

DIAGNÓSTICO DEL AGUA EN LAS AMÉRICAS

Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC

Insurgentes Sur No. 670, Piso 9

Colonia Del Valle

Delegación Benito Juárez

Código Postal 03100

México, Distrito Federal

www.foroconsultivo.org.mx

foro@foroconsultivo.org.mx

Tel. (52 55) 5611-8536

Responsables de la edición:

Juan Pedro Laclette y Patricia Zúñiga

Coordinadores:

Blanca Jiménez Cisneros (Academia Mexicana de Ciencias)

Jóse Galizia Tundisi (Academia Brasileña de Ciencias)

Traducción:

Academia Mexicana de Ciencias

Recopilación de la información:

Tania Elena Rodríguez Oropeza

Coordinador de edición:

Marco A. Barragán García

Corrección de estilo:

Elia Irene Lechuga Almaraz

Diseño de portada e interiores:

Víctor Daniel Moreno Alanís y Mariano Alejandro Hernández Salas

Cualquier mención o reproducción del material de esta publicación puede ser realizada siempre y cuando se cite la fuente.

Derechos Reservados

FCCyT, marzo de 2012

ISBN: 978-607-9217-04-4

Impreso en México

DIAGNÓSTICO DEL AGUA EN LAS AMÉRICAS

RED INTERAMERICANA DE ACADEMIAS DE CIENCIAS
FORO CONSULTIVO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO, AC

COORDINADORES
BLANCA JIMÉNEZ CISNEROS
JOSÉ GALIZIA TUNDISI



Prólogo

Este volumen proporciona, por primera vez, una evaluación de los recursos hídricos en el Continente Americano. Se presenta el diagnóstico de 15 países.

El agua es vital para la vida humana; usamos agua para beber, para producir nuestros alimentos, para sanear nuestro ambiente, como medio de transporte, para generar energía y mil otros fines. Los recursos hídricos son finitos y además se encuentran distribuidos desigualmente en las regiones del mundo.

En América, la región de Atacama en Chile es famosa por una ausencia casi total de lluvias; en el mismo sentido, las comunidades de los áridos desiertos en el suroeste de América del Norte, están comprometidas en una batalla constante para proporcionar suficiente agua para la vida humana. En contraste, otras regiones como la cuenca del Amazonas son igualmente famosas por la abundancia de agua, pero incluso esa abundancia puede verse amenazada con el cambio de los patrones climáticos.

Un hecho sobre el agua destaca sobre todos los demás: los patrones actuales de utilización de agua no son sostenibles en muchas regiones del mundo, incluyendo porciones importantes del continente Americano.

Uno de los grandes retos del siglo XXI será mejorar nuestra gestión y la utilización de agua, para garantizar que este recurso fundamental soporte una población mundial de nueve mil millones o más en 2050. Una contribución sustantiva para la solución de este reto es el uso eficaz de la ciencia, que mejore el uso de nuestros recursos de agua. El uso eficaz de la ciencia significa no sólo crear nuevo conocimiento, sino también traducir ese conocimiento científico hacia público abierto, de tal modo que las nuevas tecnologías y los nuevos conceptos puedan implementarse rápidamente.

Este volumen es el resultado de un proyecto de la Red del Agua de la Interamerican Network of Academies of Science (IANAS, por sus siglas en inglés). Nuestra organización es la red de academias de ciencias del continente americano, creada a partir de la iniciativa y del espíritu que alienta el funcionamiento del Panel Interacadémico (IAP) que agrupa a más de cien academias nacionales de ciencia en todo el mundo.

Son miembros de IANAS todos los países que tienen constituida una academia de ciencias. La misión de IANAS es fomentar la cooperación entre las academias de ciencias y promover su participación como actores relevantes en el desarrollo de los países de la

región. IANAS basa su funcionamiento en la operación de programas. El Programa del Agua completa su primera etapa con la publicación de este volumen: *Diagnóstico del agua en las Américas*. El diagnóstico de cada país resulta del trabajo de redes de científicos en cada una de las academias miembro de IANAS. La coordinación del trabajo estuvo a cargo de José Galizia Tundisi del Brasil y Blanca Jiménez de México, quienes copresiden el programa.

IANAS puede establecer rápidamente conexiones entre los científicos que poseen la mejor información científica actual y aquellas instancias en cada país que la requieren para tomar decisiones. Uno de los objetivos de IANAS es el de proveer la información fundamental que permita una asignación adecuada de los recursos hídricos por parte de las autoridades involucradas. También identificamos oportunidades en el diseño de nuevos procesos que mejoren el uso del agua hasta alcanzar la sustentabilidad en el largo plazo. Finalmente, recomendamos el contacto con las academias nacionales de ciencias en el Continente Americano como interlocutores que aportan asesoría experta a los tomadores de decisiones en el ámbito local y nacional.

Agradecemos a todos los científicos de nuestro Continente Americano que contribuyeron a este volumen, a la red global de las academias de la ciencia (IAP) por su apoyo financiero y al Foro Consultivo Científico y Tecnológico por su apoyo para la edición, impresión y distribución de este libro.

Enhorabuena por este valioso esfuerzo.

Michael Clegg y Juan Pedro Lacleste
Copresidentes de IANAS

Prólogo

■ La disponibilidad de agua en cantidad y calidad es esencial para el desarrollo económico y social de los continentes, los países y las regiones.

El continente americano alberga un grupo de países variados que difieren en sus características geográficas, históricas, económicas, sociales y ecológicas que derivan en una estructura diferente de disponibilidad y manejo del recurso hídrico.

En estos países y regiones, el agua puede ser abundante, escasa o incluso rara. Los usos múltiples de este recurso en la agricultura, la industria o suministro municipal son complejos y demandan un manejo integrado del mismo, el cual es difícil de implementar. Más aún porque las actividades humanas impactan cada día más los cuerpos superficiales y subterráneos de agua, lo que, combinado con la elevada tasa de urbanización que existe en el ámbito mundial, agrava cada día más los problemas de disponibilidad del recurso por contaminación y agotamiento con severos efectos en la salud pública y de los ecosistemas que constituyen un grave problema de seguridad para todo el mundo.

Confiamos en que las contribuciones presentadas en este libro sean representativas de la diversidad en la disponibilidad de agua, problemas de contaminación y estrategias de política pública en el continente. La política del manejo del agua difiere considerablemente en los países: la legislación y la política pública son diversas y se encuentran en diferentes grados de desarrollo. La descripción comparativa del estado de la política del agua así como de su disponibilidad o abundancia en diferentes países será, sin duda, una información útil para avanzar en el intercambio de experiencias en los ámbitos político y técnico.

Los editores confían en que este libro será útil para consolidar el estudio de los recursos hídricos en los diferentes países del Continente Americano y contribuir así al desarrollo de las políticas públicas para su manejo.

Los editores agradecen infinitamente los esfuerzos de todos los autores de esta obra, así como a quienes participaron como coordinadores de los textos de cada país como miembros de la Red del Agua de IANAS. Los doctores Blanca Jiménez Cisneros y José Galizia Tundisi agradecen a la Academia Mexicana de Ciencias, a la Academia de Ciencias de Brasil y al Comité Directivo de IANAS su apoyo para la producción de este texto.

Blanca Jiménez Cisneros y José Galizia Tundisi
Copresidentes del Programa del Agua de IANAS

Foro Consultivo Científico y Tecnológico

La Ley de Ciencia y Tecnología, publicada en junio de 2002, planteó modificaciones importantes a la legislación en esta materia, tales como: la creación del Consejo General de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, la identificación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) como cabeza del sector de ciencia y tecnología, y la creación del Foro Consultivo Científico y Tecnológico (FCCyT).

El FCCyT está integrado, a su vez, por una Mesa Directiva formada por 20 representantes de la academia y el sector empresarial, 17 de los cuales son titulares de diversas organizaciones mientras que los tres restantes son investigadores electos del Sistema Nacional de Investigadores (SNI).

En este sentido, el FCCyT forma parte del Consejo General de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico encargado de regular los apoyos que el Gobierno Federal está obligado a otorgar para impulsar, fortalecer y desarrollar la investigación científica y tecnológica en general en el país. El FCCyT lleva al Consejo General de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico la expresión de las comunidades científica, académica, tecnológica y del sector productivo, para la formulación de propuestas en materia de políticas y programas de investigación científica y tecnológica.

De acuerdo con la Ley de Ciencia y Tecnología, el FCCyT tiene tres funciones sustantivas:

Su primera función sustantiva es la de fungir como organismo asesor autónomo y permanente del Poder Ejecutivo –en relación directa con el CONACYT, varias secretarías de Estado y el Consejo General de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico–, pero también atiende al Poder Legislativo.

La segunda función sustantiva es la de ser un órgano de expresión y comunicación de los usuarios del sistema de ciencia, tecnología e innovación (CTI). Su objetivo es propiciar el diálogo entre los integrantes del Sistema Nacional de Investigación y los legisladores, las autoridades federales y estatales y los empresarios, con el propósito de estrechar lazos de colaboración entre los actores de la triple hélice –academia-gobierno-empresa.

Es de resaltar el trabajo continuo y permanente con legisladores de los estados de la República, particularmente con los miembros de las comisiones que revisan los asuntos de educación y CTI en sus entidades federativas. Esta relativa cercanía posiciona al FCCyT como un actor pertinente para contribuir, junto con otros, al avance de la federalización

y del financiamiento de la CTI. En este sentido, se puede contribuir al trabajo del propio CONACYT, de las secretarías de Economía y de los consejos estatales de Ciencia y Tecnología para conseguir la actualización de las leyes locales, en términos que aumenten su coherencia con la Ley Federal de Ciencia Tecnología e Innovación.

El FCCyT también se ha dado a la búsqueda de mecanismos para la vinculación internacional a través de diversas agencias multilaterales. Todo ello, orientado a una búsqueda permanente de consensos alrededor de acciones y planes que se proponen en el Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECiTI).

En cuanto a la tercera función sustantiva –comunicación y difusión de la CTI–, el Foro hace uso de distintos medios, desde la comunicación directa por medio de foros, talleres y otro tipo de reuniones de trabajo, hasta el uso de los medios de comunicación masiva y de Internet. Para mencionar sólo un ejemplo, nuestro nuevo portal electrónico ofrece ahora una mayor diversidad de servicios a los usuarios, incluyendo una gran variedad de mecanismos (concentrado de noticias de CTI, *Gaceta Innovación*, *Acertadístico*, cifras sobre la evolución en CTI, información sobre las cámaras legislativas y los estados de la República, *blogs*, entre otros) para posibilitar un análisis más preciso de nuestro desarrollo en el ramo. Una señal inequívoca del avance es el aumento en el número de visitas al portal electrónico del FCCyT en más de un orden de magnitud.

En resumen, el FCCyT es una instancia autónoma e imparcial que se encarga de examinar el desarrollo de la CTI en el país. Sin embargo, tenemos el reto de incrementar la conciencia social en esa materia, partiendo siempre de la premisa del compromiso social de la ciencia, ya que el conocimiento *per se* pierde una parte de su valor si no se logra su utilización y su aplicación para mejorar las condiciones y la sustentabilidad de la vida en el país.

Índice

■ Prólogo.....	v
■ Presentación	16
■ El estado de situación de los recursos hídricos de Argentina : la cuestión del agua	19
1. Introducción	19
2. Contexto	21
3. Sostenibilidad del uso de los recursos hídricos: situación general y perspectivas	21
4. Temas emergentes relacionados con el agua	29
5. Situación de los recursos hídricos en Argentina	39
6. Recursos hídricos interjurisdiccionales (Anexo I)	63
7. Marco jurídico-administrativo del agua en la República Argentina (Anexo II)	65
8. Glosario	67
9. Siglas	70
10. Referencias	71
■ Los recursos hídricos en Bolivia : un punto de vista estratégico sobre la problemática de las aguas transfronterizas.....	75
1. Introducción	75
2. Disponibilidad de agua en Bolivia	78
3. Disponibilidad de aguas superficiales	80
4. Disponibilidad de aguas subterráneas en Bolivia	86
5. Problemática de las aguas superficiales transfronterizas	88
6. Problemática de las aguas subterráneas transfronterizas	92
7. Referencias	95
■ La política hídrica en Brasil	97
1. Introducción	97
2. Los recursos hídricos en Brasil	98
3. Usos del agua	99
4. Usos múltiples del agua y los conflictos que generan	99
5. La calidad del agua en Brasil	100
6. Desarrollo institucional del manejo de recursos hídricos	101
7. Retos para la política del agua en Brasil	103
8. Conclusiones	108
9. Referencias	109

■ Los recursos hídricos en Canadá: un punto de vista estratégico	113
1. Introducción	113
2. Situación general del agua en Canadá	114
3. Gobernanza del agua dentro de Canadá e internacionalmente	116
4. Problemas hídricos regionales estratégicos en Canadá	124
5. Problemas hídricos que se presentan en muchas regiones de Canadá	141
6. Recomendaciones para aliviar los problemas hídricos estratégicos de Canadá	149
7. Reconocimientos	155
8. Sitios web	155
9. Referencias	156
■ El sector del agua en Chile: su estado y sus retos	169
1. Introducción	169
2. Disponibilidad de los recursos hídricos	170
3. Aprovechamientos del agua	177
4. Agua y sociedad	186
5. Conclusiones	191
6. Reconocimientos	191
7. Referencias	192
■ Una visión al estado del recurso hídrico en Colombia	195
1. Introducción	195
2. El territorio colombiano	196
3. Generalidades sobre el recurso hídrico en Colombia	197
4. Balance hídrico	198
5. Embalses y humedales	200
6. Otros recursos (zonas inundables, pantanos, glaciares, páramos)	203
7. Aguas subterráneas	204
8. Las áreas marítimas colombianas	205
9. Usos del agua	206
10. Calidad del agua	207
11. Vulnerabilidad de las cuencas	209
12. Agua potable y saneamiento básico	210
13. Agua y salud humana	212
14. Proyecciones de demanda y oferta para 2015 y 2025	213
15. Agua, energía e impactos ambientales	215
16. Gobernanza del agua	215
17. Política y legislación de las aguas en Colombia	217
18. Amenazas para el agua en Colombia	220
19. Usos potenciales del agua en Colombia y mecanismos de administración	221
20. Conclusiones	223
21. Referencias	223
■ Los recursos hídricos en Costa Rica: un enfoque estratégico	227
1. Introducción	227
2. Antecedentes	228
3. Recursos hídricos nacionales y su uso	229

4. Balance hídrico	231
5. Usos nacionales del agua	231
6. Agua y el ambiente	233
7. Agua potable, sanitaria y salud	234
8. Uso de la tierra: deforestación y degradación del suelo	235
9. Leyes e instituciones relacionados con el agua	237
10. Gestión integrada de los recursos hídricos	240
11. Conclusiones	241
12. Reconocimientos	242
13. Referencias	242

■ Los recursos hídricos en Cuba: una visión 245

1. Introducción	245
2. Uso del agua	246
3. Agua y agricultura	247
4. Agua e industria	248
5. Agua para el uso humano: cantidad, calidad y acceso	249
6. Calidad de las aguas terrestres	250
7. Agua en las áreas urbanas	251
8. Aguas residuales y saneamiento	253
9. Agua y salud humana	255
10. Agua y economía	256
11. Agua para energía e impacto de las empresas	257
12. Inundaciones y sequías	257
13. Legislación	258
14. Conflictos por el agua	259
15. Gobernabilidad del agua	260
16. Escenarios debido a los cambios globales	263
17. Agua, cultura y religión	263
18. Referencias	265

■ Los recursos hídricos de los Estados Unidos y su administración 267

1. Introducción	267
2. La existencia y disponibilidad del agua	268
3. Usos del agua	272
4. Investigación en recursos hídricos en los Estados Unidos	274
5. Los principales asuntos hídricos que enfrentan los Estados Unidos	276
6. Referencias	279

■ Estado del agua en Guatemala 281

1. Introducción	281
2. Disponibilidad y distribución espacial y temporal del recurso hídrico	282
3. Balance hídrico del 2005	284
4. Balance hídrico y escenarios al 2025	286
5. Agua y agricultura	292
6. El agua y la industria	294
7. Agua para abastecimiento humano: cantidad, calidad y acceso	295

8. Contaminación	296
9. Agua en las áreas urbanas	297
10. Agua y saneamiento	298
11. Agua y salud pública	298
12. Agua y economía	299
13. Agua y energía	300
14. Inundaciones y sequías	300
15. Legislación	302
16. Conflictos	304
17. Gobernabilidad	305
18. Escenarios debido a cambios globales	305
19. Agua, cultura y religión	306
20. Referencias	307

■ Los recursos hídricos en México: situación y perspectivas..... 309

1. Introducción	309
2. Datos generales del país	309
3. Antecedentes históricos	310
4. Disponibilidad	310
5. Usos	312
6. Agua y energía	322
7. Calidad del agua	324
8. Fuentes de contaminación	328
9. Reúso	330
10. Efectos en la salud	330
11. Desarrollo económico	332
12. Género y agua	334
13. Pobreza	335
14. Agua y población indígena	338
15. Agua transfronteriza	339
16. Cambio climático	342
17. Eventos extremos	343
18. Administración del agua	347
19. Marco jurídico	351
20. Referencias	354

■ Recursos hídricos en Nicaragua: una visión estratégica 359

1. Introducción	359
2. Los recursos hídricos de Nicaragua	361
3. Usos del agua	362
4. Situación ambiental de los recursos hídricos	374
5. Agua y saneamiento	385
6. Cambio climático	391
7. Agua y salud	394
8. Marco legal	395
9. Referencias	397

■ Recursos hídricos en el Perú: una visión estratégica	405
1. Introducción	405
2. El recurso hídrico	405
3. Usos del agua en el Perú	408
4. Aspectos ambientales y contaminación del agua	411
5. Agua y sociedad	413
6. Eventos extremos: sequías y avenidas en el Perú-Reducción del riesgo de desastres de origen climático	414
7. Marco institucional	414
8. Esfuerzos recientes en investigación en recursos hídricos	416
9. Conclusiones	418
10. Reconocimientos	418
11. Referencias	419
■ Agua potable y saneamiento en la República Dominicana	421
1. Introducción	421
2. Aguas subterráneas de la planicie costera oriental	422
3. Calidad de las aguas subterráneas de la planicie costera	423
4. El conflicto sociedad-gobierno por la protección del agua de los Haitises	424
5. Contaminación orgánica de las aguas superficiales y subterráneas	425
6. El agua y el cólera del 2011 en la República Dominicana	427
7. Las presas y sus conflictos sociales y ambientales	428
8. El problema social y ambiental de la crecida del lago Enriquillo	429
9. El problema de las basuras que contaminan las aguas	432
10. La iglesia, el agua y el medio ambiente	433
11. Contaminación de las aguas por las operaciones mineras	435
■ Manejo de los recursos hídricos en Venezuela: aspectos generales	437
1. Introducción	437
2. El recurso hídrico	438
3. Venezuela en el mundo	438
4. Embalses en Venezuela	439
5. Algunos problemas relacionados con el manejo de los recursos hídricos	440
6. Instrumentos legales y algunas normas regulatorias para el manejo de los recursos hídricos en Venezuela	441
7. Instituciones relacionadas con el manejo y la investigación de los recursos hídricos	442
8. Ejemplos de prácticas relacionadas con el manejo de los recursos hídricos en Venezuela	443
9. Conclusiones	445
10. Reconocimientos	445
11. Referencias	445

Presentación

Desde 1993, el 22 de marzo es el Día Mundial del Agua. Más que conmemorativo, al establecer este día, la Organización de las Naciones Unidas buscó centrar la atención sobre uno de los problemas que ya enfrenta la humanidad: la escasez de agua para consumo humano y para la producción.

Este año el tema del agua se asocia a otro de no menor importancia el de la seguridad alimentaria, sobre todo cuando en 2011 se alcanzó la cifra de siete mil millones de seres humanos habitando en este planeta y es que como mencionara Irina Bokova, Directora General de la UNESCO: "Es imposible lograr un desarrollo humano sostenible sin agua de buena calidad, a la que todos tengan acceso".

Si bien se han hecho esfuerzos por mejorar los servicios relacionados con el agua (en los que participan autoridades, especialistas e instituciones de educación superior), en ocasiones se realizan de manera aislada y sin un conocimiento real de la situación en cada país, ciudad o municipio.

Diagnóstico del agua en las Américas, coordinado por Blanca Jiménez Cisneros y José Galizia Tundisi, y editado por el Foro Consultivo Científico y Tecnológico (FCCyT) y la Red Interamericana de Academias de Ciencias (IANAS por sus siglas en inglés), es un acercamiento a la problemática y a los retos que enfrentan 15 países de América para el manejo sustentable del agua.

En este libro, especialistas de Argentina, Bolivia, Brasil, Canadá, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Estados Unidos, Guatemala, México, Nicaragua, Perú, República Dominicana y Venezuela analizan la diversidad de problemas relacionados con el agua y las soluciones que se han propuesto.

Tanto IANAS como el FCCyT pretenden que este libro contribuya al conocimiento de de los recursos hídricos en los quince países que se incluyen, además de una oportunidad para intercambiar puntos de vista y de impulsar una colaboración más estrecha entre los especialistas y las autoridades correspondientes en cada país.

Los problemas que se enfrentan en materia hídrica no difieren mucho de país a país, aunque cada uno ha trabajado de manera diferente para mejorar la explotación de sus recursos hídricos. Asimismo, como parte del panorama sobre los recursos hídricos de

cada nación representada en este texto, empezamos a conocer las políticas y leyes que se han impulsado en cada una de ellas para acceder, proveer y proteger el agua. Otro tema importante que se plantea es el de las aguas transfronterizas, que representan, en algunos casos, conflictos entre países.

La relación entre el Foro Consultivo y IANAS se ha desarrollado a través de la Academia Mexicana de Ciencias. Dicha relación ha permitido emprender juntos proyectos de trabajo productivos, cuyos beneficiarios incluyen a los académicos y la sociedad misma, que esperamos se apropie del conocimiento que difundimos, a través de Internet y de las publicaciones impresas.

Con la publicación de este libro, el Foro Consultivo Científico y Tecnológico cumple con una de sus funciones principales y contribuye al mejor conocimiento de uno de los temas que deberán estar en primer lugar en la agenda mundial de los próximos años.

Juan Pedro Laclette

Coordinador General del FCCyT



Recursos hídricos en el Perú

Una visión estratégica

Julio M. Kuroiwa

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

■ 1. Introducción

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 nacional, regional y local han sido comentados. Se han 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.

■ 2. El recurso hídrico

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 macrocuenas contienen las cuencas identificadas como la cuenca del Pacífico, la cuenta del Atlántico y la cuenca del lago Titicaca, las cuales se presentan en la [Figura 1](#).



Figura 1. División del Perú en vertientes: Pacífico, Atlántico (amazónica) y Titicaca

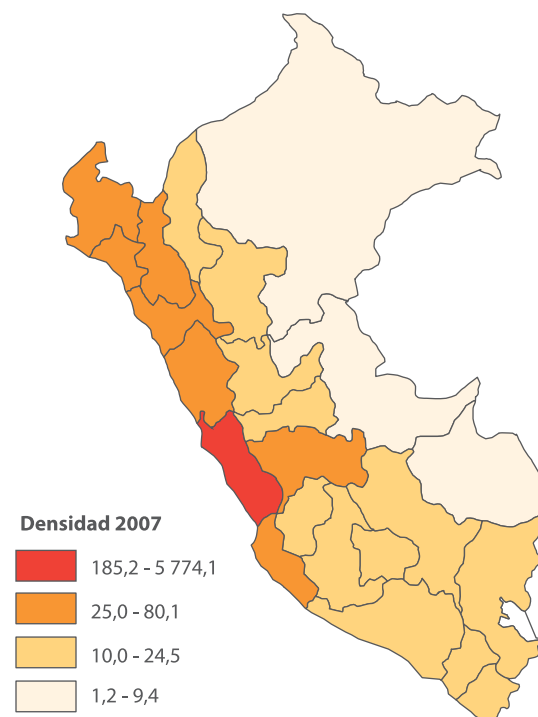


La cuenca del Pacífico está compuesta por sistemas hidrográficos localizados en la vertiente occidental de los Andes. La mayoría de ríos son de corta longitud y de fuerte pendiente. La mayoría de las divisorias se encuentran por encima de los 5 000 m sobre el nivel del mayor, y la mayoría de los cursos 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 hagan pensar que el Perú es un país con abundantes recursos hídricos con un promedio de 77 534 m³/hab./año, éstos 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

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)

Cuadro 1. Distribución de área, población y recursos hídricos en el Perú

Cuenca	Área (1 000 km ²)	Disponibilidad hídrica (Mm ³ /año)	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

ANA, 2009, basado en INRENA, 1995

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.

El **Cuadro** muestra que aunque la disponibilidad anual del agua para la cuenca del Pacífico es sólo 37 363 millones de metros cúbicos (Mm^3), que representa 1,8% de la disponibilidad de agua para el país, 65% de la población vive en esta área, lo que resulta en una disponibilidad media de 2 040 $m^3/hab./año$ en promedio. Sin embargo, algunas ciudades tienen una disponibilidad menor a 1 000 $m^3/hab./año$. Por ejemplo, la cuenca del río Rímac, donde se ubica Lima, tiene una disponibilidad de sólo 148,6 $m^3/hab./año$, 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 Mm^3 anuales, que constituye 97,7% de los recursos hídricos de la nación. Con una población de 8 579 112 habitantes, el índice hídrico es de 232 979 $m^3/hab./año$. 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, y de ellas, el lago Titicaca, que tiene un área de 8 400 km^2 , es el lago más grande de Sudamérica (www.unesco.org/water/2009).

El área del lago Titicaca dentro de territorio peruano es de 47 200 km^2 . La población en esta área es de 1 326 376 habitantes, que representa el 5% del total de la población peruana. El volumen anual de escorrentía superficial es de 10 172 000 m^3 , que representa el 0,5 % de los recursos hídricos anuales del Perú. La disponibilidad anual en la cuenca del Titicaca es de 7 669 $m^3/hab./año$.

Figura 3. Paisaje típico de la costa central





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

3. Usos del agua en el Perú

El consumo anual de agua en el Perú es aproximadamente de 20 072 millones de metros cúbicos por año ($Mm^3/año$), de los cuales 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 $Mm^3/año$.

Actividades agrícolas

El potencial de tierras que pueden ser empleadas para actividades agrícolas es de 6 411 000 hectáreas. Sin embargo, sólo 1 729 000 hectáreas están siendo irrigadas. En la costa se riegan 1 080 000 hectáreas, pero sólo 836 000 son explotadas para propósitos comerciales. La sierra peruana y la selva peruana tienen el 18% y el 5% de las tierras agrícolas del Perú, respectivamente. Las principales dificultades para desarrollar la agricultura en las zonas andinas son la topografía accidentada, la escasez de agua y el clima, en particular cuando las áreas se encuentran por encima de los 3 500 msnm. 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, 86,9% de la población tiene acceso a servicios de agua potable y 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, con el fin de cumplir en parte con las Metas del Milenio. En pequeños poblados, donde la población es de menos de 2 000 habitantes, las juntas administradoras cubren en parte los costos del servicio con una contribución mensual.



Figura 5. Paisaje a una altitud a 4 200 m.s.n.m. en la sierra central



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 de 1.103 Mm³/año en la cuenca del Pacífico, 92% del uso total industrial. El uso industrial es de 49 Mm³/año en la vertiente del Atlántico, que representa el 7% del total. La cuenca del lago Titicaca consume 3 Mm³/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, con una contribución del 12% de la producción total mundial, y el quinto productor de oro, pues produjo 203 268 kg en 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 en niveles sin precedentes. El orden de magnitud del consumo de agua en actividades mineras es de 206,8 Mm³/año, de los cuales 73% se consume en la cuenca del Pacífico y 26% en la cuenca del Atlántico. El restante 1% 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 que fue conducida por el Consorcio Lahmeyer-Salzgitter. Este estudio fue auspiciado por la ex República Federal Alemana a través de la Sociedad Alemana de Cooperación (GTZ, por sus siglas en alemán), el Banco

Figura 6. Paisaje de la selva baja, que es una zona muy húmeda



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, a las condiciones geológicas desfavorables y a los 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). En ambos casos, los informes mencionaron que una de los principales problemas era la escasez de datos. El Cuadro 2 resume el número de centrales hidroeléctricas y su potencial para generación de energía.

Cuadro 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 a 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 la 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:

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

Este último punto es precisamente el principal problema relacionado con la generación de energía hidroeléctrica. La mayoría de las 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.

4. 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, y al mezclarse éstos con la escorrentía superficial, la calidad del agua disminuye 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, lo que destruye el hábitat de las especies nativas. Las actividades mineras asimismo tienen una fuerte influencia en la disminución de fauna nativa en este lago.

Los acuíferos son igualmente 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 ocurre 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 y 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, aunque hubo inversión extranjera. En la década de los 60 se creó CENTROMINPERÚ, la empresa estatal de minería, después que se produjo la expropiación de varios asientos mineros. Aunque la actividad minera —en la que los principales inversionistas son aquéllos que conducen operaciones mineras en países del primer mundo y siguen sus estándares de control de calidad en la producción y en el cuidado del medio ambiente— está muy regulada en la actualidad, 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, lo cual rápidamente disminuye la calidad del agua. La Figura 7 muestra un relave abandonado en la margen izquierda del río Santa, en los Andes Centrales del Perú, en la Región Ancash. 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 nuevos propietarios, que están obligados a asumir el pasivo dejado por concesionarios previos, están realizando inversiones.

En el Perú prácticamente no existen plantas de tratamiento de aguas servidas de gran tamaño. Por ejemplo, varios colectores entregan agua proveniente 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 el Cuadro 3.

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

Una de las primeras grandes plantas de tratamiento de aguas residuales, PTAR Taboada, 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 en el año 2009. Se ha culminado el cierre financiero y el 20 de julio de 2010 se han iniciado las obras preliminares. SEDAPAL, la empresa de agua potable y alcantarillado de Lima, construirá otras plantas en los años siguientes de acuerdo con información disponible en su página web (www.sedapal.com.pe, 2011).

De acuerdo con la Organización Panamericana de la Salud (OPS), 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 las aguas servidas.

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

Aguas servidas (residuales) producidas por servicios de saneamiento	Volumen por año (m ³ /año)	Caudal equivalente (m ³ /s)	Tratamiento (%)
Con tratamiento	217 253 807	6,89	29,10
Sin tratamiento	530 027 896	16,81	70,90
Total	747 281 703	23,70	100,00

Figura 7. Relave abandonado en la margen izquierda del río Santa, en la región Ancash, en los Andes Centrales del Perú



nados por la población y las actividades agrícolas, mineras e industriales. Éste es un tema clave para reducir la pobreza en el país.

■ 5. Agua y sociedad

La sociedad peruana es tan diversa como su geografía. El Perú cuenta con tres idiomas oficiales. El español es un idioma oficial del Perú como lo son el quechua y el aymara, donde son las lenguas predominantes. Se han 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 los 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 de 2009).

En la región de Madre de Dios los mineros informales han deforestado 150 000 hectáreas de bosques primarios, lo que afecta además a los humedales cercanos. El Ministro del Ambiente, el doctor 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.

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



Hay lugares en el Perú en los 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.

6. Eventos extremos: sequías y avenidas en el Perú-Reducción del riesgo de desastres de origen climático

Los grupos 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 msnm. Estos dos efectos del mismo fenómeno causaron pérdidas equivalentes al 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 en el primer atributo de una ciudad sostenible: 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 eran prácticamente una copia al carbón del fenómeno El Niño de 1982-83 en las principales ciudades afectadas por inundaciones, como Tumbes, Piura, Talara, Piura, ubicadas en el noroeste del país.

Una de las funciones de la Autoridad Nacional del Agua (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, por sus siglas en inglés) para reducir sus impactos negativos futuros.

Se han 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 han 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 esto podría afectar adversamente la disponibilidad de agua en el futuro cercano.

7. Marco institucional

La importancia que los políticos, empresarios y la sociedad en general le han 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 cuales 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 durante 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, en particular 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 mencionan las instituciones que en los últimos años tuvieron a su cargo el cuidado de los recursos hídricos en el Perú.

Instituto Nacional de Recursos Naturales

Antes de la creación de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) 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 el Superintendente de Recursos Hídricos estaba a cargo de planificar las asignaciones de agua y coordinar el uso de este recurso por los usuarios. El 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 el que se incluyeron los puntos de vista de siete ministerios: a) Agricultura, b) Defensa, c) Economía y Finanzas, d) Energía y Minas, e) Vivienda, Construcción y Saneamiento, f) Salud y g) Producción.

Debido al crecimiento poblacional y a nuevas actividades económicas, el uso del agua ha aumentado en años recientes. Otros problemas, como el aumento de la contaminación del agua sumado a la menor disponibilidad y a 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 exigieron 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.

Autoridad Nacional del Agua

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, así como con los actores sociales y económicos que están involucrados en la problemática del agua.

La principal función de la 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 facilitadora para la solución de conflictos entre los usuarios. La 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 del INRENA (Figura 9).

Sistema Nacional de Recursos Hídricos

El Sistema Nacional de Recursos Hídricos (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 que los recursos hídricos sean 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:

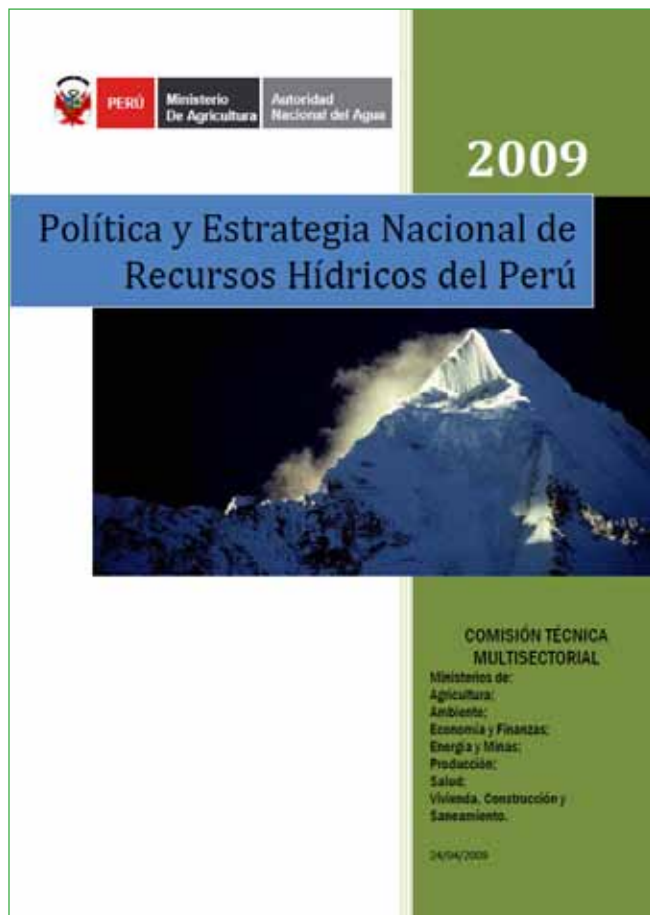
- a. ANA
- b. Ministerio del Ambiente
- c. Ministerio de Agricultura
- d. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
- e. Ministerio de Salud
- f. Ministerio de la Producción

- g. Ministerio de Energía y Minas
- h. Agencias públicas que están relacionadas con el manejo del agua a niveles locales y regionales
- i. Consejos de Cuencas
- j. Operadores públicos y privados
- k. 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 la 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 de la 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.

Figura 9. Documento publicado por la ANA (2009)



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

■ 8. 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 ocho 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 del país. Las siguientes fueron las universidades calificadas: Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Universidad Nacional Agraria-La Molina (UNALM), Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH), Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Universidad Nacional de Trujillo (UNT), Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), Universidad Nacional San Agustín de Arequipa (UNSA) y Universidad Nacional San Antonio Abad del Cuzco (UNSAAC). Estas universidades fueron calificadas de acuerdo con su producción en investigación. El CUI-RH organizó tres encuentros de tal manera que las universidades que pertenecían al consorcio pudieran presentar sus proyectos presentes y futuros. Otras organizaciones, como organizaciones regionales y nacionales, participaron y presentaron sus 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 ProHidro son docentes e investigadores universitarios, administradores públicos y privados de los recursos hídricos, así como funcionarios en el ámbito 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 tres 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, la hidráulica, la gestión de los recursos hídricos, la problemática social y el medio ambiente, así como la institucionalidad. Han participado docentes de las universidades del país y del extranjero, funcionarios públicos que desarrollan investigaciones, miembros de varias ONG, 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 en las cuencas. 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, donde el aumento continuo de la temperatura ha ocasionado el retroceso de los glaciares. Asimismo, se están estudiando las relaciones

precipitación-escorrentía en la Amazonía peruana. Ambos proyectos están siendo financiados en parte por el gobierno francés.

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

Hay una escasez de registros de precipitación y escorrentía 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 aquéllas en las que se quiere desarrollar algún proyecto. Dos estudiantes de posgrado han concluido recientemente sus tesis de maestría. En la primera de ellas 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 una 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 preservar la calidad del agua.

Un equipo liderado por el doctor 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 Organización Mundial de la Salud (OMS). El doctor 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 doctor 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 tienen 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 en el ámbito regional y local. Entre otras investigaciones, han analizado casos de estudio sobre la contaminación en el valle del río Huatanay (Cusco) y conflictos generados por usuarios en microcuencas.

9. Conclusiones

- a. 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 del mundo.
- b. La mayoría del uso consuntivo es agrícola, seguido del uso poblacional y de actividades industriales y minería. El consumo de esta última actividad está creciendo debido a una mayor actividad minera.
- c. 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.
- d. 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.
- e. Los glaciares del Perú están desapareciendo en los Andes peruanos. Esto puede afectar significativamente la disponibilidad del agua en el futuro cercano.
- f. 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 (ANA) fueron creados en 2008. La Ley de Recursos Hídricos y el Sistema Nacional de Recursos Hídricos fueron creados en 2009.
- g. La nueva Ley de Recursos Hídricos confiere el poder a la ANA para regular el uso del agua 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. Asimismo los usos tradicionales y ancestrales de comunidades campesinas y grupos étnicos minoritarios han sido reconocidos.
 - h. 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.

10. Reconocimientos

El autor quisiera expresar su agradecimiento a la doctora Blanca Jiménez Cisneros por su invitación a escribir este artículo y la guía que nos proporcionó para desarrollarla. La invitación del doctor 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 doctora Katherine Vammen y a la doctora Natalia Andricoli Periotto por invitarlo a participar en el encuentro de IANAS en Nicaragua en 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 doctor Eduardo Charreau, a participar en la reunión de IANAS en el año 2010. Parte de este artículo ha tomado datos e información proporcionados en Anónimo (2004) y ANA (2009). Asimismo se han recogido ideas expresadas por sus autores en varios eventos. Algunos de éstos 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 igualmente el aporte de la doctora 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.

11. Referencias

1. ANA (2009). Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos del Perú. Autoridad Nacional del Agua. Lima, Perú.
2. ANA (Autoridad Nacional del Agua): <http://www.ana.gob.pe/>
3. Anónimo (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.
4. Frederiksen, Harald (1996). Water Crisis in Developing World: Misconceptions about Solutions. Journal of Water Resources Planning and Management. Vol. 122. Nº 2. American Society of Civil Engineers.
5. INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales): <http://www.inrena.gob.pe/>
6. Intergovernmental Panel on Climate Change (2008). Climate Change and Water. IPCC Technical Paper VI.
7. Kuroiwa, Julio y 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.
8. MEM (1968, 1979). Evaluación del Potencial Hidroeléctrico Nacional. Ministerio de Energía y Minas. Lima, Perú.
9. MEM. Revista *En Cifras*. agosto de 2008. Ministerio de Energía y Minas. Lima, Perú.
10. MEM. Revista *En Cifras*. diciembre de 2007. Ministerio de Energía y Minas. Lima, Perú.
11. MEM. Revista *En Cifras*. diciembre de 2006. Ministerio de Energía y Minas. Lima, Perú.
12. Rodríguez, Juan (2007). Talk on Reduction of Arsenic in Southern Peru. University Consortium–Water Resources Research. National Hydraulics Laboratory.
13. SEDAPAL (Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima): <http://www.sedapal.com.pe/obras/proyobras.php>