

RECURSOS HIDRÁULICOS EN EL PERÚ: UNA VISIÓN ESTRATÉGICA

Julio M. Kuroiwa

Director. Laboratorio Nacional de Hidráulica. Universidad Nacional de Ingeniería.
Lima, Perú.

RESUMEN

Este artículo resume la situación actual de la disponibilidad de recursos hídricos en el Perú. Se ha incluido una breve descripción de la distribución espacial de los recursos hídricos y la población. Los usos del agua y tendencias futuras han sido explicados cuantitativamente. Los desastres relacionados con el agua se describen brevemente. Los esfuerzos que ha realizado el Gobierno del Perú recientemente para fortalecer las autoridades que ejercen control sobre el manejo del agua a nivel nacional, regional y local han sido comentados. Se ha resumido asimismo, las implicancias de las nuevas leyes relacionadas al agua. Finalmente, se presentan avances de las investigaciones realizadas por algunas universidades como ejemplos de trabajos realizados en el campo de los recursos hídricos.

1. INTRODUCCIÓN

El Perú, con un área de 1 285 216 km² y una población de 28 220 764 millones de habitantes (a Octubre de 2007), se encuentra ubicado en el centro de la Costa Oeste de Sudamérica. La presencia de la Corriente Peruana (localmente conocida como la Corriente de Humboldt), la Cordillera de los Andes y la Selva Amazónica han creado una gran diversidad de climas dentro del país y una distribución muy desigual de los recursos hídricos.

El antiguo Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) identificó 106 cuencas hidrográficas. Tres macro cuencas contienen las cuencas identificadas: la Cuenca del Pacífico, la Cuenca del Atlántico y la Cuenca del Lago Titicaca, las cuales se presentan en la Figura 1.

La Cuenca del Pacífico está compuesta por sistemas hidrográficos localizados en la Vertiente Occidental de los Andes. La mayoría de ríos son de corta longitud y de fuerte pendiente. La mayoría de las divisorias se encuentran por encima de los 5 000 m sobre el nivel del mayor y la mayoría de los cursos de agua tienen menos de 150 km de longitud. La Cuenca del Atlántico (llamada también Cuenca Amazónica) está

compuesta por un sistema de ríos que se encuentra en la Vertiente Oriental de los Andes y transporta agua al río Amazonas o a un tributario mayor de éste. La Cuenca del Lago Titicaca es un sistema cerrado que incluye además otras dos subcuencas en Bolivia y termina en dos lagos: Lago Poopó y el Lago Salado de Coipasa.

Aunque las cifras a nivel de país hagan pensar que el Perú es un país con abundantes recursos hídricos, con un promedio de $77\,534\text{ m}^3/\text{habitante/año}$, los recursos hídricos están distribuidos en forma muy desigual. La mayoría de la población peruana vive a lo largo de la cuenca del Pacífico. La Figura 2 muestra la distribución de la densidad de la población. Los tonos más oscuros muestran la mayor densidad poblacional por región. La Costa Peruana es una zona muy árida, con áreas hiperáridas en la Costa Sur y Central a semiáridas en la Costa Norte. La precipitación es virtualmente cero a nivel del mar y cerca de la cabecera de cuenca está en el orden de 900 mm/año . La mayor parte de la precipitación ocurre entre mediados de Noviembre y mediados de Abril. La Figura 3 muestra un paisaje típico de la Costa.

La Tabla 1 muestra que aunque la disponibilidad anual del agua para la Cuenca del Pacífico es sólo $37\,363$ millones de metros cúbicos, que representa el $1,8\%$ de la disponibilidad de agua para el país, el 65% de la población vive en esta área, lo que resulta en una disponibilidad media de $2\,040\text{ m}^3/\text{habitante/año}$ en promedio. Sin embargo, algunas ciudades tienen una disponibilidad menor a $1\,000\text{ m}^3/\text{habitante/año}$. Por ejemplo, la cuenca del Río Rímac, donde se ubica Lima, tiene una disponibilidad de sólo $148,6\text{ m}^3/\text{hab/año}$, que está muy por debajo del umbral de escasez hídrica. Lima es la segunda ciudad más grande del mundo ubicada en un desierto, después de El Cairo. Sin embargo, esta última tiene como fuente de abastecimiento al río Nilo, el cual proporciona una disponibilidad hídrica mucho mayor a la que el río Rímac proporciona a Lima.

La Cuenca Amazónica, que también incluye parte de la Sierra peruana, tiene una disponibilidad hídrica de $1\,998\,752$ millones de metros cúbicos anuales, que constituye el $97,7\%$ de los recursos hídricos de la nación. Con una población de $8\,579\,112$, el índice hídrico es $232\,979\text{ m}^3/\text{habitante/año}$. Este valor es aproximadamente 114 veces la disponibilidad hídrica en la Cuenca del Pacífico.

El Lago Titicaca es parte de un sistema cerrado formado por cuatro cuencas mayores: Lago Titicaca (T), Río Desaguadero (D), Lago Poopó (P) y el Lago Salado de Coipasa (S). Estas cuatro cuencas forman el sistema TDPS, de los cuales el Lago Titicaca, que

tiene un área de 8 400 km², es el lago más grande de Sudamérica (www.unesco.org/water/2009).

Tabla 1. Distribución de área, población y recursos hídricos en el Perú. (ANA, 2009) basado en INRENA (1995).

Cuenca	Área (1000 km ²)	Disponibilidad Hídrica (MCM/yr)	% Disponibilidad Hídrica	Población	% Población	Disponibilidad Hídrica (m ³ /hab/año)
Pacífico	279,7	37 363	1,8	18 315 276	65	2 040
Amazónica	958,5	1 998 752	97,7	8 579 112	30	232 979
Titicaca	47,2	10 172	0,5	1 326 376	5	7 669
Total	1 285,2	2 046 268	100,0	28 220 764	100	72 510

El área del lago Titicaca dentro de territorio peruano es 47 200 km². La población en esta área es 1 326 376, que es el 5 % del total de la población peruana. El volumen anual de escorrentía superficial es 10 172 000 m³, que representa el 0,5 % de los recursos hídricos anuales del Perú. La disponibilidad anual en la Cuenca del Titicaca es 7 669 m³/habitante/año.



Figura 1. División del Perú en Vertientes: Pacífico, Atlántico (Amazónica) y Titicaca.



Figura 2. Distribución de la densidad de la población en el Perú. Nótese que la población disminuye en dirección Este. Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (2007).



Figura 3. Paisaje típico de la Costa Central.



Figura 4. Vista de un paisaje de la Sierra a altitudes medianas.



Figura 5. Paisaje a una altitud a 4200 m.s.n.m. en la Sierra Central.



Figura 6. Paisaje de la Selva Baja, que es una zona muy húmeda.

2. USOS DEL AGUA EN EL PERÚ

El consumo anual de agua en el Perú es aproximadamente 20 072 millones de m³ (MMC) por año, de los cuales el 80 % se emplean en actividades agrícolas, 18 % son usados en servicios de agua potable y alcantarillado y usos industriales y 2 % es empleado en la industria minera. El uso no consuntivo, que incluye la generación de energía eléctrica, se estima en 11 139 MMC/año.

Actividades agrícolas

El potencial de tierras que pueden ser empleadas para actividades agrícolas es 6 411 000 Ha. Sin embargo, sólo 1 729 000 Ha están siendo irrigadas. En la Costa se riegan 1 080 000 Ha, pero sólo 836 000 son explotadas para propósitos comerciales. La Sierra Peruana y la Selva Peruana tienen el 18 % y 5 % de las tierras agrícolas del Perú. Las principales dificultades para desarrollar la agricultura en las zonas andinas son: la topografía accidentada, escasez de agua y el clima, particularmente cuando las áreas se encuentran por encima de los 3 500 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). La capa

delgada del suelo, que es fácilmente erosionable cuando el suelo ha sido alterado por arado, y el clima muy cálido, son las principales causas para impedir el desarrollo agrícola en la selva, particularmente en las partes más bajas. Las eficiencias promedio fluctúan entre 35 y 40 %.

Agua para uso doméstico urbano e industrial

Los servicios de agua potable y alcantarillado son proporcionados por 45 empresas proveedoras de servicios (EPS) que han sido autorizadas por SUNASS, la Superintendencia Nacional de Servicios Sanitarios. Estas empresas operan en 114 de las 194 provincias. Las provincias son subdivisiones de las regiones. En Lima Metropolitana, el 86,9 % tiene acceso a servicios de agua potable y el 69,5 % está conectado a la red de alcantarillado. El Gobierno Peruano está construyendo una nueva planta de tratamiento de agua aguas arriba de la existente y está expandiendo el servicio a comunidades que no cuentan con el mismo. La meta era proporcionar completa cobertura del servicio de agua para el año 2011, para cumplir en parte con las Metas del Milenio. En pequeños poblados donde la publicación es menos de 2 000, juntas administradoras cubren en parte los costos del servicio con una contribución mensual.

Uso industrial

La mayor parte de las actividades industriales se llevan a cabo en Lima y algunas ciudades grandes ubicadas a lo largo de la Costa del Perú. El consumo de agua en actividades industriales es 1 103 MMC/año en la Cuenca del Pacífico, 92 % del uso total industrial. El uso industrial es 49 MMC/año en la Vertiente del Atlántico, que representa el 7 % del total. La Cuenca del Lago Titicaca consume 3 MMC/año, que es el 1 % del consumo anual industrial. Las principales actividades que consumen agua son las siguientes: la industria del cuero, textiles, producción de bebidas, producción de comida, manufactura del papel y refinerías de petróleo.

Uso minero

Perú es el principal productor de plata del mundo con 111,6 millones de onzas de mineral en el año 2006. También es el tercer productor de zinc, contribuyendo con el 12 % de la producción total mundial y el quinto productor de oro, pues produjo 203 268 kg el año 2006. También está entre los 10 principales productores de plomo, tungsteno,

cadmio, bismuto, telurio, molibdeno y otros metales. Actualmente, las exportaciones mineras constituyen el 45,9 % de las exportaciones.

El uso del agua en la industria minera ha crecido a medida que la producción mundial ha crecido y la demanda de metales se encuentra a niveles sin precedentes. El orden de magnitud del consumo de agua en actividades mineras es 206,8 MMC/año, de los cuales el 73 % se consume en la Cuenca del Pacífico y el 26 % se consume en la cuenca del Atlántico. El 1 % restante se usa en la Cuenca del Lago Titicaca.

Generación de energía

El potencial de generación de energía está directamente relacionado con la disponibilidad de recursos hídricos y la topografía del área que se ha considerado para desarrollo energético. En un proyecto la persistencia de los caudales y la diferencia de elevación entre el nivel del agua en la cámara de carga y el nivel de agua en la salida son componentes que permiten estimar la potencia bruta disponible. En 1969 se empezó a desarrollar un estudio para evaluar el potencial para la generación de energía hidroeléctrica en el Perú y que fue conducida por el Consorcio Lahmeyer – Salzgitte. Este estudio fue auspiciado por la ex República Federal Alemana a través de la Sociedad Alemana de Cooperación (GTZ, acrónimo en alemán), el Banco Internacional para la Reconstrucción y el Desarrollo (IBRD) y el Gobierno Peruano. La evaluación consideró centrales hidroeléctricas que pudieran producir 20 MW o más. No se consideró estudiar lugares en la Selva Baja, debido a la escasez de datos confiables de planos topográficos y de información hidrológica; condiciones geológicas desfavorables y efectos dañinos para el medio ambiente causados por la inundación de grandes áreas naturales. Se estimó que el potencial teórico para la generación de energía era de 200 000 MW. El estudio fue actualizado en 1979 por el Ministerio de Energía y Minas (MEM, siglas en castellano). En ambos casos, los informes mencionaron que una de los principales problemas era la escasez de datos. La Tabla 2 resume el número de centrales hidroeléctricas y su potencial para generación de energía.

Tabla 2. Distribución de Centrales Hidroeléctricas por rangos de potencias generadas.

Potencia generada	Número de Centrales Hidroeléctricas
Más de 500 MW	1
Entre 100 y 500 MW	9
Entre 50 y 100 MW	4
Entre 10 y 50 MW	10
Menos de 10 MW	9

Es necesario mencionar que ELECTROPERU (La empresa de Generación de Electricidad del Gobierno Peruano) desarrolló estudios preliminares para la generación de energía en centrales hidroeléctricas, particularmente en aquellos lugares que dependían de la energía térmica en mayor proporción. Los lugares de la Selva Baja, ubicados en la llanura amazónica, usan mayormente energía térmica debido a la falta de información hidrológica en localidades adecuadas y la falta de una conectividad adecuada. Por ejemplo, el proyecto Napo – Mazán consiste en derivar agua del río Mazán, un tributario del río Amazonas, y derivarlo a una central hidroeléctrica. La energía se genera debido a la diferencia en elevación entre el río Mazán y el río Amazonas, que es de aproximadamente 6 m. Este proyecto podría suministrar energía a la ciudad de Iquitos, la capital de la Región Loreto, y otras ciudades en la Amazonía. En la actualidad se están desarrollando numerosos proyectos para la generación de energía. Una gran cantidad de empresas han solicitado licencias para el desarrollo de proyectos y debido a la gran demanda de energía se espera que se construyan nuevas centrales en el corto y mediano plazo.

Harald Federicksen (1996) señaló que es importante no desperdiciar el tiempo en lograr soluciones reales para resolver los problemas generados por la escasez de agua. Según Federicksen, hay cuatro puntos que se deben tomar en cuenta:

- a) El escaso tiempo para tomar medidas preventivas.
- b) Las medidas de mitigación limitadas que se encuentran disponibles para mitigar los efectos de la escasez de agua.
- c) La competencia por fondos y asignación de recursos.
- d) La poca habilidad para mitigar las sequías cuando estas ocurren.

Este último punto es precisamente el principal problema relacionado con la generación de energía hidroeléctrica. La mayoría de centrales hidroeléctricas en el Perú son “de paso”. Esto significa que se capta agua directamente del río, sin ser almacenada en una

cantidad significativa, y es derivada a la central. El agua usada para generación se devuelve al curso de agua (o a otro) aguas abajo. Esto significa que la producción de energía en el Perú es muy vulnerable a las sequías, aunque se han construido nuevas centrales térmicas en los últimos años debido a la alta demanda de energía. Por lo tanto, hay una necesidad inmediata de aumentar la capacidad de generación de energía.

3. ASPECTOS AMBIENTALES Y CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Las actividades humanas tienen un impacto en los recursos hídricos superficiales y subsuperficiales. Las actividades agrícolas, construcción de infraestructura, usos industriales, mineros, municipales y pastoreo tienen un impacto en el ambiente.

Las actividades agrícolas contribuyen a la contaminación de los cursos de agua. El uso de pesticidas y fertilizantes en los campos de cultivo causa la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. Durante la estación de lluvia, los residuos de fertilizantes y pesticidas son arrastrados mezclándose con la escorrentía superficial y disminuyendo la calidad del agua a medida que ingresan a los cursos de agua. Por ejemplo, se ha reportado contaminación por agroquímicos en el Lago Chinchaycocha, ubicado en los Andes Centrales del Perú. En este lago han sido extraídos totoraes (juncos locales) como forraje para alimentación de ganado. El ganado también contribuye a la compactación de los humedales que rodean el lago, destruyendo el hábitat de las especies nativas. Las actividades mineras también tienen una fuerte influencia en la disminución de fauna nativa en este lago.

Los acuíferos son también vulnerables a la explotación excesiva. La elevación de la napa freática disminuye cuando la tasa de demanda es mayor que la tasa de recarga. En áreas costeras, el abatimiento del acuífero puede causar intrusión salina, como ocurren en el acuífero de La Yarada, cerca de la frontera chileno-peruana.

Las actividades mineras en el Perú preceden a la Conquista Española. Se han encontrado joyería de oro, plata, cobre y artefactos de metal de hasta más de 3 000 años de antigüedad. Sin embargo, las actividades mineras se intensificaron durante la Colonia y la época Republicana. Durante los siglos XIX y XX se han realizado grandes inversiones para la explotación de sitios mineros. Al principio del siglo XX la inversión era principalmente privada y hubo inversión extranjera. En la década de los 60 se creó CENTROMIN PERU, la empresa estatal de minería, después que se produjo la expropiación de varios asientos mineros. Aunque la actividad minera es muy regulada en la actualidad, siendo los principales inversionistas aquellos que conducen

operaciones mineras en países del primer mundo y siguen sus estándares de control de calidad en la producción y en el cuidado al medio ambiente, los pasivos mineros del pasado han permanecido a lo largo del territorio peruano y es necesario implementar medidas de mitigación para disminuir la contaminación de los cursos de agua. Las actividades mineras no reguladas han dejado sitios mineros sin tratamiento de cierre. Algunos relaves están expuestos al medio ambiente y son erosionados durante la estación húmeda, disminuyendo rápidamente la calidad del agua. La Figura 7 muestra un relave abandonado en la margen derecha del río Colorado en los Andes del norte del Perú. Otros problemas que existen son las canteras abandonadas y los drenajes ácidos de minas antiguas que se están resolviendo de manera gradual en aquellos sitios donde se está realizando inversiones por nuevos propietarios que están obligados a asumir el pasivo dejado por concesionarios previos.



Figura 7. Relave abandonado en la margen izquierda del río Colorado, en la región Cajamarca, en los Andes del Norte del Perú.

En el Perú prácticamente no existen plantas de tratamiento de aguas servidas de gran tamaño. Por ejemplo, varios colectores entregan agua provenientes de los desagües de Lima, al Océano Pacífico. Las aguas servidas son predominantemente domésticas e industriales. Los volúmenes y porcentajes de aguas servidas tratadas y sin tratar anuales se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Volúmenes totales anuales de aguas servidas con tratamiento y sin tratamiento.

Aguas Servidas (residuales) producidas por servicios de saneamiento	Volumen por año (m³/año)	Caudal equivalente (m³/s)	% Tratamiento
Con Tratamiento	217253807	6,89	29,10
Sin Tratamiento	530027896	16,81	70,90
Total	747281703	23,70	100,00

Se puede apreciar que una gran cantidad de agua residual no es tratada. En la mayoría de casos las aguas servidas son directamente descargadas en los cursos o cuerpos de agua, contaminando de esta manera el ambiente.

Una de las primeras grandes plantas de tratamiento se va a construir en el Callao, la ciudad costera contigua a Lima, y tratará una parte de los desagües que provienen de la ciudad capital. Una empresa española ganó la licitación para ejecutar la obra el año 2009. SEDAPAL, la empresa de agua potable y alcantarillado de Lima, construirá otras plantas en los años siguientes, de acuerdo a información disponible en su página web (www.sedapal.com.pe, 2009).

De acuerdo a la Organización Panamericana de la Salud (OPS), el 80 % de la ocupación de hospitales se debe al consumo de agua contaminada. Debido a la falta de una cultura del agua, la mayoría de las empresas de agua potable de las ciudades y pueblos arrojan las aguas servidas en cuerpos y cursos de agua. Este problema se vuelve particularmente crítico en ciudades como Lima, que tiene 8 millones de habitantes, y Arequipa, que tiene 1 millón de habitantes. Los efluentes de ambas ciudades contaminan los ríos Rímac y Chili, respectivamente, de tal manera que los indicadores de calidad del agua son sobrepasados largamente. La contaminación reduce el volumen de agua de buena calidad y produce un aumento sustancial en el costo de tratamiento para obtener agua potable. En pueblos pequeños los problemas se agudizan porque no existen planes para el tratamiento de aguas residuales. Para cumplir uno de los 8 Objetivos del Milenio y reducir la mortalidad infantil, es necesario disminuir los niveles de contaminación ocasionados por la población y las actividades agrícolas, mineras e industriales. Este es un tema clave para reducir la pobreza en el país.

4. AGUA Y SOCIEDAD

La sociedad peruana es tan diversa como su geografía. El Perú cuenta con tres idiomas oficiales. El Castellano es una idioma oficial del Perú como lo son el Quechua y el Aymara, donde son las lenguas predominantes. Se ha reconocido 33 lenguas aborígenes (que se hablan mayormente en la Selva Amazónica) y que son parte del legado cultural de la nación. La visión sobre el tema agua es muy diversa. La escasez de agua dulce en la Costa y en la Sierra y el aumento del uso de este recurso han llevado a conflictos entre usuarios. El Perú ha creado un sistema para defender los derechos ciudadanos contra los abusos del Gobierno o grandes empresas privadas o instituciones llamada la Defensoría del Pueblo (www.defensoria.gob.pe). Esta institución informa todos los meses sobre los conflictos que ocurren en el Perú. La mayoría de casos está relacionada con la defensa del medio ambiente (51 % de los casos en Mayo de 2009) y la mayoría de estas denuncias está relacionada con el uso del agua.

En las selvas alta y baja los conflictos surgen debido a la oposición de varios grupos nativos que han sido testigos de los desequilibrios que se producen por actividades humanas no reguladas. Sin embargo hay lugares que han sido tomados por mineros informales y cuyas actividades no han sido controladas por el Gobierno. Los invasores no tienen oposición por parte de los nativos que aceptan los beneficios monetarios de la explotación ilegal del oro y otros minerales. Los daños al medio ambiente son muy severos porque los mineros informales usan mercurio en los procesos de extracción y no lo recolectan después. (El Comercio, Abril 2009). En la región de Madre de Dios, los mineros informales han deforestado 150 000 Ha de bosques primarios, afectando además a los humedales cercanos. El Ministro del Ambiente, Dr. Antonio Brack, calificó los daños causados por los mineros informales como “monstruosos”. En el año 2009 siete ministerios empezaron a evaluar el daño causado por los mineros. El 19 y 20 de Febrero de 2011, en una operación ejecutada por la Marina de Guerra del Perú, se destruyeron 12 dragas que extraían material del lecho del río para después procesarlo y obtener oro. Esto ha causado el rechazo de algunas organizaciones no gubernamentales y regionales, aunque la noticia fue bien recibida por la población en general.

Hay lugares en el Perú en el que las aguas superficiales y subterráneas están naturalmente contaminadas. Uno de estos lugares se encuentra cerca de las partes más altas de la Frontera Perú – Chile. La población, que vivía en pequeñas comunidades rurales, estaba expuesta al agua con altos niveles de arsénico. Rodríguez (2007) propuso soluciones tecnológicas sencillas que pueden ser fácilmente aplicadas por los pobladores de esta área.

5. EVENTOS EXTREMOS: SEQUÍAS Y AVENIDAS EN EL PERÚ – REDUCCIÓN EL RIESGO DE DESASTRES DE ORIGEN CLIMÁTICO

Los grupo de trabajo I al III han propuesto en los informes del año 2007 que la temperatura media del planeta aumentará entre 1.5 y 4° C durante el siglo XXI (IPCC, 2007). Por lo tanto, se espera que el desastre climático conocido como El Niño sea más severo y más frecuente en las décadas siguientes. El Niño 1982 causó inundaciones extremadamente severas en el Noroeste del país y sequía en el Altiplano Peruano – Boliviano, que se encuentra a más de 4 000 m sobre el nivel del mar. Estos dos efectos del mismo fenómeno causaron pérdidas por el 6.2 % del Producto Bruto Interno (PBI).

Para reducir los efectos de eventos extremos en las zonas urbanas del Perú, se inició en el año 1998 el Programa de Ciudades Sostenibles (PCS) y se enfocó al primer atributo de una CS: la seguridad. El mejor argumento para convencer al Jefe del Comité Ejecutivo para la Reconstrucción de El Niño (CEREN), que a la vez era el Primer Ministro del Perú, era que los mapas de inundaciones del Niño 1997-98 era prácticamente una copia carbón del FEN de 1982-83 en las principales ciudades afectadas por inundaciones, tales como Tumbes, Piura, Talara, Piura, ubicadas en el NO del país.

Una de las funciones del ANA es contribuir a la reducción de desastres relacionados con los recursos hídricos. Sin embargo, otras instituciones como el Centro Nacional para Planeamiento Estratégico del Perú (CEPLAN), también colaboran con esta tarea. Este centro ha nombrado a un especialista en la Oscilación Sur el Niño (ENSO) para reducir sus impactos negativos futuros.

Se ha observado tendencias negativas en los patrones de precipitación en Chile y en parte de la Costa Oeste de Sudamérica. El Sur del Perú podría verse afectado por la disminución de disponibilidad de agua. Se ha observado tendencias positivas en la Amazonía, lo que podría conllevar a inundaciones más frecuentes en las franjas ribereñas.

Los glaciares andinos están desapareciendo debido al aumento de la temperatura del aire y a una tendencia a la disminución de precipitaciones. La Figura 8 (Morales Arnao, 1982, 1997, 2005) muestra la evolución del glaciar Yanamarey en el lapso de 23 años. Este mismo fenómeno se ha observado en todos los glaciares de los Andes Peruanos. Por lo tanto, las reservas de agua en forma de hielo y nieve están disminuyendo a un

ritmo muy rápido y podría afectar adversamente la disponibilidad de agua en el futuro cercano.



Figura 8. Fotografía del Glaciar Yanamarey entre el año 1982 y 2005. (Morales Arnao, 1982, 1997 y 2005).

6. MARCO INSTITUCIONAL

La importancia que los políticos, empresarios y la sociedad general le ha dado a los recursos naturales del Perú se refleja en su escudo que muestra una Vicuña, el árbol de la Quina y una Cornucopia que contiene monedas de oro, los que representan a los reinos Animal, Vegetal y Mineral, respectivamente. Esto también refleja la importancia que han tenido los recursos naturales en la vida económica del Perú. En efecto, el Perú ha sido un proveedor de materias primas de países industrializados por aproximadamente 200 años.

El Perú es un país unitario. Su constitución establece que los recursos naturales, renovables o no, son propiedad del Estado y su explotación es otorgada en concesión al sector privado, si es que todas las condiciones y requisitos se cumplen (Constitución del Perú, 1993). Una gran cantidad de los ingresos y las exportaciones del Perú se basa en la explotación de sus recursos naturales, particularmente de la actividad minera, pesca a gran escala, y otras.

La agricultura y la industria alimenticia se están volviendo particularmente importantes también. La falta de planificación y control en actividades económicas han causado desastres ambientales que han causado la contaminación de suelos y agua de muchas cuencas. La contaminación del aire también ocurre como consecuencia del acarreo de contaminantes. Los evidentes daños causados al medio ambiente y la necesidad de contar con un ente que se encargara del cuidado y la preservación del mismo, llevaron a la creación del Ministerio de Ambiente en el año 2008. A continuación, se menciona las instituciones que en los últimos años tuvieron a su cargo el cuidado de los recursos hídricos en el Perú.

INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales)

Antes de la creación de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), INRENA, el Instituto Nacional de Recursos Naturales, estuvo a cargo de realizar y promover las acciones necesarias para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables, la conservación de la diversidad biológica silvestre y la protección del medio ambiente rural.

Este instituto era parte del Ministerio de Agricultura y un Superintendente de Recursos Hídricos estaba a cargo de planificar las asignaciones de agua y coordinar el uso de este recurso por los usuarios. INRENA también ha conducido investigaciones hidrológicas para determinar la disponibilidad de los recursos hídricos por cuenca. Varios funcionarios del INRENA participaron en la publicación de un documento no oficial llamado “Estrategia Nacional para la Gestión de los Recursos Hídricos Continentales del Perú”, en los que se incluyeron los puntos de vista de siete ministerios, que son: Agricultura; Defensa; Economía y Finanzas; Energía y Minas; Vivienda, Construcción y Saneamiento; Salud y Producción. Véase la Figura 9.

Debido al crecimiento poblacional y nuevas actividades económicas, el uso del agua ha aumentado en años recientes. Otros problemas como el aumento de la contaminación del agua, sumada a la menor disponibilidad y la competencia por el uso del agua han causado cada vez mayores conflictos entre los usuarios. Por este motivo, los funcionarios del Gobierno y la sociedad en su conjunto han exigido la creación de una Autoridad Nacional del Agua que pudiera administrar los recursos hídricos desde un punto de vista integral. Esta nueva institución se creó en Marzo de 2008 por Decreto Legislativo 997. El Sistema Nacional de Recursos Hídricos fue creado poco tiempo después.

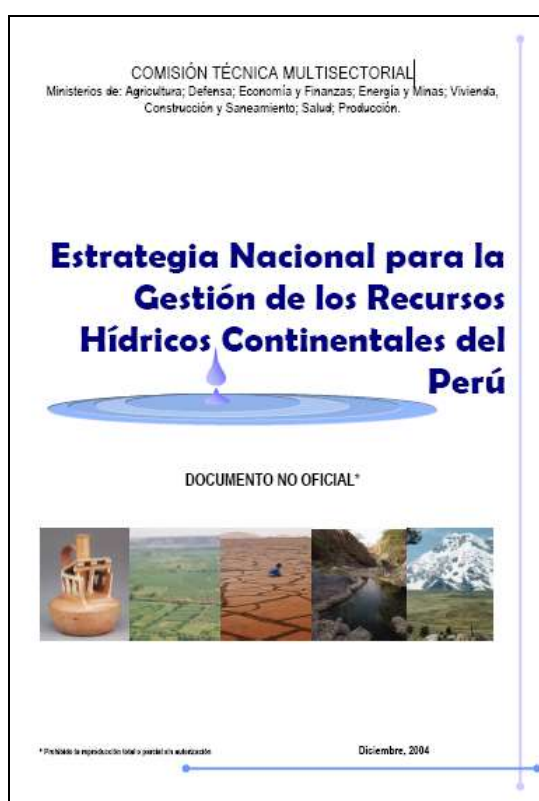


Figura 9. Documento No Oficial (Anónimo, 2004). Estrategia Nacional para la Gestión de Recursos Hídricos Continentales del Perú.

Autoridad Nacional del Agua - ANA

La Autoridad Nacional del Agua (ANA) es la institución gubernamental encargada de liderar las acciones necesarias para asegurar el uso sostenible del agua por todos los sectores cuenca por cuenca dentro de un marco de manejo integrado de los recursos naturales. Se establecen alianzas estratégicas con autoridades regionales y locales, y con los actores sociales y económicos que están involucrados en la problemática del agua.

La principal función del ANA es producir las políticas y la estrategia nacional de los recursos hídricos y formalizar los derechos del agua, promover la distribución equitativa del agua y actuar como facilitadores para la solución de conflictos entre los usuarios. ANA (2009) recientemente publicó el Libro “Política y Estrategia Nacional de los Recursos Hídricos del Perú” que proporciona un análisis general de la situación de los recursos hídricos y propone cursos de acción para resolver los problemas generados de la distribución desigual de los recursos hídricos, su escasez y usos múltiples. Este documento se basó en Anónimo (2004), que fue motivado e impulsado por funcionarios de INRENA. Véase la Figura 10.

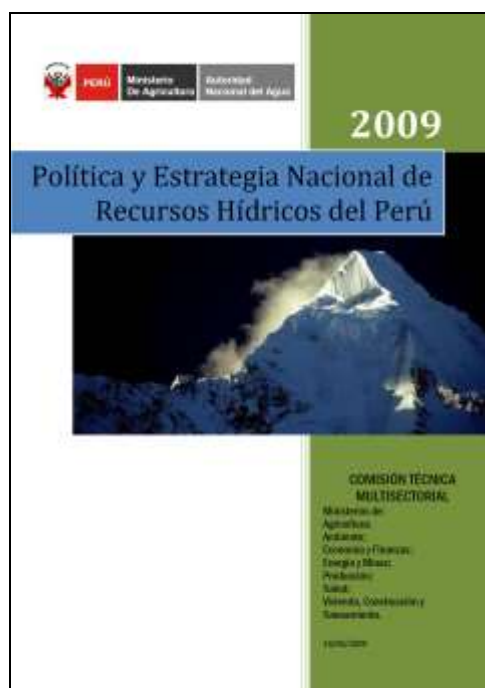


Figura 10. Documento publicado por ANA (2009). Esta publicación se basa en Anónimo (2004).

Sistema Nacional de Recursos Hídricos

El Sistema Nacional de Recursos Hídricos (en adelante SNRH) fue creado por Decreto Legislativo 1081 en Septiembre de 2008. Su objetivo principal es asegurarse que todos los sectores del gobierno nacional, regional y local, que tiene cualquier tipo de autoridad sobre asuntos del agua y los usuarios que pueden ser individuos, asociaciones o empresas, trabajen en forma coordinada para asegurar los recursos hídricos son usados en una forma sostenible y efectiva considerando los criterios de cantidad, calidad y

oportunidad de las intervenciones. Las siguientes instituciones, agencias y participantes privados son parte del SNRH:

- 1) ANA.
- 2) Ministerio del Ambiente.
- 3) Ministerio de Agricultura.
- 4) Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- 5) Ministerio de Salud.
- 6) Ministerio de la Producción.
- 7) Ministerio de Energía y Minas.
- 8) Agencias públicas que están relacionadas con el manejo del agua a niveles locales y regionales.
- 9) Concejos de Cuencas.
- 10) Operadores públicos y privados.
- 11) Juntas de Usuarios.

Ley de Recursos Hídricos – Ley N° 29338 de Marzo de 2009

La nueva Ley de Recursos Hídricos del Perú ha sido publicada en Marzo de 2009. Esta nueva ley establece que el ANA es la autoridad técnica y normativa que regula el uso del agua en el Perú. El Tribunal Nacional de Resolución de Controversias Hídricas es parte del ANA, sus sentencias son finales y sólo pueden ser apeladas a través de procedimientos judiciales. Se han establecido también los Consejos de Cuenca. Estos organismos participan en la planificación y coordinación de los usos del agua. Pueden cubrir una o dos regiones, en cuyo caso, cada región propondrá los suficientes miembros para que todos los sectores de la sociedad estén equitativamente representados por esta autoridad.

Las juntas de usuarios también están reguladas. Ellas operan, administran y mantienen la infraestructura de distribución del agua, deciden cómo va a ser distribuida, y cobran por el uso del agua.

Los derechos de las comunidades campesinas e indígenas también han sido reconocidos por esta ley. El agua puede ser usada de acuerdo a sus necesidades, costumbres y tradiciones. Estas organizaciones tienen los mismos derechos y obligaciones que las juntas de usuarios.

Las prioridades en el uso del agua están claramente definidas. La primera prioridad la tiene el uso primario, que es el consumo directo de seres humanos cuando el agua es

extraída directamente de la fuente. El uso poblacional, es decir el abastecimiento de agua y saneamiento de centros poblados, tiene la segunda prioridad. La tercera prioridad es uso productivo, que es el uso relacionado con actividades económicas, como la agricultura, ganadería, minería, industrias manufactureras, etc.

7. ESFUERZOS RECIENTES EN INVESTIGACIÓN EN RECURSOS HÍDRICOS

En el año 2005 se creó el Consorcio Universitario de Investigación en Recursos Hídricos (CUI-RH). Este consorcio estuvo compuesto por 8 universidades calificadas por el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación del Perú (CONCYTEC). Esta institución es un organismo del gobierno que promueve las investigaciones científicas y tecnológicas en el país. Las universidades calificadas fueron: Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), la Universidad Nacional Agraria – La Molina (UNALM), la Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH), Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), Universidad Nacional de Trujillo (UNT), Universidad Nacional San Agustín de Arequipa (UNSAA) y Universidad Nacional San Antonio Abad del Cuzco (UNSAAC). Estas universidades fueron calificadas de acuerdo a su producción en investigación. El CUI-RH organizó 3 encuentros de tal manera que las universidades que pertenecían al consorcio pudieran presentar sus proyectos presentes y futuros. Otras organizaciones tales como organizaciones regionales y nacionales participaron y presentaron contribuciones, así como los problemas relacionados con el agua que se presentan en sus jurisdicciones. CONCYTEC también ha actuado como un facilitador para producir ProHidro, el Plan Nacional para Investigación en Ciencia, Tecnología e Innovación en Recursos Hídricos. Los miembros de Pro Hidro son docentes e investigadores universitarios, administradores públicos y privados de los recursos hídricos, y funcionarios a nivel local, regional y nacional.

Los miembros de ProHidro identificaron cinco líneas de investigación:

- a) Disponibilidad del agua.
- b) Manejo integrado de los recursos hídricos.
- c) Abastecimiento de agua y alcantarillado.
- d) Calidad del Agua.
- e) Manejo de Riesgos.

Las líneas de investigación han sido divididas en áreas de investigación y finalmente, también se han propuesto proyectos de investigación. La principal dificultad para poder llevar a cabo estos proyectos reside en la falta de datos hidrológicos y meteorológicos confiables. Algunos ejemplos de proyectos de investigación que están siendo llevados a cabo por académicos peruanos se presentan en la siguiente sección.

Desde el año 2009 las universidades UNALM, UNI y UNMSM han organizado 3 Congresos Nacionales del Agua en los que se ha tratado la problemática del agua en forma multidisciplinaria. La presidencia y la sede de estos eventos recayeron en cada una de estas universidades en el orden mencionado. En estos congresos se han presentado temas relacionados con la hidrología, hidráulica, gestión de los recursos hídricos, problemática social y medio ambiente, así como la institucionalidad. Han participado docentes de las universidades del país y del extranjero, funcionarios públicos que desarrollan investigaciones, miembros de ONGs, consultores privados, operadores de servicios de agua potable y alcantarillado, juntas de usuarios y empresas del sector privado.

Investigaciones en Disponibilidad del Agua

El principal objetivo de esta área es evaluar la disponibilidad presente y futura de los recursos hídricos a nivel de cuenca. Se están llevando a cabo varios proyectos de investigación en esta línea.

La UNALM está estudiando la disponibilidad de los recursos hídricos en la Cordillera Blanca, particularmente en la Cordillera Blanca donde el aumento continuo de la temperatura ha ocasionado el retroceso de los glaciares. Asimismo, se están estudiando relaciones precipitación – escorrentía en la Amazonía Peruana. Ambos proyectos están siendo financiados en parte por el Gobierno Francés.

La UNI se encuentra estudiando relaciones precipitación – escorrentía en varias zonas ecológicas del Perú. El área del Perú y la diversidad de climas hace necesario estudiar los recursos hídricos en diferentes condiciones geográficas.

Hay una escasez de registros de precipitación y escorrentía en tiempo real en tiempo real. Por lo tanto, las estimaciones de caudales se tienen que desarrollar a partir de información generada en cuencas que tienen información disponible o de mejor calidad que aquellas en las que se quiere desarrollar algún proyecto. Dos estudiantes de posgrado han concluido recientemente tesis de maestría. En la primera, se demostró que es posible predecir descargas diarias basadas en precipitaciones diarias en una

cuenca con datos limitados usando modelos conceptuales como el modelo tanque y el NAM.

La UNMSM está llevando a cabo investigación en recursos hídricos subterráneos en zonas costeras. El objetivo es estudiar soluciones potenciales para impedir la intrusión de agua salina en los pozos cercanos a la línea costera.

Investigaciones en Calidad del Agua

El propósito de esta área de investigación es desarrollar conocimientos para mejorar la capacidad de monitorear parámetros de calidad del agua, reducir la contaminación en el agua y la preservar de la calidad del agua.

Un equipo liderado por el Dr. Guy Carvajal ha estado trabajando en el desarrollo de metodologías para lograr la reducción de los niveles de contaminación de Arsénico, Cadmio y Plomo en aguas contaminadas usando filtros de arena. Se emplea una mezcla de magnesio, arena y esporas marinas. Las esporas marinas oxidan el magnesio, el cual crea una barrera que atrapa los metales pesados. Los resultados muestran que después de dos horas de filtrado, la concentración de los metales pesados citados disminuye por debajo de los límites permisibles por la OMS. El Dr. Carvajal es un microbiólogo genetista que trabaja como docente en la Escuela de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la UNI.

El Dr. Juan Rodríguez, de la Facultad de Ciencias de la UNI, ha desarrollado un método para remover el arsénico del agua. El agua superficial y subterránea es contaminada por los suelos que tiene altos contenidos de arsénico en las áreas rurales del Sur del Perú, cerca de la frontera con Chile. El agua contaminada es vaciada en una botella de plástico en la que hay un alambre de acero. Se expone al sol después de agregarle gotas de limón al agua. Esto induce la precipitación del arsénico. El arsénico es removido del fondo de la botella y correctamente desechado.

Investigaciones en Asuntos Sociales del Agua

La PUCP ha desarrollado numerosas investigaciones en el campo de los recursos hídricos relacionados con la gestión del agua a nivel regional y local. Entre otras investigaciones, han estudiado casos de estudio sobre la contaminación en el valle del río Huatanay (Cusco) y conflictos generados por usuarios en microcuencas.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1) El Perú tiene una distribución desigual de recursos hídricos y de población. Ha habido una fuerte tendencia a poblar la Costa, que es un área muy seca. La disponibilidad hídrica por habitante es una de las más bajas en el mundo.
- 2) La mayoría del uso consuntivo es agrícola, seguido de uso poblacional. Actividades industriales y minería. El consumo de esta última actividad está creciendo debido a una mayor actividad minera.
- 3) La contaminación de cuerpos y cursos de agua es un problema que debe ser resuelto. Los pasivos dejados por actividades humanas pasadas, efluentes de la red de alcantarillado no tratados, y actividades económicas no reguladas están dañando seriamente los recursos hídricos del Perú.
- 4) Los eventos extremos relacionados con el agua afectan la vida y la economía del Perú. Por ejemplo, en el fenómeno Oscilación Sur el Niño de 1983 ocurrieron inundaciones en la Costa Norte del Perú y en el Sureste ocurrieron sequías muy severas que causaron la muerte de ganado y el empobrecimiento de los campesinos.
- 5) Los glaciares en el Perú están desapareciendo en los Andes Peruanos. Esto puede afectar significativamente la disponibilidad del agua en el futuro cercano.
- 6) Las leyes y regulaciones relacionadas con el agua han cambiado rápidamente en los últimos tres años para resolver la problemática del manejo del agua en forma integral. El Ministerio del Ambiente y la Autoridad Nacional del Agua fueron creados en 2008. La Ley de Recursos Hídricos y el Sistema Nacional de recursos hídricos fueron creados en 2009.
- 7) La nueva Ley de Recursos Hídricos confiere el poder al ANA para regular el uso del agua a nivel nacional. También proporciona un marco en el cual las autoridades nacionales, regionales y locales y los usuarios pueden usar el agua en una forma sostenible, efectiva y eficiente. Se han establecido las funciones de las juntas de usuarios. Usos tradicionales y ancestrales por comunidades campesinas y grupos étnicos minoritarios han sido reconocidos también.
- 8) Se han hecho esfuerzos de investigación en el Perú en el área de recursos hídricos. La mayoría de ellos se ha concentrado en algunas universidades de mayor tamaño. Las principales áreas de investigación son disponibilidad del agua y calidad del agua. La principal dificultad para llevar a cabo investigaciones en disponibilidad del agua es la falta de datos confiables.

9. RECONOCIMIENTOS

El autor quisiera expresar su agradecimiento a la Dra. Blanca Jiménez Cisneros por su invitación a escribir este artículo y la guía que nos proporcionó para desarrollarla.

La invitación del Dr. Roger Guerra-García de la Academia de Ciencias del Perú a participar en los encuentros de puntos focales también se agradece.

El autor desea expresar su gratitud a la Dra. Katherine Vammen y la Dra. Natalia Andricioli Periotto por invitarlo a participar en el encuentro de IANAS en Nicaragua el año 2009. Asimismo, se agradece la invitación de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Argentina en la persona de su presidente, el Dr. Eduardo Charreau, a participar en la reunión de IANAS el año 2010.

Parte de este artículo ha tomado datos e información proporcionados en Anónimo (2004) y ANA (2009). Asimismo se ha recogido ideas expresadas por sus autores en varios eventos. Algunos de estos fueron facilitados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología del Perú (CONCYTEC). El Ingeniero Marco Salazar actuó como facilitador en varios de ellos.

Se agradece también el aporte de la Dra. Nicole Bernex, que proporcionó material bibliográfico al autor de este artículo.

El profesor Julio Kuroiwa H. aportó ideas para este trabajo y revisó parcialmente este artículo.

10. REFERENCIAS

ANA (Autoridad Nacional del Agua, 2009). Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos del Perú. Autoridad Nacional del Agua. Lima, Perú.

Anonymous (2004). Estrategia Nacional para la Gestión de los Recursos Hídricos Continentales del Perú. Documento no Oficial. Ministerios de: Agricultura; Defensa; Economía y Finanzas; Energía y Minas; Vivienda, Construcción y Saneamiento; Salud; Producción.

Frederiksen, Harald (1996). Water Crisis in Developing World: Misconceptions about Solutions. Journal of Water Resources Planning and Management. Vol 122. N° 2. American Society of Civil Engineers.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2008). Climate Change and Water. IPCC Technical Paper VI.

Kuroiwa, Julio and Romero, Fernando (2008) *Potencial Hidroeléctrico y Energías Renovables en el Perú*. Capítulo del Libro: Seguridad Energética en el Perú. Consejo Departamental de Lima. Colegio de Ingenieros del Perú.

Ministerio de Energía y Minas. (1968, 1979) Evaluación del Potencial Hidroeléctrico Nacional. Ministerio de Energía y Minas. Lima, Perú.

Ministerio de Energía y Minas. Revista En Cifras. Agosto 2008. Ministerio de Energía y Minas. Lima, Perú.

Ministerio de Energía y Minas. Revista En Cifras. Diciembre 2007. Ministerio de Energía y Minas. Lima, Perú.

Ministerio de Energía y Minas. Revista En Cifras. Diciembre 2006. Ministerio de Energía y Minas. Lima, Perú.

Rodriguez, Juan (2007). Talk on Reduction of Arsenic in Southern Peru. University Consortium – Water Resources Research. National Hydraulics Laboratory.

Páginas web:

Autoridad Nacional del AGUA: <http://www.ana.gob.pe/>

Instituto Nacional de Recursos Naturales: <http://www.inrena.gob.pe/>

Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL): <http://www.sedapal.com.pe/obras/proyobras.php>