, se ve el efecto considerable cuando se incluyen en la estimación las variaciones en las lluvias, lo coincide con lo propuesto por Contreras et al. (2015).

Sobre la posibilidad de ocurrencia de una inundación por elevación del nivel del mar, en la Primera Comunicación Nacional del Perú a la Convención de Naciones Unidas sobre el cambio climático confirman que los posibles impactos futuros podrían aumentar el nivel del mar ocasionando inundaciones graves: *“(...) la elevación de 1 m en el nivel del mar es el escenario futuro más aceptable para cuando la atmósfera duplique su concentración de CO2. (...) cerca del 53% de la playa La Herradura en Lima quedaría potencialmente inundada.”* (Iturregui et al., 2001: 88-89).

Finalmente, el estudio de Arana (2011) hace una diferenciación entre cortes “del lado de la oferta” referidos a la escasez en captura de agua por las empresas que la distribuyen y lo “del lado de la demanda” que se refiere a la incapacidad de distribuir cuánta agua potable se requiera. Además, se realizan una serie de “mapas de amenaza” donde Lima se encuentra en las zonas con peligro potencial de inundación, así como en la zona más expuesta a potenciales huaycos, peligro de deslizamientos, afectación por Fenómeno del Niño y ocurrencia de sismos. La costa central es la más susceptible a amenazas por lo tanto SEDAPAL, también tendrá un índice de vulnerabilidad alto y estará en el grupo uno, el más alto respecto a cambio climático.

Lima se encuentra en las zonas con peligro potencial de inundación, así como en la zona más expuesta a potenciales huaycos, peligro de deslizamientos, afectación por Fenómeno del Niño y ocurrencia de sismos.

1.4. Experiencias de Sao Paulo y El Cabo frente a crisis hídricas

Recientemente han ocurrido eventos hídricos severos en dos ciudades que tienen similitudes a Lima en cuanto a tamaño y vulnerabilidad: San Paulo en Brasil y El Cabo en Sudáfrica. En este acápite se discuten algunas características de dichos eventos de acuerdo a la literatura encontrada en el tema.

1.4.1. La sequía 2014-2017 en Sao Paulo

La Región Metropolitana de Sao Paulo es una de las ciudades más importantes de Brasil con más de 12 millones de habitantes y la producción del 19% del PBI de Brasil. En 2014, debido a las altas temperaturas y poca lluvia, se inició la peor sequía en más de ochenta años para esta región y que duraría tres años consecutivos.

“(...) La sequía 2014-2017 de Brasil afectó principalmente al sudeste del país, incluyendo las áreas metropolitanas de Sao Paulo y Río de Janeiro. Minas Gerais y Espírito Santo fueron afectados recién en el 2016 debido al fenómeno de El Niño. El 5 de mayo de ese año, el gobierno de Espírito Santo declaró estado de emergencia en el estado a medida que la situación empeoraba. Al menos 93 ciudades impusieron racionamiento por la severa sequía.” (Cathala y Ríos, 2018: 9)

Durante las últimas décadas, la demanda por agua de la ciudad creció exponencialmente, debido a su fuerte proceso de urbanización pasando en 5 m³/s en 1940 a 71.4 m³/s a inicios del 2014.

El servicio de agua potable que abastece a Sao Paulo se llama SABESP, con más de veinte millones de personas en 35 municipalidades usuarias del agua al nivel estadual. En 1973 se terminó la construcción del sistema Cantareira que involucró la construcción de cuatro presas en las cuencas de los ríos Piracicaba y Upper Tiete. Esta es la principal fuente de agua que abastece a la mitad de la demanda y provee 33 m³/s a 8.9 millones de personas, contribuyendo al 56% de la producción de la oferta de agua de la ciudad (Cathala, Núñez y Ríos: 2018). Este sistema fue el que se vio más afectado ante la sequía que ocurrió del 2014 al 2017.

Las condiciones climáticas bajo las cuales sucedió esta sequía fueron muy particulares y aún se discute si los severos efectos negativos fueron fruto del cambio climático o simplemente un evento extremo “normal” que afecta la zona periódicamente. Marengo (2015) asegura que la poca lluvia en Sao Paulo, a pesar de ser una anomalía que sucede cada cierto tiempo, en el 2014 alcanzó un récord nunca antes visto y que duraría hasta el 2015. Además, afirma que, si bien la causa de este fenómeno no fue necesariamente el cambio climático, “(...) el impacto

En el contexto de la severa sequía que afectó a la ciudad de Sao Paulo por tres años consecutivos, se tomaron una serie de medidas de reducción de uso de agua, no solo para los consumidores, sino también para las empresas.

general de la sequía y la subsiguiente crisis de agua puede ser atribuida parcialmente al calentamiento regional de largo plazo producto de la urbanización del Área Metropolitana de Sao Paulo” (Marengo, 2015: 5). En una publicación más reciente los autores afirman que “(...) en un clima más caliente y seco, la escasez de agua tendrá impactos en el desarrollo regional sostenible del Noreste de Brasil” (Marengo et al., 2016: 10). Se agrega además el análisis de MCG en el que encuentra que la severidad y duración de las sequías empeorará en la segunda mitad del siglo veintiuno. Los mayores impactos los sufrirá la agricultura familiar y las consecuencias ambientales serán devastadoras para los sistemas naturales.

En el contexto de la severa sequía que afectó a la ciudad de Sao Paulo por tres años consecutivos, se tomaron una serie de medidas de reducción de uso de agua, no solo para los consumidores, sino también para las empresas y para el mismo sistema en caso de fugas o reducción de la presión. En el primero de los casos, se aplicaron incentivos monetarios a los consumidores para que reduzcan su consumo mensual. Para el sistema, el programa de pérdida de agua implementado por SABESP, que tuvo una gran inversión de 1.5 billones de dólares americanos (Cathala, Núñez y Ríos; 2018: 12), logró reducir 1.2% de las pérdidas de agua en Sao Paulo luego de su implementación. Además, se ejecutó el proyecto Reserva Técnica I y II que trae agua de otras presas a Cantareira, con los que se logró añadir 287.5 y 105 millones de m³ a la oferta hídrica disponible.

Las autoridades negociaron con clientes privados grandes para incentivarlos a reducir su consumo o cambiar de fuente de agua y consiguieron que el 70% cambiara de fuente de abastecimiento de agua. También se creó el Fondo de Agua de Sao Paulo, que incentivó a fuentes

públicas como privadas a invertir en proyectos de conservación de agua basadas en la naturaleza. Marengo et al. (2016) resaltan la necesidad de “(...) desarrollar e institucionalizar enfoques de largo plazo proactivos para el manejo de sequías y procesos de toma de decisiones, dirigido a la adaptación de la población local y hacer frente a los riesgos de una futura sequía” (2016: 10).

El estudio de Guzmán et al. (2017) evalúa el impacto económico de esta sequía. Utilizan un modelo en el que se consideran escenarios de clima, demanda, tiempo y recurrencia de escenarios. Los resultados dependen, por supuesto de los parámetros asignados, por lo que se muestran menos pérdidas en escenarios futuros más optimistas. Sin embargo, los resultados muestran la fuerte dependencia entre agua y producción, con pérdidas significativas para la empresa proveedora de servicios hídricos de Sao Paulo. Además, muestran que para el PBI total de Sao Paulo se habrían producido pérdidas de entre el 1.3 y 10.3% en 2016: “(...) el impacto económico directo en la empresa de servicios de agua junto con otros problemas inherentes de escasez de agua puede ocasionar una crisis con serias repercusiones en la economía local.” (Guzmán et al., 2017: 15).

1.4.2. La crisis hídrica en la ciudad de El Cabo

El Cabo o Cape Town es la ciudad más grande de Sudáfrica con cuatro millones de habitantes, también con una historia de urbanización exponencial en un corto período. El riesgo hídrico que sufre esta ciudad ha estado latente por varios años; sin embargo, a inicios del 2018 enfrentó una real crisis de envergadura que llevó a la decisión de cortar el sistema de distribución de agua como medida extrema para evitar que se agote el recurso hídrico de los reservorios que, en su mayoría, es almacenada en temporada de lluvias entre los meses de mayo y agosto.

En Ciudad del Cabo, el gobierno fijó al 22 de abril de 2018 como “día cero”, donde nadie podría consumir más de 50 litros diarios. Esta amenaza creó pánico entre las personas que pudieron reducir su consumo diario a 50 litros por día

El sistema de abastecimiento de agua de la ciudad se llama Sistema Occidental de Abastecimiento de Agua del Cabo (WCWSS, Western Cape Water Supply System), 70% del agua tiene fines industriales y urbanos mientras que el 30% es para uso agrícola.

Al igual que el caso anterior, fueron circunstancias muy específicas que se juntaron para la ocurrencia de esta crisis de agua, tres años consecutivos de bajas cantidades de lluvia, aumento del consumo de agua debido a la rápida urbanización de la ciudad y falta de inversión en la capacidad de suministro de agua. Entre 1980 y 2018 la población pasó de 1.6 a 4.0 millones de personas. Las alertas de la crisis que se pronosticaba para la ciudad venían desde 1990 cuando “el reporte de la Comisión de Investigación de Agua en 1990 resalta que la ciudad de El Cabo enfrentaría una crisis de oferta de agua en el 2007” (Parks et al., 2019: 3). Además de esto, el cambio climático genera escenarios negativos para el futuro “(...) el incremento general de la temperatura, reducción de lluvia, e incremento de sequías aumenta las probabilidades de tener impactos negativos en la disponibilidad de agua en El Cabo occidental y la ciudad del Cabo, poniendo más presión en los suministros de agua.” (Parks et al., 2019: 3).

El gobierno fijó al 22 de abril de 2018 como “día cero”, donde nadie podría consumir más de 50 litros diarios. Esta amenaza creó pánico entre las personas que pudieron reducir su consumo diario a 50 litros

por día (Díaz: 2018) y, entre otras acciones que se tomaron para manejar la demanda de agua, finalmente se vio pospuesto el día cero. Entre los principales esfuerzos para la reducción de la demanda por agua que se realizaron, siguiendo a Parks et al. (2019), resaltan los siguientes:

- Restricciones por agua, y fuertes multas para quienes sobrepasaran los límites.
- Aumento de las tarifas según uso de agua, quienes consumen más pagan más, para la época de crisis.
- Reducción de la presión de agua para toda la ciudad.
- Mensajes con consejos para ahorrar agua a los ciudadanos.
- Foros para la reducción voluntaria de agua para uso industrial, así como fuertes límites para las cuotas de agua agrícolas.

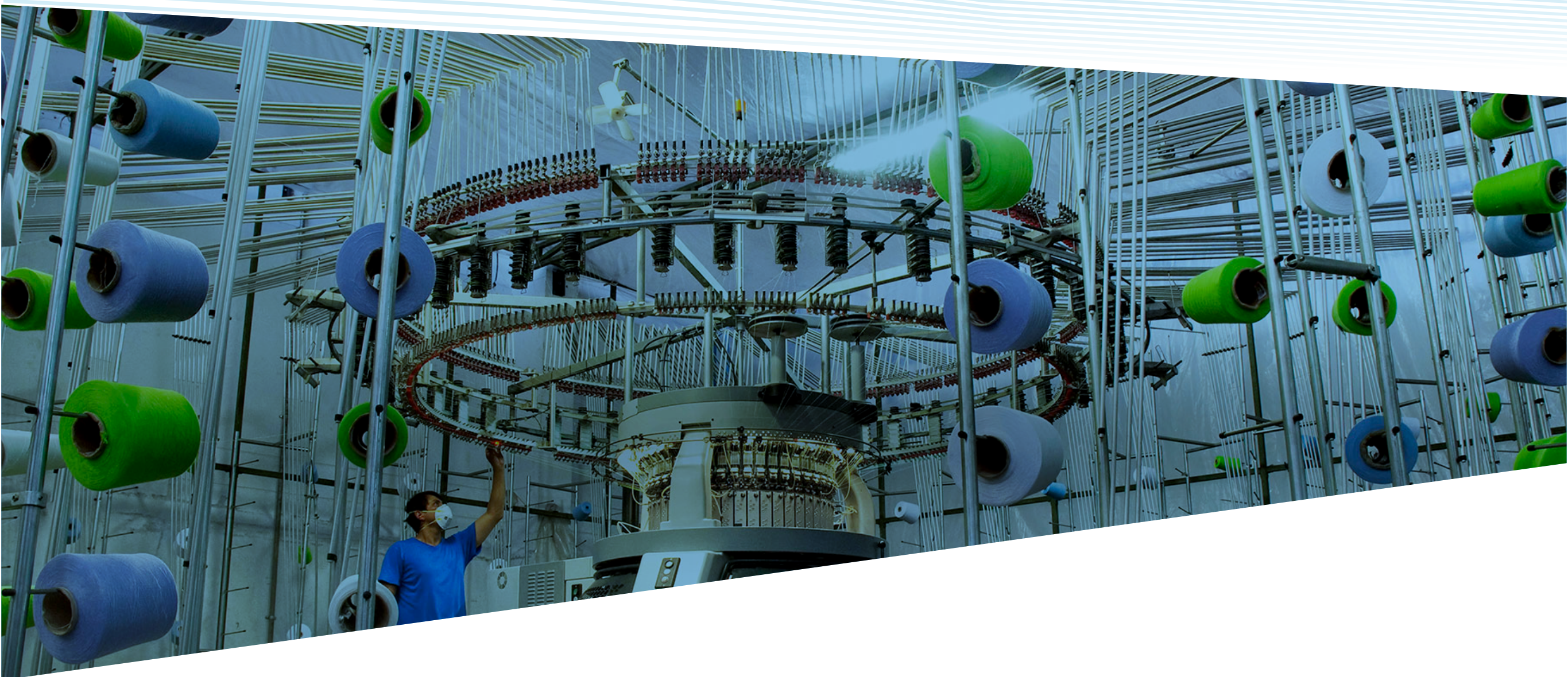
Del lado de la oferta de agua, también se tomaron una serie de medidas en la ciudad de El Cabo. Se instalaron plantas temporales de desalinización, se extrajo agua de los acuíferos que rodean la ciudad, y se planificó la recolección de agua de manantial. Además, se realizaron “planes que actualmente están en marcha para incrementar la oferta de agua de largo plazo en 350 millones de litros por día” (Parks et al., 2019: 10).

En cuanto a los impactos que sufrió la ciudad y sus habitantes, la sequía afectó gravemente la salud de la población (Parks et al., 2019). El efecto en la agricultura también fue alto: “(...) se estimó que la producción de los cultivos principales fue de 20.4% menos del 2016/2017 al 2017/2018 representando R5.9 billones (\$415 millones) de pérdidas en la industria. Además, dado que se esperaba una reducción en la cosecha, se redujo el empleo de trabajadores agrícolas estacionales, con más de 30 mil empleos perdidos durante la sequía.” (Parks et al., 2019: 10).

Finalmente, el efecto social que generó esta crisis de agua profundizó y exacerbó divisiones históricas, sobre todo por temas raciales, entre miembros de la comunidad.



Theewaterskloof, cerca de Ciudad del Cabo, Sudáfrica, el 20 de enero de 2018



CAPÍTULO 2: IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE RAMAS DE PRODUCCIÓN POR RIESGO HÍDRICO

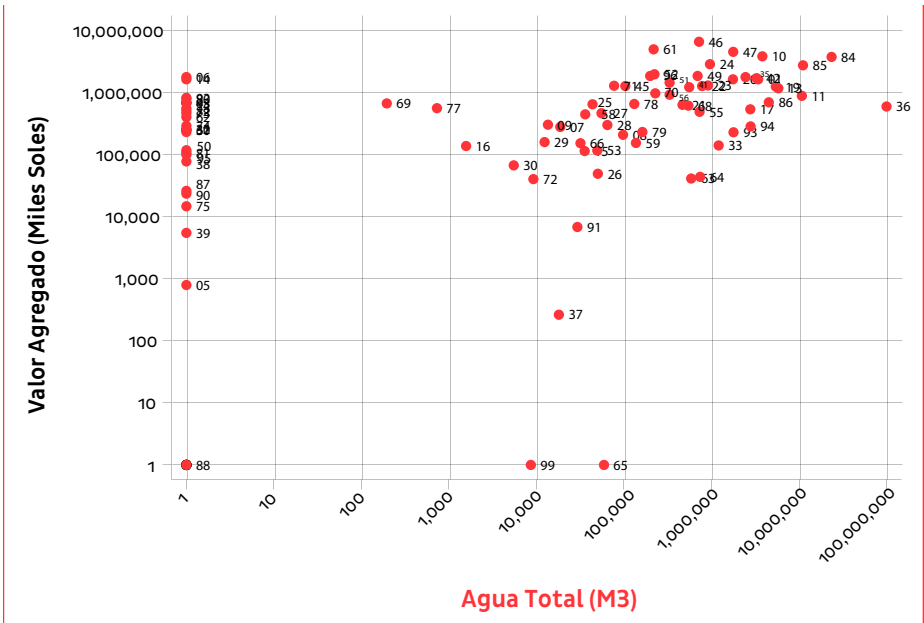
Identificación y clasificación de ramas de producción por riesgo hídrico

En esta sección se aplica la metodología de identificación y clasificación por riesgo hídrico en base a los datos sobre uso de agua y variables económicas descritos en la sección anterior. La metodología implica evaluar cada rama de producción en función a dos variables: consumo de agua y valor agregado de la producción de la rama. La ubicación de cada rama en términos de estas dos variables genera la clasificación correspondiente.

2.1. Clasificación de riesgo hídrico por consumo

En el gráfico siguiente se consigna la ubicación de cada rama en términos de consumo total de agua y valor agregado en Lima.

Gráfico 5. Valor de consumo total de agua y valor agregado por rama de producción (escala logarítmica en ambos ejes)



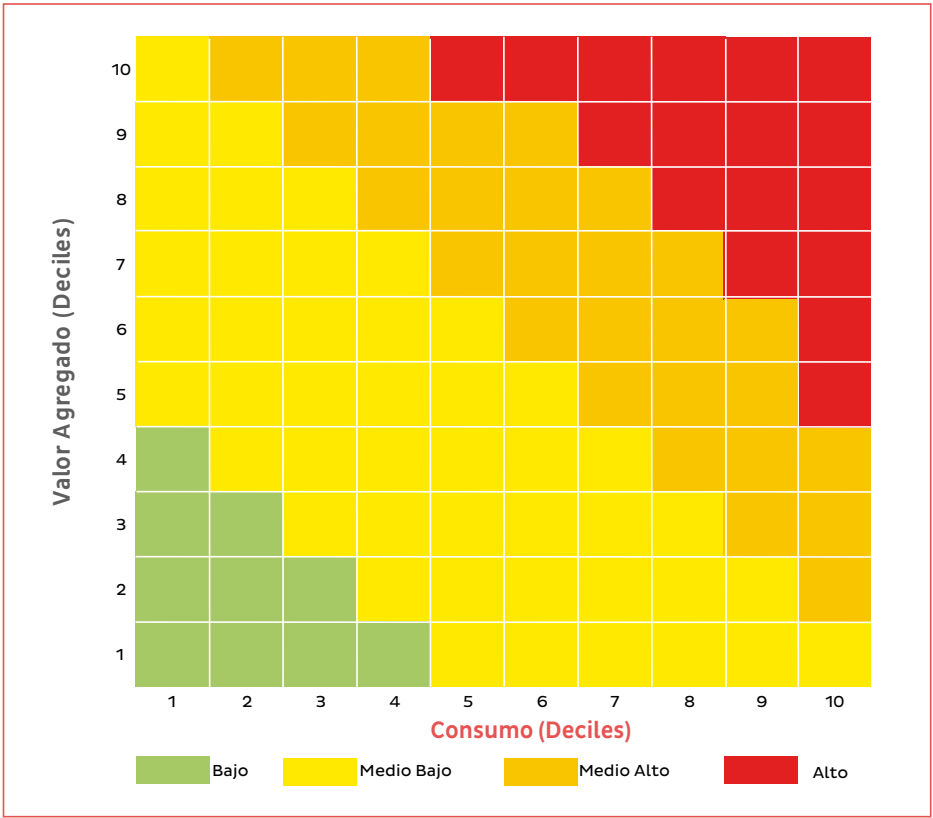
Se observa en el gráfico que para la variable de consumo de agua la rama de código CIIU2 36 (agua potable y alcantarillado) tiene un consumo anual de casi 100 millones de M³ (esto representa básicamente el uso de agua subterránea por parte de SEDAPAL). Igualmente, el resto de ramas tiene consumos anuales con gran dispersión entre 10 M³ y 20 millones de M³. También se puede ver que un grupo de ramas no tiene consumo de agua que haya sido registrado en 2017.

Para la clasificación por rama se dividió el cuadrante de consumo-valor agregado en 10 deciles sólo considerando ramas con valores positivos de consumo de agua y de valor agregado de producción. Una vez definidos los deciles, se identificaron cinco (5) niveles de riesgo hídrico:

- Nivel 0: Sin riesgo : No hay consumo de agua por la rama
- Nivel 1: Bajo : Ramas en deciles menores de consumo y valor agregado
- Nivel 2: Medio-Bajo : Ramas en deciles con un nivel intermedio a bajo
- Nivel 3: Medio-Alto : Ramas en deciles con nivel intermedio a alto
- Nivel 4: Alto : Ramas en deciles altos en ambas variables

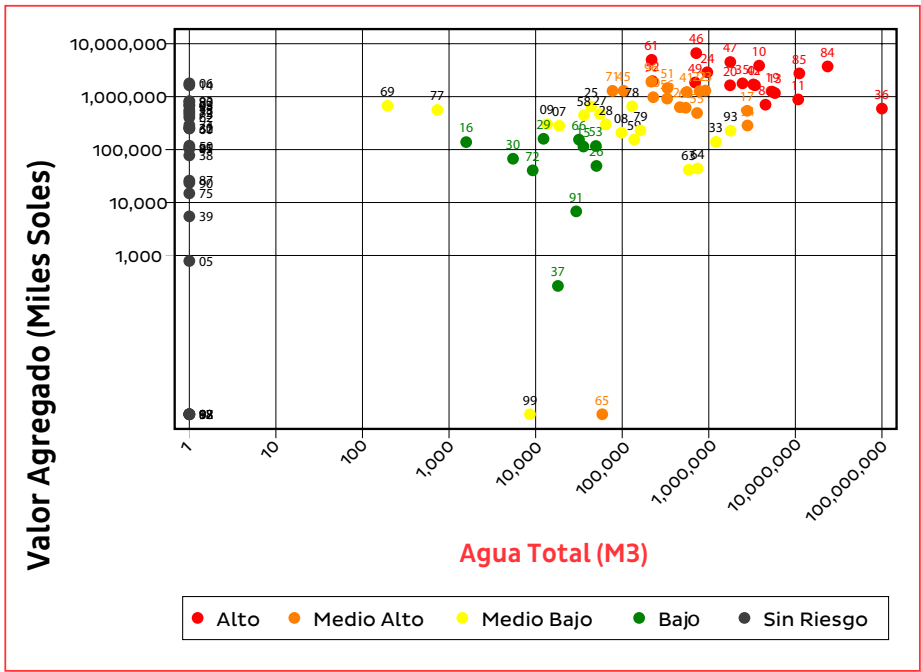
El siguiente gráfico representa la clasificación de las ramas de acuerdo a los deciles de consumo y valor agregado.

Gráfico 6. Clasificación de ramas según deciles de consumo de agua y valor agregado



Las ramas sin consumo de agua son clasificadas como “Sin riesgo”. Los resultados de aplicar esta clasificación de riesgo hídrico para las ramas de Lima se muestran en el gráfico siguiente. Además, se listan las ramas por nivel de riesgo en el cuadro que sigue al gráfico.

Gráfico 7. Clasificación de ramas por riesgo hídrico por consumo total de agua



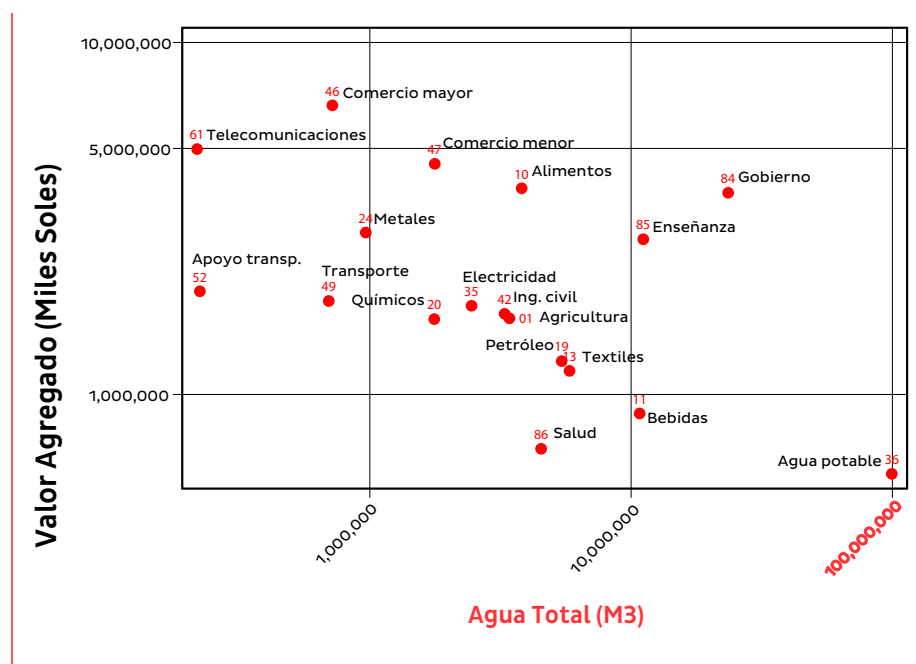
2.2. Las ramas de producción con riesgo hídrico alto en consumo total de agua

Las actividades económicas que enfrentan el mayor nivel de riesgo en Lima Metropolitana se muestran en el gráfico 8 y cuadro 11.

|Cuadro 11. Actividades económicas con alto riesgo hídrico

DESCRIPCIÓN		VOLUMEN DE AGUA (M3)	VALOR AGREGADO (MILES S/.)
36	Captación, tratamiento y distribución del agua	99,500,000	594,835
84	Adnibistración pública y defensa	23,500,000	3,739,353
85	Enseñanza	11,100,000	2,760,684
11	Elaboración de bebidas	10,800,000	882,838
13	Fabricación de productos textiles	5,815,976	1,168,139
19	Fabricación de coque y productos de la refinación del petróleo	5,418,418	1,243,741
86	Actividades de atención de la salud humana	4,530,596	700,828
10	Elaboración de productos alimenticios	3,809,511	3,850,567
01	Agricultura, ganadería, caza	3,418,508	1,645,315
42	Obras de ingeniería civil	3,281,091	1,694,106
35	Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	2,448,158	1,786,817
47	Comercio al por menor, excepto el de vehículos automotores	1,770,790	4,518,593
20	Fabricación de sustancias y productos químicos	1,764,531	1,636,500
24	Fabricación de metales comunes	964,563	2,885,012
46	Comercio al por mayor, excepto el de vehículos automotores	719,027	6,624,365
49	Transporte por vía terrestre y transporte por tuberías	696,371	1,843,170
52	Almacenamiento y actividades de apoyo al transporte	223,495	1,963,241
61	Telecomunicaciones	217,989	4,980,486
Total con alto riesgo hídrico		179,979,023	44,518,591
% Total de Lima		91.7%	59.5%

Gráfico 8. Actividades de alto riesgo hídrico por consumo total de agua



Las ramas de producción en alto riesgo representan el **92%** del consumo total de agua, e implican el **55%** del empleo de la ciudad.

Se pueden distinguir grupos de sectores que enfrentan alto riesgo. En los servicios, destacan los servicios de gobierno, de enseñanza y comercio. También aparece el alto riesgo que enfrenta el sector de agua potable, básicamente por la extracción de agua subterránea de SEDAPAL. Pero también aparecen varias ramas del sector manufactura con alto riesgo hídrico. Las ramas de alimentos, bebidas, textiles, metales, químicos y petróleo aparecen con alto riesgo hídrico.

Cabe señalar que, en conjunto, las ramas de producción bajo alto riesgo representan el 92% del consumo total de agua, y el 60% del valor agregado generado en Lima. Adicionalmente, implican al 55% del empleo de la ciudad. Esto indica que gran parte de la actividad económica de la ciudad enfrenta alto riesgo hídrico.

En el Anexo 8 se comparan estos resultados con los obtenidos en el estudio anterior (2016) y vemos que el valor agregado de las actividades bajo riesgo alto subió del 52% al 57%, mientras que las actividades con riesgo medio-alto disminuyó de 30 a 20%. En conjunto, se observa una mayor dispersión de la distribución del riesgo hacia los extremos, ya que aumenta el valor con riesgo alto y con riesgo bajo al mismo tiempo. En términos del cambio en los sectores con riesgo alto, se puede ver aumentos significativos en servicios como educación y salud, así como en abastecimiento de agua, comercio e información. Por el contrario, el valor de producción manufacturera en riesgo alto se redujo de 70 a 58%, mejorando el perfil de riesgo hídrico respecto al valor agregado de estos sectores entre ambos estudios.

En términos de empleo (ver Anexo 8), el total de empleos clasificados como riesgo medio-alto y alto disminuyó ligeramente de 1.22 a 1.14 millones entre ambos estudios, pero el total de empleos dentro de riesgo alto se incrementó significativamente de 652 mil a 814 mil entre ambos estudios. Esto implica un aumento en el riesgo de sectores más intensivos en mano de obra, especialmente en servicios de salud y educación.

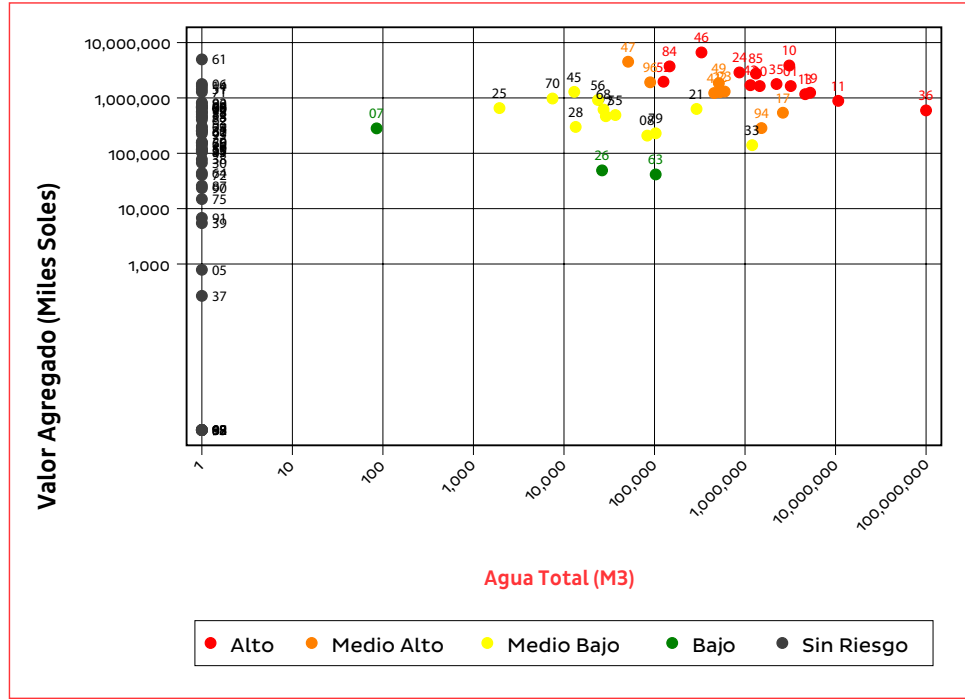
2.3. Clasificación de riesgo hídrico según fuente de agua

Además del riesgo hídrico general calculado en base al consumo total de agua, es posible diferenciar los tipos de riesgo de acuerdo a la fuente de abastecimiento, es decir, según el uso de agua subterránea (extraída directamente por los usuarios cuando no es SEDAPAL) y el agua provista por SEDAPAL a las empresas. En este acápite aplicamos la misma metodología de clasificación de riesgo hídrico a cada uno de estos dos tipos de fuente de abastecimiento.

2.3.1. Riesgo hídrico en base al uso de agua subterránea

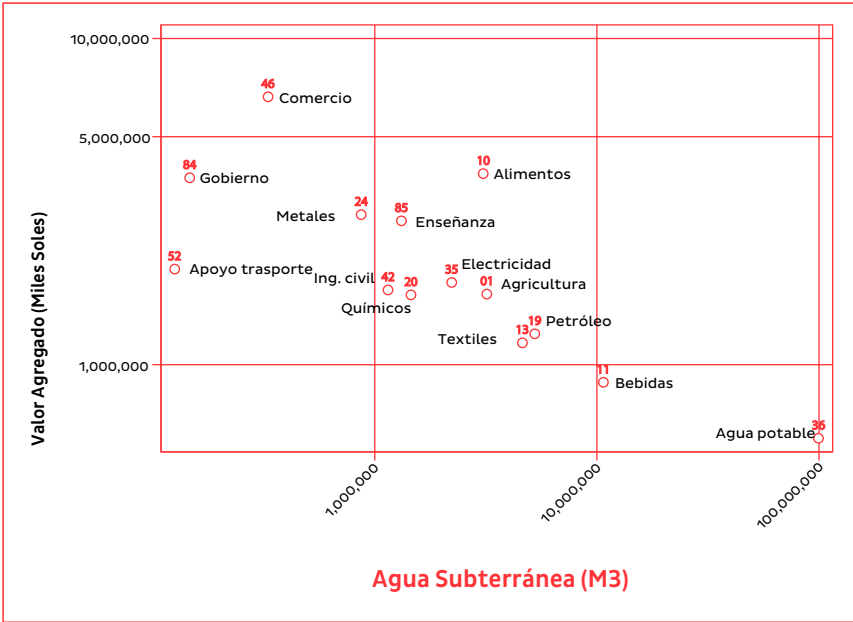
La aplicación de la metodología de clasificación solamente a los usuarios de agua subterránea arroja los resultados que se muestran en el siguiente gráfico. En el Anexo 2 se presenta el listado de todas las ramas de producción y su nivel de riesgo correspondiente (en términos de uso de agua subterránea).

Gráfico 9. Riesgo hídrico por uso de agua subterránea



En el siguiente gráfico 10 se identifica a las ramas de alto riesgo hídrico por uso de agua subterránea.

Gráfico 10. Ramas con alto riesgo hídrico por uso de agua subterránea



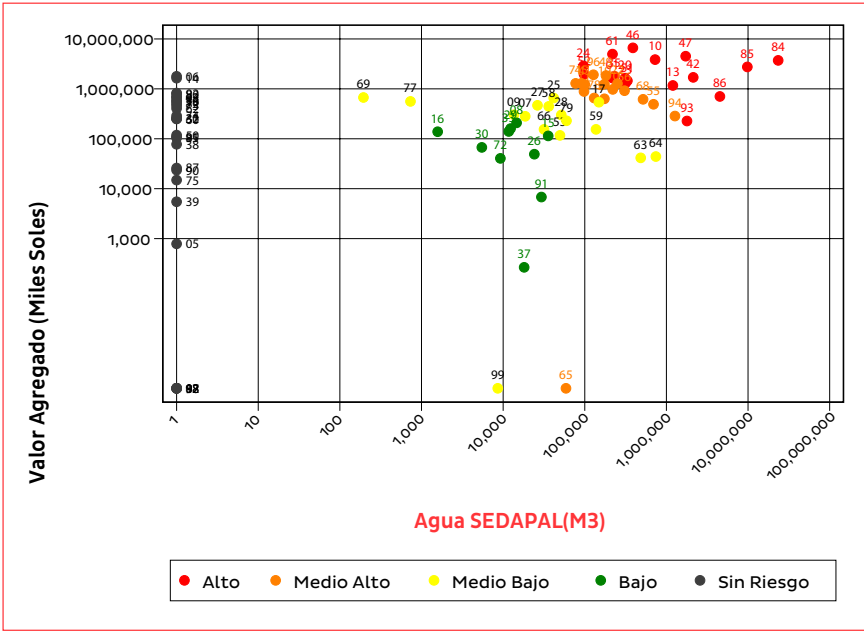
En general, los sectores de alto riesgo son prácticamente los mismos que en el caso del consumo total ya que los volúmenes de uso de agua subterránea tienen mucho mayor participación en el consumo total que el que proviene de SEDAPAL. No obstante, se observa que los sectores de enseñanza y servicios de gobierno, que antes se ubicaban más hacia la derecha en el gráfico (más consumo de agua total), ahora se ubican en la parte de menor consumo (en agua subterránea). Esto quiere decir que estos sectores dependen menos agua subterránea que otros sectores productivos, aunque aún su relativamente alto nivel de consumo los ubica dentro del grupo de alto riesgo.

2.3.2. Riesgo hídrico por uso de agua de SEDAPAL

La otra fuente importante de abastecimiento de agua proviene de SEDAPAL, que en este caso básicamente utiliza agua proveniente del río Rímac, la cual es tratada y distribuida a los clientes en el territorio de la ciudad.

La clasificación de riesgo hídrico basada exclusivamente en el abastecimiento a las empresas por parte de SEDAPAL se presenta en el gráfico siguiente.

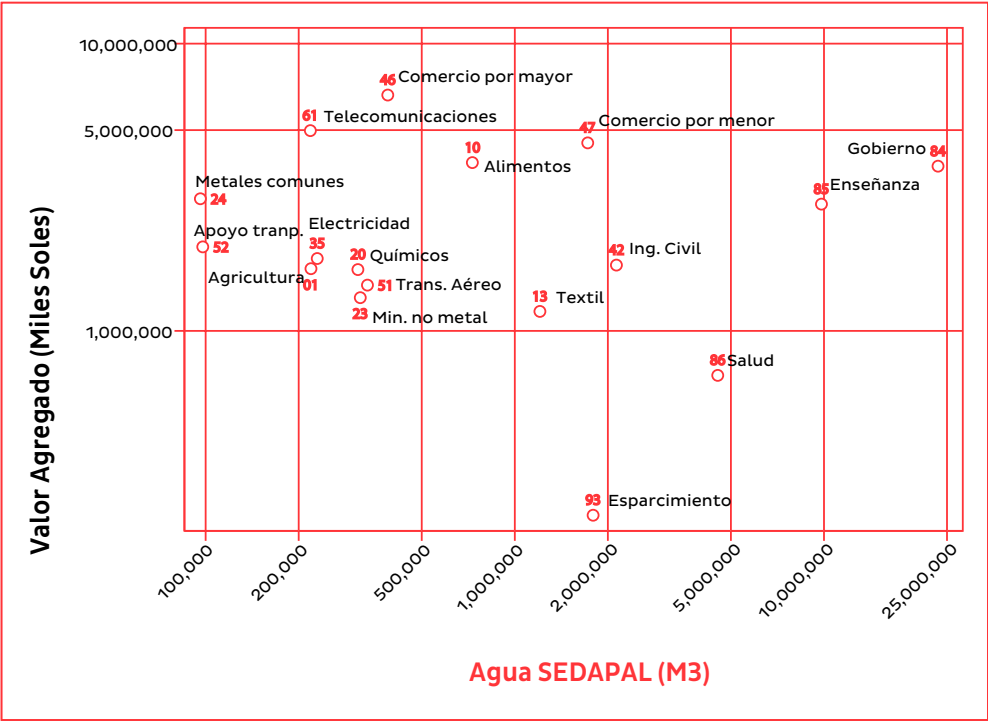
Gráfico 11. Riesgo hídrico en el uso de agua de SEDAPAL



Cabe señalar que en este caso SEDAPAL no se considera como un usuario sino como la fuente de abastecimiento para las empresas y ramas productivas. Nótese que el rango de consumo de agua llega a unos 25 millones de M³, básicamente por el alto consumo de las entidades gubernamentales (84), de enseñanza (85) y salud (86), que son usuarios de tamaño importante del agua proveída por SEDAPAL.

La ubicación de las ramas en alto riesgo en base al consumo de agua de SEDAPAL se muestra en el siguiente gráfico.

Gráfico 12. Sectores con alto riesgo hídrico en uso de agua de SEDAPAL



En este caso se observan diferencias importantes con las ramas de alto riesgo en el uso de agua subterránea. Se puede ver que predominan las ramas de los sectores de servicios, y especialmente las que tienen que ver con servicios públicos y actividades comerciales. También aparece como un sector particularmente vulnerable el de esparcimiento (93), que es un alto consumidor de agua de SEDAPAL aunque con un nivel de valor agregado relativamente bajo. Cabe decir que algunas ramas de manufactura también se ubican en el grupo de alto riesgo aunque a un nivel intermedio como Textil (13), Alimentos (10), Químicos (20) y Minería no metálica (23). Cabe resaltar que en este caso no aparece la rama de Bebidas clasificada como de alto riesgo.

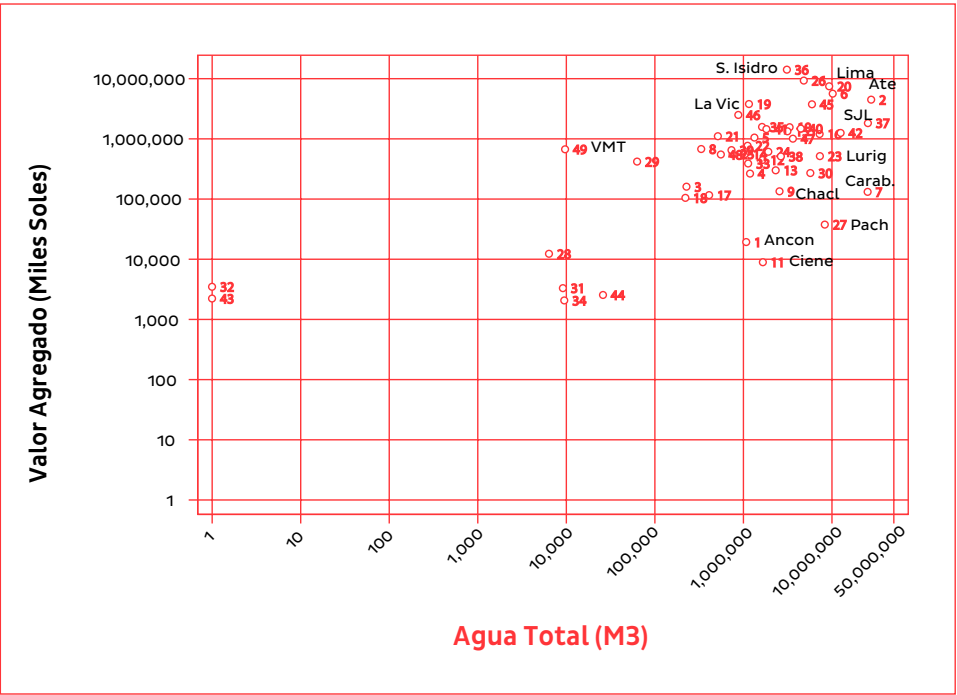
En general, la clasificación por fuente indica que existen perfiles diferenciados en cuanto al consumo agua subterránea y de SEDAPAL. El agua subterránea es utilizada con mayor intensidad por las ramas de manufactura; y el agua de SEDAPAL por las actividades de servicios gubernamentales y servicios públicos como salud y educación, además del comercio y el esparcimiento.

2.4. Clasificación del riesgo hídrico en los distritos de Lima y Callao

Tal como se explicó en la sección previa, la información del censo económico permite identificar el valor agregado a nivel distrital para Lima y Callao. Lo mismo ocurre con la información disponible del consumo de agua subterránea y de SEDAPAL. Combinando ambas bases de datos es posible aplicar la misma metodología de clasificación de riesgo hídrico, pero en este caso para cada distrito. La clasificación dependerá del nivel de valor agregado y consumo de agua de cada distrito.

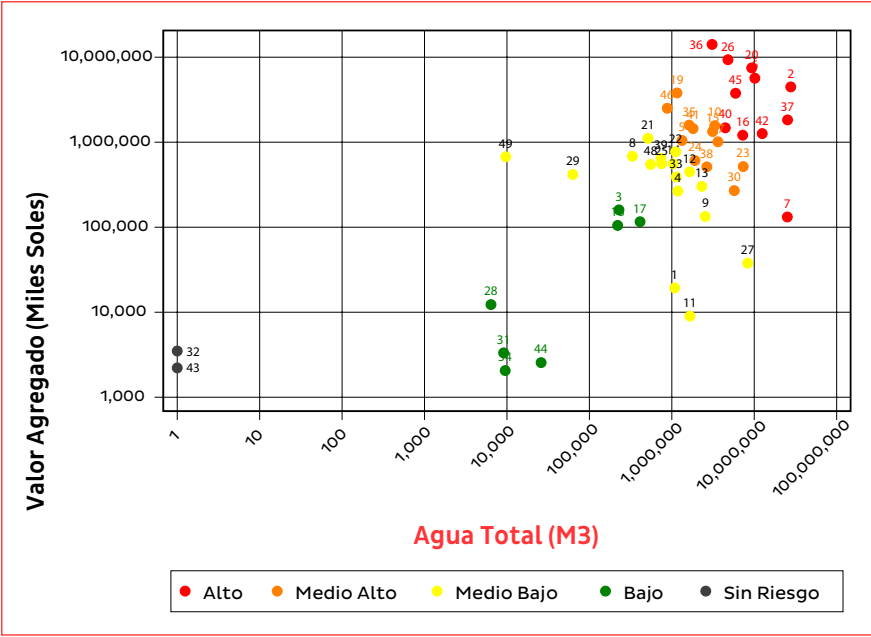
En el siguiente gráfico se muestran las coordenadas en consumo de agua total y valor agregado para cada distrito de Lima y Callao (ver Anexo 4 con los códigos de cada distrito en el gráfico).

Gráfico 13. Ubicación de distritos según valor agregado y consumo total de agua (escala logarítmica en ambos ejes)



En base a esta información se procedió a clasificar a los distritos utilizando el mismo método que usamos para las ramas (se dividieron los datos por deciles en cada variable). Los resultados de la clasificación de riesgo por distritos se muestran en el gráfico y mapa siguientes.

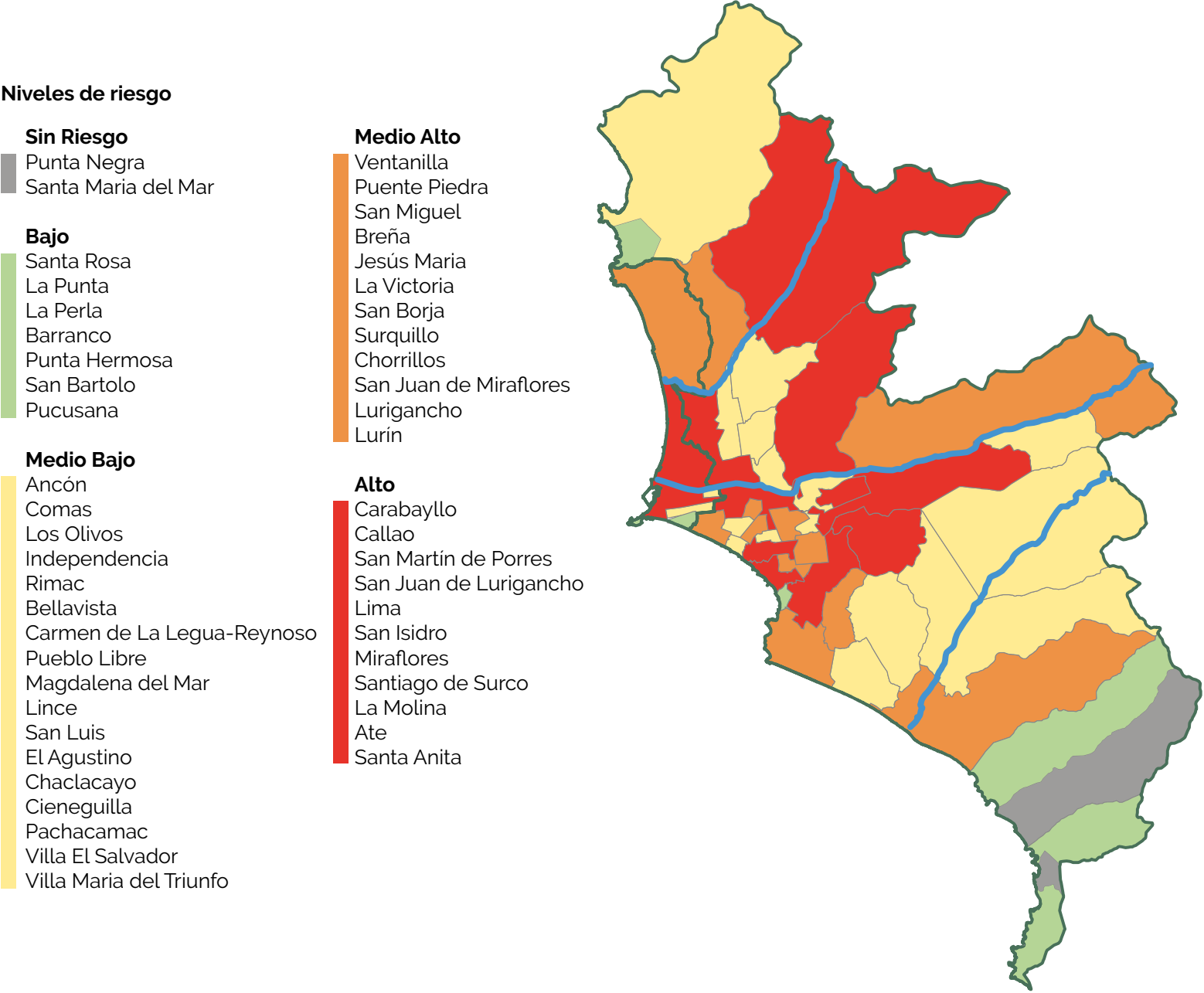
Gráfico 14. Riesgo hídrico de distritos por consumo total de agua



En el grafico 14 se observa que las actividades con mayor riesgo hídrico por consumo total de agua, son los siguientes: servicio de agua (36), Informática/electrónica y óptica (26), productos químicos (45) y alcantarillado (37).

Mapa 5. Riesgo hídrico en distritos por consumo total de agua

Los distritos con alto niveles de riesgo hídrico por consumo total de agua en la parte central y norte de la ciudad, como en Ate, Lima (Cercado), Carabayllo, San Juan de Lurigancho, Independencia, Los Olivos y San Martín de Porres, así como Callao. También son distritos con alto riesgo los de La Molina y Santiago de Surco, así como Miraflores y San Isidro. Estos distritos con alto riesgo hídrico concentran casi el 70% del consumo total de agua por toda fuente.



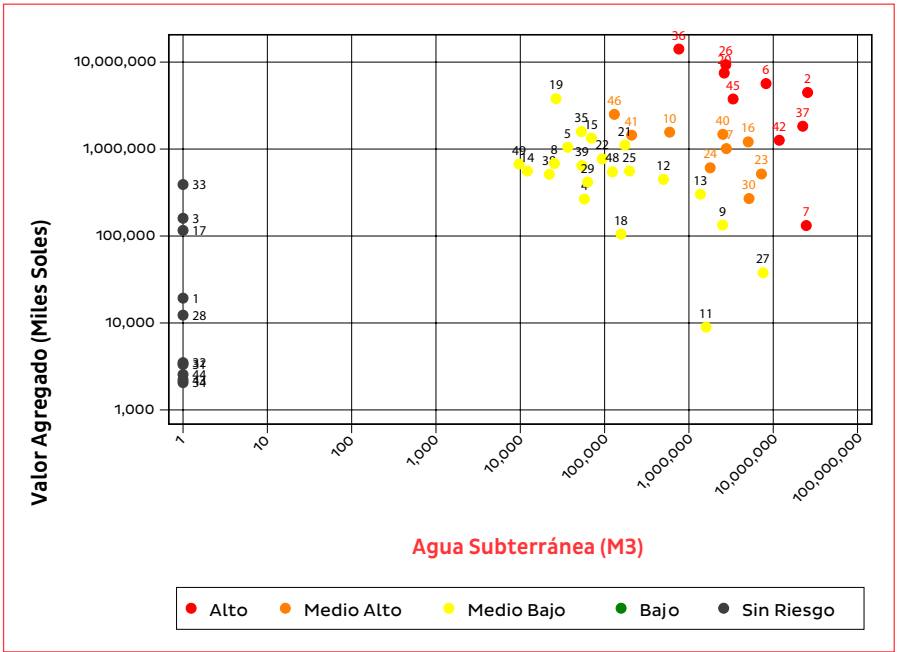
2.5. Riesgo hídrico de los distritos según fuente de agua

Para la clasificación de los distritos también es posible diferenciar el riesgo de acuerdo a la fuente de abastecimiento.

2.5.1. Riesgo hídrico en base a consumo de agua subterránea

En el gráfico y mapa siguientes se consigna la clasificación de riesgo hídrico de los distritos basada en el consumo de agua subterránea.

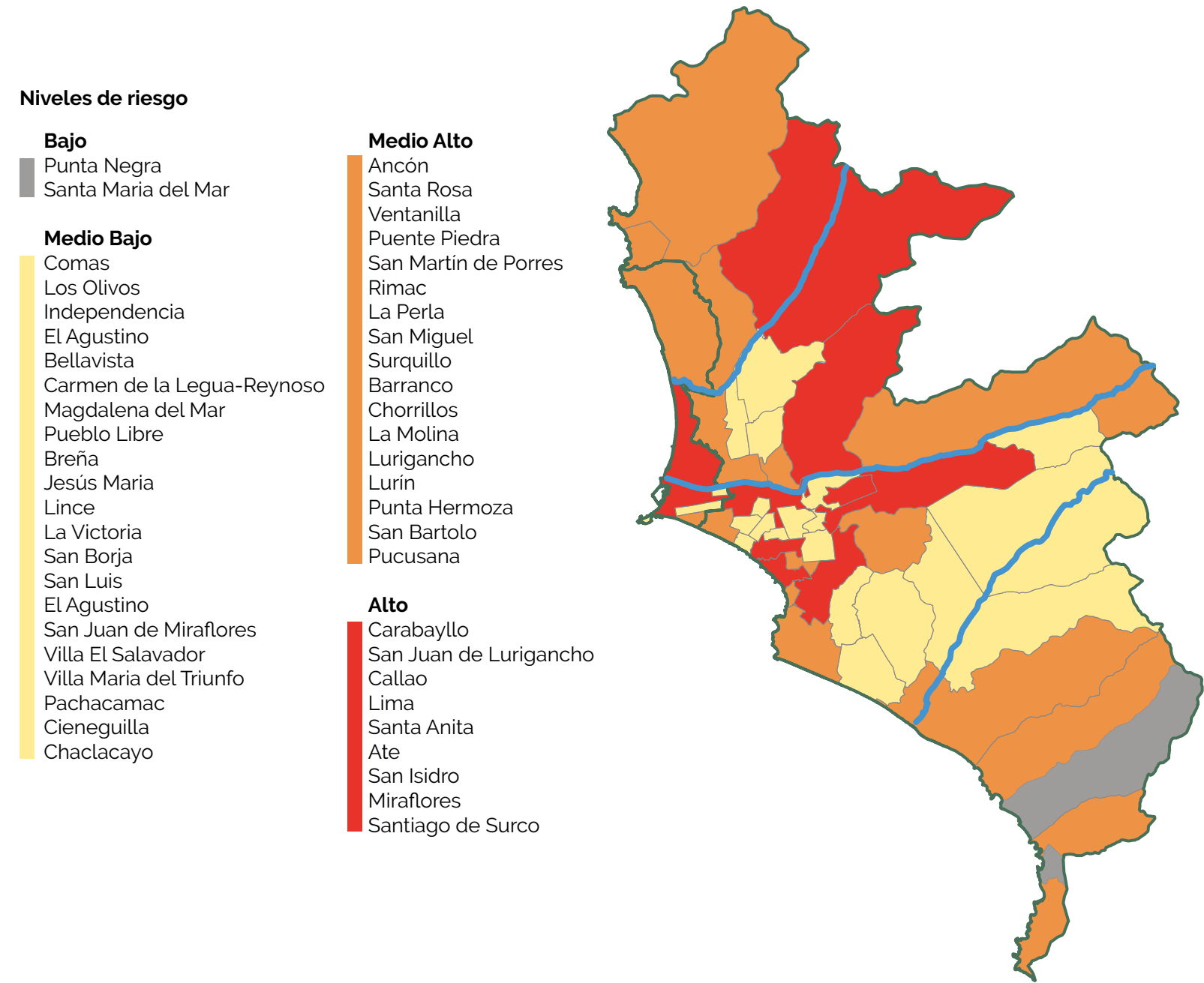
[Gráfico 15. Riesgo hídrico de distritos por consumo de agua subterránea



Los distritos con alto riesgo hídrico concentran casi el 70% del consumo total de agua por toda fuente.

Mapa 6. Riesgo hídrico en distritos por uso de agua subterránea

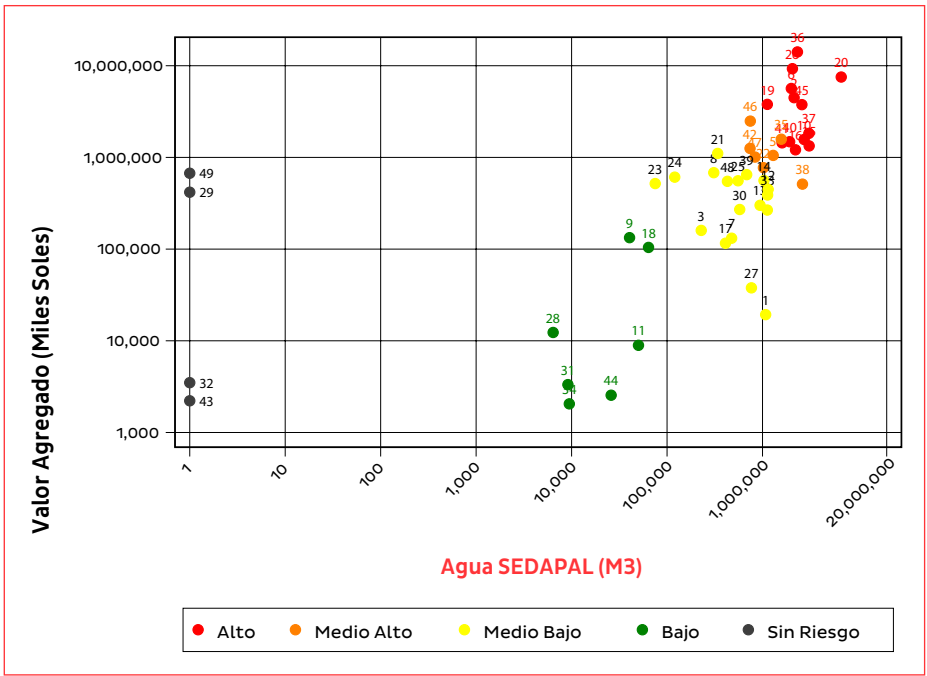
La distribución del riesgo por distritos es bastante similar a la que se obtiene del consumo total de agua en la medida que el agua subterránea ocupa la mayor proporción (73%) del consumo total.



2.5.2. Riesgo hídrico en base a consumo de agua de SEDAPAL

Los resultados para el agua de SEDAPAL se pueden ver en el gráfico y mapa siguientes.

Gráfico 16. Riesgo hídrico de distritos por uso de agua de SEDAPAL

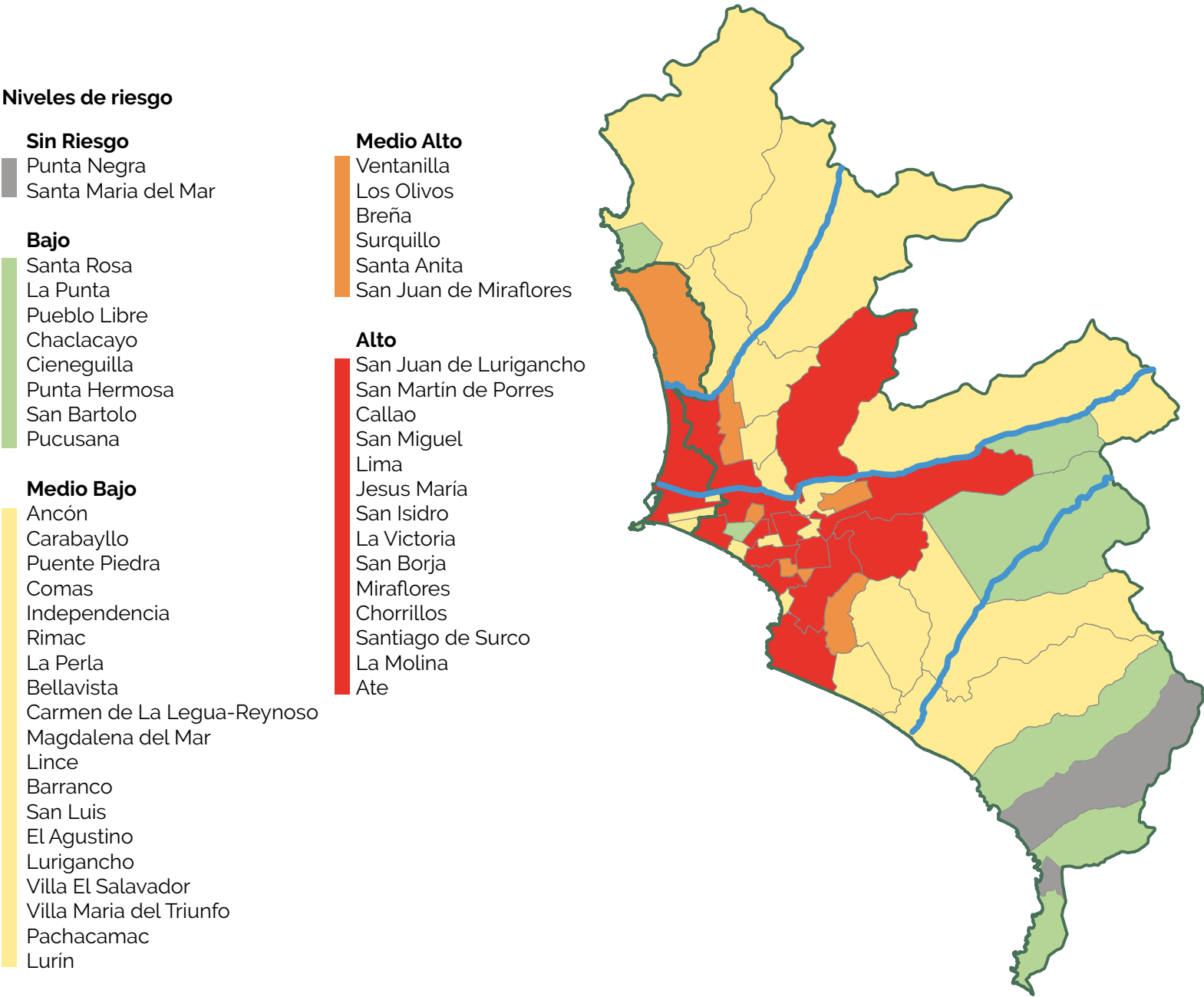


Distritos con riesgo hídrico por consumo total de agua:

Ate, Cercado de Lima, Carabayllo, San Juan de Lurigancho, Independencia, Los Olivos y San Martín de Porres, así como Callao, Molina, Santiago de Surco, Miraflores y San Isidro

|Mapa 7. Riesgo hídrico en distritos por uso de agua SEDAPAL

En este caso tampoco se notan diferencias muy marcadas con el mapa de consumo general indicando que al nivel de distritos el perfil de consumo de agua subterránea y de SEDAPAL es bastante similar.





CAPÍTULO 3: ESTIMACIÓN DE LOS IMPACTOS DE UNA CRISIS DE AGUA EN LIMA

Estimación de los impactos de una crisis de agua en Lima

En esta sección desarrollamos una metodología para estimar los impactos potenciales de una crisis hídrica en el tejido productivo de la ciudad. Utilizaremos como base de los estimados a la matriz insumo producto proyectada para Lima, y asumiremos la ocurrencia de un evento que reduzca la oferta disponible de agua para la producción en un 30%.

3.1. Metodología en base a la tabla insumo producto

La idea central detrás de la metodología propuesta para medir impactos económicos de una crisis hídrica es que todos los sectores productivos hacen uso del agua (como insumo) en un espacio territorial determinado, en este caso la ciudad de Lima y Callao. Además, los sectores productivos están interrelacionados en la medida que son proveedores o compradores de productos (insumos) generados por (para) otros sectores. Esta idea básica se conceptualiza como la llamada matriz insumo-producto en el territorio.

En la matriz de insumo-producto se definen un conjunto de sectores productivos y se miden las transacciones que ocurren entre éstos durante un periodo determinado (un año). Estas transacciones son medidas en términos monetarios (a valor de mercado). Cada sector productivo es a la vez proveedor (filas) y comprador (columnas) de productos e insumos de y para otros sectores. Si se miran las celdas de la matriz para una determinada fila “i”, se puede ver cuánto le vende el sector “i” a cada uno de los otros sectores productivos. Se observan

las celdas de una determinada columna “j”, se puede ver cuánto le compra “j” a cada sector de la economía en forma de insumos. La matriz de transacciones refleja las interrelaciones productivas y tecnológicas de la economía en cuestión.

La tabla insumo-producto (IP) no sólo tiene una matriz de transacciones intersectoriales, también incluye otras variables fundamentales del proceso económico como la demanda final y el valor agregado generado en cada sector. La demanda final de un sector “i”, digamos “ f_i ”, es la producción que no es comprada por otros sectores para fines productivos o para consumo o inversión. Así, cada sector le vende una parte de la producción como insumo a otros sectores, pero también una parte importante se dirige a la llamada demanda final. Igualmente, un sector “j” le compra insumos a otros sectores para fines productivos (a lo largo de cada celda de la columna del sector), pero también utiliza los llamados “insumos primarios” como mano de obra y capital que se constituyen en el valor agregado generado en el sector. La suma de las celdas de las filas y las columnas de la matriz generan un mismo valor: el llamado valor bruto de producción de cada sector, medido tanto desde el punto de vista de las ventas como de las compras realizadas en cada sector.

Uno de los usos más importantes de la matriz IP es para poder proyectar situaciones hipotéticas cuando cambia una o más variables que se consideran “exógenas” en el sistema. En la formulación clásica de la matriz, las variables exógenas son las que se encuentran fuera de la matriz de transacciones, en decir, la demanda final, o los componentes del valor agregado (trabajo, capital). Como la matriz puede interpretarse como un sistema de ecuaciones (una para cada sector), es posible resolver el sistema para las variables endógenas (producción) una vez que se conoce el valor de las variables exógenas

(demanda final o valor agregado). Esto requiere también asumir que las proporciones de uso de insumos (o coeficientes técnicos) se mantienen estables. Bajo este supuesto, por ejemplo, se puede proyectar cómo cambiaría la producción de cada sector (y total) en la economía ante un cambio (exógeno) en la cantidad de bienes comprados ya sea por la demanda final a un determinado sector “i” (cuando la demanda final es la variable exógena), o también ante el cambio en la oferta de alguno de los “insumos primarios” (cuando el valor agregado se asume como exógeno).

Para los fines del presente trabajo usaremos el enfoque de la matriz IP considerando al valor agregado como la variable exógena de tal forma que podemos simular el impacto en dicha variable en la producción. Esta es una interpretación desde la “oferta” de la matriz IP (versus desde la “demanda”), es decir, considerando cómo cambiarían las transacciones intermedias y la producción total ante un cambio en la oferta de un insumo primario. Para este fin incorporamos a la definición de insumos primarios al agua (junto al trabajo y el capital), ya que este recurso no puede ser sustituido por ningún otro insumo intermedio en el proceso productivo. El tratamiento matemático de este enfoque se presenta a continuación.

3.2. El modelo de “oferta”³ de la matriz insumo producto

Partimos de la definición de la matriz de transacciones Z para N sectores en una economía. Esta matriz es de tamaño $N \times N$ y en cada celda mide (en términos monetarios) las transacciones intersectoriales para un periodo determinado (un año). Igualmente, definimos los vectores x , v y y de tamaño $N \times 1$ para representar el valor de producción, valor agregado y demanda final de cada sector.

³ A este modelo se le conoce como “Modelo de Gosh” en la literatura de matrices insumo producto.

El modelo de oferta en base a la matriz de IP se define por las siguientes expresiones:

$$x = i' * Z + v \quad (2)$$

$$Z = \text{diag}(x) * B \quad (3)$$

$$Y = \text{diag}(x) * D \quad (4)$$

Donde el vector i' es un vector fila de unos (sumatoria de columnas), $\text{diag}(\cdot)$ significa una matriz con un vector del argumento como diagonal; B y D son matrices $N \times N$ de coeficientes que se asumen como parámetros dados en el modelo. La expresión (2) simplemente expresa que el valor de producción total se compone de consumo intermedio ($= i' * Z$ o compra a otros sectores) y valor agregado (v).

Las expresiones (2) y (3), de otro lado, representan relaciones entre el valor de producción y el consumo intermedio y valor agregado, respectivamente, asumiendo que estas relaciones son fijas (y lineales) a través de las matrices de coeficientes B y D .

Con información sobre Z (matriz de transacciones) y sobre x (vector de producción), las matrices de coeficientes equivales a $B = \text{inv}(\text{diag}(x)) * Z$, y $D = \text{inv}(\text{diag}(x)) * Y$, donde $\text{inv}(\cdot)$ es la inversa de la matriz en el argumento. Esto es equivalente para un sector “j” a dividir cada celda de la fila “j” de la matriz Z por el valor total de producción de dicho sector “ x_j ”. Por eso a la matriz de coeficientes B se le conoce como “matriz de coeficientes de asignación”, que adopta el supuesto (fuerte) de que cada sector productivo de la economía le asigna siempre la misma proporción de su producción a todos los sectores a los que les vende su producto como insumo intermedio así como a la demanda final.

El sistema de ecuaciones en (2)-(4) tiene la siguiente solución para la variable endógena del valor de producción:

$$\underline{x} = \underline{v}' \cdot \text{inv}(\underline{I} - \underline{B}) \quad (5)$$

Donde \underline{I} es la matriz identidad de tamaño $\underline{N} \times \underline{N}$.

La solución en (5) existe si $(\underline{I} - \underline{B})$ es una matriz invertible. A la matrix $\text{inv}(\underline{I} - \underline{B})$ se le conoce como Matriz de Gosh (que es la versión en este modelo de oferta de la Matriz de Leontieff en el modelo de demanda). Una vez obtenido el valor de \underline{x} , es posible también tener el valor de la matriz \underline{Y} (demanda final) en (3) utilizando la matriz de coeficientes de demanda final \underline{D} .

De la expresión (5) se deduce que un cambio exógeno en el vector de valor agregado \underline{v} , generará impactos en el valor total de producción a través de $\text{inv}(\underline{I} - \underline{B})$. En otras palabras

$$\Delta \underline{x} = \Delta \underline{v}' \cdot \text{inv}(\underline{I} - \underline{B}) \quad (5.1)$$

En base a esta expresión podemos estimar el impacto que tendría en el valor de producción de cada sector y total de la economía un cambio en el vector de valores agregados de los sectores.

3.3. Aplicación del modelo para medir impactos de una crisis de agua en Lima y Callao

Para la presente evaluación se asumirá que el agua es un insumo primario dentro de la matriz insumo producto, es decir, un componente del valor agregado de cada sector. Para la valorización de dicho insumo primario

asumimos que el agua en cada sector corresponde a un porcentaje fijo del valor agregado total del sector, que conservadoramente asumiremos como de 2% para el agua provista por SEDAPAL y de 5% para el agua subterránea que utilizan las empresas (manteniendo la importancia relativa de cada fuente para el consumo productivo total). Igualmente, para los propósitos de la medición asumimos que ocurre una crisis de agua en Lima que reduce en 30% la oferta normal del recurso para un año completo.

Para poder generar los estimados de impactos en (5.1) se siguieron los siguientes pasos.

- Proyectamos una matriz IP para Lima-Callao (Método rAs en base a MIP Nacional)
- Generamos los coeficientes de asignación y la Matriz de Gosh (G) que permiten estimar impactos de caída en oferta de insumos primarios (en este caso el agua)
- Cuantificamos la caída en producción y empleo en cada actividad/sector debido a menor suministro de agua

El primer paso es necesario porque solamente contamos con la matriz agregada a nivel nacional estimada para el año base 2007. En este contexto, se requiere poder generar proyectar una matriz para Lima-Callao en base a una metodología rAs de extrapolación en base a la matriz insumo-producto nacional y los valores de producción sectorial de cada región. La explicación de cómo se usa el método rAs para proyectar la matriz IP en Lima y Callao se presenta en el Anexo 6. Cabe decir que para poder trabajar con las matrices IP fue necesario aglomerar algunos de los sectores del código CIIU de 2 dígitos, a un número menor de sectores que son los que se tienen disponibles en la matriz IP vigente (el total de sectores se reduce de 80 a 44).

3.4. Resultados: estimación de los impactos en variables económicas de una crisis hídrica en Lima y Callao

En base a la metodología de insumo producto descrita previamente, y utilizando la matriz IP proyectada para Lima y Callao, se simuló el impacto que tendría una caída de 30% tanto en el agua provista por SEDAPAL como subterránea en el valor total de producción y en el empleo en la ciudad.

El impacto en el valor de producción total debido a la menor provisión de agua de SEDAPAL equivale a -0.32% del valor de producción, y en el caso del agua subterránea a -1.90%, para un total de reducción de -2.22%. El impacto en empleo equivale a más de 35,000 empleos que se perderían debido a la contracción de la producción por la crisis hídrica.

En el cuadro se han identificado sectores con impacto alto (>2%), medio (1-2%) y bajo (<1%) en función al impacto total esperado en el valor de producción. En general, la ubicación de los sectores (en este caso agregados) tiene bastante relación con la clasificación por riesgo hídrico presentada en la sección previa.

Los sectores con mayor impacto negativo en el valor de producción (y empleo) son el de agua potable (-21%), bebidas (-4-4%), servicios sociales (-4-3%), siderurgia (-3.9%), textiles (-3.85%), administración pública, papel, servicios de educación y salud entre los principales.

Los resultados para las ramas de producción de la IP se muestran en el cuadro siguiente.

El impacto en empleo equivale a más de **35,000** empleos que se perderían debido a la contracción de la producción por la crisis hídrica.

**Cuadro 12. Impactos estimados en producción y empleo por una crisis hídrica
(Reducción 30% en oferta de agua)**

Código	DESCRIPCIÓN DE LA RAMA	PRODUCCIÓN TOTAL	EMPLEOS TOTALES	PRODUCCIÓN AGUA SEDAPAL	PRODUCCIÓN AGUA SUBTERRÁNEA	%PRODUCCIÓN AGUA SEDAPAL	%PRODUCCIÓN AGUA SUBTERRÁNEA	%IMPACTO PRODUCCIÓN TOTAL	IMPACTO EN EMPLEOS
IMPACTO ALTO									
36	Servicio de electricidad, gas y agua	4,642	11,812	-4.50	-954.29	-0.10%	-20.56%	-20.66%	-2,440
15	Bebidas y productos del tabaco	2,776	10,808	-3.16	-119.90	-0.11%	-4.32%	-4.43%	-479
53	Servicios sociales y de asociaciones	985	14,330	-25.91	-16.76	-2.63%	-1.70%	-4.33%	-621
28	Productos de siderurgia	9,305	8,942	-6.80	-359.91	-0.07%	-3.87%	-3.94%	-352
16	Textiles	4,019	34,368	-19.57	-135.33	-0.49%	-3.37%	-3.85%	-1,325
50	Servicios de administración pública, defensa	9,551	81,327	-200.47	-127.44	-2.10%	-1.33%	-3.43%	-2,792
20	Papel y productos de papel	2,109	5,659	-3.69	-62.53	-0.18%	-2.97%	-3.14%	-178
52	Servicios de salud	1,908	24,205	-42.27	-17.19	-2.22%	-0.90%	-3.12%	-754
51	Servicios de educación	3,964	92,873	-84.22	-28.10	-2.12%	-0.71%	-2.83%	-2,632
43	Servicios financieros	297	3,207	-6.48	-1.25	-2.18%	-0.42%	-2.60%	-83
17	Prendas de vestir	5,268	69,068	-14.99	-113.99	-0.28%	-2.16%	-2.45%	-1,691
30	Productos metálicos diversos	2,223	19,440	-1.67	-50.83	-0.08%	-2.29%	-2.36%	-459
40	Alojamiento y restaurantes	3,496	95,160	-10.87	-68.11	-0.31%	-1.95%	-2.26%	-2,150
27	Productos minerales no metálicos	3,242	13,387	-5.17	-64.31	-0.16%	-1.98%	-2.14%	-287
IMPACTO MEDIO									
21	Productos de imprenta y reproducción	1,703	14,899	-1.85	-31.66	-0.11%	-1.86%	-1.97%	-293
32	Maquinaria y equipo	853	5,513	-0.94	-15.79	-0.11%	-1.85%	-1.96%	-108
22	Petróleo refinado	10,958	1,368	-8.32	-198.54	-0.08%	-1.81%	-1.89%	-26
18	Cuero y calzado	483	5,599	-1.07	-7.84	-0.22%	-1.62%	-1.84%	-103
35	Otros productos manufacturados diversos	828	7,921	-0.95	-13.70	-0.12%	-1.65%	-1.77%	-140
10	Productos alimenticios	17,410	71,437	-22.53	-274.72	-0.13%	-1.58%	-1.71%	-1,220
33	Material de transporte	248	1,786	-0.22	-3.98	-0.09%	-1.60%	-1.69%	-30
37	Construcción	10,521	68,963	-27.52	-150.20	-0.26%	-1.43%	-1.69%	-1,165
01	Productos agropecuarios, de caza y silvicultura	4,202	35,784	-5.39	-63.66	-0.13%	-1.51%	-1.64%	-588
19	Madera y productos de madera	622	4,834	-0.60	-8.53	-0.10%	-1.37%	-1.47%	-71
23	Productos químicos	5,623	18,225	-7.75	-74.69	-0.14%	-1.33%	-1.47%	-267
26	Productos de caucho y plástico	4,921	19,484	-7.34	-64.09	-0.15%	-1.30%	-1.45%	-283
04	Productos minerales y servicios conexos	1,430	13,467	-1.10	-19.63	-0.08%	-1.37%	-1.45%	-195
31	Productos informáticos, electrónicos y ópticos	126	931	-0.36	-1.32	-0.29%	-1.04%	-1.33%	-12
34	Muebles	750	12,706	-0.85	-8.94	-0.11%	-1.19%	-1.31%	-166
02	Productos de la pesca y acuicultura	1,344	9,720	-0.77	-14.60	-0.06%	-1.09%	-1.14%	-111
54	Otras actividades de servicios personales	5,355	85,200	-4.71	-53.64	-0.09%	-1.00%	-1.09%	-928
48	Agencias de viaje y operadores turísticos	792	5,338	-1.11	-7.00	-0.14%	-0.88%	-1.02%	-55
45	Actividades inmobiliarias	1,155	6,090	-4.95	-6.72	-0.43%	-0.58%	-1.01%	-62
IMPACTO BAJO									
25	Productos farmacéuticos y medicamentos	1,394	7,659	-2.56	-11.24	-0.18%	-0.81%	-0.99%	-76
38	Comercio, mantenimiento y reparación de vehículos	24,974	423,178	-32.49	-206.96	-0.13%	-0.83%	-0.96%	-4,058
39	Transporte, almacenamiento, correo y mensajería	12,905	63,684	-12.63	-110.38	-0.10%	-0.86%	-0.95%	-607
41	Telecomunicaciones	493	2,826	-1.52	-3.15	-0.31%	-0.64%	-0.95%	-27
49	Otros servicios administrativos y de apoyo	800	18,144	-0.39	-3.92	-0.05%	-0.49%	-0.54%	-98
42	Otros servicios de información y comunicación	11,424	38,265	-6.77	-46.63	-0.06%	-0.41%	-0.47%	-179
03	Petróleo crudo, gas natural y servicios conexos	2,332	399	-0.52	-7.58	-0.02%	-0.33%	-0.35%	-1
46	Servicios profesionales, científicos y técnicos	9,114	169,714	-6.39	-23.08	-0.07%	-0.25%	-0.32%	-549
55	Productos de medición especial	0	0	0.00	0.00	n.d.	n.d.	0.00%	0
47	Alquiler de vehículos, maquinaria y equipo y otros	0	0	0.00	0.00	n.d.	n.d.	0.00%	0
44	Servicios de seguros y pensiones	0	0	-0.48	0.00	n.d.	n.d.	0.00%	0
	Total	186,545	1,597,719	-591.88	-3,552.16	-0.32%	-1.90%	-2.22%	-35,493



CONCLUSIONES Y HALLAZGOS

CONCLUSIONES Y HALLAZGOS

En el presente estudio se identifica el riesgo hídrico que enfrentan las empresas en la ciudad de Lima. Igualmente, se cuantifican impactos potenciales de una crisis hídrica en el valor de producción y el empleo.

La ciudad de Lima está expuesta a importantes riesgos con consecuencias para el abastecimiento de agua hacia el tejido productivo. Una fuente importante de riesgos son los sismos, para una ciudad ubicada en una zona donde la probabilidad de ocurrencia de un sismo de gran magnitud es relativamente alta en función a los registros históricos y el tiempo transcurrido sin un evento de este tipo. Adicionalmente, Lima tiene también una serie de riesgos asociados a eventos climáticos, que pueden desencadenar alteraciones en el abastecimiento de agua por serio déficit (sequías) o por exceso (inundaciones).

La evidencia analizada indica que estos riesgos tienen impactos potenciales directos e indirectos en el abastecimiento de agua para los sectores productivos de la ciudad. La ocurrencia de sismos es un problema no sólo si ocurriera en la zona costera sino también en las partes altas de la cuenca donde podría afectar seriamente los sistemas de almacenamiento y canalización. Igualmente, los fenómenos climáticos adversos tendrían particular importancia en las partes alta y media de la cuenca donde se genera la mayor parte de la oferta.

El Fenómeno del Niño es un elemento adicional que incrementa las probabilidades de tener eventos climáticos adversos que impacten en el abastecimiento de agua. A esto debe sumarse el cambio climático, con lo que la variabilidad de la oferta de agua para la ciudad tiende a aumentar

en el tiempo en un contexto de creciente demanda por el recurso, tanto para uso poblacional como para las actividades productivas.

Las experiencias recientes en las ciudades de Sao Paulo (Brasil) y El Cabo (Sudáfrica) indican que el impacto económico y social de una crisis hídrica es significativo y particularmente complicado en espacios urbanos de muy alto crecimiento poblacional y ubicación de sectores productivos en las últimas décadas. Ambas ciudades comparten estas características con Lima en un contexto de alta vulnerabilidad hídrica.

El impacto en empleo equivale a más de **35,000** empleos que se perderían debido a la contracción de la producción por la crisis hídrica.

54

En este estudio desarrollamos dos enfoques metodológicos para identificar el riesgo hídrico y medir los impactos potenciales de una crisis en el abastecimiento de agua. Para la identificación de niveles de riesgo hídrico a los que están expuestas las empresas se utilizaron dos variables complementarias: el grado de dependencia del uso de agua, y el valor agregado generado por las empresas. La información utilizada para poder aplicar la metodología fue proporcionada por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en cuanto al consumo de agua subterránea por parte de las empresas; y por SEDAPAL, sobre el consumo de agua por parte de clientes en el ámbito productivo. Esta información fue

articulada a datos del censo económico para conformar una base integrada con variables de uso de agua, valor de producción, consumo intermedio y valor agregado por ramas de producción y distritos en Lima y Callao.

Sobre la base de esta información fue posible clasificar a las empresas en cinco niveles de riesgo: (i) sin riesgo; (ii) bajo, (iii) medio-bajo; (iv) medio-alto, y (v) alto. La clasificación de las empresas (agregadas por rama de producción y distrito) depende de su ubicación en un cuadrante con el valor agregado en eje vertical y el consumo de agua en el eje horizontal.

Los sectores que enfrentan alto riesgo se encuentran en el rubro de servicios y manufactura. En servicios destacan los de gobierno, enseñanza y comercio, especialmente importantes en el caso de Lima. En el sector manufactura se ubican en situación de alto riesgo las ramas de alimentos, bebidas, textiles, metales, químicos y petróleo. En conjunto, las ramas de producción bajo alto riesgo representan el 92% del consumo total de agua, y el 60% del valor agregado generado en Lima. Esto indica que gran parte de la actividad económica de la ciudad enfrenta alto riesgo hídrico.

Al comparar estos resultados con los obtenidos en el estudio anterior (2016) vemos que el valor agregado de las actividades bajo riesgo alto subió del 52% al 57%, mientras que los de riesgo medio-alto bajó de 30 a 20%. En conjunto, se observa una mayor dispersión de la distribución del riesgo hacia los extremos, ya que aumenta el valor con riesgo alto y con riesgo bajo al mismo tiempo. En términos del cambio en los sectores con riesgo alto, se puede ver aumentos significativos en el riesgo de sectores grandes de servicios como educación y salud, así como en abastecimiento de agua, comercio e información. Por el contrario, el

valor de producción manufacturera en riesgo alto se redujo de 70 a 58%, mejorando el perfil de riesgo hídrico respecto al valor agregado de estos sectores entre ambos estudios.

En términos de empleo, el total de empleos clasificados bajo riesgo medio-alto y alto bajó ligeramente de 1.22 a 1.14 millones entre ambos estudios, pero el total de empleos bajo riesgo alto se incrementó significativamente de 652 mil a 814 mil entre ambos estudios. Esto implica un aumento en el riesgo de sectores más intensivos en mano de obra, especialmente en servicios de salud y educación.

Los sectores con mayor impacto negativo en el valor de producción (y empleo) sería el de **agua potable (-21%)**, **bebidas (-4-4%)**, **servicios sociales (-4-3%)**, **siderurgia (-3.9%)** y **textiles (-3.85%)**.

Además del riesgo hídrico general calculado en base al consumo total de agua, se diferenciaron los tipos de riesgo de acuerdo a la fuente de abastecimiento de agua, es decir, según el uso de agua subterránea (extraída directamente por los usuarios) y el agua provista por SEDAPAL a las empresas. En el caso del agua subterránea, los sectores de alto riesgo son prácticamente los mismos que en el caso del consumo total ya que los volúmenes de uso de agua subterránea representan más del 70% del consumo total de agua para uso productivo. Aún en este caso, los sectores de enseñanza y servicios de gobierno se ubican como

alto riesgo hídrico pero ahora se ubican en la parte de menor consumo (en agua subterránea) ya que estos sectores dependen menos de esta fuente.

Para el agua abastecida por SEDAPAL, se clasifican con alto riesgo con mayor claridad las ramas de los sectores de servicios, y especialmente las que tienen que ver con servicios públicos y actividades comerciales. También aparece como un sector particularmente vulnerable el de esparcimiento (93), que es un alto consumidor de agua de SEDAPAL. Algunas ramas de manufactura también se ubican en el grupo de alto riesgo aunque a un nivel intermedio de consumo de agua de esta fuente como los sectores textil, alimentos, químicos, y minería no metálica. En este caso no aparece la rama de bebidas clasificada como de alto riesgo por uso de agua de SEDAPAL.

También fue posible identificar distintos niveles de riesgo hídrico de acuerdo a la ubicación territorial de las empresas en los distritos de Lima y Callao. Los distritos con alto niveles de riesgo hídrico por consumo total de agua se ubican mayormente en la parte central y norte de la ciudad, como en Ate, Lima (Cercado), Carabayllo, San Juan de Lurigancho, Independencia, Los Olivos y San Martín de Porres, así como en Callao. También son distritos con alto riesgo los de La Molina y Santiago de Surco, así como Miraflores y San Isidro. En conjunto, los distritos con alto riesgo hídrico concentran el 70% del consumo total de agua por toda fuente.

Finalmente, en el estudio se han estimado los impactos potenciales de una crisis de agua que reduzca en 30% la disponibilidad del recurso para las empresas en un año determinado. El impacto potencial estimado en el valor de producción total de la ciudad sería de -2.22%. Desagregando

por fuente de abastecimiento, el impacto atribuible a la menor oferta de SEDAPAL equivaldría a -0.32% del valor de producción total, y en el caso del agua subterránea a -1.90%. El impacto estimado en el empleo equivaldría a una pérdida de más de 35,000 empleos debido a la contracción de la producción por la crisis hídrica.

Clasificando a los sectores productivos por su nivel de impacto se ha identificado tres niveles: alto (>2%), medio (1-2%) y bajo (<1%) en función al impacto total esperado en el valor de producción. En general, la ubicación de los sectores (en este caso agregados) tiene bastante relación con la clasificación por riesgo hídrico. Los sectores con mayor impacto negativo en el valor de producción son el de agua potable (-21%), bebidas (-4-4%), servicios sociales (-4-3%), siderurgia (-3.9%), textiles (-3.85%), administración pública, papel, servicios de educación y salud entre los principales.

BIBLIOGRAFÍA

ALVA HURTADO Jorge; MENESES Jorge; MARTINEZ José y HUAMAN Carlos (1991). Avances en la microzonificación sísmica de Lima, Perú. Lima: CISMID. Presentado en la cuarta conferencia internacional de zonificación sísmica en agosto en Stanford University, California.

ARANA Vladimir (2011) Informe Perú: Vulnerabilidad de las ciudades frente al cambio climático en agua potable y saneamiento. Lima: Sociedad de urbanistas del Perú. Marzo.

COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE-CEPAL (2014) La economía del cambio climático. Lima: BID/CEPAL. Primera edición.

CONSORCIO DE EVALUACIÓN DE RIESGOS NATURALES DE AMÉRICA LATINA (CERN-LA) (2012) Perú: Gestión de Riesgo de Desastres en Empresas de Agua y Saneamiento. Tomo I: Perfil de Riesgo Catastrófico, Medidas de Mitigación y Protección Financiera. Caso SEDAPAL y EMAPICA. Lima: WSP/ACDI/Banco Mundial. Noviembre.

CONTRERAS Alex, MARTÍNEZ Martín, REGALADO Fernando y VASQUEZ Ketty (2017) Impacto del fenómeno de El Niño en la economía peruana. Lima: Asociación peruana de economía. Documento de trabajo No. 97.

DÍAZ German (2018) Ciudad del Cabo se queda sin agua, una radiografía del mundo actual. En Agencia Andalucía. Andalucía: Agencia Andalucía. Consulta: 24/02/2020. <<https://www.aa.com.tr/es/mundo/ciudad-del-cabo-se-queda-sin-agua-una-radiograf%C3%ADa-del-mundo-actual/1134869>>

FELIPE Oscar, SÁNCHEZ Tannia y ASTORAYME Miguel (2015) Actualización de los escenarios de disponibilidad hídrica en el Perú en contexto de cambio climático. Lima: SENAMHI. Documento de síntesis. Abril.

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL-INDECI (2017) Escenario sísmico para Lima Metropolitana y Callao: Sismo 8.8 Mw. Lima: INDECI-DIPRE.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA-INEI (2017) Población censada, según departamento y año censal. Lima: INEI Consulta: 24/01/2020. <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/indices_tematicos/pob_03.xls>

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA-INEI (2018) Cuadro N°1. Perú: Producto bruto interno por años, según departamentos, valores a precios constantes de 2007 (miles de soles). Lima: INEI
Consulta: 24/01/20 20. <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/indices_tematicos/pbi_peru_7.xlsx>

ITURREGUI Patricia, SEMINARIO Bruno y ENCINAS Carla, Eds. (2001) Comunicación Nacional del Perú a la Convención de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Primera Comunicación. Lima: Consejo Nacional del Ambiente.

MARENGO, José, TORRES Roger y ALVES Lincoln (2016). Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. Theoretical and Applied Climatology, 129(3-4), 1189–1200.

MARENGO José y NOBRE Carlos. (2015) Water crises and megacities in Brazil: Meteorological context of the São Paulo drought of 2014-2015. Brazil: Global water forum. <http://www.globalwaterforum.org/2016/10/17/water-crises-and-megacities-in-brazil-meteorological-context-of-the-sao-paulo-drought-of-2014-2015/>

MORALES-SOTO Nelson y ZAVALA Carlos (2008) Terremotos en el litoral central de Perú: ¿podría ser Lima el escenario de un futuro desastre?” en Rev Perú Med Exp Salud Pública. Lima: 25(2): 217-24.

PARKS Robbie, MCLAREN, Mega, TOUMI, Ralph y RIVETTI Ulrike (2019). Experiences and lessons in managing water from Cape Town. London: Imperial College London. Grantham Institute Briefing paper No 29. Febrero.

REGUERO Borja, LOSADA Iñigo, DÍAZ-SIMAL Pedro, MÉNDEZ Fernando y BECK Michael (2015) Effects of Climate Change on Exposure to Coastal Flooding in Latin America and the Caribbean. PLoS ONE 10(7): e0133409. doi:10.1371/journal.pone.0133409

SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LIMA-SEDAPAL (2014) Plan maestro de los sistemas de agua potable y alcantarillado. Tomo I. Lima: SEDAPAL.

ANEXOS

ANEXO 1

Marco conceptual e Integración de Bases de datos

Una posible crisis de agua (caída en la dotación o suministro como los señalados en la sección anterior) puede tener diversos efectos sobre la producción de las empresas en Lima. Si utilizamos un modelo simple de función de producción para conceptualizar estos potenciales efectos tenemos:

$$Y = f(X,a) \quad (1)$$

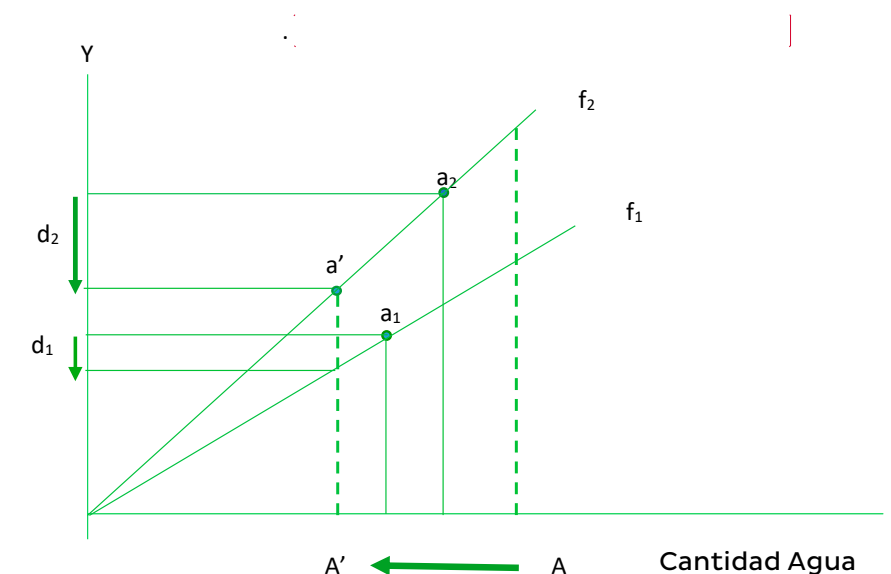
sujeto a: $a \leq A$

donde **Y** es el valor de producción⁵ de una rama $f(\cdot)$, que es una función matemática que mapea el nivel óptimo de producción con los factores utilizados, **a** es el uso de agua en la producción; **X** es el uso de otros insumos como mano de obra, servicios de capital y otros. El uso del agua está sometido a una restricción, a un límite superior denotado por **A** y fijado ya sea por el derecho de acceso a una fuente o por las condiciones de acceso en la conexión de un proveedor del servicio correspondiente. La función $f(\cdot)$ refleja la tecnología existente para la rama o subrama de producción, y puede interpretarse como una “frontera de producción” general, que identifica el nivel de producción óptimo de la rama o subrama para cada combinación técnicamente viable de los factores productivos.

⁵ Para el valor se puede utilizar el Valor Bruto de Producción (VBP), o el Valor Agregado (VA). En la parte operativa de la definición usamos el VA.

En el gráfico siguiente se muestran dos funciones de producción (dos ramas o subramas distintas) y el potencial efecto de una caída en el acceso al agua en cada caso. Asumimos por simplicidad que las funciones de producción son lineales en el uso del agua (coeficientes técnicos fijos), y que las ramas están produciendo en algún valor de acuerdo a una demanda exógena del mercado que pueden cubrir.

Gráfico 1. Función de producción con agua como insumo



Fuente: Calderón et al. (2014). Elaboración propia.

En el gráfico las funciones de producción se denotan f_1 y f_2 . Se asume que ambas ramas enfrentan la misma restricción de cantidad de agua que pueden utilizar inicialmente en una magnitud de A . La rama 2 tiene mayor consumo de agua (a_2) dada la cantidad disponible de agua sin crisis (A) y la rama 1 tiene menor consumo (a_1). Ante la ocurrencia de una crisis de agua se tiene la reducción del acceso al agua de A a A' , y las dos ramas sólo pueden utilizar (están racionadas) la cantidad a' . Esto genera una caída de producción de d_1 y d_2 , respectivamente.

Bajo este esquema, consideramos que la rama 2 enfrenta un mayor riesgo económico ante la crisis de agua por tener un mayor recorte en el acceso y también por sufrir una mayor caída en el valor de producción debido a dicho recorte. Esto plantea que en una clasificación de las ramas de acuerdo al riesgo, la rama 2 debería ser clasificada como de mayor riesgo económico frente a una crisis de agua. Usaremos este criterio general para clasificar a las ramas de acuerdo a su ubicación en las dos coordenadas de consumo de agua y valor de producción.

Procesamiento e integración de las bases de datos

En esta sección describimos el procesamiento e integración de las bases de datos que usaremos para la identificación del riesgo hídrico de las unidades productivas por rama de producción, fuente de abastecimiento y ubicación distrital.

Procesamiento de las bases de datos de ANA (uso de agua subterránea)

A través de AQUAFONDO se solicitó a ANA información sobre el uso de agua subterránea en Lima y Callao. Se pidió en la solicitud que se pueda identificar la rama de producción del usuario (código CIU) y su ubicación a nivel distrital. Se obtuvo de ANA información del registro de derechos de agua (RADA) para los años 2016 y 2017 en el cual se consignan a los usuarios que tienen algún derecho sobre agua subterránea en el ámbito de las provincias de Lima y Callao. Se decidió procesar esta información para el año 2017 para cada tipo de fuente de agua cuyo análisis se describe a continuación.

La base de datos original de ANA para el uso de agua subterránea en 2017 consta de 1,192 registros. La base identifica al usuario por su nombre y, en algunos casos, por el número de RUC. No obstante, no se identifica la rama de producción por lo que esta variable se construyó de la siguiente forma. Con el listado de nombres y RUC de los usuarios se procedió a identificar el código CIU 5 dígitos a través del buscador de Internet Google. En este proceso se logró identificar el código CIU para la mayor parte de usuarios en la base que no fueran agricultores (que normalmente no tienen RUC y que fueron identificados por el tipo de uso en la base original). A todos los usuarios agrarios se les asignó el código CIU correspondiente a dicha actividad.

Adicionalmente, fue necesario complementar la información sobre la ubicación distrital de los usuarios. Para esto se utilizaron las coordenadas (algunos de los derechos tienen coordenadas en la base) para identificar el distrito. La ubicación distrital asignada en la base original tuvo prioridad, y de no tener esta información se le asignó ubicación de acuerdo a coordenadas (si el registro las tiene) o por búsqueda con Google. Luego de estas operaciones fue posible asignar código CIU y ubicación distrital a 761 registros en la base. Un total de 431 registros se descartaron por estar ubicados en distritos fuera de Lima y Callao, o porque no fue posible asignarles un código CIU o ubicación distrital. El total de volumen de agua subterránea considerado para el análisis se muestra en el cuadro siguiente.

En esta sección describimos el procesamiento e integración de las bases de datos que usaremos para la identificación del riesgo hídrico de las unidades productivas por rama de producción, fuente de abastecimiento y ubicación distrital.

Cuadro 1. Volumen de agua subterránea incluida

	NÚMERO	VOLUMEN	
	Registros	m³	%
No incluido	408	23'120,238	14%
Incluido	784	143'955,517	86%

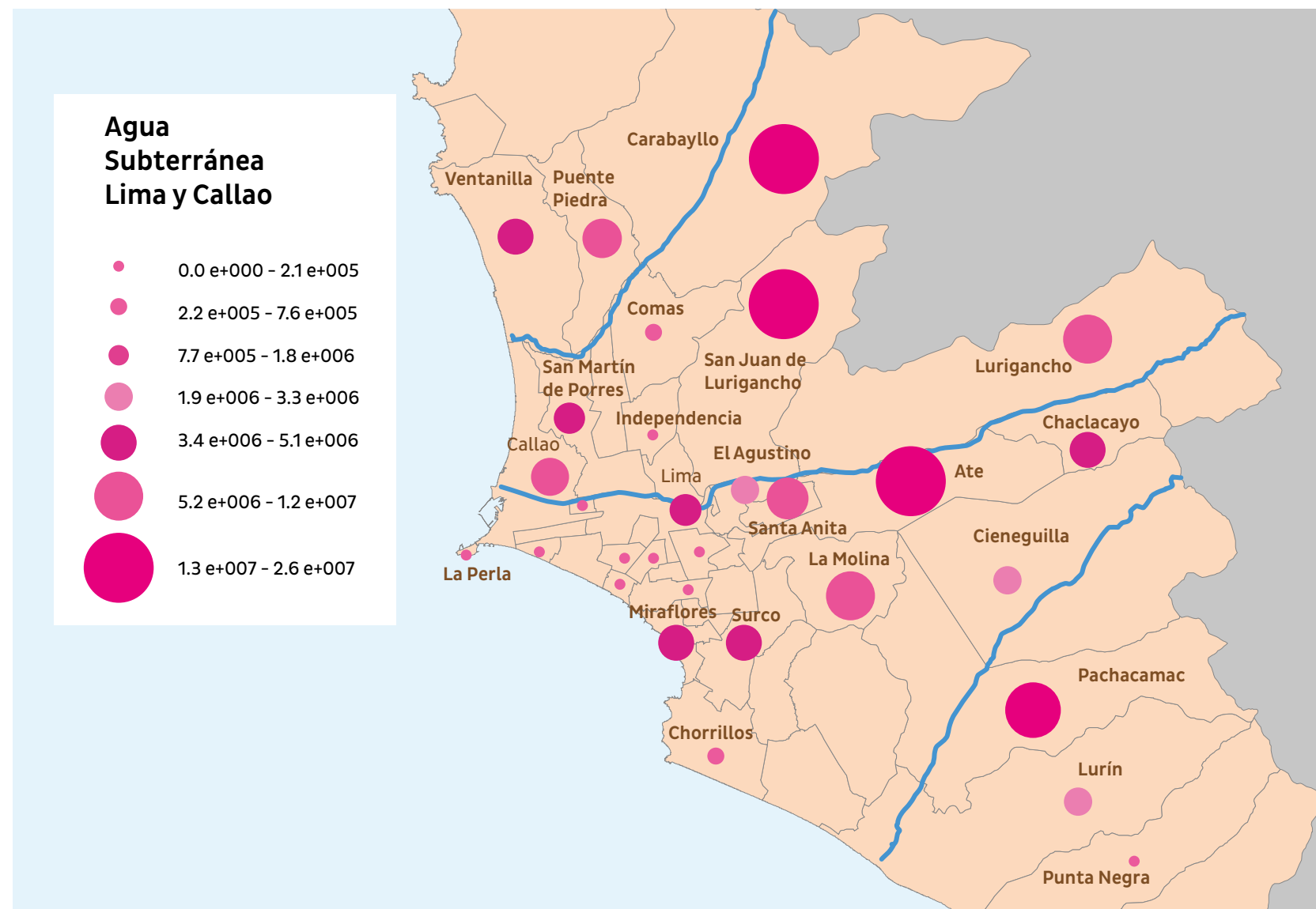
Cuadro 2. Uso de agua subterránea (M³) a nivel CIIU 2 dígitos (2017)

ciu2_rev4	DESCRIPCIÓN	AGUA SUBTERRÁNEA (M3)
01	Agricultura, ganadería, caza y actividades de servicio conexas	3,199,374
07	Extracción de minerales metalíferos	85
08	Explotación de otras minas y canteras	82,799
09	Actividades de servicio de apoyo para la explotación de minas y canteras	0
10	Elaboración de productos alimenticios	3,079,945
11	Elaboración de bebidas	10,688,297
13	Fabricación de productos textiles	4,610,994
15	Fabricación de productos de cuero y productos conexos	0
16	Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho, excepto muebles	0
17	Fabricación de papel y de productos de papel	2,620,130
19	Fabricación de coque y productos de refinación de petróleo	5,243,839
20	Fabricación de sustancias y productos químicos	1,453,474
21	Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y producto	290,131
22	Fabricación de productos de caucho y plástico	528,751
23	Fabricación de otros minerales no metálicos	595,088
24	Fabricación de metales comunes	868,514
25	Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria equipo	1,932
26	Fabricación de productos de informática, de electrónica y de óptica	26,280
27	Fabricación de equipo eléctrico	28,918
28	Fabricación de maquinaria y equipo n.c.p.	13,478
29	Fabricación de vehículos automotores, remolques y semiremolques	0
30	Fabricación de otro equipo de transporte	0
33	Reparación e instalación de maquinaria y equipo	1,194,586
35	Suministro de electricidad, gas y vapor	2,218,452
36	Captación, tratamiento y distribución de agua	99,528,909
37	Evacuación de aguas residuales	0
41	Construcción de edificios	456,625
42	Obras de ingeniería civil	1,147,688
45	Comercio al por mayor y al por menor y reparación de vehículos automotores y motocicletas	12,958
46	Comercio al por mayor , excepto de vehículos automotores y motocicletas	330,560
47	Comercio al por menor, excepto de vehículos automotores y motocicletas	51,182
49	Transporte por vía terrestre y transporte por tuberías	515,150
51	Transporte por vía aérea	0
52	Almacenamiento y actividades de apoyo al transporte	125,504
53	Actividades postales y de mensajería	0
55	Actividades de alojamiento	36,999
56	Actividades de servicio de comidas y bebidas	23,690
58	Actividades de edición	0
59	Actividades de producción de películas cinematográficas, videos y programas de televisión, grabación de sonido y edición de música	0
61	Telecomunicaciones	0
63	Actividades de servicio de información	103,193
64	Actividades de servicios financieros, excepto las de seguros y fondo de pensiones	0
65	Seguros, reaseguros y fondo de pensiones, excepto planes de seguridad social de afiliación obligatoria	0
66	Actividades auxiliares de las actividades de servicios financieros	0
68	Actividades inmobiliarias	27,324
69	Actividades jurídicas y de contabilidad	0
70	Actividades de oficinas principales	7,490
71	Actividades de arquitectura e ingeniería	0
72	Investigación científica y desarrollo	0
77	Actividades de alquiler y arrendamiento	0
78	Actividades de empleo	0
79	Actividades de agencias de viajes y operadores turísticos y servicios de reservas y actividades conexas	102,846
84	Administración pública y defensa	146,747
85	Enseñanza	1,319,268
86	Actividades de atención de la salud humana	0
91	Actividades de bibliotecas, archivos y museos y otras actividades culturales	0
94	Actividades de asociaciones	1,522,397
96	Otras actividades de servicios personales	89,580
99	Actividades de organizaciones y órganos extraterritoriales	0
Total		142,293,148

Cuadro 3. Uso de agua subterránea por distrito

DISTRITO	AGUA SUBTERRÁNEA (M³)
ANCÓN	0
ATE	25,567,059
BARRANCO	0
BELLAVISTA	57,747
BREÑA	36,474
CALLAO	8,194,981
CARABAYLLO	24,726,138
CARMEN DE LA LEGUA REYNOSO	25,363
CHACLACAYO	2,515,086
CHORRILLOS	589,989
CIENEGUILLA	1,602,054
COMAS	498,575
ELAGUSTINO	1,372,554
INDEPENDENCIA	12,142
JESÚS MARÍA	69,538
LA MOLINA	5,041,881
LA PERLA	0
LA PUNTA	156,287
LA VICTORIA	26,546
LIMA	2,631,950
LINCE	173,376
LOS OLIVOS	93,910
LURIGANCHO	7,250,501
LURÍN	1,791,321
MAGDALENA DEL MAR	197,381
MIRAFLORES	2,744,573
PACHACAMAC	7,560,253
PUCUSANA	0
PUEBLO LIBRE	62,964
PUENTE PIEDRA	5,143,805
PUNTA HERMOSA	0
RÍMAC	0
SAN BARTOLO	0
SAN BORJA	52,957
SAN ISIDRO	760,250
SAN JUAN DE LURIGANCHO	22,342,816
SAN JUAN DE MIRAFLORES	22,000
SAN LUIS	53,835
SAN MARTÍN DE PORRES	2,525,365
SAN MIGUEL	209,104
SANTA ANITA	11,792,039
SANTA ROSA	0
SANTIAGO DE SURCO	3,263,749
SURCO	78,854
SURQUILLO	130,766
VENTANILLA	2,792,831
VILLA EL SALVADOR	124,022
VILLA MARÍA DEL TRIUNFO	9,666
TOTAL	142,300,657

Mapa 1. Uso de agua de origen subterráneo en Lima-Callao



Fuente: Autoridad Nacional del Agua (ANA)

Procesamiento de la base de datos de SEDAPAL

SEDAPAL tiene una base de datos con 12,744 registros e identifica el nombre, RUC, rama de producción y consumo de agua mensual entre enero 2016 y octubre 2019. En la base solamente 6,082 registros cuentan con información en la variable de rama de producción, y evaluando esta información se detectó que en general la asignación a ramas de producción no es adecuada en la base original. Por este motivo se procedió a identificar la rama de cada usuario usando el nombre, número de RUC y el buscador de Internet Google, que en gran medida logró identificar la variable en todos los casos donde se contaba con el número de RUC o nombre de la empresa.

Se realizó un proceso de limpieza y complementación de la base de SEDAPAL para poder tener datos útiles para el presente estudio. Los pasos que se dieron fueron los siguientes:

1. Se eliminaron las observaciones sin número de RUC (84)
2. Se corrigieron y agregaron número de CIU 5 dígitos (revisión 3.1. utilizada por SUNAT)
3. Se asignaron códigos de ubigeo (seis dígitos) a los distritos en la base de SEDAPAL
4. Se eliminaron observaciones sin consumo de agua en ningún mes durante todo el periodo 2016 a octubre 2019

Luego de estos ajustes se lograron preservar 12,432 registros (97.6% de los registros originales). Tras este proceso, la base datos contiene información sobre el código CIU (5 dígitos) y la ubicación distrital de cada registro. Estas son las variables que utilizaremos para agregar la información de consumo de agua por parte de clientes en sectores productivos de SEDAPAL.

El consumo de agua por año obtenido por rama de actividad y por distritos (Lima y Callao) se presenta en los dos cuadros y mapa siguientes. El mapa consigna el consumo para el año 2018 y permite ubicar las intensidades de consumo para los distintos distritos de Lima y Callao.

**[Cuadro 4. Consumo de agua anual de SEDAPAL por
rama de actividad (CIIU 2 dígitos)**

ciiu2	RAMA DE PRODUCCIÓN	2016	2017	2018	2019*	TOTAL
1	Agricultura, ganadería, caza y actividades de servicios conexas	228,309	219,135	205,393	175,101	827,938
7	Extracción de minerales metalíferos	17,631	18,654	18,113	11,894	66,292
8	Explotación de otras minas y canteras	14,766	14,635	14,411	11,261	55,073
9	Actividades de servicios de apoyo para la explotación de minas y canteras	16,618	13,522	18,552	13,103	61,795
10	Elaboración de productos alimenticios	677,555	729,566	666,668	461,053	2,534,842
11	Elaboración de bebidas	86,379	98,259	100,473	52,657	337,768
13	Fabricación de productos textiles	1,205,827	1,204,983	1,091,273	820,321	4,322,404
15	Fabricación de productos de cuero y productos conexas	38,303	35,592	27,513	18,800	120,208
16	Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho, excepto muebles	552	1,577	526	428	3,083
17	Fabricación de papel y de productos de papel	158,665	148,914	132,250	111,942	551,771
19	Fabricación de coque y productos de la refinación del petróleo	162,248	174,579	179,616	149,500	665,943
20	Fabricación de sustancias y productos químicos	269,804	311,057	292,280	202,559	1,075,700
21	Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso farmacéutico	190,658	174,297	159,525	143,122	667,602
22	Fabricación de productos de caucho y de plástico	257,668	251,916	236,230	181,538	927,352
23	Fabricación de otros productos minerales no metálicos	365,971	316,208	288,501	233,879	1,204,559
24	Fabricación de metales comunes	95,753	96,050	104,844	75,863	372,510
25	Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo	40,952	41,803	37,275	26,837	146,867
26	Fabricación de productos de informática, de electrónica y de óptica	24,812	24,104	25,650	21,986	96,552
27	Fabricación de equipo eléctrico	27,819	26,426	31,714	27,381	113,340
28	Fabricación de maquinaria y equipo n.c.p.	52,168	51,490	53,776	53,259	210,693
29	Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques	14,613	12,358	14,184	8,013	49,168
30	Fabricación de otro equipo de transporte	6,318	5,492	6,556	5,887	24,253
33	Reparación e instalación de maquinaria y equipo	11,927	11,696	10,809	9,460	43,892
35	Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	230,653	229,706	149,093	120,042	729,494
37	Evacuación de aguas residuales	10,868	18,063	22,548	19,171	70,650
41	Construcción de edificios	116,111	99,999	105,153	78,684	399,947
42	Obras de ingeniería civil	2,107,161	2,133,403	2,071,264	1,734,518	8,046,346
45	Comercio al por mayor y al por menor y reparación de vehículos automotores y motocicletas	93,939	91,228	101,875	76,217	363,259
46	Comercio al por mayor, excepto el de vehículos automotores y motocicletas	359,419	388,467	390,276	328,264	1,466,426
47	Comercio al por menor, excepto el de vehículos automotores y motocicletas	1,738,335	1,719,608	1,660,313	1,279,714	6,397,970
49	Transporte por vía terrestre y transporte por tuberías	1,163,705	1,157,298	1,088,563	942,224	4,351,790
51	Transporte por vía aérea	357,534	333,746	334,992	268,255	1,294,527
52	Almacenamiento y actividades de apoyo al transporte	84,418	97,991	83,881	62,836	329,126
53	Actividades postales y de mensajería	54,712	49,688	49,214	46,871	200,485
55	Actividades de alojamiento	720,566	695,121	671,043	520,514	2,607,244
56	Actividades de servicio de comidas y bebidas	308,542	306,736	317,997	268,857	1,202,132
58	Actividades de edición	29,396	36,147	35,786	36,155	137,484
59	Actividades de producción de películas cinematográficas, videos y programas de televisión, grabación de sonido y edición de música	116,660	137,402	136,286	109,525	499,873
61	Telecomunicaciones	231,316	217,989	232,802	186,777	868,884
63	Actividades de servicios de información	501,841	484,145	402,389	339,372	1,727,747
64	Actividades de servicios financieros, excepto las de seguros y fondos de pensiones	698,959	743,886	731,401	634,703	2,808,949
65	Seguros, reaseguros y fondos de pensiones, excepto planes de seguridad social de afiliación obligatoria	91,770	92,758	92,843	72,820	350,191
66	Actividades auxiliares de las actividades de servicios financieros obligatoria	31,744	31,728	31,402	32,548	127,422
68	Actividades inmobiliarias	458,174	516,339	453,567	389,264	1,817,344
69	Actividades jurídicas y de contabilidad	358	195	119	56	728
70	Actividades de oficinas principales	146,199	221,157	287,055	314,159	968,570
71	Actividades de arquitectura e ingeniería	3,759,207	3,974,664	3,996,664	3,163,368	14,893,903
72	Investigación científica y desarrollo	9,387	9,244	8,831	9,915	37,377
77	Actividades de alquiler y arrendamiento	290	730	31	15	1,066
78	Actividades de empleo	779,172	945,780	876,028	733,281	3,334,261
79	Actividades de agencias de viajes y operadores turísticos y servicios de reservas y actividades conexas	53,190	59,893	54,532	37,218	204,833
84	Administración pública y defensa	18,640,393	19,351,509	18,558,099	15,786,346	72,336,347
85	Enseñanza	9,536,925	9,808,159	9,706,600	7,869,174	36,920,858
86	Actividades de atención de la salud humana	4,384,406	4,530,763	4,474,740	3,703,283	17,093,192
91	Actividades de bibliotecas, archivos y museos y otras actividades culturales	29,710	29,413	27,546	20,322	106,991
94	Actividades de asociaciones	1,254,144	1,360,273	1,325,238	1,061,326	5,000,981
96	Otras actividades de servicios personales	115,141	127,704	121,757	103,085	467,687
99	Actividades de organizaciones y órganos extraterritoriales	9,497	8,628	4,625	3,685	26,435
Total		52,189,156	53,991,869	52,320,683	43,168,403	201,670,111

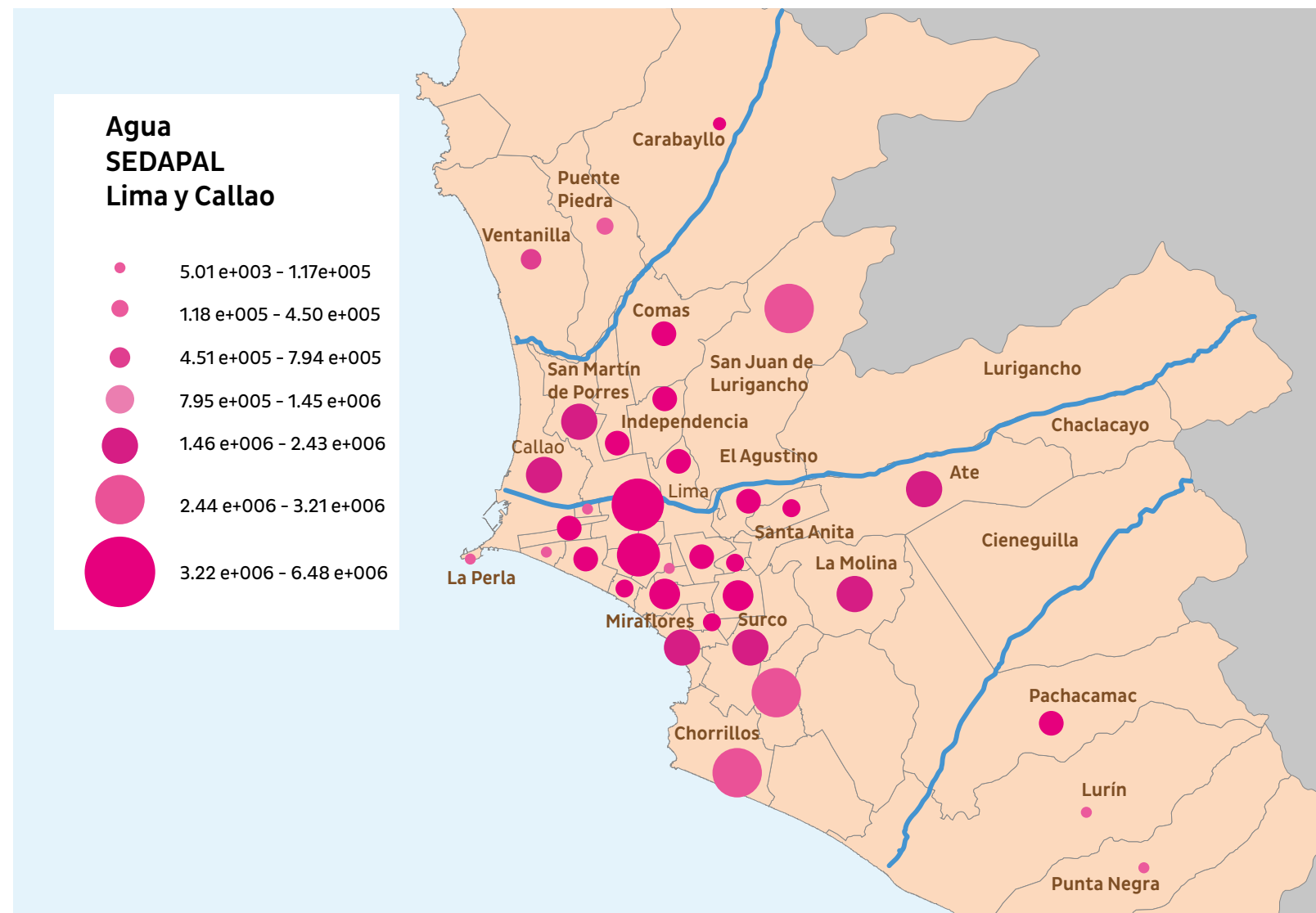
*hasta octubre del 2019

|Cuadro 5. Consumo de agua anual de SEDAPAL por distrito

	2016	2017	2018	2019*	TOTAL
ANCON	909,634	1,077,272	1,054,037	893,167	3,934,110
ATE	2,107,934	2,143,168	2,159,738	1,852,353	8,263,193
BARRANCO	242,854	227,915	218,160	189,493	878,422
BELLAVISTA	1,033,119	1,126,524	1,013,348	845,137	4,018,128
BREÑA	631,936	595,083	598,662	534,064	2,359,745
CALLAO	1,932,255	2,035,183	2,060,848	1,687,115	7,715,401
CARABAYLLO	461,386	476,770	449,690	410,351	1,798,197
CARMEN DE LA LEGUA REYNOSO	296,163	323,763	326,518	259,338	1,205,782
CHACLACAYO	34,643	40,296	32,445	25,761	133,145
CHORRILLOS	2,769,074	2,726,392	2,752,160	2,443,153	10,690,779
CIENEGUILLA	45,288	50,405	63,431	43,068	202,192
COMAS	1,151,190	1,143,773	1,103,005	991,490	4,389,458
EL AGUSTINO	891,402	939,490	916,392	768,426	3,515,710
INDEPENDENCIA	847,761	1,031,998	963,668	801,278	3,644,705
JESUS MARIA	3,080,470	3,071,977	3,091,090	2,525,662	11,769,199
LA MOLINA	2,057,467	2,234,750	1,956,910	1,509,479	7,758,606
LA PERLA	335,587	411,031	363,830	280,543	1,390,991
LA PUNTA	74,919	64,186	56,314	63,128	258,547
LA VICTORIA	1,073,859	1,127,693	1,135,600	927,246	4,264,398
LIMA	6,524,095	6,737,033	6,483,156	5,227,330	24,971,614
LINCE	320,765	341,455	301,687	248,647	1,212,554
LOS OLIVOS	1,038,908	1,019,121	936,059	723,673	3,717,761
LURIGANCHO	72,147	75,049	79,488	60,484	287,168
LURIN	116,692	120,518	117,450	94,147	448,807
MAGDALENA DEL MAR	629,308	554,615	506,652	440,363	2,130,938
MAGDALENA VIEJA	677,644	695,753	646,087	511,453	2,530,937
MIRAFLORES	2,131,149	2,051,588	1,914,896	1,640,558	7,738,191
PACHACAMAC	684,255	766,110	692,186	550,853	2,693,404
PUCUSANA	6,071	6,381	5,010	3,601	21,063
PUENTE PIEDRA	570,693	577,183	578,226	438,776	2,164,878
PUNTA HERMOSA	6,982	9,146	7,008	5,949	29,085
RIMAC	954,499	1,132,961	1,080,772	848,557	4,016,789
SAN BARTOLO	11,894	9,495	9,290	3,516	34,195
SAN BORJA	1,459,251	1,569,663	1,584,715	1,298,140	5,911,769
SAN ISIDRO	2,328,278	2,328,876	2,221,065	1,744,015	8,622,234
SAN JUAN DE LURIGANCHO	2,925,483	3,061,441	3,207,846	2,320,679	11,515,449
SAN JUAN DE MIRAFLORES	2,498,675	2,626,656	2,577,453	2,167,497	9,870,281
SAN LUIS	732,599	682,006	502,926	442,335	2,359,866
SAN MARTIN DE PORRES	1,766,581	1,926,063	1,989,841	1,608,748	7,291,233
SAN MIGUEL	1,547,067	1,604,921	1,447,674	1,283,869	5,883,531
SANTA ANITA	661,981	737,622	735,051	610,613	2,745,267
SANTA ROSA	24,152	25,872	23,109	25,753	98,886
SANTIAGO DE SURCO	2,676,066	2,602,725	2,428,205	2,128,281	9,835,277
SURQUILLO	756,019	745,048	794,395	677,248	2,972,710
VENTANILLA	757,213	833,250	869,309	766,076	3,225,848
VILLA EL SALVADOR	446,171	430,028	398,443	343,774	1,618,416
TOTAL	52,301,579	54,118,247	52,453,846	43,265,187	202,138,859

* hasta octubre 2019

|Mapa 2. Consumo de agua de SEDAPAL en unidades productivas 2018 por distrito (M3)



En el mapa se observa que los distritos de Lima que consumen más agua son los siguientes: San Juan de Lurigancho, Chorrillos, Ate, San Juan de Miraflores, Lince, San Martín de Porres y Callao.

Integración de bases de consumo de agua con variables económicas de cuentas nacionales

El Censo Económico realizado en el año 2008 por INEI (en referencia al año 2007) es un instrumento central en la elaboración de la matriz IP ya que de éste se obtienen la mayor parte de los datos correspondientes a las celdas de la matriz de Oferta-Utilización (O-U).

El censo se aplica a los llamados “establecimientos” o unidades productivas básicas de la economía. Un elemento importante del Censo Económico es que está disponible para cada región, provincia y distrito del país, con lo que es posible generar datos sobre producción bruta, consumo y demanda intermedios para la mayor parte de actividades de la matriz IP a un alto nivel de desagregación geográfica.

Así, el censo económico permite generar información sobre valor de producción total, consumo intermedio y valor agregado que es requerida al nivel de ramas de producción económica. Igualmente, los resultados a nivel rama de producción están disponibles por provincias, con lo que es posible agregar las variables para las provincias de Lima y Callao. También es posible desagregar estas variables económicas por distritos de Lima y Callao, pero no es posible desagregar por rama de producción al nivel de los distritos. Bajo estas condiciones es posible integrar la información económica de Lima y Callao con la base de consumo de agua los siguientes dos niveles:

- (i) Por rama de actividad
- (ii) Por distrito

Cabe mencionar que el censo económico del año 2007 no recogió información de dos sectores productivos importantes: (i) el sector agropecuario (código 01); (ii) el sector público (código 84). Los datos para ambos sectores fueron imputados utilizando la estructura del PBI sectorial para Lima en las cuentas nacionales (2.2% del PBI agricultura y 5% sector público).

A continuación se presentan los resultados obtenidos para ambos niveles.

Variables económicas y consumo de agua por rama en Lima y Callao

Luego de procesar los datos de consumo de agua y variables del censo económico (2007) se obtuvieron los resultados que se presentan en el cuadro siguiente:

|Cuadro 6. Variables económicas y consumo de agua por rama

cliu2_re v4	DESCRIPCIÓN DE LA RAMA (DIVISIÓN CIIU)	EMPLEO	VALOR DE PRODUCCIÓN	CONSUMO INTERMEDIO	VALOR AGREGADO	AGUA SUBTERRÁNEA	AGUA SEDAPAL
01	Agricultura, ganadería, caza y actividades de servicios conexas	35,784	4,202,356	2,557,041	1,645,315	3,199,374	219,135
02	Silvicultura y extracción de madera	0	0	0	0	0	0
03	Pesca y acuicultura	9,720	1,343,901	660,290	683,610	0	0
05	Extracción de carbón de piedra y lignito	8	4,319	3,528	791	0	0
06	Extracción de petróleo crudo y gas natural	399	2,332,439	552,384	1,780,055	0	0
07	Extracción de minerales metalíferos	2,855	560,644	280,316	280,328	85	18,654
08	Explotación de otras minas y canteras	5,474	339,824	130,715	209,109	82,799	14,635
09	Actividades de servicios de apoyo para la explotación de minas y canteras	5,130	525,518	222,640	302,878	0	13,522
10	Elaboración de productos alimenticios	71,437	17,410,391	13,559,824	3,850,567	3,079,945	729,566
11	Elaboración de bebidas	10,808	2,775,577	1,892,738	882,838	10,688,267	98,259
12	Elaboración de productos de tabaco	0	0	0	0	0	0
13	Fabricación de productos textiles	34,368	4,018,814	2,850,675	1,168,139	4,610,994	1,204,983
14	Fabricación de prendas de vestir	69,068	5,268,060	3,624,132	1,643,928	0	0
15	Fabricación de productos de cuero y productos conexas	5,599	483,367	369,326	114,041	0	35,592
16	Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho, excepto muebles	4,834	622,310	484,199	138,111	0	1,577
17	Fabricación de papel y de productos de papel	5,659	2,108,561	1,571,299	537,262	2,620,130	148,914
18	Impresión y reproducción de grabaciones	14,899	1,703,391	1,144,531	558,860	0	0
19	Fabricación de coque y productos de la refinación del petróleo	1,368	10,957,589	9,713,848	1,243,741	5,243,839	174,579
20	Fabricación de sustancias y productos químicos	18,225	5,622,986	3,986,486	1,636,500	1,453,474	311,057
21	Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso farmacéutico	7,659	1,394,153	759,377	634,777	290,131	174,297
22	Fabricación de productos de caucho y de plástico	19,484	4,920,799	3,648,582	1,272,217	528,751	251,916
23	Fabricación de otros productos minerales no metálicos	13,387	3,241,730	1,935,441	1,306,289	595,088	316,208
24	Fabricación de metales comunes	8,942	9,305,323	6,420,311	2,885,012	868,514	96,050
25	Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo	19,440	2,222,672	1,572,374	650,300	1,932	41,803
26	Fabricación de productos de informática, de electrónica y de óptica	931	126,190	77,029	49,161	26,280	24,104
27	Fabricación de equipo eléctrico	5,709	2,262,749	1,798,864	463,885	28,918	26,426
28	Fabricación de maquinaria y equipo n.c.p.	5,513	853,352	552,980	300,372	13,478	51,490
29	Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques	2,893	487,227	327,267	159,959	0	12,358
30	Fabricación de otro equipo de transporte	1,786	247,999	180,940	67,061	0	5,492
31	Fabricación de muebles	12,706	749,998	497,598	252,400	0	0
32	Otras industrias manufactureras	7,921	828,299	573,690	254,610	0	0
33	Reparación e instalación de maquinaria y equipo	3,611	262,483	121,777	140,707	1,194,586	11,696
35	Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	7,005	3,215,433	1,428,616	1,786,817	2,218,452	229,706
36	Captación, tratamiento y distribución de agua	2,382	1,225,800	630,965	594,835	99,528,909	0
37	Evacuación de aguas residuales	32	1,599	1,334	265	0	18,063
38	Recogida, tratamiento y eliminación de desechos	2,266	189,129	111,579	77,550	0	0
39	Actividades de descontaminación y otros servicios de gestión de desechos	127	9,573	4,121	5,452	0	0
41	Construcción de edificios	23,430	3,350,818	2,128,837	1,221,981	456,625	99,999
42	Obras de ingeniería civil	37,164	5,955,545	4,261,439	1,694,106	1,147,688	2,133,403
43	Actividades especializadas de construcción	8,369	1,215,083	535,949	679,133	0	0
45	Comercio al por mayor y al por menor y reparación de vehículos automotores y motocicletas	36,083	2,012,957	730,077	1,282,880	12,958	91,228
46	Comercio al por mayor, excepto el de vehículos automotores y motocicletas	101,996	15,072,174	8,447,810	6,624,365	330,560	388,467
47	Comercio al por menor, excepto el de vehículos automotores y motocicletas	285,099	7,888,556	3,369,963	4,518,593	51,182	1,719,608
49	Transporte por vía terrestre y transporte por tuberías	25,571	3,965,352	2,122,182	1,843,170	515,150	1,157,298
50	Transporte por vía acuática	1,355	452,709	334,416	118,292	0	0
51	Transporte por vía aérea	5,304	4,884,750	3,440,150	1,444,600	0	333,746
52	Almacenamiento y actividades de apoyo al transporte	25,367	3,356,881	1,393,640	1,963,241	125,504	97,991
53	Actividades postales y de mensajería	6,087	244,893	127,668	117,225	0	49,688
55	Actividades de alojamiento	16,685	850,321	361,209	489,112	36,999	695,121
56	Actividades de servicio de comidas y bebidas	78,475	2,645,510	1,723,552	921,958	23,690	306,736
58	Actividades de edición	4,382	926,451	481,648	444,803	0	36,147
59	Actividades de producción de películas cinematográficas, videos y programas de televisión, grabación de sonido y edición de música	2,826	493,421	338,494	154,927	0	137,402
60	Actividades de programación y transmisión	1,722	486,880	238,997	247,883	0	0
61	Telecomunicaciones	32,161	10,011,057	5,030,572	4,980,486	0	217,989
62	Programación informática, consultoría de informática y actividades conexas	5,879	724,001	322,426	401,574	0	0
63	Actividades de servicios de información	689	73,536	32,178	41,358	103,193	484,145
64	Actividades de servicios financieros, excepto las de seguros y fondos de pensiones	434	50,482	6,611	43,871	0	743,886
65	Seguros, reaseguros y fondos de pensiones, excepto planes de seguridad social de afiliación obligatoria	0	0	0	0	0	92,758
66	Actividades auxiliares de las actividades de servicios financieros	2,773	246,414	92,696	153,718	0	31,728
68	Actividades inmobiliarias	6,090	1,154,610	538,828	615,782	27,324	516,339
69	Actividades jurídicas y de contabilidad	13,633	1,033,387	364,454	668,933	0	195
70	Actividades de oficinas principales	24,229	1,623,468	648,530	974,936	7,490	221,157
71	Actividades de arquitectura e ingeniería	25,844	2,472,111	1,187,798	1,284,314	0	3,974,664
72	Investigación científica y desarrollo	598	75,240	34,743	40,497	0	9,244
73	Publicidad y estudios de mercado	8,298	1,081,062	618,646	462,416	0	0
74	Otras actividades profesionales, científicas y técnicas	7,567	591,263	300,754	290,510	0	0
75	Actividades veterinarias	1,232	32,443	17,673	14,770	0	0
77	Actividades de alquiler y arrendamiento	7,609	898,646	339,572	559,075	0	730
78	Actividades de empleo	39,009	801,285	142,184	659,101	0	945,780
79	Actividades de agencias de viajes y operadores turísticos y servicios de reservas y actividades conexas	5,338	791,857	561,793	230,064	102,846	59,893
80	Actividades de seguridad e investigación	41,858	966,938	176,503	790,435	0	0
81	Actividades de servicios a edificios y de paisajismo	8,636	162,138	55,156	106,982	0	0
82	Actividades administrativas y de apoyo de oficina y otras actividades de apoyo a las empresas	18,144	799,853	291,223	508,630	0	0
84	Administración pública y defensa	81,327	9,550,810	5,811,457	3,739,353	146,747	19,351,509
85	Enseñanza	92,873	3,963,600	1,202,916	2,760,684	1,319,268	9,808,159
86	Actividades de atención de la salud humana	24,205	1,907,797	1,206,970	700,828	0	0
87	Actividades de atención en instituciones	715	28,990	2,906	26,084	0	0
88	Actividades de asistencia social sin alojamiento	519	8,622	8,634	-12	0	0
90	Actividades creativas, artísticas y de entretenimiento	724	57,010	33,355	23,654	0	0
91	Actividades de bibliotecas, archivos y museos y otras actividades culturales	379	13,722	6,913	6,807	0	29,413
92	Actividades de juegos de azar y apuestas	13,049	1,223,508	399,104	824,404	0	0
93	Actividades deportivas, de esparcimiento y recreativas	7,909	452,975	224,511	228,465	0	0
94	Actividades de asociaciones	6,421	531,774	246,685	285,089	1,522,397	1,360,273
95	Reparación de ordenadores y de efectos personales y enseres domésticos	10,337	199,732	95,215	104,517	0	0
96	Otras actividades de servicios personales	60,711	3,861,016	1,945,287	1,915,728	89,580	127,704
97	Actividades de los hogares como empleadores de personal doméstico	0	0	0	0	0	0
98	Actividades no diferenciadas de los hogares como productores de bienes y servicios para uso propio	0	0	0	0	0	0
99	Actividades de organizaciones y órganos extraterritoriales	0	0	0	0	0	8,628
Total		1,626,533	191,016,204	116,229,141	74,787,065	142,293,148	53,991,869

La información disponible sobre del censo económico 2007 permite medir las variables económicas (empleo, producción, consumo intermedio y valor agregado) a nivel de los distritos de Lima y Callao⁶. Esta información también se puede relacionar a la del consumo de agua como se puede ver en el cuadro siguiente.

Cuadro 7. Variables económicas y consumo de agua por distrito

DISTRITO	EMPLEO	VALOR DE PRODUCCIÓN	CONSUMO INTERMEDIO	VALOR AGREGADO	AGUA SUBTERRÁNEA	AGUA SEDAPAL
ANCON	2,157	53,987	34,735	19,252	0	1,077,272
ATE	109,787	11,564,803	7,096,869	4,467,933	25,566,783	2,143,168
BARRANCO	6,804	416,795	256,940	159,855	0	227,915
BELLAVISTA	8,700	716,721	450,538	266,183	57,747	1,126,524
BREÑA	16,638	1,921,745	871,036	1,050,709	36,474	1,290,836
CALLAO	81,043	14,289,139	8,646,810	5,642,329	8,189,958	2,009,040
CARABAYLLO	10,527	381,976	250,603	131,373	24,726,138	476,770
CARMEN DE LA LEGUA	8,195	2,432,821	1,752,311	680,510	25,363	308,478
CHACLACAYO	3,633	430,061	296,188	133,874	2,515,086	40,296
CHORRILLOS	48,399	3,417,472	1,851,778	1,565,694	589,989	2,726,392
CIENEGUILLA	1,032	25,320	16,378	8,943	1,602,054	50,405
COMAS	33,154	1,137,089	689,733	447,357	498,575	1,143,773
EL AGUSTINO	13,865	877,276	575,617	301,658	1,372,554	938,761
INDEPENDENCIA	22,046	1,551,224	991,642	559,583	12,142	1,031,998
JESUS MARIA	36,591	2,439,662	1,103,275	1,336,386	69,538	3,071,977
LA MOLINA	23,124	2,384,986	1,175,777	1,209,208	5,041,881	2,216,063
LA PERLA	5,786	287,151	171,233	115,918	0	411,031
LA PUNTA	746	20,795	10,349	104,462	156,287	64,186
LA VICTORIA	97,940	8,703,941	4,910,682	3,793,259	26,546	1,127,693
LIMA	190,357	20,424,705	12,930,710	7,493,995	2,630,883	6,692,188
LINCE	27,620	2,252,789	1,147,533	1,105,256	173,376	340,480
LOS OLIVOS	39,828	2,190,670	1,419,472	771,198	93,910	1,019,121
LURIGANCHO	21,663	1,646,370	1,128,897	517,474	7,249,455	75,049
LURIN	7,793	2,811,220	2,200,850	610,370	1,791,321	120,518
MAGDALENA DEL MAR	18,162	1,206,205	648,380	557,824	197,381	554,615
MIRAFLORES	127,431	21,327,505	12,032,419	9,295,086	2,744,573	2,051,588
PACHACAMAC	3,750	82,278	44,514	37,764	7,560,253	766,110
PUCUSANA	2,014	33,066	20,786	12,280	0	6,381
PUEBLO LIBRE	15,421	896,802	478,904	417,898	62,964	0
PUENTE PIEDRA	16,811	837,074	567,169	269,905	5,143,805	575,982
PUNTA HERMOSA	484	6,877	3,553	3,324	0	9,146
PUNTA NEGRA	500	6,988	3,489	3,499	0	0
RIMAC	13,278	1,211,412	822,024	389,388	0	1,132,961
SAN BARTOLO	496	4,716	2,655	2,060	0	9,495
SAN BORJA	37,610	3,927,491	2,346,859	1,580,633	52,957	1,569,663
SAN ISIDRO	164,214	30,971,328	16,827,117	14,144,210	760,106	2,327,832
SAN JUAN DE LURIGANCHO	69,613	5,327,476	3,492,121	1,835,355	22,342,816	3,061,441
SAN JUAN DE MIRAFLORES	26,676	1,206,209	694,494	511,716	22,000	2,626,656
SAN LUIS	16,575	1,805,688	1,158,058	647,629	53,835	682,006
SAN MARTIN DE PORRES	46,550	3,941,270	2,459,724	1,481,545	2,525,365	1,926,063
SAN MIGUEL	32,234	2,712,206	1,264,383	1,447,823	209,104	1,604,921
SANTA ANITA	30,169	3,215,970	1,959,005	1,256,963	11,792,039	737,622
SANTA MARIA DEL MAR	60	3,068	848	2,219	0	0
SANTA ROSA	380	4,209	1,654	2,555	0	25,872
SANTIAGO DE SURCO	66,847	8,249,609	4,488,458	3,761,150	3,342,603	2,585,256
SURQUILLO	54,567	9,210,977	6,712,364	2,498,613	130,766	745,048
VENTANILLA	13,070	9,421,373	8,412,335	1,009,038	2,792,831	833,250
VILLA EL SALVADOR	33,216	1,588,008	1,040,389	547,619	124,022	430,028
VILLA MARIA DEL TRIUNFO	18,980	1,439,683	767,476	672,207	9,666	0
TOTAL	1,626,533	191,016,205	116,229,135	74,881,081	142,293,148	53,991,869

⁶Para mantener la consistencia con los datos agregados a nivel de ramas para los distritos se imputaron valores para los sectores agropecuario y sector público en forma proporcional (se multiplicaron los valores por el factor 1/(1+0.0722)).

Anexo 2.

Listado de ramas de producción por nivel de riesgo hídrico en consumo total de agua

NIVEL DE RIESGO	ciuu2	DESCRIPCIÓN	VOLUMEN DE AGUA (M3)	VALOR AGREGADO (MILES S/.)
Alto	01	Agricultura, ganadería, caza y actividades de servicios con	3,418,508	1,645,315
Alto	10	Elaboración de productos alimenticios	3,809,51	3,850,567
Alto	11	Elaboración de bebidas	10,800,000	882,838
Alto	13	Fabricación de productos textiles	5,815,97	1,168,139
Alto	19	Fabricación de coque y productos de la refinación del petr	5,418,418	1,243,741
Alto	20	Fabricación de sustancias y productos químicos	1,764,531	1,636,500
Alto	24	Fabricación de metales comunes	964,563	2,885,012
Alto	35	Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	2,448,158	1,786,817
Alto	36	Captación, tratamiento y distribución de agua	99,500,000	594,835
Alto	42	Obras de ingeniería civil	3,281,091	1,694,106
Alto	46	Comercio al por mayor, excepto el de vehículos automotores	719,027	6,624,365
Alto	47	Comercio al por menor, excepto el de vehículos automotores	1,770,790	4,518,593
Alto	49	Transporte por vía terrestre y transporte por tuberías	696,371	1,843,170
Alto	52	Almacenamiento y actividades de apoyo al transporte	223,495	1,963,241
Alto	61	Telecomunicaciones	217,989	4,980,486
Alto	84	Administración pública y defensa y planes de seguridad social	23,500,000	3,739,353
Alto	85	Enseñanza	11,100,000	2,760,684
Alto	86	Actividades de atención de la salud humana	4,530,596	700,828
Medio Alto	17	Fabricación de papel y de productos de papel	2,769,044	537,262
Medio Alto	21	Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas	464,428	634,777
Medio Alto	22	Fabricación de productos de caucho y de plástico	780,667	1,272,217
Medio Alto	23	Fabricación de otros productos minerales no metálicos	911,296	1,306,289
Medio Alto	41	Construcción de edificios	556,623	1,221,981
Medio Alto	45	Comercio al por mayor y al por menor y reparación de vehículos	104,186	1,282,880
Medio Alto	51	Transporte por vía aérea	333,746	1,444,600
Medio Alto	55	Actividades de alojamiento	732,121	489,112
Medio Alto	56	Actividades de servicio de comidas y bebidas	330,426	921,958
Medio Alto	65	Seguros, reaseguros y fondos de pensiones	58,945	0
Medio Alto	68	Actividades inmobiliarias	543,664	615,782
Medio Alto	70	Actividades de oficinas principales y actividades de consultoría	228,647	974,936
Medio Alto	71	Actividades de arquitectura e ingeniería y ensayos y análisis	77,221	1,284,314
Medio Alto	94	Actividades de asociaciones	2,798,065	285,089
Medio Alto	96	Otras actividades de servicios personales	217,285	1,915,728
Medio Bajo	07	Extracción de minerales metalíferos	18,739	280,328

Medio Bajo	07	Extracción de minerales metalíferos	18,739	280,328
Medio Bajo	08	Explotación de otras minas y canteras	97,434	209,109
Medio Bajo	09	Actividades de servicios de apoyo para la explotación de mi	13,522	302,878
Medio Bajo	25	Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maqui	43,735	650,300
Medio Bajo	27	Fabricación de equipo eléctrico	55,344	463,885
Medio Bajo	28	Fabricación de maquinaria y equipo	64,968	300,372
Medio Bajo	33	Reparación e instalación de maquinaria y equipo	1,206,282	140,707
Medio Bajo	58	Actividades de edición	36,147	444,803
Medio Bajo	59	Actividades de producción de películas cinematográficas,	137,402	154,927
Medio Bajo	63	Actividades de servicios de información	587,338	41,358
Medio Bajo	64	Actividades de servicios financieros, excepto las de seguros	743,886	43,871
Medio Bajo	69	Actividades jurídicas y de contabilidad	195	668,933
Medio Bajo	77	Actividades de alquiler y arrendamiento	730	559,075
Medio Bajo	78	Actividades de empleo	130,735	659,101
Medio Bajo	79	Actividades de agencias de viajes y operadores turísticos	162,739	230,064
Medio Bajo	93	Actividades deportivas, de esparcimiento y recreativas	1,791,122	228,465
Medio Bajo	99	Actividades de organizaciones y órganos extraterritoriales	8,628	0
Bajo	15	Fabricación de productos de cuero y productos conexos	35,592	114,041
Bajo	16	Producción de madera y fabricación de productos de madera	1,577	138,111
Bajo	26	Fabricación de productos de informática, de electrónica	50,384	49,161
Bajo	29	Fabricación de vehículos automotores, remolques	12,358	159,959
Bajo	30	Fabricación de otro equipo de transporte	5,492	67,061
Bajo	37	Evacuación de aguas residuales	18,063	265
Bajo	53	Actividades postales y de mensajería	49,688	117,225
Bajo	66	Actividades auxiliares de servicios financieros	31,728	153,718
Bajo	72	Investigación científica y desarrollo	9,244	40,497
Bajo	91	Actividades de bibliotecas, archivos y museos	29,413	6,807
Sin riesgo	02	Silvicultura y extracción de madera	0	0
Sin riesgo	03	Pesca y acuicultura	0	683,610
Sin riesgo	05	Extracción de carbón de piedra y lignito	0	791
Sin riesgo	06	Extracción de petróleo crudo y gas natural	0	1,780,055
Sin riesgo	12	Elaboración de productos de tabaco	0	0
Sin riesgo	14	Fabricación de prendas de vestir	0	1,643,928
Sin riesgo	18	Impresión y reproducción de grabaciones	0	558,860
Sin riesgo	31	Fabricación de muebles	0	252,400
Sin riesgo	32	Otras industrias manufactureras	0	254,610
Sin riesgo	38	Recogida, tratamiento y eliminación de desechos	0	77,550

Anexo 3.

Listado de ramas de producción por nivel de riesgo hídrico en consumo de agua subterránea

NIVEL DE RIESGO	ciiu2	DESCRIPCIÓN	VOLUMEN DE AGUA (M3)	VALOR AGREGADO (MILES S/.)
Alto	01	Agricultura, ganadería, caza y actividades de servicios con	3,199,374	1,645,315
Alto	10	Elaboración de productos alimenticios	3,079,945	3,850,567
Alto	11	Elaboración de bebidas	10,700,000	882,838
Alto	13	Fabricación de productos textiles	4,610,994	1,168,139
Alto	19	Fabricación de coque y productos de la refinación del petróleo	5,243,839	1,243,741
Alto	20	Fabricación de sustancias y productos químicos	1,453,474	1,636,500
Alto	24	Fabricación de metales comunes	868,514	2,885,012
Alto	35	Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	2,218,452	1,786,817
Alto	36	Captación, tratamiento y distribución de agua	99,500,000	594,835
Alto	42	Obras de ingeniería civil	1,147,688	1,694,106
Alto	46	Comercio al por mayor, excepto el de vehículos automotores	330,560	6,624,365
Alto	52	Almacenamiento y actividades de apoyo al transporte	125,504	1,963,241
Alto	84	Administración pública y defensa	146,747	3,739,353
Alto	85	Enseñanza	1,319,268	2,760,684
Medio Alto	17	Fabricación de papel y de productos de papel	2,620,130	537,262
Medio Alto	22	Fabricación de productos de caucho y de plástico	528,751	1,272,217
Medio Alto	23	Fabricación de otros productos minerales no metálicos	595,088	1,306,289
Medio Alto	41	Construcción de edificios	456,625	1,221,981
Medio Alto	47	Comercio al por menor, excepto el de vehículos automotores	51,182	4,518,593
Medio Alto	49	Transporte por vía terrestre y transporte por tuberías	515,150	1,843,170
Medio Alto	94	Actividades de asociaciones	1,522,397	285,089
Medio Alto	96	Otras actividades de servicios personales	89,580	1,915,728
Medio Bajo	08	Explotación de otras minas y canteras	82,799	209,109
Medio Bajo	21	Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas	290,131	634,777
Medio Bajo	25	Fabricación de productos elaborados de metal	1,932	650,300
Medio Bajo	27	Fabricación de equipo eléctrico	28,918	463,885
Medio Bajo	28	Fabricación de maquinaria y equipo	13,478	300,372
Medio Bajo	33	Reparación e instalación de maquinaria y equipo	1,194,586	140,707
Medio Bajo	45	Comercio al por mayor y al por menor y reparación de vehículos	12,958	1,282,880
Medio Bajo	55	Actividades de alojamiento	36,999	489,112
Medio Bajo	56	Actividades de servicio de comidas y bebidas	23,690	921,958
Medio Bajo	68	Actividades inmobiliarias	27,324	615,782
Medio Bajo	70	Actividades de oficinas principales	7,490	974,936
Medio Bajo	79	Actividades de agencias de viajes y operadores turísticos y	102,846	230,064
Bajo	07	Extracción de minerales metalíferos	85	280,328
Bajo	26	Fabricación de productos de informática, de electrónica y	26,280	49,161
Bajo	63	Actividades de servicios de información	103,193	41,358
Sin riesgo	02	Silvicultura y extracción de madera	0	0
Sin riesgo	03	Pesca y acuicultura	0	683,610
Sin riesgo	05	Extracción de carbón de piedra y lignito	0	791
Sin riesgo	06	Extracción de petróleo crudo y gas natural	0	1,780,055
Sin riesgo	09	Actividades de servicios de apoyo para la explotación de minas	0	302,878
Sin riesgo	12	Elaboración de productos de tabaco	0	0
Sin riesgo	14	Fabricación de prendas de vestir	0	1,643,928
Sin riesgo	15	Fabricación de productos de cuero y productos conexos	0	114,041
Sin riesgo	16	Producción de madera y fabricación de productos de madera	0	138,111
Sin riesgo	18	Impresión y reproducción de grabaciones	0	558,860

Sin riesgo	06	Extracción de petróleo crudo y gas natural	0	1,780,055
Sin riesgo	09	Actividades de servicios de apoyo para la explotación de minas	0	302,878
Sin riesgo	12	Elaboración de productos de tabaco	0	0
Sin riesgo	14	Fabricación de prendas de vestir	0	1,643,928
Sin riesgo	15	Fabricación de productos de cuero y productos conexos	0	114,041
Sin riesgo	16	Producción de madera y fabricación de productos de madera	0	138,111
Sin riesgo	18	Impresión y reproducción de grabaciones	0	558,860
Sin riesgo	29	Fabricación de vehículos automotores, remolques	0	159,959
Sin riesgo	30	Fabricación de otro equipo de transporte	0	67,061
Sin riesgo	31	Fabricación de muebles	0	252,400
Sin riesgo	32	Otras industrias manufactureras	0	254,610
Sin riesgo	37	Evacuación de aguas residuales	0	265
Sin riesgo	38	Recogida, tratamiento y eliminación de desechos	0	77,550
Sin riesgo	39	Actividades de descontaminación y otros servicios de gestión	0	5,452
Sin riesgo	43	Actividades especializadas de construcción	0	679,133
Sin riesgo	50	Transporte por vía acuática	0	118,292
Sin riesgo	51	Transporte por vía aérea	0	1,444,600
Sin riesgo	53	Actividades postales y de mensajería	0	117,225
Sin riesgo	58	Actividades de edición	0	444,803
Sin riesgo	59	Actividades de producción de películas cinematográficas,	0	154,927
Sin riesgo	60	Actividades de programación y transmisión	0	247,883
Sin riesgo	61	Telecomunicaciones	0	4,980,486
Sin riesgo	62	Programación informática, consultoría de informática y a	0	401,574
Sin riesgo	64	Actividades de servicios financieros, excepto las de seguros	0	43,871
Sin riesgo	65	Seguros, reaseguros y fondos de pensiones	0	0
Sin riesgo	66	Actividades auxiliares de las actividades de servicios finan	0	153,718
Sin riesgo	69	Actividades jurídicas y de contabilidad	0	668,933
Sin riesgo	71	Actividades de arquitectura e ingeniería	0	1,284,314
Sin riesgo	72	Investigación científica y desarrollo	0	40,497
Sin riesgo	73	Publicidad y estudios de mercado	0	462,416
Sin riesgo	74	Otras actividades profesionales, científicas y técnicas	0	290,510
Sin riesgo	75	Actividades veterinarias	0	14,770
Sin riesgo	77	Actividades de alquiler y arrendamiento	0	559,075
Sin riesgo	78	Actividades de empleo	0	659,101
Sin riesgo	80	Actividades de seguridad e investigación	0	790,435
Sin riesgo	81	Actividades de servicios a edificios y de paisajismo	0	106,982
Sin riesgo	82	Actividades administrativas y de apoyo de oficina y otras ac	0	508,630
Sin riesgo	86	Actividades de atención de la salud humana	0	700,828
Sin riesgo	87	Actividades de atención en instituciones	0	26,084
Sin riesgo	88	Actividades de asistencia social sin alojamiento	0	0
Sin riesgo	90	Actividades creativas, artísticas y de entretenimiento	0	23,654
Sin riesgo	91	Actividades de bibliotecas, archivos y museos y otras activi	0	6,807
Sin riesgo	92	Actividades de juegos de azar y apuestas	0	824,404
Sin riesgo	93	Actividades deportivas, de esparcimiento y recreativas	0	228,465
Sin riesgo	95	Reparación de ordenadores y de efectos personales y enseres	0	104,517
Sin riesgo	97	Actividades de los hogares como empleadores	0	0
Sin riesgo	98	Actividades no diferenciadas de los hogares como productores	0	0
Sin riesgo	99	Actividades de organizaciones y órganos extraterritoriales	0	0

Anexo 4.

Listado de ramas de producción por nivel de riesgo hídrico en consumo de agua de SEDAPAL

NIVEL DE RIESGO	ciiu2	DESCRIPCIÓN	VOLUMEN DE AGUA (M3)	VALOR AGREGADO (MILES S/.)
Alto	01	Agricultura, ganadería, caza y actividades de servicios con	219,135	1,645,315
Alto	10	Elaboración de productos alimenticios	729,566	3,850,567
Alto	13	Fabricación de productos textiles	1,204,983	1,168,139
Alto	20	Fabricación de sustancias y productos químicos	311,057	1,636,500
Alto	23	Fabricación de otros productos minerales no metálicos	316,208	1,306,289
Alto	24	Fabricación de metales comunes	96,050	2,885,012
Alto	35	Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	229,706	1,786,817
Alto	42	Obras de ingeniería civil	2,133,403	1,694,106
Alto	46	Comercio al por mayor, excepto el de vehículos automotores	388,467	6,624,365
Alto	47	Comercio al por menor, excepto el de vehículos automotores	1,719,608	4,518,593
Alto	51	Transporte por vía aérea	333,746	1,444,600
Alto	52	Almacenamiento y actividades de apoyo al transporte	97,991	1,963,241
Alto	61	Telecomunicaciones	217,989	4,980,486
Alto	84	Administración pública y defensa	23,400,000	3,739,353
Alto	85	Enseñanza	9,808,159	2,760,684
Alto	86	Actividades de atención de la salud humana	4,530,596	700,828
Alto	93	Actividades deportivas, de esparcimiento y recreativas	1,791,122	228,465
Medio Alto	11	Elaboración de bebidas	98,259	882,838
Medio Alto	19	Fabricación de coque y productos de la refinación del petr	174,579	1,243,741
Medio Alto	21	Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas	174,297	634,777
Medio Alto	22	Fabricación de productos de caucho y de plástico	251,916	1,272,217
Medio Alto	41	Construcción de edificios	99,999	1,221,981
Medio Alto	45	Comercio al por mayor y al por menor y reparación de vehíc	91,228	1,282,880
Medio Alto	49	Transporte por vía terrestre y transporte por tuberías	181,220	1,843,170
Medio Alto	55	Actividades de alojamiento	695,122	489,112
Medio Alto	56	Actividades de servicio de comidas y bebidas	306,736	921,958
Medio Alto	65	Seguros, reaseguros y fondos de pensiones, excepto planes de	58,945	0
Medio Alto	68	Actividades inmobiliarias	516,340	615,782
Medio Alto	70	Actividades de oficinas principales	221,157	974,936
Medio Alto	71	Actividades de arquitectura e ingeniería	77,221	1,284,314
Medio Alto	78	Actividades de empleo	130,735	659,101
Medio Alto	94	Actividades de asociaciones	1,275,668	285,089

Anexo 4.

Listado de ramas de producción por nivel de riesgo hídrico en consumo de agua de SEDAPAL

Medio Alto	94	Actividades de asociaciones	1,275,668	285,089
Medio Alto	96	Otras actividades de servicios personales	127,704	1,915,728
Medio Bajo	07	Extracción de minerales metalíferos	18,654	280,328
Medio Bajo	09	Actividades de servicios de apoyo para la explotación de mi	13,522	302,878
Medio Bajo	17	Fabricación de papel y de productos de papel	148,914	537,262
Medio Bajo	25	Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maqui	41,803	650,300
Medio Bajo	27	Fabricación de equipo eléctrico	26,426	463,885
Medio Bajo	28	Fabricación de maquinaria y equipo n.c.p.	51,490	300,372
Medio Bajo	53	Actividades postales y de mensajería	49,688	117,225
Medio Bajo	58	Actividades de edición	36,147	444,803
Medio Bajo	59	Actividades de producción de películas cinematográficas,	137,402	154,927
Medio Bajo	63	Actividades de servicios de información	484,145	41,358
Medio Bajo	64	Actividades de servicios financieros, excepto las de seguros	743,886	43,871
Medio Bajo	66	Actividades auxiliares de las actividades de servicios finan	31,728	153,718
Medio Bajo	69	Actividades jurídicas y de contabilidad	195	668,933
Medio Bajo	77	Actividades de alquiler y arrendamiento	730	559,075
Medio Bajo	79	Actividades de agencias de viajes y operadores turísticos y	59,893	230,064
Medio Bajo	99	Actividades de organizaciones y órganos extraterritoriales	8,628	0
Bajo	08	Explotación de otras minas y canteras	14,635	209,109
Bajo	15	Fabricación de productos de cuero y productos conexos	35,592	114,041
Bajo	16	Producción de madera y fabricación de productos de madera	1,577	138,111
Bajo	26	Fabricación de productos de informática, de electrónica y	24,104	49,161
Bajo	29	Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirrem	12,358	159,959
Bajo	30	Fabricación de otro equipo de transporte	5,492	67,061
Bajo	33	Reparación e instalación de maquinaria y equipo	11,696	140,707
Bajo	37	Evacuación de aguas residuales	18,063	265
Bajo	72	Investigación científica y desarrollo	9,244	40,497
Bajo	91	Actividades de bibliotecas, archivos y museos y otras activi	29,413	6,807
Sin riesgo	02	Silvicultura y extracción de madera	0	0
Sin riesgo	03	Pesca y acuicultura	0	683,610
Sin riesgo	05	Extracción de carbón de piedra y lignito	0	791
Sin riesgo	06	Extracción de petróleo crudo y gas natural	0	1,780,055
Sin riesgo	12	Elaboración de productos de tabaco	0	0
Sin riesgo	14	Fabricación de prendas de vestir	0	1,643,928

Anexo 4.

Listado de ramas de producción por nivel de riesgo hídrico en consumo de agua de SEDAPAL

Sin riesgo	18	Impresión y reproducción de grabaciones	0	558,860
Sin riesgo	31	Fabricación de muebles	0	252,400
Sin riesgo	32	Otras industrias manufactureras	0	254,610
Sin riesgo	36	Captación, tratamiento y distribución de agua	0	594,835
Sin riesgo	38	Recogida, tratamiento y eliminación de desechos	0	77,550
Sin riesgo	39	Actividades de descontaminación y otros servicios de gestión	0	5,452
Sin riesgo	43	Actividades especializadas de construcción	0	679,133
Sin riesgo	50	Transporte por vía acuática	0	118,292
Sin riesgo	60	Actividades de programación y transmisión	0	247,883
Sin riesgo	62	Programación informática, consultoría de informática y a	0	401,574
Sin riesgo	73	Publicidad y estudios de mercado	0	462,416
Sin riesgo	74	Otras actividades profesionales, científicas y técnicas	0	290,510
Sin riesgo	75	Actividades veterinarias	0	14,770
Sin riesgo	80	Actividades de seguridad e investigación	0	790,435
Sin riesgo	81	Actividades de servicios a edificios y de paisajismo	0	106,982
Sin riesgo	82	Actividades administrativas y de apoyo de oficina y otras ac	0	508,630
Sin riesgo	87	Actividades de atención en instituciones	0	26,084
Sin riesgo	88	Actividades de asistencia social sin alojamiento	0	0
Sin riesgo	90	Actividades creativas, artísticas y de entretenimiento	0	23,654
Sin riesgo	92	Actividades de juegos de azar y apuestas	0	824,404
Sin riesgo	95	Reparación de ordenadores y de efectos personales y enseres	0	104,517
Sin riesgo	97	Actividades de los hogares como empleadores de personal	0	0
Sin riesgo	98	Actividades no diferenciadas de los hogares c		
		omo productores	0	0

Anexo 5.

Códigos de distritos usados en el texto

CÓDIGO	DISTRITO	CÓDIGO	DISTRITO
1	ANCON	25	MAGDALENA DEL MAR
2	ATE	26	MIRAFLORES
3	BARRANCO	27	PACHACAMAC
4	BELLAVISTA	28	PUCUSANA
5	BREÑA	29	PUEBLO LIBRE
6	CALLAO	30	PUENTE PIEDRA
7	CARABAYLLO	31	PUNTA HERMOSA
8	CARMEN DE LA LEGUA REYNOSO	32	PUNTA NEGRA
9	CHACLACAYO	33	RIMAC
10	CHORRILLOS	34	SAN BARTOLO
11	CIENEGUILLA	35	SAN BORJA
12	COMAS	36	SAN ISIDRO
13	EL AGUSTINO	37	SAN JUAN DE LURIGANCHO
14	INDEPENDENCIA	38	SAN JUAN DE MIRAFLORES
15	JESUS MARIA	39	SAN LUIS
16	LA MOLINA	40	SAN MARTIN DE PORRES
17	LA PERLA	41	SAN MIGUEL
18	LA PUNTA	42	SANTA ANITA
19	LA VICTORIA	43	SANTA MARIA DEL MAR
20	LIMA	44	SANTA ROSA
21	LINCE	45	SANTIAGO DE SURCO
22	LOS OLIVOS	46	SURQUILLO
23	LURIGANCHO	47	VENTANILLA
24	LURIN	48	VILLA EL SALVADOR
		49	VILLA MARIA DEL TRIUNFO

Anexo 6.

Listado de distritos y su clasificación de riesgo según fuente de abastecimiento

CÓDIGO	DISTRITO	RIESGO DE USO GENERAL	RIESGO AGUA SUBTERRÁNEA	RIESGO AGUA SEDAPAL	CONSUMO TOTAL	AGUA SUBTERRÁNEA (M3)	AGUA SEDAPAL (M3)
40	SAN MARTIN DE PORRES	Alto	Medio Alto	Alto	4,451,428	2,525,365	1,926,063
16	LA MOLINA	Alto	Medio Alto	Alto	7,257,944	5,041,881	2,216,063
7	CARABAYLLO	Alto	Alto	Medio Bajo	25,200,000	24,726,138	476,770
42	SANTA ANITA	Alto	Alto	Medio Alto	12,500,000	11,792,039	737,622
36	SAN ISIDRO	Alto	Alto	Alto	3,087,938	760,106	2,327,832
26	MIRAFLORES	Alto	Alto	Alto	4,796,161	2,744,573	2,051,588
45	SANTIAGO DE SURCO	Alto	Alto	Alto	5,927,859	3,342,603	2,585,256
20	LIMA	Alto	Alto	Alto	9,323,070	2,630,883	6,692,188
6	CALLAO	Alto	Alto	Alto	10,200,000	8,189,958	2,009,040
37	SAN JUAN DE LURIGANCHO	Alto	Alto	Alto	25,400,000	22,342,816	3,061,441
2	ATE	Alto	Alto	Alto	27,700,000	25,566,783	2,143,168
5	BREÑA	Medio Alto	Medio Bajo	Medio Alto	1,327,310	36,474	1,290,836
38	SAN JUAN DE MIRAFLORES	Medio Alto	Medio Bajo	Medio Alto	2,648,656	22,000	2,626,656
19	LA VICTORIA	Medio Alto	Medio Bajo	Alto	1,154,240	26,546	1,127,693
35	SAN BORJA	Medio Alto	Medio Bajo	Alto	1,622,620	52,957	1,569,663
15	JESUS MARIA	Medio Alto	Medio Bajo	Alto	3,141,515	69,538	3,071,977
24	LURIN	Medio Alto	Medio Alto	Medio Bajo	1,911,839	1,791,321	120,518
30	PUENTE PIEDRA	Medio Alto	Medio Alto	Medio Bajo	5,719,787	5,143,805	575,982
23	LURIGANCHO	Medio Alto	Medio Alto	Medio Bajo	7,324,505	7,249,455	75,049
46	SURQUILLO	Medio Alto	Medio Alto	Medio Alto	875,814	130,766	745,048
47	VENTANILLA	Medio Alto	Medio Alto	Medio Alto	3,626,081	2,792,831	833,250
41	SAN MIGUEL	Medio Alto	Medio Alto	Alto	1,814,025	209,104	1,604,921
10	CHORRILLOS	Medio Alto	Medio Alto	Alto	3,316,381	589,989	2,726,392
29	PUEBLO LIBRE	Medio Bajo	Medio Bajo	Bajo	62,964	62,964	0
11	CIENEGUILLA	Medio Bajo	Medio Bajo	Bajo	1,652,459	1,602,054	50,405
9	CHACLACAYO	Medio Bajo	Medio Bajo	Bajo	2,555,382	2,515,086	40,296
49	VILLA MARIA DEL TRIUNFO	Medio Bajo	Medio Bajo	Medio Bajo	9,666	9,666	0
8	CARMEN DE LA LEGUA REYNOSO	Medio Bajo	Medio Bajo	Medio Bajo	333,841	25,363	308,478
21	LINCE	Medio Bajo	Medio Bajo	Medio Bajo	513,856	173,376	340,480
48	VILLA EL SALVADOR	Medio Bajo	Medio Bajo	Medio Bajo	554,050	124,022	430,028
39	SAN LUIS	Medio Bajo	Medio Bajo	Medio Bajo	735,841	53,835	682,006
25	MAGDALENA DEL MAR	Medio Bajo	Medio Bajo	Medio Bajo	751,996	197,381	554,615
14	INDEPENDENCIA	Medio Bajo	Medio Bajo	Medio Bajo	1,044,140	12,142	1,031,998
4	BELLAVISTA	Medio Bajo	Medio Bajo	Medio Bajo	1,184,271	57,747	1,126,524



Anexo 6.

Listado de distritos y su clasificación de riesgo según fuente de absatecimiento

12	COMAS	Medio Bajo	Medio Bajo	Medio Bajo	1,642,349	498,575	1,143,773
13	EL AGUSTINO	Medio Bajo	Medio Bajo	Medio Bajo	2,311,315	1,372,554	938,761
27	PACHACAMAC	Medio Bajo	Medio Bajo	Medio Bajo	8,326,363	7,560,253	766,110
22	LOS OLIVOS	Medio Bajo	Medio Bajo	Medio Alto	1,113,031	93,910	1,019,121
1	ANCON	Medio Bajo	Medio Alto	Medio Bajo	1,077,272	0	1,077,272
33	RIMAC	Medio Bajo	Medio Alto	Medio Bajo	1,132,961	0	1,132,961
18	LA PUNTA	Bajo	Medio Bajo	Bajo	220,473	156,287	64,186
28	PUCUSANA	Bajo	Medio Alto	Bajo	6,381	0	6,381
31	PUNTA HERMOSA	Bajo	Medio Alto	Bajo	9,146	0	9,146
34	SAN BARTOLO	Bajo	Medio Alto	Bajo	9,495	0	9,495
44	SANTA ROSA	Bajo	Medio Alto	Bajo	25,872	0	25,872
3	BARRANCO	Bajo	Medio Alto	Medio Bajo	227,915	0	227,915
17	LA PERLA	Bajo	Medio Alto	Medio Bajo	411,031	0	411,031
43	SANTA MARIA DEL MAR	Sin riesgo	Sin riesgo	Sin riesgo	0	0	0
32	PUNTA NEGRA	Sin riesgo	Sin riesgo	Sin riesgo	0	0	0

Anexo 7.

De La matriz IP Nacional a la matriz IP de Lima y Callao

Las Tablas de Insumo-Producto (TIP) de las Cuentas Nacionales son una fuente crucial de información para el presente estudio. En particular, es de interés la Matriz de Oferta-Utilización, que es la que describe los flujos de bienes y servicios entre los distintos sectores y actividades de la economía nacional. Esta matriz es la base para la elaboración de la matriz de coeficientes técnicos (dividiendo cada celda por el producto correspondiente), que permitirá luego generar multiplicadores con respecto al uso del agua para cada sector/actividad/producto.

La matriz base para las estimaciones requeridas es la de Oferta-Utilización. Usaremos la matriz descrita en el Anexo 2.5. del Informe de Cuentas Nacionales, que registra las transacciones de 54 actividades/ productos (adicionalmente, tiene 2 productos de medición especial y productos transitorios, que no utilizaremos). En el cuadro siguiente se puede ver una toma de la matriz con algunos productos/actividades.

|Cuadro 7. Matriz de Oferta-Utilización de Cuentas Nacionales

DEMANDA INTERMEDIA									
CÓDIGO DEL PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	AGRICULTURA, GANADERÍA, CAZA Y SILVICULTURA	PESCA Y ACUICULTURA	EXTRACCIÓN DE PETRÓLRO CRUDO, GAS NATURAL Y SERVICIOS CONEXOS	EDUCACIÓN	SALUD	SERVICIOS SOCIALES Y DE ASOCIACIONES U ORGANIZACIONES NO MERCANTES	OTRAS ACTIVIDADES DE SERVICIOS PERSONALES	ACTIVIDADES DE MEDICIÓN ESPECIAL
		001	002	003	051	052	053	054	055
									TOTAL_DI
001	Productos agropecuarios, de caza y de silvicultura	2997	4	0	5	5	57	3	0
002	Productos de la pesaca y de acuicultura	0	26	0	1	2	0	0	0
003	Petróleo crudi, gas natural y servicios con	0	0	1285	0	0	0	0	0
051	Servicios de educación	0	2	3	743	16	50	7	0
052	Servicios de salud	0	0	0	0	861	0	0	0
053	Servicios sociales y de asociaciones u organizaciones	0	0	0	0	0	0	0	0
054	Otras actividades de servicios personales	0	0	5	57	104	29	354	0
055	Productos de medición especial	0	0	0	0	0	0	0	2896
099	Productos transitorios	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		7418	1795	4019	4339	4063	1585	3687	3248
									270 413

Fuente: INEI, Cuentas Nacionales

Como se puede ver, las celdas de la matriz están en millones de soles, y el total de la demanda intermedia (transacciones entre actividades, incluyendo importaciones) ascendió a 270,413 millones del Soles del año 2007.

Además de la matriz de O-U entre actividades, las Tablas consideran la demanda final para cada actividad (fila), como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 8. Matriz de Oferta-Utilización de Cuentas Nacionales

DEMANDA INTERMEDIA									
CÓDIGO DEL PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	AGRICULTURA, GANADERÍA, CAZA Y SILVICULTURA	EDUCACIÓN	SALUD	SERVICIOS SOCIALES Y DE ASOCIACIONES U ORGANIZACIONES NO MERCANTES	OTRAS ACTIVIDADES DE SERVICIOS PERSONALES	ACTIVIDADES DE MEDICIÓN ESPECIAL	TOTAL_DF	TOTAL_DEMANDA
		001	051	052	053	054	055	TOTAL_DI	TOTAL_ DEMANDA
001	Productos agropecuarios, de caza y de silvicultura	2,997	5	5	57	3	0	22,646	37,963
053	Servicios sociales y de asociaciones u organizaciones	0	0	0	0	0	0	1,744	1,744
054	Otras actividades de servicios personales	0	57	104	29	354	0	11,882	13,297
055	Productos de medición especial	0	0	0	0	0	2,896	4,520	7,416
099	Productos transitorios	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		7,418	4,339	4,063	1,585	3,687	3,248	270,413	668,795

Fuente: INEI, Cuentas Nacionales

La demanda final de la economía peruana para el año 2007 fue de 398,382 millones de soles. Sumándole la demanda intermedia (la suma de las columnas de la matriz O-U para cada actividad), se llega a una demanda total agregada de la economía de 668,795 millones de soles. La matriz O-U permite conocer la demanda intermedia (suma de columnas) y el consumo intermedio (suma de filas) para cada actividad. La columna total de la matriz es la demanda intermedia de cada sector (cuanto le vende cada sector/actividad a los demás sectores/actividades, incluyéndose a sí mismo), mientras que la fila de total es el consumo intermedio de cada actividad (cuando le compra la actividad al resto, incluyéndose a sí mismo).

Cabe señalar que usaremos la matriz O-U en la que no se distinguen los bienes y servicios de origen nacional o importado. La separación de este origen generaría dos matrices similares para bienes nacionales y bienes importados, pero complicaría en forma exponencial el análisis posterior, por lo que se adoptará la práctica común de usar la matriz unificada como mejor forma de establecer coeficientes técnicos de las actividades al margen del origen nacional o importado de los bienes y servicios.

Posteriormente en esta sección se explica el procedimiento para proyectar matrices regionales como la de Lima y Callao en base a la matriz nacional. Esta proyección es posible si conocemos la estructura de la demanda y consumos intermedios de las regiones correspondientes a un nivel de actividad similar a la de la matriz IP nacional. Para dicho ejercicio es muy importante la información procesada del Censo Económico (2007) para Lima y Callao que se describió en la sección previa.

Pero para poder desarrollar la metodología propuesta es necesario compatibilizar la matriz O-U de las cuentas nacionales con los datos del Censo Económico 2007. Como se vio, la matriz O-U tiene 54 actividades, mientras que el Censo tiene un máximo de 80 actividades. Estas dos listas de actividades no son necesariamente compatibles y se requiere un proceso de homologación que describimos a continuación. Llamemos A a la lista de la matriz O-U y B a la lista del Censo Económico. Al respecto, existen tres situaciones posibles para las actividades: (i) relación uno a uno entre A y B; (ii) relación muchas en B a una en A; (iii) relación una en B a muchas en A. En este caso requerimos homologar por lo menos al nivel de la lista A de la matriz O-U. En el caso de (i) no hay problema, hay correspondencia de actividades. En el caso (ii) también es posible agrupar las actividades de B en base a su correspondencia con una sola actividad en A. El problema es con el caso (iii), en el que se tienen varias actividades en A correspondientes a una sola actividad de B. Para esos casos (14 actividades en A) fue preciso colapsarlas en la matriz O-U de tal forma que se genere correspondencia de uno a uno con B. En conjunto, el ejercicio implicó colapsar la matriz O-U en 44 actividades en A, las que son compatibles con 44 actividades en B (muchas agrupadas)

En el cuadro siguiente se consignan las equivalencias finales entre actividades de ambas bases de datos.

Cuadro 9. Equivalencias de actividades entre Matriz OU y Censo Económico

CENSO ECÓNOMICO 2007		MATRIZ OU MATRIZ IP 2007	
Código	DESCRIPCIÓN	Código	DESCRIPCIÓN
3	Pesca y acuicultura	2	Productos de la pesca y acuicultura
5	Extracción de carbón de piedra y lignito	4	Productos minerales y servicios conexos
6	Extracción de petróleo crudo y gas natural	3	Petróleo crudo, gas natural y servicios conexos
7	Extracción de minerales metalíferos	4	Productos minerales y servicios conexos
8	Explotación de otras minas y canteras	4	Productos minerales y servicios conexos
9	Actividades de servicios de apoyo para la explotación de minas y canteras	4	Productos minerales y servicios conexos
10	Elaboración de productos alimenticios	10	Productos alimenticios
11	Elaboración de bebidas	15	Bebidas y productos del tabaco
12	Elaboración de productos de tabaco	15	Bebidas y productos del tabaco
13	Fabricación de productos textiles	16	Textiles
14	Fabricación de prendas de vestir	17	Prendas de vestir
15	Fabricación de productos de cuero y productos conexos	18	Cuero y calzado
16	Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho, excepto muebles	19	Madera y productos de madera
17	Fabricación de papel y de productos de papel	20	Papel y productos de papel
18	Impresión y reproducción de grabaciones	21	Productos de imprenta y reproducción de grabaciones
19	Fabricación de coque y productos de la refinación del petróleo	22	Petróleo refinado
20	Fabricación de sustancias y productos químicos	23	Productos químicos
21	Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso farmacéutico	25	Productos farmacéuticos y medicamentos
22	Fabricación de productos de caucho y de plástico	26	Productos de caucho y plástico
23	Fabricación de otros productos minerales no metálicos	27	Productos minerales no metálicos
24	Fabricación de metales comunes	28	Productos de siderurgia
25	Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo	30	Productos metálicos diversos
26	Fabricación de productos de informática, de electrónica y de óptica	31	Productos informáticos, electrónicos y ópticos
27	Fabricación de equipo eléctrico	32	Maquinaria y equipo
28	Fabricación de maquinaria y equipo n.c.p.	32	Maquinaria y equipo
29	Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques	32	Maquinaria y equipo
30	Fabricación de otro equipo de transporte	33	Material de transporte
31	Fabricación de muebles	34	Muebles
32	Otras industrias manufactureras	35	Otros productos manufacturados diversos
33	Reparación e instalación de maquinaria y equipo	35	Otros productos manufacturados diversos
35	Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	36	Servicio de electricidad, gas y agua
36	Captación, tratamiento y distribución de agua	36	Servicio de electricidad, gas y agua
37	Evacuación de aguas residuales	36	Servicio de electricidad, gas y agua
38	Recogida, tratamiento y eliminación de desechos	36	Servicio de electricidad, gas y agua
39	Actividades de descontaminación y otros servicios de gestión de desechos	36	Servicio de electricidad, gas y agua
41	Construcción de edificios	37	Construcción
42	Obras de ingeniería civil	37	Construcción
43	Actividades especializadas de construcción	37	Construcción
45	Comercio al por mayor y al por menor y reparación de vehículos automotores y motocicletas	38	Comercio, mantenimiento y reparación de vehículos
46	Comercio al por mayor, excepto el de vehículos automotores y motocicletas	38	Comercio, mantenimiento y reparación de vehículos
47	Comercio al por menor, excepto el de vehículos automotores y motocicletas	38	Comercio, mantenimiento y reparación de vehículos
49	Transporte por vía terrestre y transporte por tuberías	39	Transporte, almacenamiento, correo y mensajería
50	Transporte por vía acuática	39	Transporte, almacenamiento, correo y mensajería
51	Transporte por vía aérea	39	Transporte, almacenamiento, correo y mensajería
52	Almacenamiento y actividades de apoyo al transporte	39	Transporte, almacenamiento, correo y mensajería
53	Actividades postales y de mensajería	39	Transporte, almacenamiento, correo y mensajería
55	Actividades de alojamiento	40	Alojamiento y restaurantes

68	Actividades inmobiliarias	45	Actividades inmobiliarias
69	Actividades jurídicas y de contabilidad	46	Servicios profesionales, científicos y técnicos
70	Actividades de oficinas principales	46	Servicios profesionales, científicos y técnicos
71	Actividades de arquitectura e ingeniería	46	Servicios profesionales, científicos y técnicos
72	Investigación científica y desarrollo	46	Servicios profesionales, científicos y técnicos
73	Publicidad y estudios de mercado	46	Servicios profesionales, científicos y técnicos
74	Otras actividades profesionales, científicas y técnicas	47	Servicios profesionales, científicos y técnicos
75	Actividades veterinarias	48	Servicios profesionales, científicos y técnicos
77	Actividades de alquiler y arrendamiento	46	Servicios profesionales, científicos y técnicos
78	Actividades de empleo	46	Servicios profesionales, científicos y técnicos
79	Actividades de agencias de viajes y operadores turísticos y servicios de reservas y actividades conexas	48	Agencias de viaje y operadores turísticos
80	Actividades de seguridad e investigación	46	Servicios profesionales, científicos y técnicos
81	Actividades de servicios a edificios y de paisajismo	46	Servicios profesionales, científicos y técnicos
82	Actividades administrativas y de apoyo de oficina y otras actividades de apoyo a las empresas	49	Otros servicios administrativos y de apoyo a empresas
84	Administración pública y defensa	50	Servicios de administración pública, defensa y otros
85	Enseñanza	51	Servicios de educación
86	Actividades de atención de la salud humana	52	Servicios de salud
87	Actividades de atención en instituciones	53	Servicios de salud
88	Actividades de asistencia social sin alojamiento	54	Servicios de salud
90	Actividades creativas, artísticas y de entretenimiento	54	Otras actividades de servicios personales
91	Actividades de bibliotecas, archivos y museos y otras actividades culturales	54	Otras actividades de servicios personales
92	Actividades de juegos de azar y apuestas	54	Otras actividades de servicios personales
93	Actividades deportivas, de esparcimiento y recreativas	53	Servicios sociales y de asociaciones u organizaciones
94	Actividades de asociaciones		
95	Reparación de ordenadores y de efectos personales y enseres domésticos	53	Servicios sociales y de asociaciones u organizaciones
96	Otras actividades de servicios personales	54	Otras actividades de servicios personales
97	Actividades de los hogares como empleadores de personal doméstico	54	Otras actividades de servicios personales
98	Actividades no diferenciadas de los hogares como productores de bienes y servicios para uso propio	54	Otras actividades de servicios personales
99	Actividades de organizaciones y órganos extraterritoriales	54	Otras actividades de servicios personales

Anexo 7.1

La estimación de la matriz IP para Lima y Callao en base al método rAs

Se plantea generar la matriz insumo-producto en Lima Metropolitana y el Callao utilizando la metodología denominada rAs, de extrapolación en base a la matriz insumo-producto nacional y los valores de producción sectorial de la región agregada de ambas provincias. Para fines del ejercicio se han agregado los productos de la matriz IP nacional de 2007 en 44 actividades/productos, para las cuales también se cuenta con información de producción, valor agregado y consumo intermedio del Censo Económico 2007.

El método rAs es utilizado para actualizar matrices insumo-producto cuando no se tiene información completa o actualizada de las interrelaciones económicas. Como las matrices se estiman generalmente en un año base, luego es necesario tener matrices actualizadas para cada año posterior al año base, se aplica este método de actualización. Igualmente, el método se puede aplicar a un territorio de rango menor como las regiones dentro del territorio nacional, con supuestos que dependerán de la información que se disponga al nivel regional. Nosotros usaremos este último enfoque para el presente estudio.

El método parte de tener una matriz de coeficientes técnicos a nivel nacional, digamos A de dimensión N x N sectores. Esta matriz, en sus filas "i", indica el destino de la producción de la actividad/producto (fila) "i" hacia la demanda de cada (columna) actividad/producto "j" para la producción de una unidad de actividad/producto "i", donde $i=1...N$; $j=1...N$. Si uno mira a través de una columna "j" de la matriz, encuentra las cantidades de actividad/producto del resto de la economía que la

actividad/producto "j" utilizará para producir una unidad. Así, esta matriz expresa relaciones técnicas de producción entre las actividades/producto en que se puede clasificar la economía, donde cada actividad/producto es ofertante y demandante de producción para y de otros sectores.

El método rAs permite extrapolar la matriz regional A1 sobre la base de la matriz nacional A. Para poder realizar el cálculo se requiere información a nivel regional del vector Nx1 de la producción de cada sector (w1), así como el vector Nx1 de la demanda intermedia (u1) y el vector fila Nx1 de consumo intermedio (v1) de cada actividad/producto. En nuestro caso, contamos con esta información tomada del Censo Económico 2007 y complementada con imputaciones para los productos del sector agropecuario y del sector público. Sobre esta base, el método rAs es un algoritmo iterativo que inicia con la estimación de $u1^{\wedge}$ definido como:

$$u1^{\wedge} = [A * \text{diag}(w1)] * 1 \quad (i)$$

donde 1 es un vector Nx1 de unos (1s) utilizado para sumar las filas de la matriz que post-multiplica. $u1^{\wedge}$ es un estimado de la demanda intermedia de todos los sectores basado en el producto regional w1 y la matriz nacional A. Con este vector, ahora se puede estimar la matriz diagonal r1 de dimensión NxN.

$$r1 = \text{diag}(u1) * (\text{inv}(\text{diag}(u1^{\wedge}))) \quad (ii)$$

donde $\text{inv}()$ denota la inversa de la matriz diagonal correspondiente. Esta matriz $r1$ es la que se utiliza para ajustar la matriz original A para dar origen a una nueva matriz ajustada $A1$:

$$A1 = r1 * A \quad (\text{iii})$$

La nueva matriz $A1$ cumplirá con la restricción de que las filas sumen a la demanda intermedia conocida $u1$. No obstante, esta matriz no suma en sus columnas al vector conocido $v1$, por lo que se realiza una nueva estimación y un nuevo ajuste. Para este fin se estima la matriz de ajuste $s1$:

$$s1 = \text{diag}(v1) * \text{inv}(\text{diag}(v1^{\wedge})) \quad (\text{iv})$$

donde $v1^{\wedge}$ es similar a (1) pero para la suma por columnas. Ahora se puede ajustar nuevamente la matriz $A1$ de la siguiente forma:

$$A2 = A1 * s1 = r1 * A * s1 \quad (\text{v})$$

La matriz $A2$ cumplirá con la restricción de que la suma de los consumos intermedios, pero dejará de cumplir la de las filas. No obstante, en cada iteración, la matriz ajustada se irá estabilizando hasta llegar a una nueva matriz final ajustada:

$$Ak = rk * rk-1 * rk-2 \dots r1 * A * s1 * s2 \dots sk-1 * sk \quad (\text{vi})$$

La matriz Ak cumplirá de manera aproximada con las restricciones de suma de filas y columnas y será usada como proxy de la matriz de coeficientes técnicos de la región con producción $w1$ y consumo y demanda intermedias $v1$ y $u1$. El método arroja un estimado robusto

de la matriz regional sobre la base de la información disponible y las matrices r y s de ajuste son las que le dan nombre al método rAs .

Anexo 8

Divisiones de 2 dígitos en el CIIU, Revisión 4

SECCIÓN CIIU	DESCRIPCIÓN CIIU	DESCRIPCIÓN DIVISIÓN (CIIU 2)
A: AGRICULTURA	01	Agricultura, ganadería, caza y actividades de servicios conexas
	02	Silvicultura y extracción de madera
	03	Pesca y Acuicultura.
B: MINERÍA	05	Extracción de carbón y lignito, extracción de turba.
	07	Extracción de minerales metalíferos.
	08	Explotación de otras minas y canteras.
	09	Actividades de servicio de apoyo a la explotación de minas.
C: INDUSTRIA	10	Elaboración de productos alimenticios.
	11	Elaboración de bebidas.
	13	Fabricación de productos textiles.
	14	Fabricación de prendas de vestir.
	15	Fabricación de cueros y productos conexas.
	16	Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho
	17	Fabricación de papel y de productos de papel.
	18	Actividades de impresión y reproducción de grabaciones.
	19	Fabricación de coque y de productos de la refinación del petróleo.
	20	Fabricación de sustancias y productos químicos.
	21	Fabricación de productos farmacéuticos y preparaciones farmacéuticas.
	22	Fabricación de productos de caucho y plástico.
	23	Fabricación de otros productos minerales no metálicos.
	24	Fabricación de metales comunes.
	25	Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo
	26	Fabricación de productos informáticos, electrónicos y ópticos.
	27	Fabricación de equipo eléctrico.
	28	Fabricación de maquinaria y equipo n.c.p.
	29	Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques.
	30	Fabricación de otros tipos de equipo de transporte.
D: ELECTRICIDAD	31	Fabricación de muebles.
	32	Otras industrias manufactureras.
	33	Reparación e instalación de la maquinaria y equipo.
	35	Suministro de electricidad, gas, vapor, y aire acondicionado.
E: AGUA	36	Captación, tratamiento y suministro de agua.
	37	Alcantarillado.
	38	Recolección, tratamiento y eliminación de desechos, recuperación de mater
	39	Actividades de saneamiento y otros servicios de gestión de desechos.
F: CONSTRUCCIÓN	41	Construcción de edificios.
	42	Ingeniería civil.
	43	Actividades de construcción especializada.
G: COMERCIO	45	Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores
	46	Comercio al por mayor, excepto de vehículos automotores y motocicletas.
	47	Comercio al por menor, excepto el comercio de vehículos automotores y motocicletas
H: TRANSPORTE	49	Transporte por vía terrestre; transporte por tuberías.
	50	Transporte por vía acuática.
	51	Transporte por vía aérea.
	52	Depósito y actividades de transporte complementarias.
	53	Actividades postales y de correo.
I: ALOJAMIENTO Y COMIDA	55	Alojamiento.
	56	Servicios de comidas y bebidas.
J: INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES	58	Actividades de edición.
	59	Actividades cinematográficas, de video y de programas de televisión, grabaciones
	60	Actividades de programación y emisión de radio y televisión.
	61	Telecomunicaciones.
	62	Programación, consultoría y otras actividades relacionadas con la informática
	63	Actividades de servicios de información.

Anexo 8

Divisiones de 2 dígitos en el CIIU, Revisión 4

K: FINANZAS Y SEGUROS	64	Servicios financieros, excepto la financiación de planes de seguros y de
	66	Actividades auxiliares a los servicios financieros y a los seguros.
L: INMOBILIARIAS	68	Actividades inmobiliarias.
M: ACTIVIDADES PROFESIONALES	69	Actividades jurídicas y de contabilidad.
	70	Actividades de las sedes centrales; actividades de consultoría de gestión
	71	Actividades de arquitectura e ingeniería; ensayos y análisis técnicos.
	72	Investigación científica y desarrollo.
	73	Publicidad e investigación de mercados.
	74	Otras actividades profesionales, científicas y técnicas.
	75	Actividades veterinarias.
N: SERVICIOS ADMINISTRATIVOS	77	Actividades de alquiler y de arrendamiento operativo.
	78	Actividades relacionadas con el empleo.
	79	Agencias de viajes, operadores turísticos, servicios de reserva y otras a
	80	Actividades de seguridad e investigación.
	81	Actividades de servicio a edificios y actividades de jardinería.
	82	Actividades administrativas de oficina y otras actividades de apoyo a las
P: EDUCACIÓN	85	Enseñanza privada.
Q: SALUD	86	Actividades relacionadas con la salud humana.
	87	Actividades de asistencia en centros residenciales.
R: ACTIVIDADES CULTURALES	90	Actividades de arte, entretenimiento y creatividad.
S: OTROS SERVICIOS	94	Actividades de asociaciones.
	95	Reparación de computadoras, efectos personales y enseres domésticos.
	96	Otras actividades de servicios personales.
T: HOGARES	92	Actividades de juegos de azar y apuestas.
U: ORGANIZACIONES	93	Actividades deportivas, de diversión y esparcimiento.

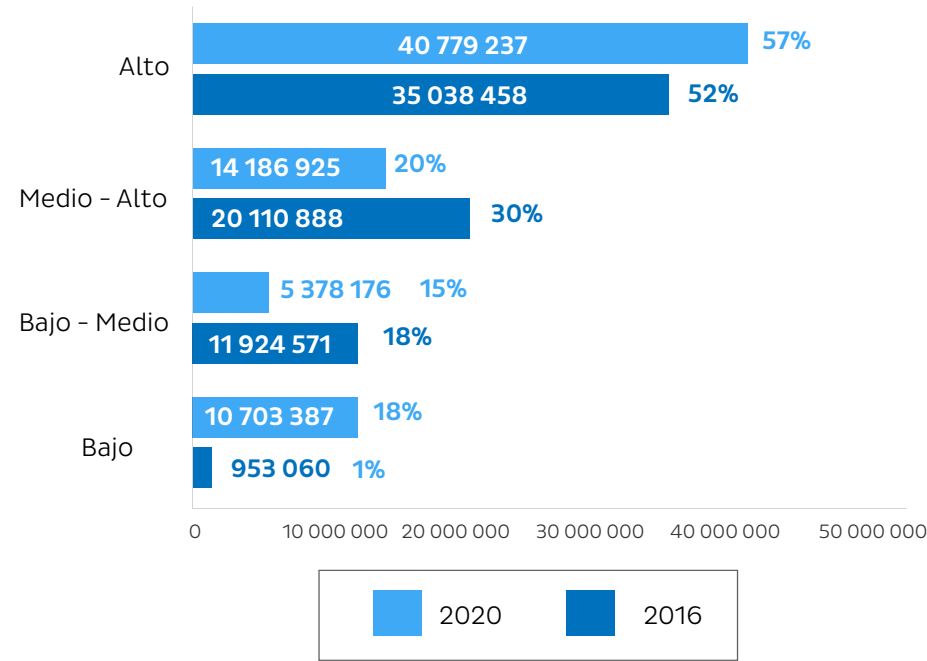
Anexo 9

Resultados comparativos en la clasificación de riesgo hídrico en este estudio y el estudio previo de 2016

En este anexo se presentan los resultados obtenidos en la clasificación de riesgo por rama de actividad en el presente estudio en comparación al estudio anterior en cuanto a dos variables económicas importantes: el valor agregado y el empleo en cada categoría de riesgo.

En el gráfico y cuadro siguientes se presenta el porcentaje del valor agregado con riesgo alto y medio-alto para las dos versiones del estudio.

Gráfico 9.1. Valor agregado por nivel de riesgo hídrico



Cuadro 9.1. Porcentaje del valor agregado en riesgo medio-alto y alto

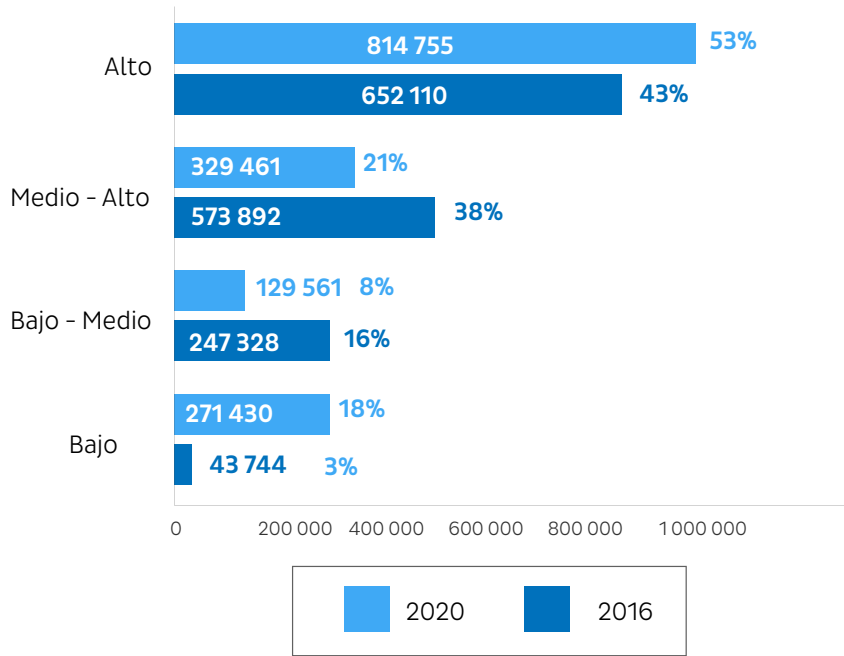
	% Medio-Alto		% Alto	
	2016	2020	2016	2020
A: AGRICULTURA, PESCA	97%	0%	0%	71%
B: EXPLOTACIÓN DE MINAS Y CANTERAS	65%	0%	0%	0%
C: INDUSTRIAS MANUFACTURERAS	18%	19%	70%	58%
D: ELECTRICIDAD	0%	0%	100%	100%
E: DISTRIBUCIÓN DE AGUA	88%	0%	0%	88%
F: CONSTRUCCIÓN	0%	34%	66%	47%
G: COMERCIO AL POR MAYOR Y AL POR MENOR	36%	10%	64%	90%
H: TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO	43%	32%	31%	64%
I : ALOJAMIENTO Y SERVICIOS DE COMIDA	0%	100%	100%	0%
J: INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES	79%	0%	0%	79%
K: ACTIVIDADES FINANCIERAS Y DE SEGUROS	0%	0%	0%	0%
L: ACTIVIDADES INMOBILIARIAS	100%	100%	0%	0%
M: ACTIVIDADES PROFESIONALES	8%	60%	34%	0%
N: ACTIVIDADES DE SERVICIOS ADMINISTRATIVOS	23%	0%	0%	0%
P: EDUCACIÓN	0%	0%	100%	100%
Q: ACTIVIDADES DE ATENCION DE LA SALUD HUMANA	96%	0%	0%	96%
R: ACTIVIDADES ARTÍSTICAS, ENTRET. Y RECREACIÓN	0%	0%	0%	0%
S: OTRAS ACTIVIDADES DE SERVICIOS	0%	95%	83%	0%
T: ACTIVIDADES DE LOS HOGARES INDIVIDUALES	0%	0%	0%	0%
U: ACTIVIDADES DE ORGANIZACIONES	0%	0%	0%	0%
TOTAL	30%	20%	52%	57%

El valor de las actividades bajo riesgo alto subió del 52% al 57%, mientras que los de riesgo medio-alto bajó de 30 a 20%. El valor bajo riesgo bajo subió significativamente de 1 a 18% entre ambos estudios. En conjunto, se observa una mayor dispersión de la distribución del riesgo hacia los extremos, ya que aumenta el valor bajo riesgo alto y bajo al mismo tiempo.

En términos de los sectores con riesgo alto, se puede ver aumentos significativos en sectores grandes de servicios como educación y salud, así como en abastecimiento de agua, comercio e información. Por el contrario, el valor de producción manufacturera en riesgo alto cayó de 70 a 58%, mejorando el perfil de riesgo hídrico de estos sectores entre ambos estudios.

Los cambios en la clasificación en relación al empleo se muestran en el gráfico y cuadro siguientes.

Gráfico 9.2. Empleos por nivel de riesgo



El total de empleos bajo riesgo medio-alto y alto baja ligeramente de 1.22 a 1.14 millones entre ambos estudios, pero el total de empleos bajo riesgo alto se incrementa significativamente de 652 mil a 814 mil entre ambos estudios. Esto implica un aumento en el riesgo de sectores más intensivos en mano de obra, especialmente en servicios de salud y educación, como vimos previamente.

Cuadro 9.2. Empleos bajo riesgo medio-alto y alto

	% Medio-Alto		% Alto		Total	
	2016	2020	2016	2020	2016	2020
A: AGRICULTURA, PESCA	17,931	0	0	35,784	17,931	35,784
B: EXPLOTACIÓN DE MINAS Y CANTERAS	10,604	0	0	0	10,604	0
C: INDUSTRIAS MANUFACTURERAS	105,437	46,189	178,019	145,148	283,456	191,337
D: ELECTRICIDAD	0	0	7,005	7,005	7,005	7,005
E: DISTRIBUCIÓN DE AGUA	2,382	0	0	2,382	2,382	2,382
F: CONSTRUCCIÓN	0	23,430	45,533	37,164	45,533	60,594
G: COMERCIO AL POR MAYOR Y AL POR MENOR	285,099	36,083	138,079	387,095	423,178	423,178
H: TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO	43,407	21,989	25,571	50,938	68,978	72,927
I : ALOJAMIENTO Y SERVICIOS DE COMIDA	0	78,475	78,475	0	78,475	78,475
J: INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES	32,161	0	0	32,161	32,161	32,161
K: ACTIVIDADES FINANCIERAS Y DE SEGUROS	0	0	0	0	0	0
L: ACTIVIDADES INMOBILIARIAS	6,090	6,090	0	0	6,090	6,090
M: ACTIVIDADES PROFESIONALES	7,567	50,073	25,844	0	33,411	50,073
N: ACTIVIDADES DE SERVICIOS ADMINISTRATIVOS	39,009	0	0	0	39,009	0
P: EDUCACIÓN	0	0	92,873	92,873	92,873	92,873
Q: ACTIVIDADES DE ATENCION DE LA SALUD HUMANA	24,205	0	0	24,205	24,205	24,205
R: ACTIVIDADES ARTÍSTICAS, ENTRET. Y RECREACIÓN	0	0	0	0	0	0
S: OTRAS ACTIVIDADES DE SERVICIOS	0	67,132	60,711	0	60,711	67,132
T: ACTIVIDADES DE LOS HOGARES INDIVIDUALES	0	0	0	0	0	0
U: ACTIVIDADES DE ORGANIZACIONES	0	0	0	0	0	0
TOTAL	573,892	329,461	652,110	814,755	1,226,002	1,144,216

Gracias al 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



Desde AQUAFONDO expresamos un especial agradecimiento al Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima - SEDAPAL y a la Autoridad Nacional del Agua - ANA por facilitarnos valiosa información sin la cual este estudio, no hubiera sido posible

aquafondo
INVERSIÓN EN AGUA PARA LIMA



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Embajada de Suiza en el Perú

**Agencia Suiza para el Desarrollo
y la Cooperación COSUDE**



Nestlé