

N°07 agosto 2017

Revista editada por la Autoridad Nacional del Agua



ISSN 2415-0096



**ANA**

Autoridad Nacional del Agua



# índice

4 Evaluación geofísica mediante sondeos **ELECTROMAGNÉTICOS TRANSITORIOS** de la formación Zapallal en la cuenca del río Piura  
*Ing. Edwin Zenteno Tapala*  
 Coordinador de la Sub-Unidad de Aguas Subterráneas  
 Dirección de Conservación y Planeamiento de los Recursos Hídricos  
 Autoridad Nacional del Agua

8 Escenarios para crear **COMITÉS DE SUBCUENCA EN LA AMAZONÍA** - Contribución a la hermenéutica en gestión de recursos hídricos  
*Ing. Adolfo Toledo Parreño*  
 Coordinador del Área de Gestión de Recursos Hídricos  
 Dirección de Conservación y Planeamiento de los Recursos Hídricos  
 Autoridad Nacional del Agua

18 Los jóvenes y su rol para **CUIDAR EL AGUA** - Formando una generación comprometida para el futuro  
*Ing. Alberto Osorio Valencia*  
 Director  
 Autoridad Administrativa del Agua Cañete-Fortaleza

24 Modelamiento en la gestión del **AGUA SUBTERRÁNEA** - Aspectos claves para el desarrollo y la evaluación de modelos conceptuales  
*Ing. Marko Castaneda Zavaleta*  
 Geólogo - Hidrogeólogo  
*Ph.D. Eusebio Ingal Blanco*  
 Especialista en Ingeniería de Recursos Hídricos  
 Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos  
 Autoridad Nacional del Agua

32 Ética y **EDUCACIÓN AMBIENTAL**  
*Dr. MSc. Ing. Edilberto Guevara Pérez*  
 Vocal  
 Tribunal Nacional de Resolución de Controversias Hídricas  
 Autoridad Nacional del Agua

40 Gestión integrada en **CUENCAS TRANSFRONTERIZAS** y rol de las entidades de cuenca transfronteriza ante el estrés hídrico. Segunda parte  
*M. Sc. José Eduardo Mestre R.*  
 Consultor Senior del Banco Mundial  
 Miembro permanente de la Red Internacional de Organizaciones de Cuenca (RIOCC)  
 Consejero de la Comisión Nacional del Agua de México (CONAGUA)

48 Un espejo de **AGUA** con dos caras  
 Autoridad Nacional del Agua



## AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA

**Coordinación general:** Dirección de Gestión del Conocimiento y Coordinación Interinstitucional

**Adolfo Toledo Parreño** - Revisión general  
**Fredy Villar Cavero** - Diseño y diagramación  
**Fiorella Dávila Pérez** - Corrección de estilo

Edición: agosto 2017  
 Derechos de autor: Autoridad Nacional del Agua ©  
 Fotografías: Autoridad Nacional del Agua ©

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N-2015-05238  
 Impreso en: Kinko's Impresores S.A.C. / Av. Venezuela 2344, Cercado de Lima / Teléfono (511) 336 6699 / www.printing.com.pe  
 Tiraje: 2 000 ejemplares  
 Se terminó de imprimir en agosto de 2017 en Kinko's Impresores S.A.C. / Av. Venezuela 2344, Cercado de Lima

**Autoridad Nacional del Agua**  
 Calle Diecisiete 355, Urb. El Palomar, San Isidro, Lima 27, Perú  
 Teléfono: 224 3298, anexo 2100

El contenido de esta publicación solo podrá ser reproducido con autorización de la Autoridad Nacional del Agua, incluyendo autoría y fuente de información



# editorial

Organismos nacionales e internacionales, basados en estudios científicos, llevan varios años alertando sobre la escasez de recursos hídricos a nivel mundial. El caso peruano no es ajeno a dicho riesgo. En los primeros meses del presente año, diversas zonas del país experimentaron los embates del fenómeno denominado "El Niño Costero", lo que llevó incluso a declaratorias de emergencia y la urgencia de visibilizar propuestas técnicas que avizoren alternativas de solución para cubrir la demanda de agua, tanto para la población como para el sector agrícola y en general los usos económicos del agua.

Desde la Autoridad Nacional del Agua (ANA), institución adscrita al Ministerio de Agricultura y Riego y ente rector del Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos, puede constatar no solo las necesidades que se presentan en torno al agua, sino también los avances y estudios que realizan los profesionales del sector. Estas contribuciones —muchas de las cuales corresponden a profesionales de la ANA— constituyen información clave para seguir avanzando en la promoción de una cultura del agua que reconozca el valor económico, social y ambiental de este vital recurso. Y es bajo esa premisa que *Agua y Más* se presenta como el vehículo idóneo para socializar esa información, no solo entre especialistas, sino al público en general.

En esta nueva edición de la revista, la séptima desde que viera la luz en abril del 2015, atendemos, por un lado, a la necesidad imperativa de brindar alcances técnicos, como aquellos relacionados con estudios geofísicos para la ubicación de aguas subterráneas o los que tienen que ver con la gestión integrada en cuencas transfronterizas; y por otro, a la importancia de que la población y, especialmente, los jóvenes asuman un rol diferenciador en el cuidado del agua del país. En el marco de este último punto, es que también se presentan iniciativas como las que se vienen trabajando en Arequipa con la Red Agua Joven. Asimismo, después de tres años de trabajo de la ANA en la Amazonía del Gobierno Regional de San Martín, apreciaremos los fundamentos de los Lineamientos para la creación de Comités de Subcuenca en dicha región hidrográfica.

Esperamos que los artículos que aparecen en esta nueva entrega brinden, a los especialistas, una mirada sobre el derrotero que se avisa y ejecuta en materia de recursos hídricos y, al poblador de a pie, los insumos necesarios para reflexionar sobre el verdadero valor del agua.

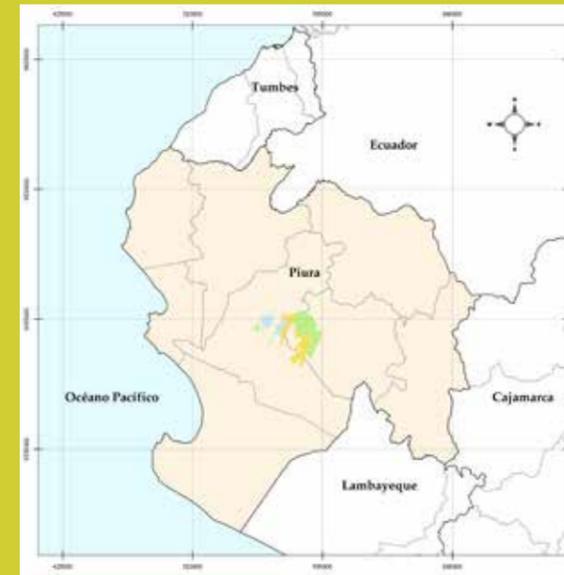
# EVALUACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS TRANSITORIOS DE LA FORMACIÓN ZAPALLAL EN LA CUENCA DEL RÍO PIURA

## RESUMEN

Para hacer frente a los problemas relacionados con la falta de recursos hídricos superficiales, es decir, aquellos que impactan en las labores de la agricultura y los que propician el desabastecimiento de agua en la población, se requiere de estudios que permitan conocer la ubicación de aguas subterráneas. Con esta finalidad es que se empleó la prospección geofísica, utilizando el método eléctrico del sondeo electromagnético transitorio, en el dominio de tiempos, comúnmente conocido como sondeo TDEM, en el estudio de la cuenca hidrográfica del río Piura. La investigación se llevó a cabo en zonas que presentan extensas pampas eriazas con grandes posibilidades de contener agua subterránea. Los resultados del estudio permitieron delimitar áreas de la zona estudiada que presentan buenas condiciones geoelectricas para la captación de aguas subterráneas.



Ubicación geográfica



## INTRODUCCIÓN

El principal problema que afrontan las cuencas de la Región Hidrográfica del Pacífico del país es la carencia de recursos hídricos superficiales, que afecta a la agricultura y, principalmente, al abastecimiento de agua para uso poblacional. En ese sentido, las aguas subterráneas surgen como alternativa de solución eficiente.

En la cuenca hidrográfica del río Piura, en el extremo inferior, base de la cuenca alta, así como en la parte media y baja, se presentan extensas pampas eriazas que requieren ser investigadas, debido a las grandes posibilidades de ubicar agua subterránea en formaciones de edad terciaria, principalmente en el miembro superior de la formación Zapallal, que es regional; hay además indicios geológicos que sugieren que esta formación de igual manera se ubicaría en la cuenca baja de los ríos Chira y Olmos-Cascajal, e inclusive en la de Chancay-Lambayeque.

## OBJETIVOS

Confirmar o descartar la presencia de la formación Zapallal, así como evaluar y determinar las condiciones geoelectricas (resistividades y espesores de capas) de los componentes del subsuelo, principalmente de los horizontes permeables del terciario.

## UBICACIÓN

El área investigada (1 924 km<sup>2</sup>) está ubicada en la costa norte del país y comprende amplias pampas eriazas que abarcan sectores de la parte alta y media de la cuenca del río Piura. Políticamente, pertenece a las provincias de Morropón y Piura y al departamento de Piura. Geográficamente, el área está comprendida entre las coordenadas UTM Este: 546 000 m y 598 000 m, y Norte: 9 404 000 m y 9 442 000 m, Zona 17 Sur.

## TRABAJOS REALIZADOS EN CAMPO Y GABINETE

Se ejecutaron 391 sondeos transitorios electromagnéticos en el dominio de tiempos (cuya sigla en inglés es TDEM, por Time Domain Electromagnetic), distribuidos espacialmente. Estos cubrieron toda el área de estudio.

El equipo geofísico utilizado fue el TSIKL-7, de origen soviético (figura 1). En la ejecución de los sondeos TDEM se utilizó además una espira cuadrada de 100 m por lado, cuya disposición se muestra en la figura 2.

En campo y gabinete se utilizaron tres (3) programas o *softwares*: PROBA C (para la toma de datos), PROBA WIN3 y POD-BOR 4.8 (para la interpretación).



Figura 1. Equipo geofísico desarrollado por el Instituto Siberiano de Geología, Geofísica y Recursos Minerales de Novosibirsk, Rusia.

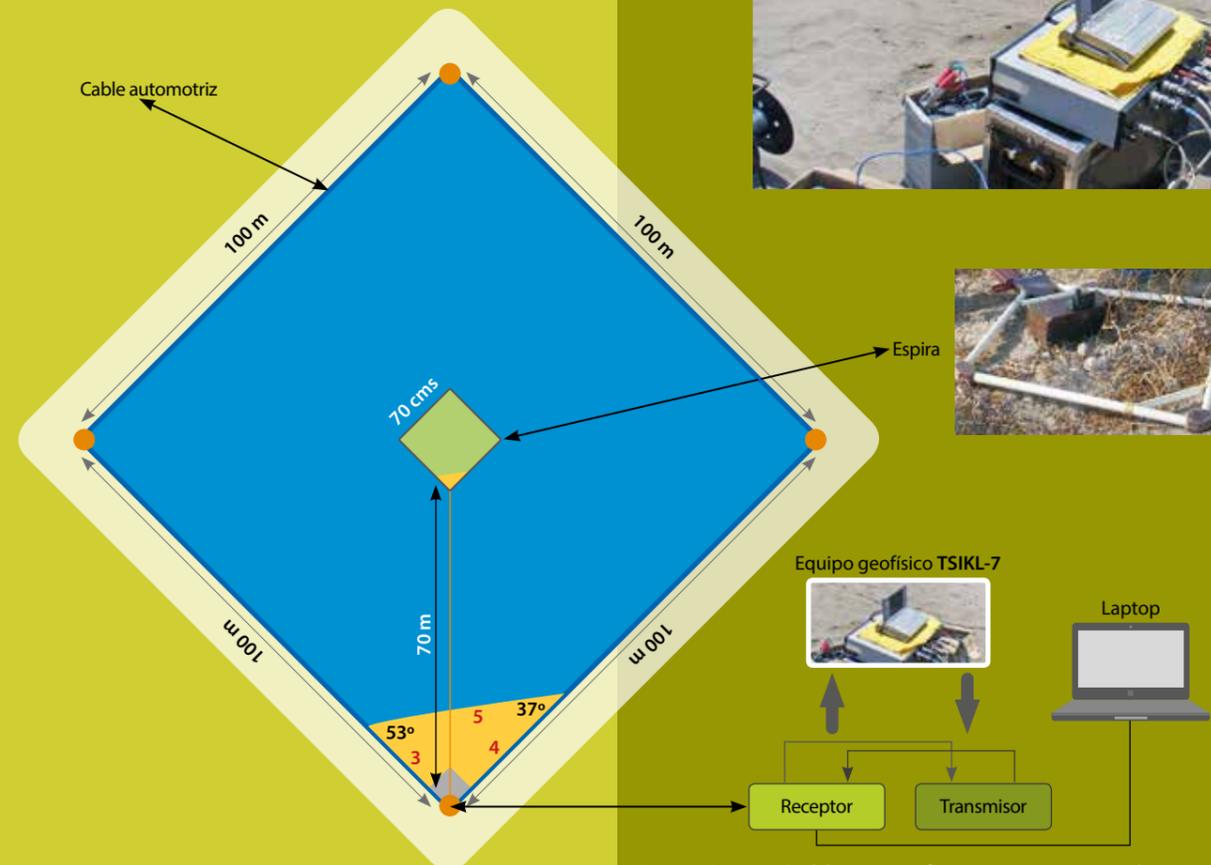


Figura 2. Disposición del equipo geofísico para ejecutar un sondeo TDEM

## CONCLUSIONES

1. La investigación geofísica, hasta la profundidad de 400 m, se obtuvo con la ejecución de 391 sondeos TDEM, la elaboración de 15 secciones geoelectricas y 4 mapas geofísicos, lo que permitió determinar que el subsuelo presenta una estructura vertical conformada hasta por tres horizontes geoelectricos: 1) **superior**, con pésimas condiciones y en estado seco; 2) **intermedio**, con mejores condiciones geoelectricas que el anterior, con permeabilidades de media a buena, y probablemente con partes saturadas en su tramo inferior; y 3) **el horizonte inferior**, de espesor no definido (> a 200 m) y con malas condiciones geoelectricas, aunque con ciertos sectores saturados en su tramo superior. Ver figura 3.
2. Los horizontes intermedio (tramo inferior) e inferior (tramo superior), que se ubican a profundidades superiores a 100 m, corresponderían a la formación Zapallal, y podrían solucionar dos problemas: a) el abastecimiento para uso poblacional; y b) el requerimiento de irrigar áreas eriazas para la agricultura. En la tabla 1 se muestra los sondeos TDEM que tienen buenas perspectivas para ubicar horizontes permeables saturados, que se ubican en el mapa de la figura 4.
3. En la zona de estudio, la investigación realizada permitió delimitar áreas con buenas condiciones geoelectricas, factibles para la exploración y explotación de aguas subterráneas. Las

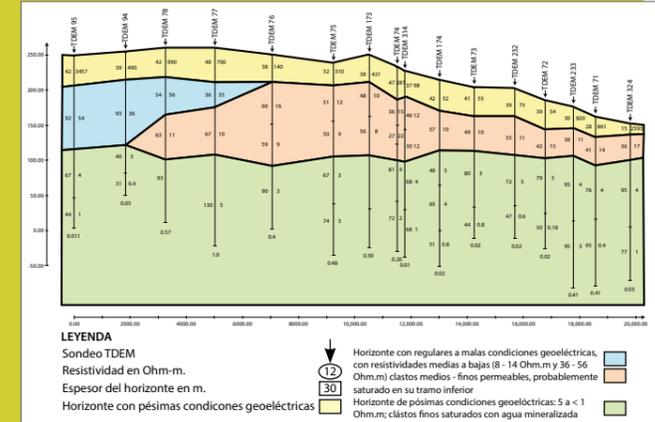


Figura 3. Sección geoelectrica en el sector Vega Honda-Alto El Gallo

dos áreas con buenas condiciones geoelectricas, delimitadas por 63 sondeos TDEM, corresponden a los sectores Cruz de Caña, comunidad Señor de los Milagros, Palo Santo, Canto Mocho, pampa Palo Verde, El Veinte y Dieciocho (Ver figura 4).

Sección geoelectrica	Nº TDEM
C-C'	33 - 375 - 190 - 191
H-H'	54 - 55 - 49 - 209 - 50 - 210 - 5
J-J'	45 - 206 - 46 - 207 - 213
K-K'	160 - 217 - 218 - 219 - 220 - 221 - 222
L-L'	198 - 197 - 66 - 196
M-M'	338 - 127 - 341 - 126 - 340
N-N'	122 - 344 - 123 - 124 - 130 - 140 - 158
O-O'	142 - 143 - 144
	42 - 43 - 38 - 375 - 33 - 117 - 159 - 372

Tabla 1. TDEM con buenas perspectivas para ubicar horizontes permeables saturados

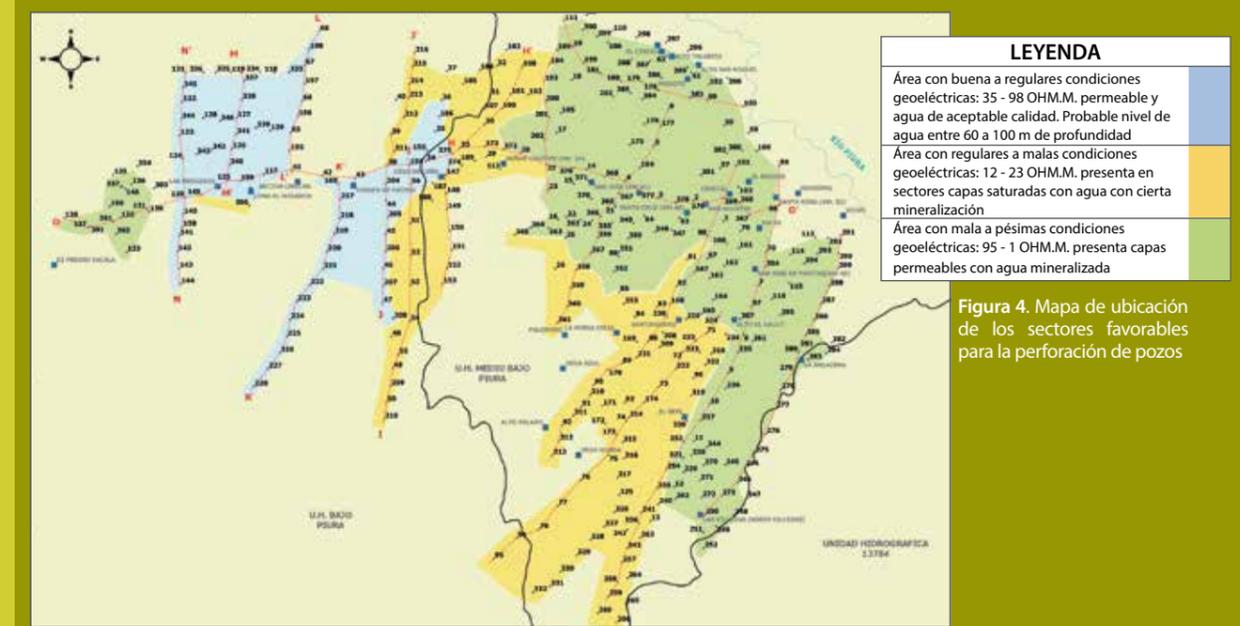
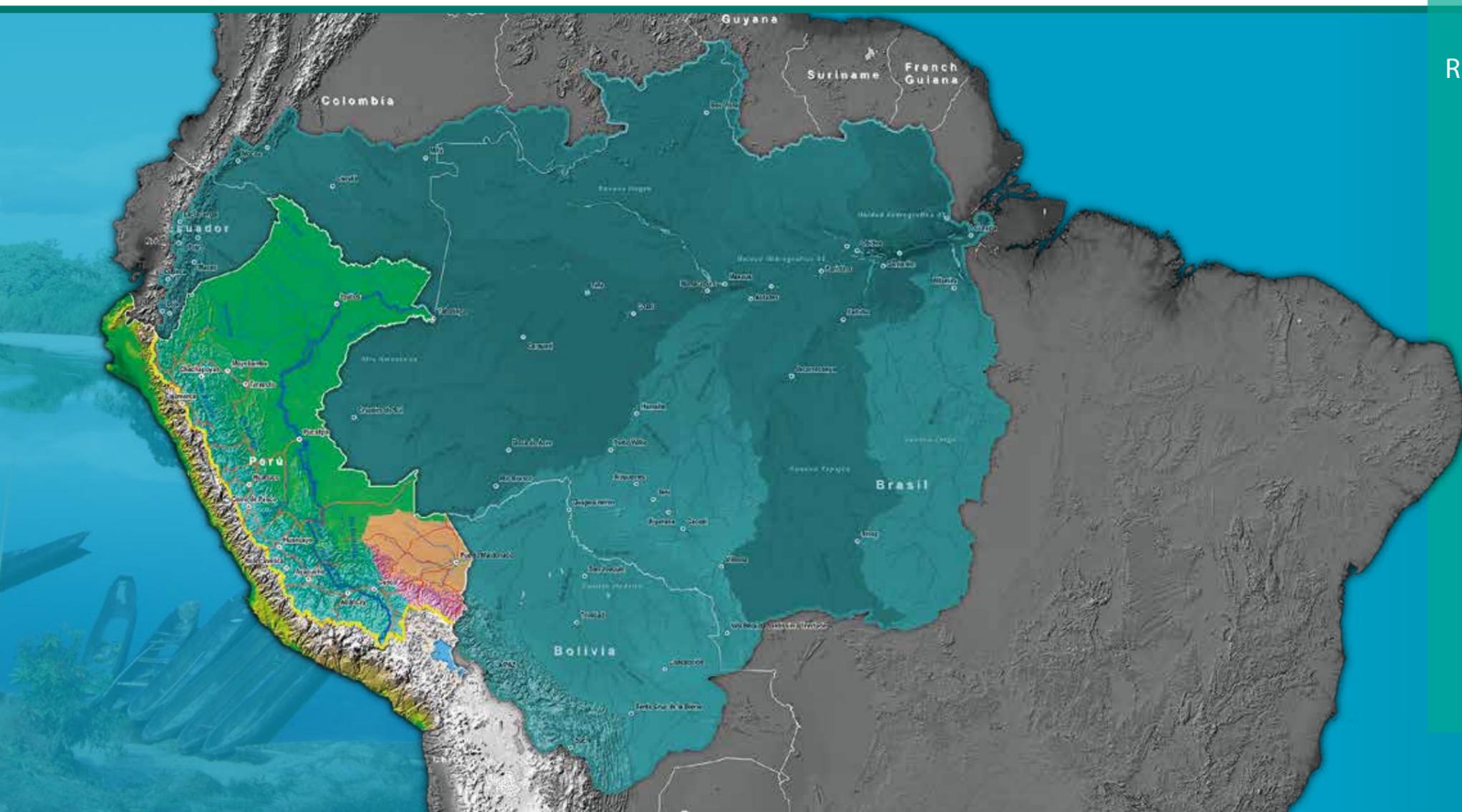


Figura 4. Mapa de ubicación de los sectores favorables para la perforación de pozos

### Referencias bibliográficas

1. BOLZICCO, J. et al. (2013) Investigaciones Hidrogeológicas Acuífero El Zapallal (Perú), en Agua subterránea recurso estratégico (Tomo I). La Plata: EDUP
2. GIESECKE, A. (2004). Potencial Geofísico Exploratorio de los Acuíferos Regionales Terciarios del Perú. El acuífero Zapallal. ARCE GEOFÍSICOS, Volumen Especial N.º 6
3. VILLARREAL, E. & ACOSTA, J. (2011). Memoria sobre la Geología Económica de la Región Piura. Lima: INGEMMET



## RESUMEN

El documento original de donde proviene este artículo, es un Ensayo sobre creación de Comités de Subcuenca en la Amazonía. El Ensayo completo consta de dos escenarios. El presente es un apretado resumen del primero. En el próximo número de *Agua y Más* se hará la descripción del segundo escenario, que estará abocado a fundamentar los hitos ideológicos de su naturaleza. En esta primera parte, se atiende en principio a los conceptos y criterios a tomar en cuenta respecto al cambio de paradigma del agua, considerando como marco la Ley de Recursos Hídricos.

Además, se plantea una prospección que incluye la integración de futuros posibles y la construcción de nuevos escenarios en el campo de la gestión de recursos hídricos en la región amazónica. En este contexto, se revisa tanto los lineamientos para crear Comités de Subcuenca en la Amazonía, como la visión colectiva que hay en dicho territorio nacional.

# Escenarios para crear Comités de Subcuenca en la Amazonía

(Fundamentos – Conceptos – Proceso de creación)

Contribución a la hermenéutica en gestión de recursos hídricos (ensayo)

## ESCENARIO PRIMERO

### CONCEPTOS Y CRITERIOS PARA CREAR

Marzo 2009, el Perú, después de dieciocho años de participación institucional conjunta, logra la construcción nacional de la Ley de Recursos Hídricos. Mediante este instrumento de política, se consigue cambiar el arcaico paradigma del agua representado por la Ley General de Aguas, vigente 40 años. Así, por antonomasia, se consigue sustituirlo por uno nuevo y moderno. Este arreglo corporativo institucional transformaría el antiguo marco institucional del agua por uno reciente, que representa el nuevo paradigma del agua. Cuando hacemos referencia al marco institucional, aludimos expresamente a políticas, instrumentos de política y a la administración de recursos hídricos.

Al parecer, cuando mencionamos los extensos lapsos de tiempo implicados en el proceso de gestionar agua, se trae a colación a aquellos motivados para generar instrumentos de gestión hídrica. En este contexto, pueden imaginarse los tiempos de actuación para hacer realidad la Ley; así como el Plan Nacional de Recursos Hídricos, la Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos, la Política de Estado sobre los Recursos Hídricos, entre otros.

En esa misma línea dar forma al ensayo original, nos ha tomado casi tres años, desde que la Autoridad Nacional del Agua tomó la decisión de formular lineamientos para crear Comités de Subcuenca en la Amazonía (Comités), cuyo emprendimiento lideró el suscrito con un grupo de la DCPRH. Este aplazamiento en el tiempo ocurrió debido al proceso mismo de construcción y formulación del instrumento de gestión mencionado. En la redacción del cuerpo de este artículo, mencionaré la denominación original de ensayo.

El presente ensayo es prospectivo, tanto que pretende integrarse a futuros posibles y construir nuevos escenarios en el campo de la gestión del agua en la Amazonía. La agudeza del amable lector comprobará que, en el devenir de los desarrollos de este ensayo, se sentirá invitado a la reflexión constante, al debate dialogante y al diseño de estrategias de gestión integrada, como meta visionaria (meta transversal). Expresamos esto porque escribimos bajo el concepto académico de prospectiva: “mirar mejor y más lejos aquello que está por venir”.

Describiremos el proceso sistemático aplicado, participativo, encargado de recopilar, intercambiar y generar nuevos conocimientos. De este modo, se podría construir visiones temporales de mediano o largo plazo que vayan más allá de su naturaleza y perspectiva; y elaborar lineamientos para crear comités, analizando escenarios, definiendo y priorizando estrategias, y concretando propuestas de políticas públicas regionales amazónicas.

La problemática en la Amazonía, en escenarios donde hemos actuado, se perciben complejos. Su debida interpretación ha exigido conocer y aplicar la teoría de la complejidad de Edgar Morín. Si esto es así, la interpretación de la complejidad exige inquirirlo con visión sistémica, holística y gestáltica. Para ello, hemos acudido a la Teoría de Sistemas. Con ello lograríamos comprender, en toda su extensión, los fenómenos sociales. La teoría sistémica brinda elementos de juicio para comprender interrelaciones entre *inputs* de sistemas y subsistemas que aprendimos a distinguir en la Amazonía. En este sentido, hemos tratado de construir y apropiarnos de nuevos conocimientos, tal como lo exige la ley.

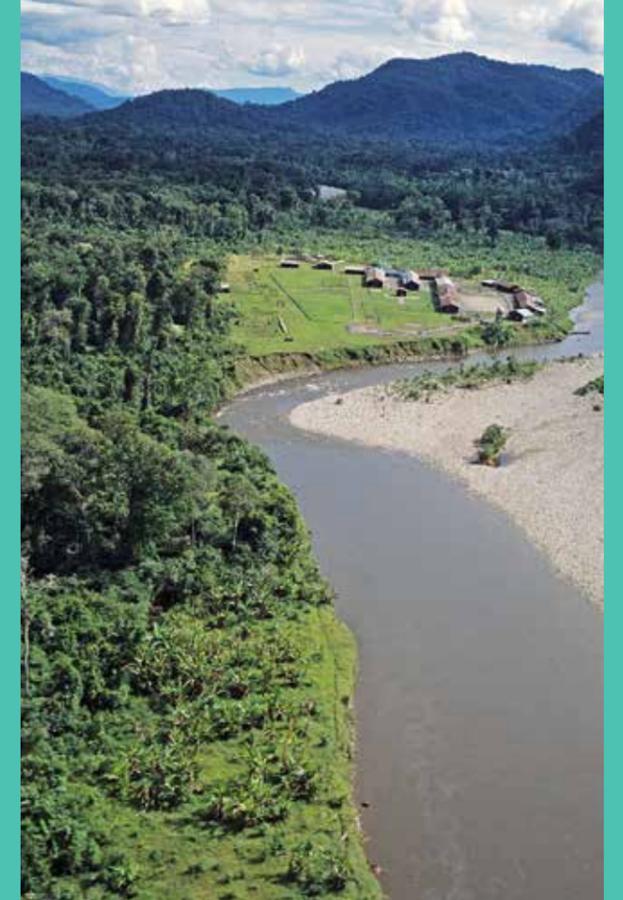
Este Ensayo representa el desenvolvimiento, el afianzamiento y mejoramiento de capacidades profesionales —quizá en ciernes— que utilizamos para reflexionar sobre el futuro de organizaciones de base en Unidades Hidrográficas Amazónicas. De igual manera, aboga por la integración transdisciplinaria, que considere los impactos de los aspectos socio-económicos.

A parte de la virtud regulatoria que representa estos lineamientos, simboliza por igual la firme convicción de la propuesta de mejora de la gestión del agua en la Amazonía. Asimismo, la pertinencia de construir escenarios, ejes y planos de actuación para obtener beneficios poblacionales en el corto y largo plazo. Generar posibilidades de diseñar nuevos modelos para crear e implementar Consejos de Recursos Hídricos de Cuenca en la Amazonía (Consejos). Actualizar información y generar procesalmente el desarrollo socio-económico del Gobierno Regional. Contar con una metodología de base para el análisis de la correspondencia y respuesta unívoca entre sistemas hídricos y sistemas poblacionales.

## GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS: PANELO PREVIO

En línea con los fundamentos teóricos de diseño institucional, la Ley, en parte, se basa técnicamente en la visión teórica de Thomas Kuhn; y por otro lado, en el pensamiento complejo de Edgar Morín y el pensamiento sistémico del Mental Research Institute de Palo Alto (California, EE. UU.). De aquí surge la debida explicación. La Ley es instrumento de política revolucionario, donde prima el cambio constante en aprender y comprender. Además, ambos pensamientos —complejo y sistémico— proporcionan connotación moderna a la gestión de recursos hídricos. Este instrumento de política está alineado con los principales avances de la gestión del agua planetaria.

En la Ley, se puede apreciar elementos novedosos, únicos —sustanciales, diríamos— muy propios del nuevo paradigma del agua, tales como: 1) el Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos; 2) el Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos; 3) el Tribunal de Controversias Hídricas; 4) el Consejo Directivo de la Autoridad Nacional del Agua; 5) los Consejos de Recursos Hídricos de Cuenca; 6) los planes de gestión de recursos hídricos en la cuenca; 7) las retribuciones económicas; 8) la gestión del agua en cuencas transfronterizas; 9) la protección del agua; 10) la planificación de la gestión del agua; 11) las aguas amazónicas; 12) los Comités de Subcuenca en la Amazonía; 13) el Consejo de Recursos Hídricos en la Amazonía, entre otros.



El contenido técnico de estas 13 sumillas medulares anteriores, para que se transformen en *realidades operativas*, pueden expresarse como sistemas territoriales, sistemas hídricos y sistemas sociales de gestión, reflejados en la unidad óptima de planificación de recursos hídricos: la cuenca hidrográfica. Sin las expresiones fácticas antedichas, las locuciones mencionadas no tendrían vida ni efecto alguno sobre la gestión del agua. Si así sucediera, y las locuciones no pudieran expresarse en la realidad, estaríamos frente a una anomia social hídrica.



Por otro lado, estas “expresiones sustanciales” significan la aplicación de potentes herramientas de análisis de trabajo — tal como lo referido anteriormente— como el pensamiento complejo en recursos hídricos, del que trataré más adelante. De igual manera, representa el abandono del pensamiento facilitador en la gestión del agua, que tantas limitaciones y distorsiones causó al viejo paradigma del agua.

Las expresiones sustanciales antedichas tienen reflejo e incidencia significativa en las Regiones Hidrográficas Pacífico, Amazonas y Titicaca. Aunque estos son mundos sistémicos diferentes, tienen la cualidad de armonizarse e integrarse en un orden mayor: el macro sistema nacional de unidades hidrográficas. Bajo estas afirmaciones, las expresiones se aplican en un escenario que denomino *función territorial*. Función que constituye una estructura de: 1) el asiento físico de la población o del sistema de gestión de la unidad geográfica; 2) la fuente fundamental de recursos naturales benéficos; y 3) las fuentes de recursos hídricos; además del espacio geográfico que posibilita el vigor del orden jurídico interpuesto por el colectivo de organizaciones e instituciones del ya denominado sistema de gestión de agua en la cuenca.



La cuenca hidrográfica del río Amazonas es la más extensa del planeta. Ocupa el 44% de la superficie terrestre de América del Sur. Sus confines se extienden en ocho países de esta parte del continente, dentro de ellos, en lugar privilegiado, está nuestra nación, el Perú. Este territorio estratégico para la vida del planeta es el hacedor de su máxima riqueza: la biodiversidad de la Amazonía. Esta formación bondadosa de la naturaleza tiene como elemento de vida al agua: vital, trascendental para su existencia misma. La gran selva tropical de América se formó hace 20 millones de años. La porción de territorio por la que se desplaza este bioma ocupa una **superficie de más de 782 800 km<sup>2</sup>**, llamado Llano Amazónico. Comprende desde las estribaciones orientales de la cordillera de los Andes, hasta límites políticos de Ecuador, Colombia, Brasil y Bolivia, países con los que limita nuestra nación.

Fuentes bibliográficas señalan que la Amazonía peruana es el territorio con mayor biodiversidad y endemismos del planeta. La región biogeográfica peruana amazónica tiene la menor población humana, a pesar de lo cual es la más diversa antropológicamente. Y en ese marco, el camino de la gran construcción procesal de comités será la contribución más preclara de la Autoridad Nacional del Agua. Se trata de mirar de otra manera el 60% de nuestro territorio, donde viven más de 50 pueblos con idiomas, cosmovisiones y costumbres diferentes. La Amazonía es lo arcano de nuestro actual conocimiento común y científico. La Amazonía constituye enigma e incógnita. Pronto ya no será así.

Cabe preguntar **¿qué es lo que hace que la Amazonía posea estas características bondadosas, dentro de un concepto global?** Múltiples factores. Posee gran variedad climática y topográfica. Su volumen de agua de drenaje suma 6 700 km<sup>3</sup>/año. Dato que representa el 70% de agua dulce en América. Este territorio es la *mater* y causa de la existencia de la Amazonía. Su población es heterogénea, con características socio-culturales diversas y complejas. Aquí, existe una característica social muy especial: la población indígena o nativa. En toda la Amazonía existen 420 pueblos diferentes. De igual manera, se declaran 86 lenguas y 650 dialectos, formados desde el arribo del hombre a América

dos grupos humanos importantes: los que caminaron al lado de las costas del Pacífico y aquellos que se internaron en la Amazonía, paralelos a las costas del océano Atlántico. Estos últimos, fueron creando y recreando la expresión cultural amazónica, tal como lo hicieron las demás poblaciones de las otras dos regiones, que primaron en nuestros territorios ancestrales. Al respecto, se han planteado estudios como el de nuestro sabio Julio C. Tello. Y se ha podido constatar la similitud entre diversos instrumentos de vida de poblados amazónicos colombianos y aquellos presentes en Ayabaca (Piura, Perú). Esta riqueza cultural amazónica camina paralela a las 19 naciones que conformaron nuestro territorio peruano. Los colectivos del agua de nuestro país, desde épocas pretéritas, son la génesis de la gestión del agua. Los pueblos de la Amazonía, creados a la vera de la historia, tienen dinámica demográfica propia, con niveles sociales característicos; generan patrones de asentamientos humanos diversos; transitan entre fronteras de creación humana; y se desplazan, sobre la base de patrones sociales y geográficos particulares.

argumentos para crear Comités. Al respecto, estratégicamente adelantaremos unos tramos de nuestro pensamiento, que se completará en apartados posteriores.

Así, podemos comentar que el proceso de creación de comités permitiría:

- Escudriñar directamente las particularidades de unidades menores de gestión de recursos hídricos, para generar visión común dentro de su compañera mayor: la cuenca en cuestión.
- Una consecución metodológica, que considere como resultado firme y correcto el análisis del diagnóstico, el mismo que en función de una escala conceptual se denomina *caracterización*. Su camino sistemático es conocido: los análisis de impacto ambiental; socio-económico y causas raíces, bajo modelos de inicio.
- Resultados y productos obtenidos en aplicar lineamientos para generar comités, que contribuirán a la construcción metódica de Consejos de Recursos Hídricos en la Amazonía.

Por lo tanto, la creación de Comités se convierte en la gran estrategia de la Autoridad para conformar consejos de recursos hídricos en la Amazonía.

## BREVE: QUÉ PIENSA LA AUTORIDAD

El apartado precedente ha presentado un punto vital para la administración y gestión del agua: la función territorial. Mas, como es conocido, este concepto es solo una de las caras de Jano. Es solo uno de los rostros de la complejidad de la gestión del agua, en especial de la Amazonía. Luego, amigo lector, cabe la pregunta: ¿bajo qué escenarios se movilizan los diferentes rostros de la gestión del agua y la administración de recursos hídricos? La misma Ley provee una respuesta correcta, tanto en dirección como en sentido correcto.

Al planear y diseñar propuestas hídricas en la Amazonía, en este caso normativas (normas procedimentales lineamientos, entre otros), es correcto considerar que, en forma global, están en función del sistema mayor representado por la Amazonía.

A estas alturas del razonamiento y de las explicaciones, debemos detenernos en el contexto y entorno de los fundamentos y

## CONSTRUIR UNA VISIÓN COLECTIVA AMAZÓNICA

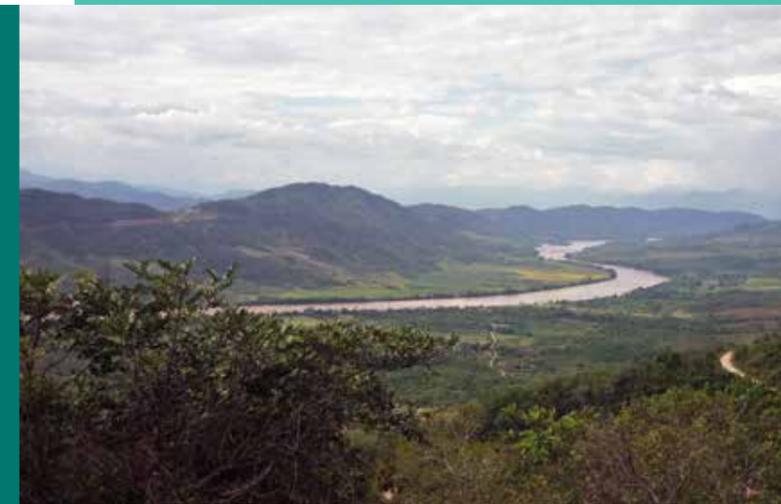
La Amazonía, con 7,4 millones de km<sup>2</sup>, representa el 4,9 % de la superficie continental mundial. Cubre los territorios de Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú, Surinam y Venezuela. La cuenca del río Amazonas es la más grande del mundo y tiene un caudal promedio de 230 000 m<sup>3</sup>/s. Representa, aproximadamente, el 20% del agua dulce en la superficie terrestre mundial.

La visión colectiva de nuestra Amazonía, al parecer, se mueve en escenarios dinámicos y de cambios constantes. Se manifiesta de acuerdo con las formas y tiempos, tal como deseamos apreciarla y percibirla, en función de lo cual se emprenden acciones respecto a la función territorial. En este

entender y comprender dicha visión colectiva se integran oportunidades, soluciones y potencialidades. Todas ellas conexas a intereses sociales y económicos de quienes conforman la base social de los sistemas de gestión de recursos hídricos en cuencas.

Un sistema de gestión del agua en la cuenca Amazónica es un medio que permite acercarnos a escenarios presentes, futuros diferentes y especializados; aun los mentados ilegales, como los que encontramos, por ejemplo, en minería, en el río Madre de Dios; en Suches, Puno. Los citados sistemas de gestión, promoverían la visión colectiva que busca consolidar la política económica y social de la región. Un ejemplo de ellos es lo ocurrido en la cuenca del río Mayo.

Nuestra experiencia en conformar e implementar sistemas de gestión del agua en cuencas de la región hidrográfica Pacífico (Consejos, Grupos de Trabajo), y ahora iniciando el proceso en la región hidrográfica amazónica (hoy Comités y mañana Consejos), comprueba un hecho práctico y fáctico. La política pública para implementar dichos sistemas es diametralmente diferente a las implementadas en ambas regiones hidrográficas. Entiéndase que esta política pública en la Amazonía hace referencia a la conservación y protección de recursos y ecosistemas naturales. Por lo tanto, sostenemos que estos sistemas de gestión del agua en la cuenca estructuran escenarios futuros, posibles, previsibles. Así, la Amazonía, que posee una riqueza natural inmensa, contaría con: 1) un medio que la cuidaría celosamente; 2) un entorno que protegería en conjunto; y 3) un grupo de usuarios que la conservaría como sus ancestros supieron hacerlo. Esta guardianía y vigilancia, en especial de fuentes naturales de agua, estaría a cargo de sistemas de gestión de base en la unidad hidrográfica correspondiente.



De lo anterior, derivamos el pensamiento futurista siguiente: “Sin un soporte de contención social, se estaría dejando a la deriva los frágiles ecosistemas amazónicos, en detrimento del bienestar de pueblos originarios y de poblados asentados en dichos territorios”. En este contexto, al crear Comités se eleva la escala y categoría de la organización poblacional de base que gestiona recursos hídricos. En suma, contribuirían a conservar y proteger el capital natural amazónico, especialmente las fuentes naturales de agua, y se reforzaría la organización poblacional.

## DIALOGANDO CON LA LEY SOBRE COMITÉS

Los Comités que enarbola la Ley forman parte sistémica de propuestas creativas de la nueva gestión de recursos hídricos en la Amazonía. Léase “nuevo paradigma del agua en la Amazonía”. Luego, este mandato jurídico significa, en términos facilitadores, la aparición del nuevo paradigma mentado. Sería interesante acompañar este ensayo describiendo cómo

emerge el nuevo paradigma mencionado, pero su naturaleza, no hace posible esta inserción intelectual. En este sendero, uno de los múltiples tópicos tratados correspondería aquel que determina la gestión del agua desde la visión de la demanda y de la oferta. Asimismo, es necesario señalar que la gestión del agua en la Región Hidrográfica Pacífico se desenvuelve en el escenario de una visión economicista, mientras que en la Amazonía prima la visión distributiva (políticas hídricas). La Ley reclama así un balance equitativo de ambas.

La Ley, mediante el nuevo paradigma estatuido, recoge los acuerdos y mandatos internacionales de la Conferencia Internacional del Agua y el Medio Ambiente (Dublín, 1992); asimismo, los pertenecientes a la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible (Johannesburgo, 2002). Por tal motivo, instaura que, considerando las afirmaciones de párrafos anteriores, en Unidades Hidrográficas Amazónicas, cuando se trate temas vinculados a Comités, indisolublemente se correlaciona con la creación y gestión de Consejos. La lógica anterior tiene una explicación clara: en la Amazonía, los Comités son parte del todo que conforma este sistema de gestión mayor, que representa el Consejo.

En los Consejos Amazónicos, participan activa y permanentemente los Gobiernos Regionales; Gobiernos Locales; Sectores públicos; organizaciones privadas en el uso del agua; sociedad civil; comunidades campesinas y comunidades nativas; y demás integrantes conspicuos del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos. Mientras que en los Comités Amazónicos emprenden acciones hídricas a nivel local, y forman parte, como subsistema, del Consejo Amazónico. Se considera como referencia en este punto a la organización funcional de la Autoridad. Existen, pues, diferencias sustanciales.

Consejo Amazónico. El objetivo institucional y organizacional, a todas luces, establece que la población usuaria del agua participa en procesos de planificación, coordinación, concertación y consenso para el aprovechamiento sostenible de recursos hídricos. El instrumento de planificación creado para tal fin es el Plan de Gestión de Recursos Hídricos en la Cuenca. Para que ocurran y concurren estas ideas de avanzada, la Autoridad aprobó los Lineamientos Generales para la Creación de Consejos de Recursos Hídricos de Cuenca. Este instrumento de gestión ordena aplicar procesos, procedimientos, técnicas y mecanismos en las fases y etapas para crear Consejos. En este ensayo, se da forma y fondo al contenido administrativo de lineamientos para crear, implementar y hacer funcionar comités.

Comités Amazónicos. Acerquemos los Comités a la Ley. Cabe comentar que este dispositivo legal estatuye que las organizaciones de usuarios en el ámbito de la Amazonía, se organizan mediante comités de subcuenca. Ellos ejercen responsabilidad en el cuidado, protección y vigilancia de las fuentes de agua en su ámbito de acción, vale decir, de su unidad hidrográfica correspondiente. En este espacio de confluencia organizacional local participan preponderantemente comunidades nativas y pueblos indígenas. Tienen la prioridad participativa —de acuerdo a la Ley— en el seno de estos comités. Complementando el concepto anterior, la población local organizada participa en las actividades sociales, culturales y económicas articulando y complementando esta tarea, con el apoyo a la dinámica de la administración pública. Esta visión se manifiesta en aspectos básicos de la gobernanza y gobernabilidad en esta región hidrográfica.

### ¿Cuál es la preponderancia del Consejo sobre el Comité?

En este aspecto, opinamos que lo planteado obedece a diferentes escalas de gestión administrativa y a su engarce con el Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos. Anteriormente, hemos afirmado que el ente rector de este sistema nacional es la Autoridad.

En la ruta anterior, los Consejos, son órganos desconcentrados de la Autoridad. Por antonomasia, los Comités participan en menor categoría administrativa funcional, dependiente de los Consejos. Un ejemplo propicio: las Autoridades Administrativas del Agua (AAA) son órganos desconcentrados de la Autoridad. Las Autoridades Locales de Agua (ALA) son unidades orgánicas de las anteriores.

## EN LA BÚSQUEDA DEL CONCEPTO COMITÉ

Los procesos participativos para gestionar el agua, dentro de los criterios para su mejora, comprende la concurrencia de los elementos siguientes:

1. Definir espacios sociales concretos de diálogo e intercambio de conocimientos y experiencias. De esta manera, la población organizada podría definir en conjunto sus intereses en gestión del agua.
2. Alinear sistémicamente e integrar el conocimiento social, institucional y organizacional de procesos de toma de decisiones alrededor del intercambio de experiencias.
3. El núcleo de sabiduría e inteligencia social que hace posible este intercambio memético de conocimientos y experiencias es la cultura social, y dentro de ella la cultura del agua.
4. La ética y el respeto por los valores sociales constituyen la ordenación básica, en cuyos arreglos se sumando conocimientos, costumbres, reglas sociales, entre otros, con relación a la gestión del agua.

Por lo tanto, cuando se emprende un proceso único de creación de Comités dentro de la cuenca los cuatro criterios anteriores están presentes y modelan la naturaleza de lineamientos pertinentes para esa realidad única. La estrategia y las tácticas para crear Comités tienen una base única territorial y una base única conceptual. Dentro del contexto precedente, ensayamos un concepto general sobre la naturaleza del comité:

*Es la organización social de base que articula localmente acciones y esfuerzos de la población amazónica organizada, la misma manera que, desde tiempos inmemoriales, realizan sostenible el uso y aprovechamiento de sus recursos naturales. Como lógica consecuencia, redundando en el cuidado, la vigilancia y protección de las fuentes naturales del agua, dentro de la unidad hidrográfica o conjunto de unidades hidrográficas de cuenca.*



Esta organización de base es responsable socialmente consciente de articular esfuerzos que fortalezcan y sumen al rol del Consejo, al cual pertenecerán. Asimismo, y con mayor énfasis, buscaría que la Autoridad desarrolle normalmente sus competencias. La creación y conformación de comités *“se transfigura en estrategia de base para crear Consejos en la Amazonía”*. Los Comités, en la Unidad Hidrográfica mayor Amazónica, son *“guardianes locales de fuentes naturales y bienes asociados al agua en la Amazonía”*.

Hablando en términos de gestión pública del agua, la creación de Comités tiene línea discursiva particular. Su accionar sigue el principio de subsidiariedad. En concepto amplio, dispone que *“un asunto de Estado, debe ser resuelto por la autoridad (normativa, política o económica más próxima al objeto del problema”*. En el trasfondo e interpretación de los *Principios de la Ley*, la subsidiariedad cruza verticalmente sus articulados. Lo efectúa en lo que corresponde y sobre los cuales se va conformando el cuerpo normativo y regulatorio de gestión de recursos hídricos.

A lo descrito, debe añadirse que la Autoridad asume función subsidiaria cuando participa en aquellas cuestiones que, por diferentes razones, no puedan resolverse en el ámbito local o más inmediato. Este principio se aplica al campo de la administración de recursos hídricos, y puede ser aplicado en otro tipo de gestión del agua a cargo de la Autoridad. ¿Cuál es la lectura práctica de este principio?: *“Todo lo que puede hacer la Autoridad no lo hace el comité, y todo lo que puede hacer el comité, no lo puede hacer la Autoridad”*.

## HOJA DE RUTA PARA CREAR COMITÉS

El Gobierno Regional de San Martín y la Autoridad confluyen en el interés mutuo relacionado con la gestión de recursos hídricos en la Amazonía. El primero, que gestiona el agua, decide conformar Comités en la cuenca del río Mayo. El segundo, coincidente con su competencia de administrar el agua, decide elaborar lineamientos para crear comités. Ambos intereses son concomitantes y confluyentes. Esta congregación de intereses se transforma en alianza estratégica institucional, desplegada entre los años 2015 y 2017. De esta manera, ambas coordinan para contribuir con los lineamientos para el diseño y crear y poner en marcha comités.

Los lineamientos documentan y enlazan entre sí diversos aspectos conceptuales normativos. Asimismo, aquellos que implican objetivos, roles, procedimientos y técnicas para facilitar la creación e implementación de Comités. En un trabajo para el futuro, estos lineamientos serán expuestos ante instituciones y organizaciones de la cuenca del río Nanay y Putumayo (Iquitos), así como de la cuenca del río Ucayali. De aquí se deduce que, este proceso, de la manera que se desea aplicar en la realidad, debe ir precedido de un cuidadoso proceso de *información, sensibilización y capacitación* del equipo técnico que asumiría dicha responsabilidad.



La visión metodológica propuesta por la Autoridad al equipo técnico del Gobierno Regional fue *“aprender haciendo”*. El rol del ente rector de la gestión de recursos hídricos, mediante la Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos, fue muy concreto: desplegar liderazgo, capacidad creativa, conducir, apoyar y prestar asistencia técnica necesaria para el éxito del proceso emprendido. El rol del Gobierno Regional de San Martín, a través de su equipo técnico, fue ejecutar acciones acordadas, comprendidas y aprendidas alrededor del proceso de elaboración del futuro normativo: los lineamientos.

Un principal conocimiento y enseñanza que brinda el construir lineamientos es que su maduración conceptual y aplicación debe ser flexible y creativa. Solo de esta manera podrían ser aplicados con éxito en diferentes cuencas amazónicas. La creatividad en solucionar cuestiones que acompañen la elaboración y aplicación de lineamientos será clave para cumplir con el objetivo estratégico de la misión emprendida.

Ing. Alberto Osorio Valencia  
Director  
Autoridad Administrativa del Agua Cañete-Fortaleza

## RESUMEN

La Autoridad Administrativa del Agua (AAA) Caplina-Ocoña trabaja desde el 2015 el Programa Juvenil de Voluntariado por el Agua, que este año lleva por nombre Red Agua Joven. La gestión de este programa, que actualmente reúne a 81 estudiantes y egresados de universidades e institutos superiores de Arequipa, ha confirmado la importancia de trabajar en capacitación y sensibilización de este grupo poblacional. La experiencia con este voluntariado, ha conllevado a extenderlo a Moquegua y Tacna —departamentos que también forman parte del ámbito de la AAA— donde se ha comenzado en mayo del año en transcurso.

Desde la Autoridad Administrativa del Agua Caplina-Ocoña, somos conscientes que el trabajo con jóvenes permitirá contar con futuros profesionales que reconozcan el valor ambiental, social y económico del agua; y que solo en la medida que cuente con personas sensibilizadas y consideren al recurso hídrico como un agente generador de desarrollo sostenible, podrán obtenerse cambios favorables en favor de una sociedad que se desarrolle en armonía con el ambiente.

# LOS JÓVENES Y SU ROL PARA CUIDAR EL AGUA

Formando una generación comprometida para el futuro

La **Autoridad Administrativa del Agua Caplina-Ocoña** trabaja un programa con estudiantes y egresados de universidades e institutos superiores de Arequipa, desde el 2015. En Moquegua y Tacna, comenzará en mayo de este año

En Arequipa, estudiantes universitarios y de institutos superiores, han asumido el rol de formarse como ciudadanos ambientalmente responsables con el agua. Con este objetivo, son capacitados, promueven proyectos e impulsan campañas de sensibilización relacionadas con los recursos hídricos, con la meta de convertirse en profesionales responsables y que en el futuro asumirán decisiones en torno al agua y sus bienes asociados.

Desde la AAA, se dirige el "Programa Juvenil de Voluntariado por el Agua", que en el año 2017 se denomina "Red Agua Joven". Se inició el trabajo con este grupo poblacional en mayo de 2015.

La labor comenzó en Arequipa. La primera promoción de este voluntariado culminó en diciembre del 2016. Para incorporar nuevos integrantes, se lanzó una convocatoria mediante las redes sociales, que concitó el interés de 1 024 jóvenes en el ámbito nacional; finalmente, fueron seleccionados 100 de ellos para lograr las metas trazadas. En la actualidad, la Red, viene trabajando de la mano con profesionales de la AAA e impulsan una iniciativa que —esperan— pueda marcar el derrotero hacia el futuro: el Banco Juvenil de Proyectos por el Agua, un espacio que incentiva a quienes tengan entre 18 y 35 años a presentar iniciativas sobre recursos hídricos, para difundirlas y lograr que sean financiadas, de acuerdo a su costo e impacto.



**"Yo soy Voluntario por el Agua, porque ..."**

He decidido formarme profesionalmente para cuidar y revalorar el agua"

**José Miguel Muñoz Pinto**

Coordinador del Programa Juvenil de Voluntariado por el Agua – Red Agua Joven

Estudiante de Derecho de la Universidad Católica San Pablo

Quiero formar parte de la solución de los problemas del agua"

**Jhojan Revollar Bernal**

Estudiante de Ingeniería Sanitaria de la Universidad Nacional de San Agustín

Quiero crear conciencia en el uso adecuado del agua"

**Rosa Rivera Betetta**

Estudiante de Ingeniería Ambiental de la Universidad Alas Peruanas

Quiero hacer un cambio en mi ciudad"

**Jonathan Quiroz Valdivia**

Subcoordinador de Asesoría e Investigación del Programa Juvenil de Voluntariado por el Agua – Red Agua Joven

Estudiante de Ingeniería Ambiental de la Universidad Católica de Santa María

Por las futuras generaciones. Toma conciencia. Cuida el agua"

**Alejandro Benavente Pinto**

Subcoordinador de Educación y Sensibilización del Programa Juvenil de Voluntariado por el Agua – Red Agua Joven

Estudiante de Derecho de la Universidad La Salle

¿Pero por qué trabajar con jóvenes? Porque representan reserva técnica, moral y emprendedora de nuestro país. Contar con futuros profesionales que reconozcan el valor ambiental, social y económico del agua garantizará que en lo posterior contemos con personas sensibilizadas y dispuestas a trabajar en armonía con el ambiente, considerando el recurso hídrico como agente generador del desarrollo sostenible y, principalmente, que puedan sustentar sus decisiones en lo participativo y multisectorial. Hacerlo significa, sin duda, un cúmulo de recursos, no solo económicos, sino también humanos y logísticos.

Hoy, la "Red Agua Joven" en Arequipa está conformada por 81 estudiantes provenientes de seis universidades: San Agustín, Santa María, Alas Peruanas, Tecnológica del Perú, La Salle y San Pablo. Tras la primera convocatoria, solo asistieron alumnos de las tres primeras mencionadas, por lo que el haber duplicado el interés de miembros de otras casas de estudio es un aliciente; y así lo confirma también el que una de las metas de estos jóvenes sea iniciar su formación profesional en las diferentes dependencias de la Autoridad Nacional del Agua. Muchos de ellos han expresado incluso, querer laborar en entidades del Estado para servir a su país. El entusiasmo y compromiso que expresan, exige llevar a cabo más acciones para cubrir sus expectativas y posicionar a nuestra institución como ente rector de los recursos hídricos.

**TRES LÍNEAS DE ACCIÓN**

Cuando se elaboró la estrategia del programa de voluntariado, se definieron tres líneas de acción: 1) capacitación; 2) educación y sensibilización; y 3) asesoría e investigación. La primera, busca fortalecer capacidades de los estudiantes en diferentes temáticas de trabajo relacionadas a recursos hídricos y que sean desarrolladas por la Autoridad Nacional del Agua. La frecuencia de estas capacitaciones es mensual mediante módulos regulares. En forma adicional, se imparten talleres, foros y seminarios que son ofrecidos por los integrantes del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos y por aliados estratégicos, como los representantes del Proyecto PARA-Agua de USAID.

Dentro de este primer componente, también se llevan a cabo pasantías y visitas guiadas. Así, por ejemplo, los primeros voluntarios (periodo 2015-2016) conocieron la cuenca alta, media y baja Quilca-Chili; aprendieron sobre la importancia y el valor que esta guarda; formularon propuestas para mejorar la gestión del agua; y, se les incentivó a seguir proponiendo otras iniciativas mediante concursos y redacción de artículos. Esta estrategia se replica en la segunda promoción del voluntariado, por lo que, además de las misiones por la cuenca, los participantes del programa conocieron el sistema de tratamiento de aguas residuales en la planta La Enlozada. Se tiene programado conocer el uso del agua para fines energéticos; las prácticas eficientes en riego para agricultura, entre otros.

La segunda línea de acción —educación y sensibilización— apela al ingenio, a la ciudadanía digital y a la innovación de nuestros voluntarios para promover campañas que busquen cambios de actitud respecto al agua. En ese sentido, una de las tareas realizadas fue la cruzada para promover que los pobladores en Arequipa no utilicen agua potable durante los carnavales. Los voluntarios diseñaron memes con mensajes creativos, que llamaban la atención y permitían reflexión sobre el cuidado del recurso hídrico y la necesidad de no desperdiciarlo. Con esto dieron respuesta a uno de los objetivos específicos: poder desarrollar algunos emprendimientos tomando en consideración el calendario ambiental. En este mismo marco, es que formaron parte de la iniciativa denominada La Hora del Planeta.

Asesoría e investigación, la tercera línea de acción, tiene al Banco Juvenil de Proyectos por el Agua como carta de presentación para los voluntarios, quienes esperan reunir la mayor cantidad de proyectos promovidos por otros jóvenes, para difundirlos y conseguir su ejecución. Para ello, han definido cinco ejes: 1) calidad; 2) cantidad, disponibilidad y uso eficiente; 3) oportunidad; 4) cultura del agua y sensibilización; y 5) eventos extremos y cambio climático. En este trabajo se promueve alianza interinstitucional con el Gobierno Regional, así como con municipalidades, empresas, organizaciones no gubernamentales, entre otros. La evaluación de proyectos se hará sobre la base de la viabilidad, originalidad, costo e impacto de cada plan.

**2015**

Fue el año de inicio del Programa de Voluntariado por el Agua en Arequipa. Formaron parte de este **45 estudiantes** de las Universidades Católica de Santa María, San Agustín y Alas Peruanas

**2016**

**20 estudiantes** culminaron la primera edición del Voluntariado por el Agua en Arequipa. La segunda convocatoria contó con **1 024 postulaciones**

**2017**

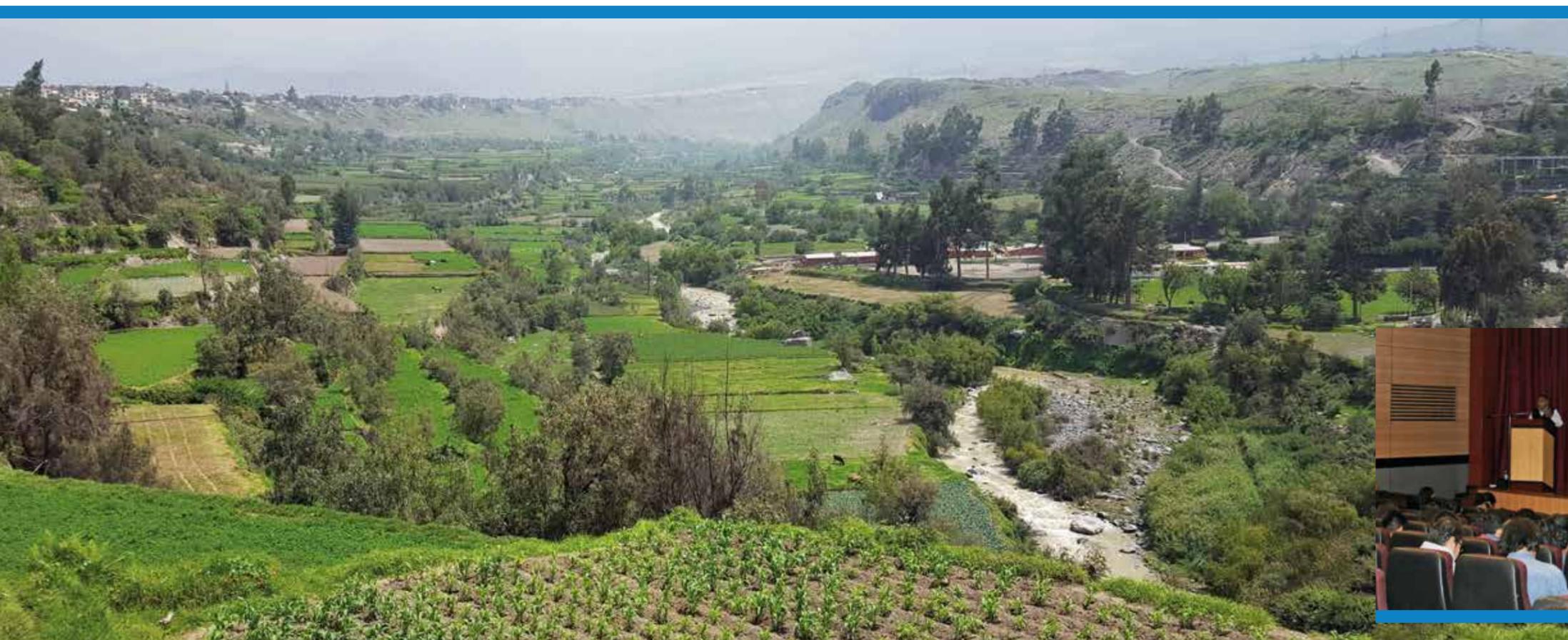
Se realizó una evaluación y se seleccionaron **100 estudiantes** para formar parte de la segunda edición de la Red Agua Joven. Los convocados pertenecen a las Universidades San Agustín, Santa María, La Salle, San Pablo, Alas Peruanas y Tecnológica del Perú

## LA RED CRECERÁ AÚN MÁS

Tras dirigir por dos años la Red de Voluntarios en Arequipa, se ha fijado extender el programa este 2017 a Moquegua y Tacna. Estos dos departamentos, que forman parte del ámbito de la AAA, ya cuentan con grupos juveniles que han apoyado a la Autoridad Nacional del Agua mediante las Administraciones Locales de Agua de estos sectores: Moquegua y Caplina-Locumba. La formación de la organización en cada sede ha comenzado en mayo del año en curso. Por ello se quiere que jóvenes arequipeños compartan su experiencia en el proyecto con sus pares moqueguanos y tacneños.

La visión que se tiene es que, hasta el 2021 —año del bicentenario— se cuente con plataformas en cada sede de la Autoridad Administrativa del Agua Caplina-Ocoña. Por estos motivos se avanza en consolidar un equipo de trabajo con las universidades públicas y privadas, los organismos públicos adscritos del Ministerio de Agricultura y Riego y los gremios empresariales. En el caso de la región mistiana, la Cámara de Comercio e Industria de Arequipa avala el programa de voluntariado. Incluso algunos de sus socios, en conversaciones previas, se han mostrado a favor de brindar prácticas a los integrantes de Red Agua Joven.

Sabemos que si logramos todo lo trazado con nuestros voluntarios, los frutos se cosecharán en años posteriores. Lo importante, sin embargo, es que pueda sembrarse sobre terreno fértil. Particularmente, considero que, el trabajar con jóvenes de diferentes especialidades, aspiraciones e intereses, renueva el compromiso de seguir en el camino de formar profesionales decididos a realizar cosas distintas, que van tras sus sueños individuales, sin descuidar los colectivos, y que, sobre todo, aspiran que su país constituya un lugar donde la población no solo sepa que debe cerrar el caño para no pagar más en su recibo mensual, sino que los mueva la idea de hacer que su familia, sus amigos y su comunidad, vean en ellos el reflejo de una cultura del agua, social y solidaria.



# MODELAMIENTO EN LA GESTIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Parte I: aspectos claves para el desarrollo y la evaluación de modelos conceptuales

## RESUMEN

El proceso de modelamiento, en general, incluye varias fases que deben ser implementadas en forma sistemática, tales como la identificación del problema y objetivos, el desarrollo del modelo conceptual y modelo numérico, las predicciones y el análisis de incertidumbre. Este documento proporciona aspectos específicos que deben considerarse para el desarrollo y evaluación de modelos conceptuales del flujo de agua subterránea. El modelo conceptual, como una representación descriptiva del sistema de agua subterránea, incorpora la descripción e interpretación de las condiciones geológicas e hidrológicas incluyendo las fronteras, conceptualización del flujo, los componentes del balance de agua y las propiedades hidráulicas del acuífero. Por otro lado, en el marco de evaluación de los recursos hídricos, la Autoridad Nacional del Agua (ANA), a través de la Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos, estima las reservas explotables, caracteriza hidráulicamente a los acuíferos, desarrolla prospección geofísica, sistematiza información; así como aplica modelos de flujo en acuíferos de la costa peruana. Además, la Dirección de Gestión de la Calidad de los Recursos Hídricos de la ANA, en los estudios de impacto ambiental, evalúa un componente importante de hidrogeología que incluye el modelamiento. Los aspectos descritos en este artículo deben ser considerados como un punto de referencia desde que proporcionan alcances generales para los estudios de modelamiento.

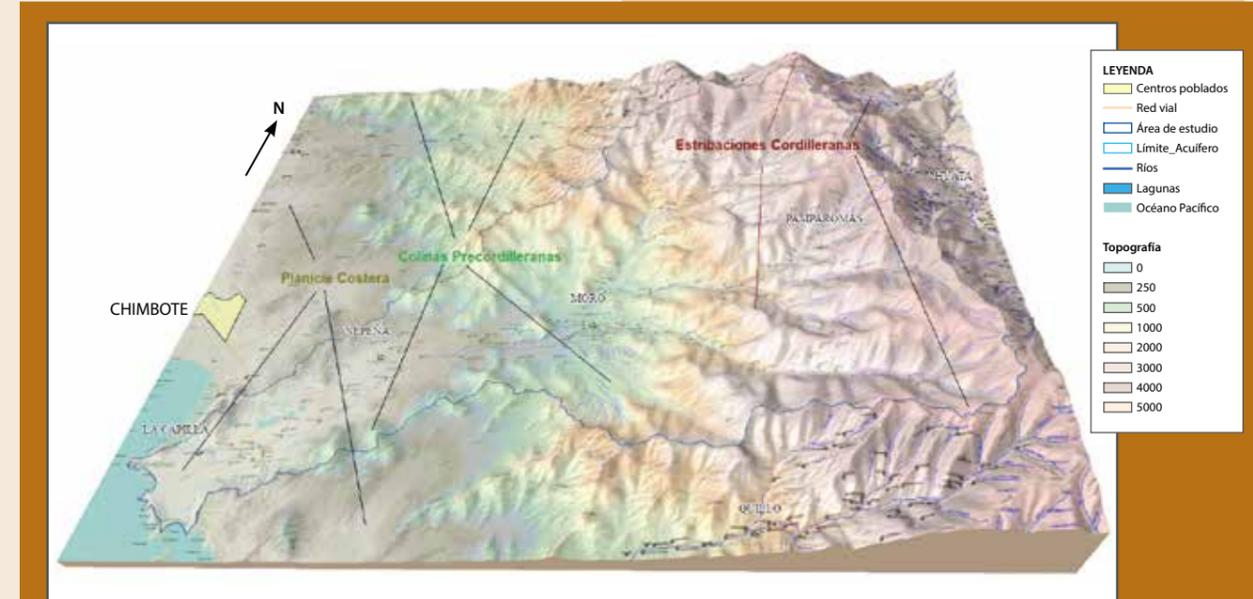
## DELIMITACIÓN, DESCRIPCIÓN y GEOMORFOLOGÍA

En función a los objetivos del estudio y alcances de la modelización, pueden diferenciarse sistemas acuíferos regionales (a nivel de cuencas, intercuenas, unidades geológicas, valles, entre otros), límites de áreas de influencia físicas y de investigaciones con intereses rígidos. Por otro lado, la caracterización física de las zonas de interés incluye la delimitación de sectores cuya fisiografía influye directamente en el ciclo hidrológico, esto es, las formas del relieve y su implicancia en cada uno de los procesos involucrados en la hidrodinámica superficial y subterránea (Figura 1). Por ello es importante definir, por ejemplo, las zonas en las cuales existen mayores probabilidades de escorrentía, infiltración, recargas y descargas de forma natural, también es relevante debido a la influencia de los procesos geológicos en la formación de sedimentos inconsolidados, zonas fracturadas, entornos de disolución y otros, que son favorables para la presencia y movilidad de aguas subterráneas.

## EL MODELO CONCEPTUAL

El modelo conceptual constituye la columna vertebral del proceso de modelamiento y es la representación descriptiva del sistema de agua subterránea. Incorpora la interpretación de las condiciones geológicas e hidrológicas, así como los procesos más importantes para el modelamiento, como las fronteras, la conceptualización del flujo, componentes del balance de agua y las propiedades hidráulicas del acuífero. El modelo conceptual debe explicar en forma cuantitativa y cualitativa el comportamiento de las aguas subterráneas de la zona bajo investigación.

Figura 1. Zonificación geomorfológica de la cuenca Nepeña



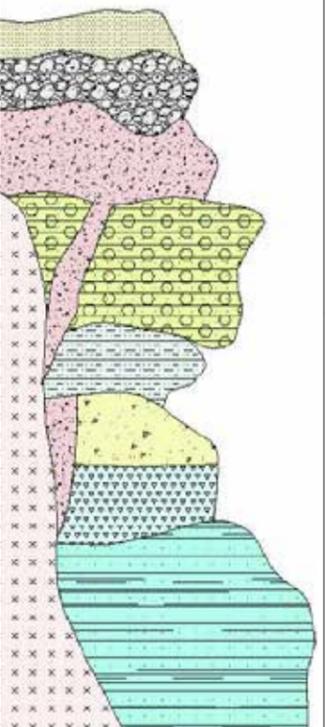
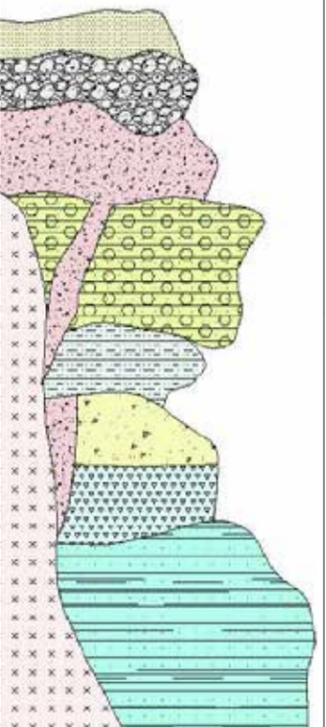
Fuente: DCPRH, Evaluación de recursos hídricos de la cuenca Nepeña, 2016

## LITOESTRATIGRAFÍA Y GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Es innegable la influencia que ejerce el medio geológico en el control de los procesos de la hidrología superficial y subterránea. En este contexto, es importante reconocer las unidades litoestratigráficas en función a sus condiciones genéticas, mineralógicas y estructurales. En las evaluaciones hidrogeológicas, se presenta la descripción de las unidades litológicas que generalmente se describen a nombre de *formaciones* (Figura 2), *unidades*, *superunidades*, *grupos*, *volcánicos* y *sedimentos inconsolidados* del Cuaternario Reciente. Este estándar sigue las convenciones internacionales que han sido adoptadas en Perú por la autoridad máxima en las evaluaciones geológicas (INGEMMET).

De estas descripciones se infieren finalmente las unidades o grupos litológicos con características hidrogeológicas comunes que se clasifican en función a la presencia y movilidad de las aguas subterráneas, tal y como se muestra en la secuencia litoestratigráfica con objetivos hidrogeológicos (Figura 2). Dichas observaciones provienen de fuentes bibliográficas, mapeos superficiales y registros de perforaciones, que pueden ser complementadas con prospección geofísica y análisis geoquímico en rocas, suelos y agua.

Figura 2. Secuencia litoestratigráfica de la cuenca Nepeña

ERA	ÉPOCA	SECUENCIA	FORMACIÓN	COMPOSICIÓN	HIDROGEOLOGÍA
Cenozoico	Neógeno Cuaternario		Qr-e	Depósitos eólicos, arenas finas, limos	Acuífero detrítico
			Qr-Al	Depósitos fluviales, gravas, conglomerados, arenas medias	Acuífero detrítico
			Ti-ca	Volcánico Calipuy, tobas dacíticas	Acuífero Fisurado
			KsT-sr	Super unidad Santa Rosa, granito	Acuitardo - Acuífero
Mesozoico	Superior		Ks-hy	Formación Huaylas, conglomerados	Acuífero fisurado
			Ki-g	Ki-saca	Formación Santa - Carhuaz, areniscas y lutitas
	Cretácico		Ki-z	Formación La Zorra, tobas	Acuitardo - Acuífero
			Ki-j	Formación Junco, traquiandesitas	Acuífero Fisurado
			Inferior	Ki-g	Ki-ch

Fuente: DCPRH, *Evaluación de recursos hídricos de la cuenca Nepeña*, 2016

La evolución de las unidades litoestratigráficas está condicionada a los fenómenos de geodinámica, los cuales, en función a las condiciones tensionales y fisicoquímicas de los macizos rocosos, generan alteraciones en su configuración y estado (Figura 3). Dichas estructuras influyen en la movilidad y estado de aguas subterráneas, pues pueden alterar los regímenes hidrológicos, condicionar la instalación de infraestructuras de ingeniería, definir los sectores de almacenamiento o distribución y generar escenarios críticos como la dispersión preferencial de aguas con impactos negativos sobre el ambiente.

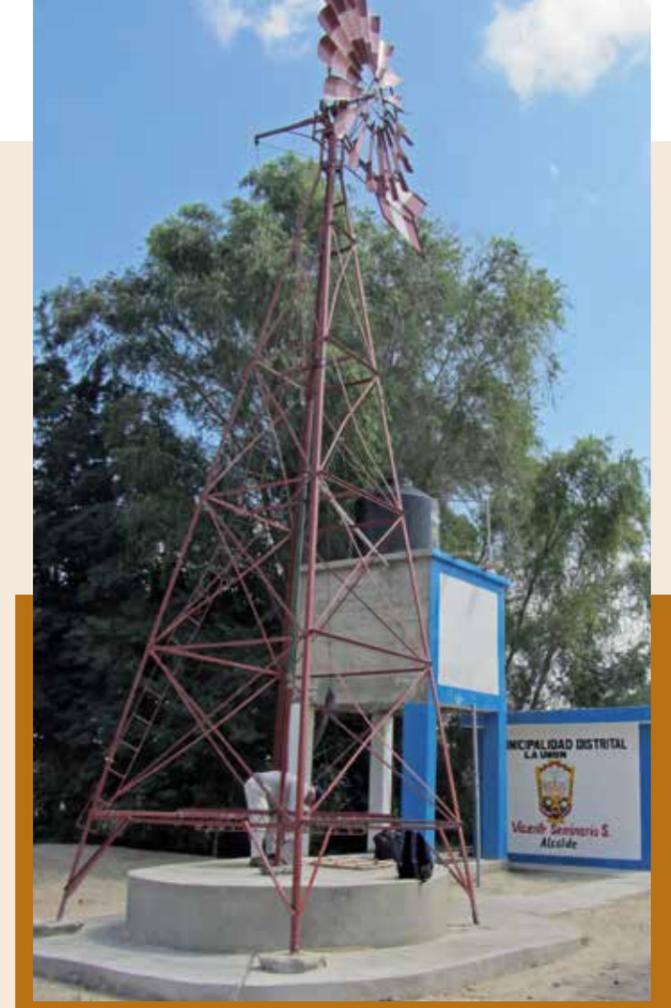
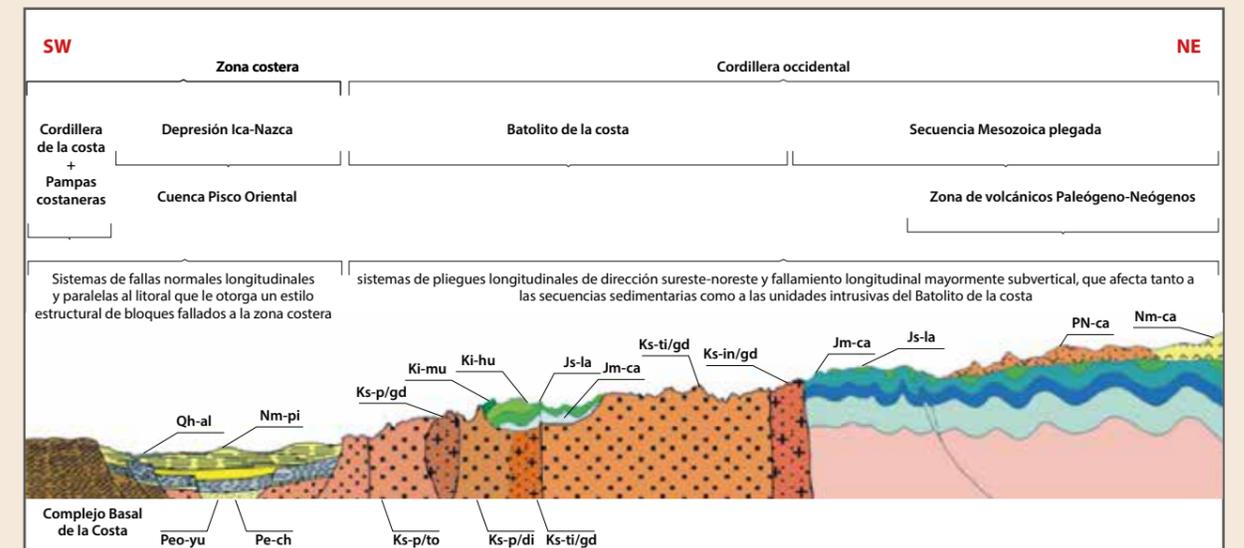


Figura 3. Esquema litoestructural de la cuenca Ica



Fuente: INGEMMET, *Hidrogeología de la cuenca Ica*, 2010

## HIDROESTRATIGRAFÍA

Luego de haber desarrollado el acople de datos litológicos, geofísicos, estructurales, hidroquímicos e hidráulicos, se debe desarrollar la zonificación de sectores con características hidráulicas favorables a la recarga, almacenamiento y movilidad de las aguas subterráneas, definiendo a depósitos inconsolidados o unidades rocosas como acuíferos, acuitardos y acuífugos, esto a razón de determinar las probabilidades del hidrodinamismo subterráneo. Se pueden caracterizar, entre ellos, los espesores, las características litológicas, los modos de ocurrencia, las variables hidráulicas, sus orígenes y tipos, lo que fortalece la conceptualización del medio físico.

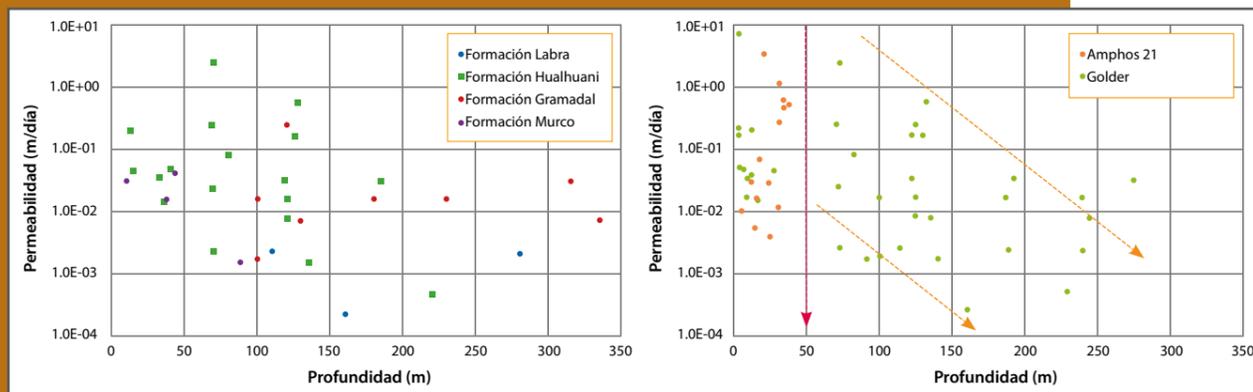
## ANÁLISIS DE RECARGAS

Antes del análisis de la recarga de agua, un estudio hidrológico debe ser desarrollado para evaluar el comportamiento histórico de la precipitación, evapotranspiración, infiltración, flujo base, escorrentía. De ello y de la caracterización hidroestratigráfica, se establecen las zonas susceptibles para la entrada de agua hacia el sistema de interés. Del mismo modo, a partir de balances volumétricos obtenidos de los registros e inventarios de fuentes, se pueden estimar valores de recarga, los cuales responden a una distribución espacial y temporal que provienen esencialmente de procesos naturales, influenciados por la precipitación y evapotranspiración, por la interrelación con fuentes superficiales, por zonas de interconexión hidráulica aledañas, o por procesos en los que intervienen las actividades humanas (valles agrícolas, infraestructuras de almacenamiento y conducción, entre otros). Existen diversos métodos para estimar la recarga de aguas subterráneas: desde los balances hidrológicos hasta el método de fluctuaciones del nivel freático; el método elegido debe ser técnicamente sustentado y acorde a la realidad de la zona en estudio y a la disponibilidad de información. Además, esta parte debe mostrar una zonificación de la recarga (Figura 5).

## PROPIEDADES HIDRÁULICAS

Se describen las distintas características hidráulicas del medio poroso saturado y, dependiendo de la heterogeneidad del sistema, se pueden zonificar los valores de parámetros y asignarlos a regiones determinadas, asumiendo patrones de comportamiento hidráulico en función a granulometría, geología estructural, efectos de escala, tipo de acuífero. Los valores pueden ser estimados en campo, en laboratorio, o referirse a fuentes bibliográficas (en el caso extremo donde no exista información). Por ejemplo, la Figura 4 muestra la variación de la conductividad hidráulica en diferentes estratos.

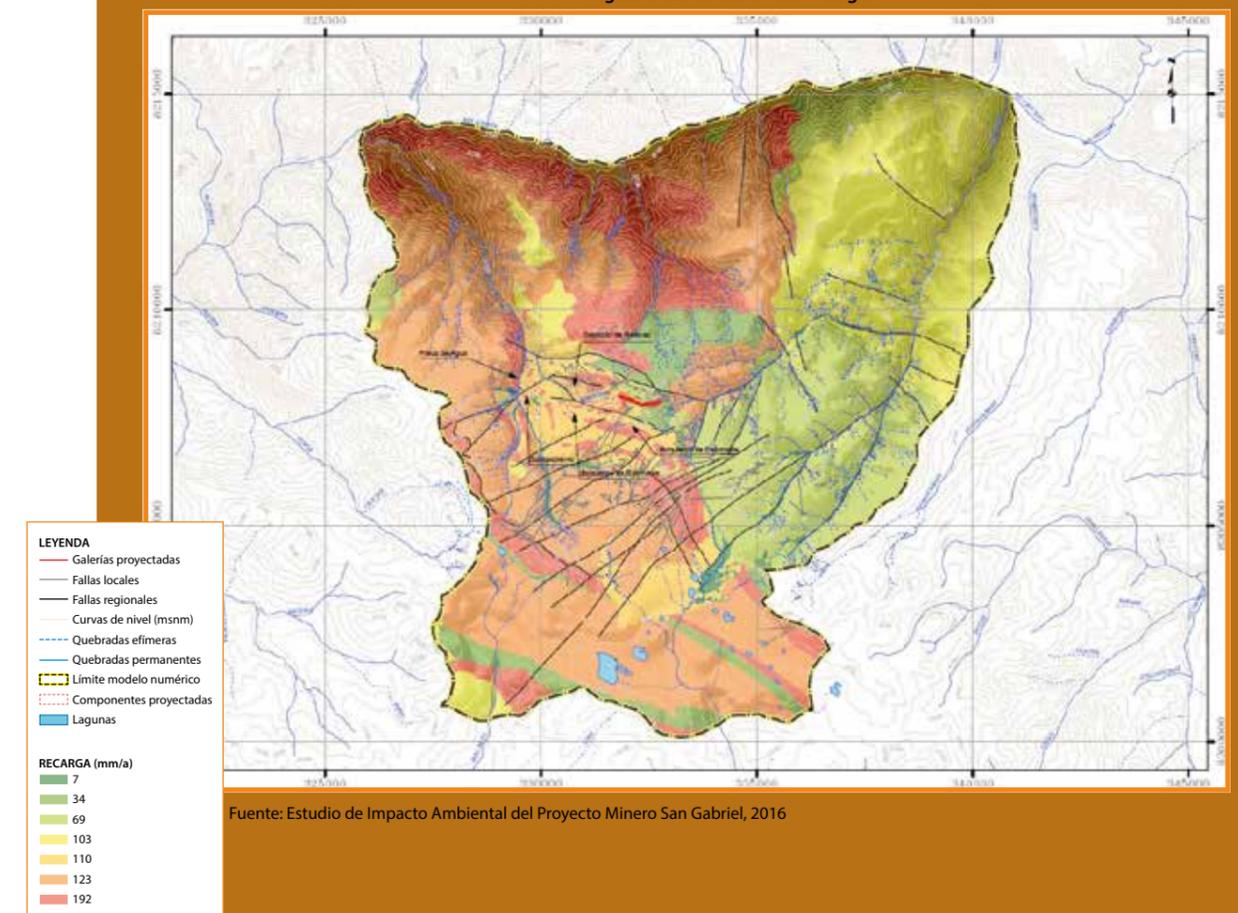
Figura 4. Correlación de parámetros hidráulicos



Fuente: Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Minero San Gabriel, 2016



Figura 5. Zonificación de recargas



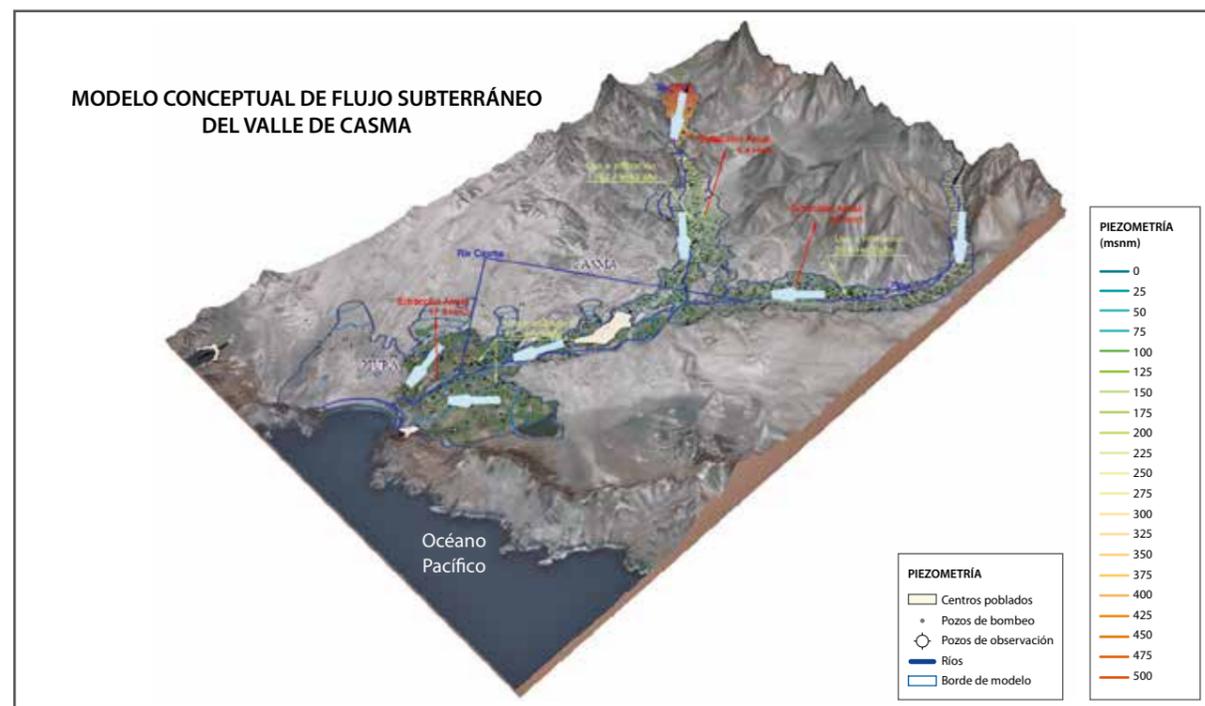
Fuente: Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Minero San Gabriel, 2016



## FLUJO SUBTERRÁNEO

De acuerdo a los datos observados y a las mediciones efectuadas en los distintos puntos de observación, será posible describir la dinámica del flujo subterráneo, desde las zonas de recarga hasta los afloramientos y zonas de extracción, indicando, entre otros, la velocidad de flujo, el grado de confinamiento, el análisis piezométrico, la gradiente hidráulica y el análisis de piezometría y profundidad, lo que facilitará posteriores inferencias y balances complementarios. Es factible entonces la elaboración de esquemas conceptuales del flujo de aguas subterráneas (Figura 6) y la visualización en gráficos y mapas de la presencia y movimiento del flujo.

Figura 6. Modelo conceptual de flujo subterráneo, acuífero Casma



Fuente: Estudio de Evaluación de Recursos Hídricos de la Cuenca del Río Casma, 2016

En resumen, los aspectos mínimos que necesitan abordarse en el desarrollo del modelo conceptual son (Reilly y Harbaugh, 2004; Wels, 2012):

1. **Recopilación de estudios e información básica.** Información relacionada con formaciones geológicas, dirección del flujo, fronteras hidrológicas, parámetros hidráulicos, extracción o inyección de pozos, cargas observadas, etc. Estudios hidrológicos, geológicos-hidrogeológicos, hidroquímicos.
2. **Descripción general del sistema de aguas subterráneas.** Con base en los estudios y la información básica, describir el sistema acuífero bajo estudio y la naturaleza de las fronteras.
3. **Conceptualización del flujo de agua subterránea.** Con la información piezométrica, evaluar la configuración y sentido del flujo de agua subterránea en la zona de estudio. Esta parte permite entender el comportamiento dinámico del acuífero en espacio y tiempo, establecer gradientes. Poner énfasis en la cota de terreno para los pozos, los mismos que deben ser congruentes con los niveles piezométricos.
4. **Descripción del tipo de acuíferos.** En esta parte, debe describirse y evaluarse qué tipos de acuíferos (su geometría, interconexión, geología, geomorfología) fueron considerados para el modelo numérico, y si estos están bien conceptualizados, acorde a la zona bajo investigación.
5. **Componentes y balance hídrico preliminar.** Describir y evaluar los mecanismos de recarga y descarga y/o extracciones, tales como la evapotranspiración, descarga de aguas subterráneas y flujo base, interacción del agua superficial y subterránea, usos de agua, etc., y su variación en el tiempo. Todos los valores estimados deben tener un sustento técnico con metodologías aplicadas acordes a la realidad de cada sistema en estudio. Una vez estimados los componentes de agua, deberá desarrollarse un balance hídrico preliminar que muestre la dinámica de entradas y salidas del sistema acuífero.
6. **Propiedades hidráulicas.** En esta parte, se debe describir y evaluar las propiedades de transmisión y almacenamiento del acuífero (conductividad hidráulica, coeficiente de almacenamiento y porosidad). Para cada zona o grupo, debe analizarse la pertinencia de los valores asumidos acordes al marco hidrogeológico (litología, geología). Para cada unidad hidrogeológica, establecer un rango de valores, basados en las pruebas de bombeo desarrolladas y en la literatura existente.
7. **Visualización en 3D, figuras y cortes.** La visualización en 3D del modelo conceptual es importante para evaluar las simplificaciones, condiciones de borde, sentido del flujo, variación espacial de los parámetros, etc. Mostrar en planos la zonificación de la conductividad hidráulica para cada unidad hidrogeológica; según la magnitud del dominio computacional, debe incluirse secciones y cortes del sistema acuífero.

## CONCLUSIONES

El modelo conceptual es la parte inicial y más importante del proceso de modelamiento para tener comprensión completa del sistema hidrogeológico y del flujo de agua subterránea. Este proceso involucra fundamentalmente la descripción del sistema de agua subterránea bajo investigación (fronteras, formaciones geológicas, etc.); la conceptualización del flujo para comprender el comportamiento dinámico del acuífero en espacio y tiempo; la descripción del tipo de acuífero (considerando su geometría, interconexión, geomorfología); el balance hídrico preliminar (recargas y descargas); los parámetros hidráulicos y su evaluación en la zona de estudio; la visualización en tres dimensiones para evaluar en forma completa las simplificaciones, las fronteras, el flujo, etcétera.

### Referencias bibliográficas

1. AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA (ANA). (2006). Estudios de evaluación de recursos hídricos de las cuencas de los ríos Casma, Jequetepeque, Piura. Dirección de Conservación de Recursos Hídricos (DCPRH).
2. AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA (ANA). (2016). Zonificación de áreas favorables para la explotación en el Valle Tambo. Dirección de Estudios de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales (DEPHM).
3. BARNETT et al. (2012). Australian groundwater modelling guidelines, Waterlines report, Canberra: National Water Commission.
4. Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Minero San Gabriel (2016). Amphos 21, SEIA, DGCRH-DCPRH-ANA.
5. Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Minero La Arena (2015). Montgomery Associates, SEIA, DGCRH-DCPRH-ANA.
6. FETTER, C. W. (2008). Contaminant Hydrogeology (2nd edition), Prentice Hall.
7. HARBAUGH, A. W. (2005). MODFLOW-2005, The U. S. Geological Survey modular ground-water model—the Ground-Water Flow Process, U. S. Geological Survey Techniques and Methods 6-A16 p.
8. HOWARD S., SIMON A., XIN L. (2010). Groundwater Modelling in Arid and Semi-Arid Areas. Cambridge University Press.
9. INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO (INGEMMET). (2010). Hidrogeología de la Cuenca Ica
10. KRESIC, N. (2006). Hydrogeology and Groundwater Modeling (second edition), CRC Press.
11. REILLY, T. E., HARBAUGH, A. W. (2004). Guidelines for Evaluating Ground-Water Flow Models, U. S. Geological Survey (USGS), U. S.
12. SISTEMA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (SEIA). (2016). Instrumentos de Gestión Ambiental de Sectores Mineros y Energéticos.
13. WELS, C. (2012). Guidelines for Groundwater Modelling to Assess Impacts of Proposed Natural Resource Development Activities, British Columbia, Ministry of Environment, Water Protection & Sustainability Branch.

# ÉTICA Y EDUCACIÓN AMBIENTAL

## RESUMEN

El comportamiento ético-ambiental es la condición fundamental para nuestra propia existencia, y conlleva un cambio en la percepción y en la conducta de la población con respecto al ambiente. En esa misma línea, la Autoridad Nacional del Agua tiene entre sus funciones impulsar el desarrollo de programas de educación, difusión y sensibilización sobre la importancia del agua para la humanidad. Entender la trascendencia del recurso hídrico implica también ser conscientes del tratamiento que debe dársele para evitar su contaminación y su consecuente repercusión en la salud de las personas. Del mismo modo, resulta imperativo el conocimiento —y la difusión— de otras formas de contaminación de nuestro entorno que pueden afectar directa o indirectamente al ser humano, tales como la contaminación del aire y del suelo. Con una fuerte valoración del cuidado del medioambiente, se presenta este material de carácter técnico, que puede servir de apoyo tanto al educador como al lector en educación ambiental. Además, se ofrece información relacionada con el reciclaje como una alternativa que puede llevarse a cabo en las instituciones educativas y que se sumaría a los esfuerzos desplegados para una convivencia armónica y de no contaminación del planeta.

## INTRODUCCIÓN

La Ley de Recursos Hídricos, establece principios que rigen el uso y la gestión integrada de los recursos hídricos. Sobre el particular, es preciso señalar los principios siguientes:

1. *Principio de valoración del agua y de gestión integrada del agua:* El agua tiene valor sociocultural, económico y ambiental.
2. *Principio de participación de la población y cultura del agua:* Señala que el Estado promueve programas de educación, difusión y sensibilización, mediante las autoridades del sistema educativo y la sociedad civil, sobre la importancia del agua para la humanidad y los sistemas ecológicos, para generar conciencia y actitudes que propicien su buen uso y valoración.
3. La Política de Estado N° 33 sobre los Recursos Hídricos, aprobada por el Foro del Acuerdo Nacional en el año 2012, resalta el “[...] compromiso de cuidar el agua como patrimonio de la Nación y el derecho fundamental de la persona humana al acceso al agua potable, imprescindible para la vida y el desarrollo humano de las actuales y futuras generaciones. [...] Asimismo, promoveremos la construcción de una cultura del agua basada en los principios y objetivos aquí contenidos, que eleve la conciencia ciudadana en torno a la problemática del cambio climático y haga más eficaz y eficiente la gestión del Estado”.

Una de las funciones específicas de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) consiste en promover programas de educación, difusión y sensibilización sobre la importancia del agua para la humanidad, enmarcados en una *cultura del agua* que reconozca el valor social, ambiental y económico de este recurso. El Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos establece, en el capítulo “Currículo Educativo”, la promoción de la cultura del valor del agua, a cargo de la Autoridad Nacional del Agua y con la participación de los consejos de recursos hídricos de cuenca. Así, se deberá fomentar la cultura del valor ambiental, social y económico del agua entre la población y las autoridades en todos los niveles de gobierno y en los medios de comunicación.

Entendiendo que el comportamiento ético-ambiental debe ser el fundamento de las acciones que se realicen, pues solo así se propiciará un cambio en la percepción y en la conducta de la población con respecto al ambiente, la ANA editó el año 2013 la obra *Ética y educación ambiental: una contribución a la cultura del agua*<sup>1</sup>.

Dicho libro constituye una referencia hídrica y ambiental, ética y cultural, que brinda un soporte fundamentalmente pedagógico y de apoyo a la formación y desarrollo de una personalidad humanista, con una fuerte valoración del cuidado del medioambiente. Siguiendo dicha lógica, se ha creído conveniente elaborar el material de carácter técnico que se presenta a continuación, para que sirva de apoyo al educador/lector en educación ambiental.

## CONTAMINACIÓN DEL AGUA

**Importancia del agua.** El agua es uno de los principales elementos de la naturaleza. Su importancia es primordial, utilizada tanto para el aseo personal y limpieza en general como para preparar nuestros alimentos y permitir el desarrollo de la agricultura y la ganadería. Este recurso hídrico también contribuye en la industria (como componente de los procesos productivos y como refrigerante) y, lo que es más importante, permite el óptimo funcionamiento de nuestro organismo, el cual está formado en un 70 % por agua del peso del cuerpo humano. Y es que ningún ser vivo puede vivir sin beber agua, pero si no consumimos agua limpia, podemos enfermarnos, ya que gran parte de las enfermedades que atacan al hombre se transmiten a través del agua. Por ello, es indispensable evitar la contaminación del recurso hídrico.

**Transmisión de enfermedades a través del agua.** En el ambiente existen bacterias que causan enfermedades a los seres humanos y que pueden ser transmitidas a través del agua al llegar a los cursos que sirven de sistemas de distribución y medios de almacenamiento que están al descubierto o mal protegidos. La contaminación puede darse de forma directa e indirecta, a través de la contaminación de los otros elementos del ambiente. Debido al consumo de agua contaminada podemos contraer enfermedades como la parasitosis, disentería, hepatitis, tifoidea, cólera, entre otras.

**Formas de contaminación del agua.** El agua se contamina de dos formas: 1) contaminación directa, a través de mala manipulación y mal almacenamiento; y 2) contaminación indirecta, a través del ambiente en general.

**Cómo podemos proteger el agua.** Para evitar su contaminación, podemos proteger el agua con un buen almacenamiento: 1) los tanques cilíndricos o depósitos deben estar bien limpios por dentro y por fuera; 2) los recipientes de almacenamiento deben estar bien cubiertos; 3) la jarra, taza o depósito que se utilice para sacar el agua debe estar limpio y tener asa para que la mano no tenga contacto con el agua almacenada; 4) no arrojar desperdicios, basuras o elementos contaminantes dentro de los cuerpos de agua.



**Desinfección del agua.** Por prevención, antes de usarla, debemos desinfectar el agua para evitar el contagio de las enfermedades. Desinfectar significa eliminar las bacterias que puedan existir en el agua, haciéndola apta para el consumo humano, lo que puede lograrse de las siguientes maneras: haciéndola hervir por lo menos durante un minuto o utilizando algún desinfectante como el cloro, que es un agente químico

<sup>1</sup> Disponible en el siguiente enlace: <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/432>

que elimina las bacterias que causan enfermedades y, si la cantidad utilizada es la adecuada, protege el agua de futuras contaminaciones. El cloro tiene diferentes formas de presentación: cloro líquido, hipoclorito de sodio, cloro en polvo, hipoclorito de calcio, pastillas de cloro (p. ej.: las pastillas Mi Salud). El cloro líquido (lejía) se consigue en bodegas y mercados, y se puede usar directamente para la desinfección del agua. El cloro en polvo o granulado se consigue en los establecimientos que expenden agroquímicos (donde se venden insecticidas y fertilizantes para la agricultura), es conocido comúnmente como cal clorada, tiene la apariencia de polvo blanco, pero no es la cal viva. El cloro en polvo no puede ser usado directamente, por lo que es necesario preparar una solución como se indica más adelante. Las pastillas de cloro se consiguen en farmacias y supermercados.

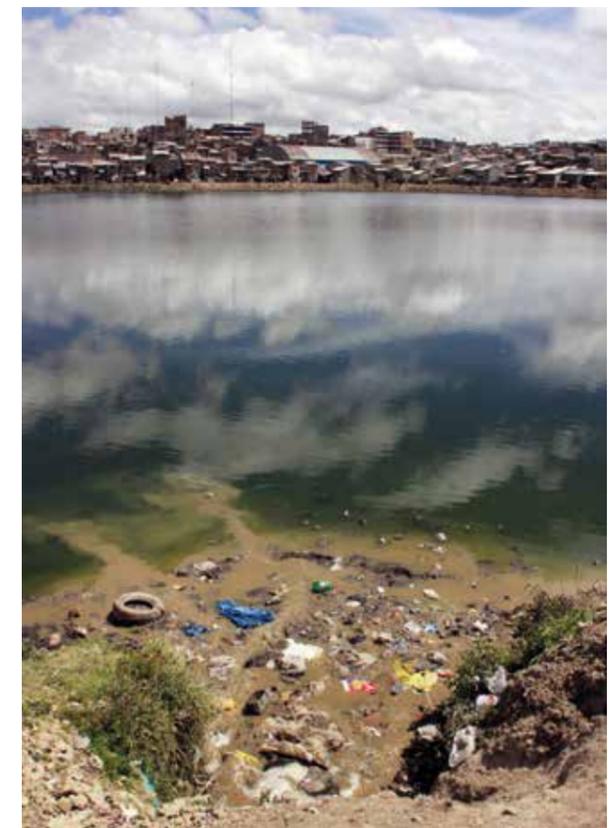


**¿Cómo hacer la limpieza y desinfección de recipientes de almacenamiento?** Cuando se usan tanques de cemento y cilindros se debe seguir el siguiente procedimiento: 1) refregar las paredes del tanque o cilindro con una escobilla de cerda y agua; 2) preparar una solución clorada mezclando un sobre de lejía en 5 litros de agua; 3) con la solución clorada y la ayuda de una esponja limpia, frotar las paredes del recipiente (por dentro y por fuera) así como la tapa; 4) dejar que repose durante media hora y luego enjuagarlo con agua limpia por lo menos cuatro veces. La limpieza y desinfección debe realizarse por lo menos una vez por mes.

**El rol del maestro y de la escuela en el mantenimiento de la calidad del agua.** El maestro cumple un rol estratégico en la formación de hábitos, actitudes y conocimientos que el escolar asimila en sus actividades en casa, en la escuela y en la comunidad. Como promotor de salud ambiental, el maestro puede participar activamente en la vigilancia de la calidad del agua, incluyendo actividades específicas dentro de su trabajo pedagógico. La escuela debe ser capaz de movilizar a los padres, maestros, alumnos, entidades de salud, organizaciones de base e instituciones que trabajan el desarrollo de proyectos autosustentables en agua y saneamiento. La escuela también debe fomentar actitudes y prácticas conducentes a mejorar la salud ambiental, esto incluye campañas para el uso racional del agua, en depósitos adecuados para acarreo y almacenamiento, desinfección con métodos simples, dotación de surtidores caseros y la coordinación con centros de salud para la capacitación en prevención de enfermedades.

**Abastecimiento y tratamiento de agua potable.** El tratamiento del agua consiste en la separación de las impurezas disueltas, coloidales o suspendidas en el agua cruda, con la finalidad de asegurar un agua exenta de color, sabor y olor, es decir, agua higiénicamente impecable. Se entiende que los métodos, equipos auxiliares y sustancias químicas utilizados en el tratamiento no deben empeorar la calidad del agua, sino mejorarla y hacerla apta para el consumo humano, tanto para preparar alimentos como para ser bebida. Entre las principales características del agua potable están su sabor agradable, el ser limpia y muy transparente, inodora, libre de organismos patógenos, libre de exceso de sales disueltas, especialmente de calcio y sodio y que contiene aire en disolución. Los agentes patógenos son cualquier forma viviente o sustancia capaz de producir o causar daños a la salud de un organismo viviente, incluyendo al ser humano.

Las aguas de abastecimiento provienen de diferentes fuentes: manantiales, ríos, quebradas, agua subterránea y embalses. Aunque se cree que los manantiales pueden constituir fuentes de agua pura, muchos pueden tener un exceso de sales disueltas, como carbonatos, o contaminarse aguas abajo de su origen, lo que haría que estas aguas resulten inapropiadas para ser bebidas, aun cuando pudieran ser utilizadas en otros usos domésticos. Por lo tanto, especialmente las aguas de ríos y embalses tienen que ser sometidas a un proceso de potabilización.



**Potabilización de las aguas.** El agua se puede hacer potable, ya sea en forma doméstica o industrial, de tres formas: 1) la más sencilla, haciendo hervir el agua, preferiblemente transparente, durante 10 a 15 minutos, para destruir todos los elementos patógenos. Este procedimiento, aunque en vez de eliminar las sales disueltas aumenta su concentración, mata cualquier organismo viviente causante de enfermedades; 2) mediante el uso de productos químicos, generalmente a base de compuestos clorados, cuyo papel es el de destruir los elementos patógenos, esto es, esterilizar el agua. Este procedimiento tiene sus limitaciones de volumen del agua tratada y se puede usar a nivel familiar; 3) el procedimiento industrial, es decir, en grandes volúmenes, que incluye las etapas de captación, sedimentación gruesa y fina, aireación, esterilización química, monitoreo de contenidos patógenos y, finalmente, distribución urbana o industrial mediante sistemas cerrados de acueductos que la conducen hasta los puntos de utilización. Los procedimientos industriales se complementan con otros tratamientos que garantizan la pureza del agua, tales como filtración —en filtros domésticos especiales— y ozonificación, mediante un dispositivo especial que disuelve ozono en el agua, lo que contribuye a destruir elementos patógenos que pudieran eventualmente entrar en los sistemas de agua potable.

La potabilización industrial de las aguas se efectúa en las denominadas plantas de tratamiento o de potabilización. A continuación, enumeramos los procesos de tratamiento que se llevan a cabo en dichas plantas:

1. Acondicionamiento: captación, desbaste, desarenado, almacenamiento (embalses).
2. Clarificación: coagulación (salto hidráulico, canaleta Parshall, sistema de mezcla rápida); floculación (floculadores hidráulicos, mecánicos y otros); sedimentación (sedimentadores de flujo horizontal, flujo vertical ascendente y otros); filtración (filtros lentos, rápidos y otros).
3. Desinfección: cloración u ozonificación.
4. Almacenamiento: en tanques.
5. Distribución: mediante redes de distribución.

**Control de calidad físico-químico en plantas de tratamiento.** El control del proceso y de la calidad del agua en cada etapa dentro de la planta de tratamiento es muy importante. Es necesario seleccionar el tipo de prueba física, química y biológica que hacen posible un buen control. De este modo, se evalúa no solo el funcionamiento rutinario de operación de las unidades, sino el estado en que se encuentran, especialmente el efecto remocional de contaminantes en la fuente de abastecimiento. Solo así se logra el objetivo de la planta de tratamiento, a saber, entregar al usuario un agua de calidad satisfactoria, sin riesgo para la salud.

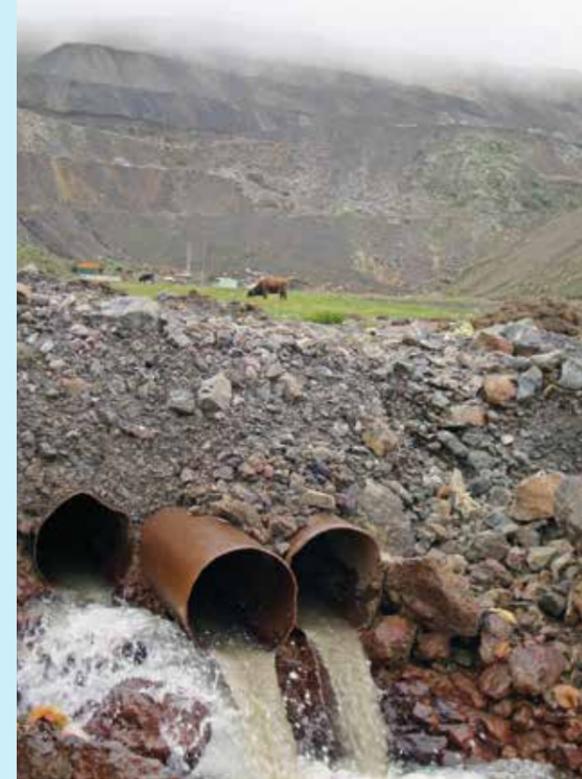
Las pruebas estándares de control de calidad al nivel de las plantas de tratamiento comprenden a aquellas que son 1) físico-químicas: de rutina y de control exhaustivo; 2) control de procesos: dosis óptima de coagulantes, determinación del comportamiento de las diferentes unidades y su estado de conservación; y 3) control biológico.

Los patrones utilizados para juzgar la calidad de las aguas están establecidos en las Normas de Calidad, las cuales se elaboran sobre la base de las guías de agua potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Estas guías contienen valores límites de calidad bacteriológica, componentes orgánicos e inorgánicos que influyen o afectan a la salud, parámetros relacionados con la calidad organoléptica y componentes radioactivos.



## CONTAMINACIÓN DEL AIRE

La *contaminación o polución del aire* son términos que se usan para describir la presencia en la atmósfera de uno o más elementos contaminantes del aire en cantidades o características, y por una duración tal que daña la salud pública y el bienestar de los procesos ambientales naturales. La contaminación atmosférica es un fenómeno natural o provocado —intencionalmente o no— que incide en la composición normal, físico-química y biológica de la atmósfera, y la hace hostil a las actividades humanas y la vida misma. Los contaminantes atmosféricos, llamados también agentes de contaminación, son sustancias químicas (radio-nucleidos, compuestos organoclorados, trazas de gases), sustancias geoquímicas (polvo, sedimento) o agentes biológicos o energía física (calor) que se liberan, accidental o deliberadamente por acción del hombre, al medioambiente, y causan los daños indicados, además de los cambios climáticos. Estos contaminantes se pueden clasificar en tres: 1) químicos, gaseosos o particulados, de gran significación cualitativa y cuantitativa, que se originan de los procesos de transformación de la materia. Los componentes de pesos exigüos que desafían la gravedad se mantienen suspendidos en el aire, se comportan como gases y durante la respiración pueden alcanzar los alveolos pulmonares. Su capacidad dañina depende de su tamaño y peso, de su naturaleza, forma y composición química. 2) Los contaminantes biológicos, que están constituidos por organismos vivientes que arriban a la atmósfera de forma diversa, como el polen, las esporas, mohos, hongos superiores, levaduras, algas y líquenes microscópicos, virus. Muchos de estos elementos son alérgenos. 3) Contaminantes físicos, conformados por formas de energía unida o dependientes de una fuente en actividad. Entre estos tenemos el ruido, denominado el “flagelo del siglo”, porque se encuentra relacionado prácticamente con todas las actividades humanas.



## CONTAMINACIÓN DEL SUELO

El hombre va contaminando el ambiente a medida que hace uso de los recursos naturales. La erosión ocasiona pérdida de la fertilidad de los suelos, más que una contaminación en sí, a no ser que se considere su efecto de degradación del ecosistema total; sin embargo, debido al gran interés que existe en la conservación del ambiente, estamos obligados a evaluar la relación que existe entre la erosión del suelo y la contaminación. Hay varios modos de contaminación de los suelos: los problemas resultantes de la erosión del suelo, la salinización de los suelos, los problemas de drenaje de los suelos, el lavado de nutrientes por la escorrentía superficial y subterránea, contaminación de los suelos y las aguas por el uso de pesticidas, el efecto de las lluvias ácidas.

**La contaminación del suelo por el uso de fertilizantes.** Se puede cuantificar a través de la disminución de la capacidad productiva, por la presencia de constituyentes indeseables en el agua de drenaje y por medio del grado de alteración de la fauna del suelo. El punto central de esta contaminación radica entonces en el conocimiento de los procesos de transporte y acumulación de productos con riesgos ya probados, teniendo en cuenta que la acumulación y movilidad de las sustancias en el suelo son gobernadas por las interacciones entre la solución, la parte sólida y los microorganismos. Dichos procesos son los siguientes: 1) fenómenos de adsorción inducidos por atracción electrostática entre las cargas del compuesto y los constituyentes del suelo; 2) repulsión electrostática; 3) formación de puentes de hidrógeno y fuerzas de Van der Waals; 4) reacciones de precipitación y disolución relacionadas con el equilibrio químico del suelo, predominan las reacciones con metales pesados y compuestos de fósforo; 5) descomposición, toda sustancia que llega al suelo es sometida a diferentes reacciones, tales como degradación fotoquímica, degradación biológica o una combinación de ambas.

**Contaminación por exceso de sales.** La contaminación por el efecto de sales viene a ser históricamente la primera forma de contaminación del suelo en las regiones donde la agricultura se desarrolla bajo riego. Actualmente, pese al elevado nivel tecnológico, siguen existiendo los riesgos de salinización, que favorece un incremento de la concentración de sales en la zona de raíces, provenientes de aguas de riego de mala calidad —típico en zonas áridas— y del exceso de fertilizantes. Las sales deterioran las condiciones físicas del suelo y disminuyen los rendimientos de los cultivos. La acumulación de sales ocurre normalmente en suelos mal drenados y frecuentemente en los horizontes superiores; por lo tanto, el control de la salinidad depende casi siempre del agua, su calidad y manejo. En el caso de sales solubles, estas se remueven por lavado; mientras que cuando las sales son insolubles, la remoción se efectúa mediante la aplicación de enmiendas, lo que provoca un intercambio químico; en ambos casos se requiere de un buen sistema de drenaje.

**Contaminación por residuos orgánicos e hidrocarburos.** En algunos sistemas agrícolas se incorporan al suelo residuos orgánicos de animales, como el estiércol de aves, caprinos y bobinos, además de los lodos de cervecerías. Aunque rara vez se reportan efectos perjudiciales, pueden darse los siguientes riesgos: 1) un incremento de la salinidad del suelo como consecuencia de aplicaciones excesivas; 2) incremento de organismos patógenos cuando los estiércoles no han sido suficientemente curados o tratados.

La contaminación por hidrocarburos ocurre como consecuencia de los derrames sobre superficies adyacentes a áreas de exploración y explotación, o cualquier otra actividad de la industria petrolera. En muchos países, la industria petrolera realiza esfuerzos para evaluar el impacto ambiental y conduce estudios y proyectos para disminuir los riesgos que dicha contaminación representa para el medio ecológico.

## RECICLAJE DE MATERIALES: UNA ALTERNATIVA DESDE LA ESCUELA

Las colegios son grandes generadores de residuos sólidos. Con una adecuada organización, la práctica del reciclaje puede generalizarse en dichas instituciones y lograr con ello un beneficio para la comunidad en general, con prácticas que benefician al medioambiente y la salud. A continuación, algunas pautas para organizar y promover el reciclaje en una institución educativa:



**1. Capacitación:** Debe estar dirigida a cuatro sectores bien definidos que conforman el plantel: docentes, alumnos, personal de mantenimiento y tutores o padres de familia. Los docentes deben poseer/adquirir amplia información sobre el tema, pues sobre ellos recaerá en un futuro el éxito del proyecto.

Teoría sobre el reciclaje: Como temas de capacitación, se proponen los siguientes: 1) concepto de reciclaje; 2) beneficios y ventajas; 3) materiales que se pueden reciclar; y 4) proceso del material reciclable.

Práctica del reciclaje: En la práctica, para llevar a cabo un programa de reciclaje en la escuela, debe seguirse el siguiente procedimiento: 1) organización por aula; 2) uso correcto de la caja de segregación; 3) conservación del material reciclable; 4) condiciones óptimas del centro de acopio; y 5) fechas de recojo del material reciclable.

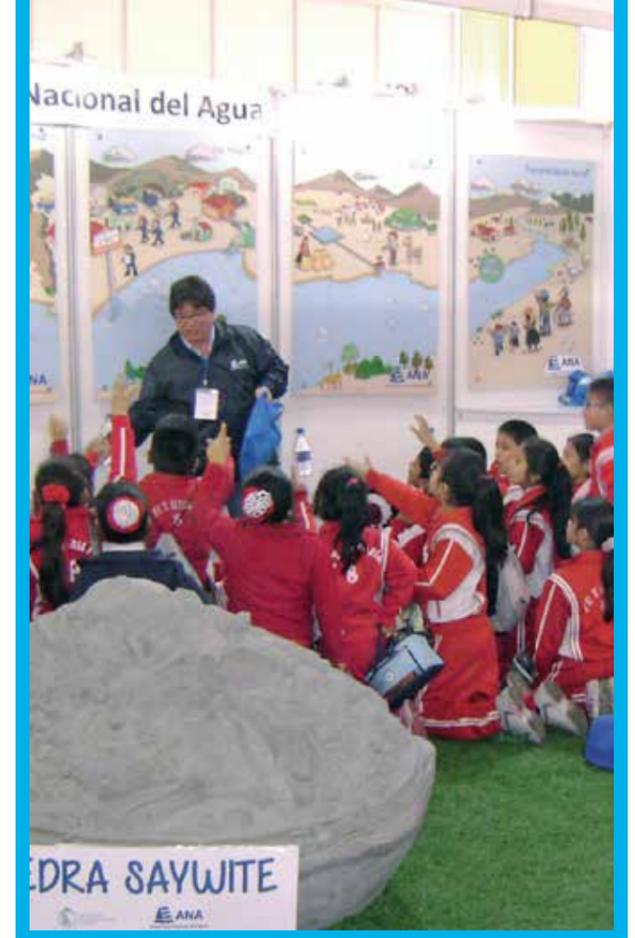
La capacitación tiene por finalidad impartir conocimientos y buscar aportes en beneficio del proyecto.

**2. Difusión:** La comunidad debe estar informada de las actividades que se llevarán a cabo en el centro educativo; para ello se deben realizar campañas de reciclaje en los alrededores. Los pasos a seguir son los siguientes: 1) delimitación y zonificación del área donde se recolectará el material reciclable; 2) difusión de las actividades mediante volantes, afiches o cartillas de información elaborados por los propios alumnos; 3) organizar a los alumnos en grupos de recolección, clasificación y almacenamiento.

Cada aula debe tener tres representantes de la policía ecológica para que asesore y supervise las actividades de los grupos en el aula. Los grupos de recolección se encargarán de inscribir a los hogares que deseen participar y recepcionar el material que lleven sus compañeros a la escuela. Los del grupo de clasificación se encargarán de la segregación del material reciclable; en caso de reciclar papel, separarán las hojas blancas (bond, fotocopia, cuadernos) del papel de baja calidad. Los del grupo de almacenamiento tendrán la función de llevar el material reciclable al centro de acopio y de cuidar su conservación.

**3. Cooperación:** Los alumnos pueden traer material reciclable de sus hogares; para ello se les repartirá la bolsa segregadora y se les indicará el tipo de materiales a acopiar durante el fin de semana y la forma de conservarlo para la venta posterior. En esta etapa del programa es necesario estimular a la competencia entre aulas.

**4. Centro de acopio:** Los residuos acopiados deben ser embalados, transportados y almacenados en el centro de acopio. En centros educativos y oficinas esta labor debe ser realizada por el personal de limpieza, previa capacitación. En el centro de acopio deben tomarse medidas preventivas para evitar el deterioro del material. Hay que evitar la excesiva humedad, la presencia de objetos extraños, y mantener orden y limpieza en los ambientes. Es necesario disponer de un extinguidor dentro del local. Cuando el centro de acopio esté por llenarse, debe procederse a la venta del material, con la presencia del director del plantel, del docente promotor del proyecto y de representantes de la policía ecológica del plantel.



**5. Caja ecológica:** Es el recipiente que sirve para segregar el material dentro de cada aula, ubicado en un lugar visible y de fácil acceso. Las cajas de cartón sirven para este propósito, pero deben estar forradas y llevar el símbolo de reciclaje en un lugar visible. Cuando las cajas se llenan, los alumnos o el personal de mantenimiento deben vaciarlas en el centro de acopio. Las cajas deben ser sustituidas cuando se deterioran. En la segregación del material se suelen utilizar diferentes colores para las cajas: 1) verde para papel, separando el papel periódico del papel blanco; 2) rojo para residuos orgánicos; 3) celeste para vidrios; 4) amarillo para plásticos. Esta caja ecológica debe convertirse en un símbolo dentro del aula, por lo tanto, su presentación debe ser impecable.

**6. Venta:** La venta del material recopilado puede realizarse cada dos meses. El docente promotor debe contactar previamente al núcleo de enlace para la discusión sobre el material a comercializar y los precios a establecer. Después de cada venta, debe haber un informe sobre los resultados del proyecto, ya sea en el periódico mural del centro u otro medio de difusión adecuado. El dinero recaudado debe beneficiar directamente a los alumnos y al colegio. Si no fuera posible la práctica del reciclaje en el centro educativo, el docente debe optar por difundir el reúso de materiales de consumo.

# Gestión integrada de recursos hídricos en cuencas transfronterizas

## y rol de las entidades de cuena transfronterizas ante el estrés hídrico

Segunda parte

### RESUMEN

En este artículo se destacan y contrastan las experiencias en cuencas tanto en la península ibérica como en África, Norteamérica, Centroamérica y Sudamérica. Además, se brinda especial atención a diferentes puntos críticos, y se recomienda profundizar en el conocimiento y lecciones aprendidas en la península ibérica y en cuencas en África y las Américas, entre otras regiones que han alcanzado o van en vías de lograr la gestión sustentable de cuencas transfronterizas, así como adoptar medidas especiales para confrontar con solvencia y oportunidad los retos que se presentaran en las franjas del planeta con cuencas transfronterizas conflictivas en las que se prevén mayores afectaciones por los efectos del cambio climático. También se recomienda apoyar la Convención de la ONU sobre el uso de cursos de agua internacionales y recomendaciones acerca de la gestión compartida del agua de cuencas transfronterizas que han publicado Global Water Partnership, la Red Internacional de Organismos de Cuenca y el Consejo Mundial del Agua.

M. Sc. José Eduardo Mestre R.  
Consultor Senior del Banco Mundial  
Miembro permanente de la Red Internacional de Organizaciones de Cuenca (RIOC)  
Consejero de la Comisión Nacional del Agua de México (CONAGUA)

## EXPERIENCIAS EN CUENCAS TRANSFRONTERIZAS

En esta segunda parte, se hace especial énfasis en los planteamientos ya realizados en varios foros internacionales —especialmente en el de Ginebra, Suiza, en el 2010<sup>1</sup>, cuando el esfuerzo para avanzar en la mitigación de los efectos de la gestión hídrica en la generación de gases de efecto invernadero (GEI) era todavía incipiente— en relación con la adaptación al cambio climático en materia de agua para cuencas transfronterizas, para fomentar las siguientes acciones entre tantos actores como sea posible:

- intercambiar experiencias prácticas (incluyendo aquellas replicables), buenas prácticas, compartir lecciones aprendidas y conocimiento adquirido en aspectos científicos, técnicos, jurídicos, financieros, institucionales, políticos, socioeconómicos y ambientales, y en otros temas estratégicos sobre cuencas transfronterizas, estrés hídrico y cambio climático;
- analizar los retos de la adaptación al cambio climático de las experiencias, así como el conocimiento adquirido y las lecciones aprendidas en materia de gestión del agua transfronteriza;
- mostrar cómo mediante la cooperación transfronteriza se puede establecer una estrategia de adaptación en las distintas etapas del desarrollo: desde las evaluaciones de los impactos y la vulnerabilidad a la selección de las medidas más apropiadas;
- mostrar igualmente que, vía la cooperación transfronteriza, se establezcan estrategias de mitigación en la generación de GEI, producto de la gestión hídrica doméstica y transfronteriza;
- responder a la preocupación internacional sobre adaptación al cambio climático en el marco del Convenio de la Comisión Económica para Europa (CEPE) de las Naciones Unidas sobre la protección y utilización de cursos de agua transfronterizos y lagos internacionales (Convenio del Agua) para planificar y ejecutar objetivos y actividades de proyectos, y



- garantizar un intercambio permanente y sistemático de experiencias sobre la adaptación al cambio climático en las cuencas transfronterizas a través de plataformas regionales (p. ej. la paneuropea o latinoamericana) en el marco de instrumentos jurídicos supranacionales, tales como la directiva marco del agua, los protocolos de la Organización de Estados Americanos o similares.

Al tomar en consideración como regiones de análisis a la península ibérica —España y Portugal comparten los recursos hídricos de las cuencas de los ríos Miño, Limia, Duero, Tajo y Guadiana—, a cinco grandes cuencas vertientes de África —Nilo, Chad, Senegal, Congo y Okavango— y a las dieciocho principales cuencas transfronterizas en las Américas (Mestre y Garrido, 2005) —porción continental: San Lorenzo, Colorado, Bravo o Grande, Suchiate, Hondo, Paz, Lempa, San Juan, Sixaola, Orinoco, Alto Amazonas Centro-Sur, Putumayo (Alto Amazonas Norte), Bermejo, Pilcomayo, Uruguay, Paraná, lago Titicaca, Sistema Acuífero Guaraní—, se han constatado las siguientes características de los entes de cuenca transfronterizos (ECT) existentes:

1. El **86 %** de las cuencas transfronterizas revisadas presentan estrés hídrico, o lo harán conforme a los pronósticos nacionales, regionales o mundiales. Las más recientes revisiones a las evaluaciones existentes hasta la COP18 señalan que este porcentaje irá creciendo conforme la resolución de los estudios realizados sea más nítida.
2. El **30 %** cuentan con planteamientos, programas, instrumentos y recursos para confrontar las consecuencias hídricas derivadas de los efectos del cambio climático.
3. En el **85 %** de los casos, las cuencas transfronterizas analizadas cuentan con un ente de cuenca supranacional —ente de cuenca transfronterizo (ECT)—, si bien bajo una tipología muy diversa (fundamento jurídico, composición, objetivos, mandato, capacidad de actuación, instrumentos y recursos).
4. En el **43 %** de los casos, los ECT existentes también actúan a nivel de microcuencas o minicuencas, en general definidas por trabajar en el contexto geográfico de una corriente tributaria (doméstica o transfronteriza) de una cuenca de mayor envergadura.
5. En el **37 %** de los casos, los ECT participan o están encargados de la planificación, control o inclusive de la gestión plena de cuencas transfronterizas.
6. Solo en el **18 %** de los casos, los ECT cuentan con facultades o capacidades para realizar con solvencia la gestión presupuestal, la ejecución o coejecución de programas y proyectos, así como la evaluación y rendición de cuentas de los resultados de su gestión.
7. El **43 %** de los entes de cuenca transfronterizos se dedican, entre otras tareas, a alguna, varias o a toda la gama de actividades inherentes a la gestión del agua. El **17 %** incluyen en forma explícita la gestión integrada de los recursos hídricos, en forma parcial o global.
8. El **12 %** de los ECT también se dedican a la gestión de recursos naturales.
9. El **7 %** de los entes de cuenca transfronterizos están fuertemente inclinados a la gestión ambiental, y la tendencia en varios países apunta hacia esa dirección.
10. El **85 %** de los ECT han sido creados o se apoyan en un instrumento jurídico de carácter bi o multinacional;
11. Veintitres países del total de 39 que están contenidos en la muestra abordada cuentan con Leyes de Agua —con esa denominación o análogas— modernas o añejas, que apoyan o no a entes de cuenca domésticos o transfronterizos. Hoy, 17 países de la muestra debaten anteproyectos de Leyes de Agua o enmiendas a instrumentos existentes.
12. El **82 %** de los ECT son primordialmente de composición gubernamental y en general se orientan hacia: a) aspectos técnicos; b) de autoridad y sus actos; c) de regulación y control; y d) de conciliación de intereses (en pocos casos).
13. Ocho de estos ECT se acompañan con organizaciones de cuenca, casi siempre de corte doméstico. Siete son de composición social y se orientan a: a) debate y propuesta de proyectos y acciones; b) gestión de conflictos; y c) contraloría social.
14. Los organismos de cuenca transfronterizos se financian en más del **82 %** con recursos presupuestales, donaciones y aportaciones de cooperantes y bancos de fomento.
15. El **33 %** de los ECT cuentan con objetivo, estrategia, políticas, acuerdos, instrumentos y recursos técnicos, jurídicos y financieros para enfrentar el estrés hídrico.
16. El **30 %** de los ECT reciben apoyos financieros —de manera directa o tácita— provenientes de tarifas de cuenca o pagos por servicios ambientales recaudados por estos o por terceros.
17. El **30 %** de los ECT cuenta con mandato, estructura, instrumentos, metodologías, equipo humano especializado y recursos para gestionar conflictos.

<sup>1</sup> Workshop on water and climate change: how to develop an adaptation strategy in transboundary basins; 10-11 May 2010; Ginebra, Suiza

## BREVE PROSPECTIVA CUALITATIVA

A continuación, se presenta un ejercicio cualitativo de prospectiva para los próximos 13 años (2030) que hemos realizado, y recientemente actualizado, basándonos en el conocimiento directo de los aspectos institucionales, jurídicos, políticos, científicos, técnicos, socioeconómicos, financieros y ambientales de los países involucrados y de sus cuencas transfronterizas.

PARÁMETRO PROSPECTIVO	CUENCAS TRANSFRONTERIZAS EN LA PENÍNSULA IBÉRICA	PRINCIPALES CUENCAS TRANSFRONTERIZAS DE ÁFRICA	PRINCIPALES CUENCAS TRANSFRONTERIZAS EN LAS AMÉRICAS
Marco Institucional	Robusto a nivel nacional y transfronterizo, con amplia experiencia.	Existirán países con fortalezas (Egipto, Nigeria, Senegal, Sudáfrica), pero, en general, a nivel nacional y transfronterizo continuarán siendo débiles. El rol de la cooperación internacional, de la ONU y de los bancos de desarrollo (AfDB y Banco Mundial) habrá sido esencial.	Norteamérica seguirá contando con instituciones nacionales, subnacionales y transfronterizas robustas y con amplia experiencia. Centroamérica con su tendencia de mejoramiento en la gestión, pero sin fortaleza a nivel transfronterizo, con fondos propios y apoyo de la cooperación internacional. En Sudamérica, en general, se fortalecerán las instituciones nacionales —situación actual no es generalizada—. Además se fortalecerán algunos casos específicos: Río de la Plata, Alto Amazonas (con alguna excepción), lago Titicaca y Sistema Acuífero Guaraní. Los demás casos estarán en estado embrionario, si bien se anticipan avances.
Marco Jurídico	Robusto a nivel subnacional, nacional y supranacional.	Salvo Egipto y Sudáfrica, el marco jurídico estará en etapa primaria.	Robusto a nivel subnacional, nacional y supranacional en Norteamérica; con un buen grado de desarrollo en Centroamérica (con alguna excepción), y en Sudamérica estará robusto a nivel local, nacional y supranacional.
Políticas públicas	Robustas y en armonía con directivas macrorregionales de la Unión Europea, tanto a nivel nacional como cuencario.	Se habrán ampliado y diversificado de manera considerable; empero, las políticas transfronterizas estarán todavía en etapa primaria.	Robustas y en armonía con directivas norteamericanas aplicables a los tres países, a nivel nacional y cuencario. En Centroamérica también habrá políticas robustas vía la integración normativa en la región. En Sudamérica habrá un avance notable, tanto a nivel nacional como cuencario.

PARÁMETRO PROSPECTIVO	CUENCAS TRANSFRONTERIZAS EN LA PENÍNSULA IBÉRICA	PRINCIPALES CUENCAS TRANSFRONTERIZAS DE ÁFRICA	PRINCIPALES CUENCAS TRANSFRONTERIZAS EN LAS AMÉRICAS
Estrategia de desarrollo hídrico	Robusta	Aceptable a nivel nacional y con nivel de avance medio (con excepciones en ciertas porciones de los ríos Nilo, Komadugu-Yobe y Okavango). Tanto la cooperación internacional y la ONU, como el AfDB y el Banco Mundial habrán participado con donaciones y empréstitos.	Robusta en toda la región (con alguna posible excepción). De la mano de las instituciones públicas fortalecidas, se considera que tanto la cooperación internacional (en Centroamérica), los bancos de desarrollo y algunas instituciones de la ONU habrán colaborado fuertemente.
Informática de la ocurrencia del agua y su aprovechamiento	Robusta	Avance medio. Habrá cuencas transfronterizas con alto nivel de desarrollo en algunas porciones. Ha sido determinante la maduración institucional con apoyo en recursos de la cooperación internacional y bancos de desarrollo.	Robusta en Norteamérica y Centroamérica (con alguna excepción), y en toda Sudamérica. El rol de los bancos de desarrollo habrá sido determinante (en Centroamérica vía cooperación internacional).
Planificación hídrica en cuencas transfronterizas	Robusta	Robusta en los casos del Nilo y Okavango, y en tributarios del lago Chad; avances encomiables en el río Congo. Una parte de los recursos invertidos habrán provenidos de la cooperación internacional, así como del AfDB y el Banco Mundial.	Desde el 2005 se ha establecido que estarán planificadas las cuencas transfronterizas en las Américas antes del 2020. Para el 2030 se habrá cumplido esta meta. En los países menos adelantados económicamente, los bancos de desarrollo habrán asumido una parte de la carga vía empréstitos.
Previsiones para confrontar el estrés hídrico	Robusta	Con avances sustentados en esfuerzos nacionales y con fuerte apoyo de la cooperación internacional (con excepciones en Magreb, África Subsahariana, Angola y Sudáfrica). El rol de grupos como GWP, WWC, Cap-Net y otros ha sido esencial para la capacitación y concientización. Países como México y Brasil habrán contribuido conforme a sus posibilidades.	A nivel continental, se habrá pasado de la etapa de concientización al convencimiento político y a destinar recursos para confrontar con éxito este desafío. Se considera que los bancos de desarrollo habrán colaborado de manera determinante (en Centroamérica se habrá complementado en algunos casos con apoyo de la cooperación internacional).
Previsiones para confrontar las consecuencias hídricas derivadas de los efectos del cambio climático	Robustas	Con avance intermedio (aún insuficiente de cara a los desafíos por confrontar) con fuerte apoyo en la cooperación financiera, cooperación en especie, donaciones y créditos de la banca de desarrollo.	Robustas en toda la región (con alguna probable excepción). Se habrá contado con cooperación de países de la región, con recursos de cooperación europea y con fondos de bancos de desarrollo.
Gestión de conflictos en zonas con estrés hídrico	Robusta	A nivel intermedio, habrá experiencias positivas replicables gradualmente, conforme al desarrollo de los distintos países en la región.	Robusta

## CONCLUSIONES Y PROPUESTAS

El estudio que hemos realizado durante tres lustros en cuencas transfronterizas sujetas a estrés hídrico, actual o potencial, en la península ibérica (cinco cuencas), África (cinco cuencas) y las Américas (dieciséis cuencas), permite establecer recomendaciones generales para los entes de cuenca transfronterizas (ECT), o al menos para su porción doméstica. Las recomendaciones se presentan en los siguientes bloques:

### Lecciones aprendidas en cuencas transfronterizas sujetas a estrés hídrico

- Instrumentar buenas políticas públicas.** La coparticipación de actores gubernamentales, usuarios y sociedad fortalece la aplicación de políticas públicas y contribuye a mejorar la gobernabilidad. En cuencas transfronterizas con estrés hídrico, la gobernabilidad es crítica y requiere de un mayor esfuerzo para conciliar y armonizar las posiciones entre actores de Estados ribereños con intereses en ocasiones

divergentes. Hay excelentes ejemplos de gobernabilidad transfronteriza que deben destacarse tanto en el mundo desarrollado (Europa y Norteamérica), como en zonas en desarrollo (África y Latinoamérica).

- b. **Políticas públicas realistas** que resulten del debate y consenso con usuarios del agua y la sociedad. En los estados ribereños, tienden a ser armónicas con las estrategias de desarrollo por cuenca bajo criterios realistas y eficientes ante el estrés hídrico y el cambio climático.
- c. **Descentralización.** Los entes de cuenca forman parte de los procesos de descentralización.
- d. **Sustentabilidad financiera.** Los cánones, redevanzas o derechos fiscales de agua (con destino específico) son relevantes para la sustentabilidad financiera. La cooperación internacional y los bancos de desarrollo pueden complementar las finanzas en cuencas transfronterizas. Desde luego, también existen ejercicios alentadores de participación público-privada en contextos domésticos de cuencas transfronterizas.
- e. **Seguridad al inversionista.** Además de subsidios, donaciones y créditos, la sustentabilidad financiera puede provenir del sector privado; el retorno de sus inversiones depende del marco jurídico sectorial y su cumplimiento (*law enforcement*).
- f. **Finanzas y tecnologías.** Además del acceso y aplicación de tecnologías, estas deben ser acordes con las capacidades financieras, condiciones sociopolíticas y culturales.
- g. **Programas claros y cumplibles.** Las agendas y programas no deben ser numerosos y deben contener elementos claramente comprensibles (*keep it simple*).
- h. **Menos discursos y más acción social.** En este caso, una lección aprendida es que no se debe festinar sobre lo que aún no se ha realizado.
- i. **Mejor planificación de abajo hacia arriba.** La planificación regional inclusiva (gobierno, usuarios y sociedad) entre estados que comparten cuencas, la nacional y subnacional, debe equilibrar las corrientes de pensamiento, voluntades y recursos.

- j. **La gestión de cuencas funciona mejor a nivel de microcuenca y de acuífero.** Pensar en forma global y actuar en forma local es muy válido. Esta tesis no desecha la gestión por cuenca vertiente, incluyendo las cuencas transfronterizas.
- k. **Reglamentación del cobro por el uso del agua.** La implementación del cobro por el uso del agua o de cánones debe, en lo posible, hacerse efectiva en términos de ley. El cobro por servicios ambientales relativos al agua, su gestión y conservación es un tema con un potencial considerable bajo reglas claras.
- l. **Régimen de propiedad de aguas transfronterizas.** Para fortalecer la gobernabilidad en las cuencas transfronterizas, debe revisarse el concepto de soberanía nacional. El hecho de que el agua fluye entre dos o más estados presupone una necesidad de cooperación, dado que tal recurso no puede ser considerado un bien nacional, sino uno de carácter regional o común, sujeto al principio de propiedad común más que al de propiedad nacional (López, 2008).
- m. **Regulación supranacional de la gestión del agua en cuencas transfronterizas, especialmente aquellas sujetas a estrés hídrico y más aún aquellas proclives a los efectos negativos de la variabilidad climática o del cambio climático.** Es escasa todavía la materia de regulación de estas condiciones, si bien los avances que se están derivando de esfuerzos cuencarios, como en el caso de la cuenca del río Rin, del mecanismo de Albufeira en la península ibérica, son sumamente interesantes.
- n. **Consecuencias del cambio climático.** Independientemente de la incertidumbre y de la precisión con la que se determinen los impactos del cambio climático, el diagnóstico apunta que es necesario fortalecer la resiliencia. Por ello, se debe avanzar en unificar criterios y procedimientos para el análisis e interpretación de datos hidroclimáticos en cuencas transfronterizas, especialmente en aquellas sujetas a estrés hídrico.



#### Recomendaciones generales

- a. **Información para gestión de cuencas por entes transfronterizos:** Ampliar la línea base de conocimiento es condición sine qua non para sustentar la gestión hídrica y para el éxito de los entes de cuenca transfronterizos (ECT). Es crucial una base común de información amplia, suficiente y fidedigna que contribuya a armonizar decisiones.
- b. **Apoyo y compromiso político de los Estados a la gestión de entes de cuenca transfronterizos:** El apoyo político desde las etapas iniciales, aun ante los cambios de administraciones públicas, debe garantizarse. El compromiso político, más allá del apoyo político, implica brindar elementos favorables para la cogestión de los recursos hídricos.
- c. **Sustento jurídico de los ECT y un golpe de timón.** Son esenciales los instrumentos jurídicos supranacionales, como blindaje y sustento de sus competencias. Se requiere un radical cambio de rumbo: el viejo modelo de que la gestión de cuencas transfronterizas es un tema eminentemente gubernamental debe ser cambiado por uno fundado en un enfoque de actores múltiples. En adición, la gestión del recurso, doméstico o compartido, requiere un acercamiento multisectorial y un esfuerzo multidisciplinario.
- d. **Normas específicas.** Resulta recomendable que los actores estén facultados para dictar o al menos instrumentar normas para la gestión hídrica en cuencas transfronterizas. Es deseable que cuenten con personalidad jurídica y patrimonio propio.
- e. **Sustento financiero de los ECT.** Se recomienda revisar el marco financiero y capacidades de cobro y pago de cada Estado. La figura de las tarifas de cuenca, redevanzas o cañones debe estar comprendida en el régimen fiscal, ser obligatoria bajo el rigor fiscal, e inducir la inversión y la propia recaudación en la cuenca. Los recursos recaudados conviene que tengan destino específico —empleo directo en la cuenca transfronteriza de la cual proviene la recaudación—. La aplicación de cobro por servicios ambientales inherentes a la gestión del agua y su conservación es un tema de gran envergadura que requiere una profunda reflexión y, en su caso, diseño e instrumentación.



- f. **Principales procesos para establecer ECT.** Su creación debe responder a necesidades documentadas. Normalmente surgirán de procesos diplomáticos y técnicos, de arriba hacia abajo y nutridos por procesos consensuados de abajo hacia arriba. Implica la presencia de actores diplomáticos, políticos, económicos y sociales con capacidad de influir en los acuerdos transfronterizos, políticas públicas, gestión de conflictos y capacitación.
- g. **Recursos humanos capaces para sustentar la cogestión de las cuencas transfronterizas.** Este tema ha sido de gran importancia en los avances en la cuenca del río Rin y debe considerarse crucial en los casos de cuencas transfronterizas con estrés hídrico, y especialmente aquellas en las que se esperan consecuencias negativas producto del cambio climático.

¿Qué necesitan  
once mil personas  
para seguir conviviendo en paz?

La laguna 513 es fuente de vida, pero bien podría representar la tragedia. Es fundamental para la irrigación de los cultivos del valle aunque su posible desborde podría poner en serio riesgo a la población. Gracias al Proyecto Glaciares los carhuacinos están logrando un mejor uso de sus recursos y protegerse ante posibles desastres naturales.

## Un espejo de agua con dos caras

Las pantorrillas se iban endureciendo y la respiración se intercalaba con bocanadas desesperadas de aire. Subíamos al nevado Hualcán para conocer la Laguna 513, una de las más importantes en Áncash y la responsable de la mayor parte del agua en la ciudad de Carhuaz. Mientras más alto estábamos, más nos sorprendíamos. Bloques de hielo se desprendían del glaciar y era como estar en medio de un bombardeo. Y todas las bombas asustan. Según Alejo Cochachín, coordinador de la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), la Cordillera Blanca ha perdido en los últimos cincuenta años casi el treinta por ciento del área glaciar. Más de doscientos kilómetros cuadrados de hielo, el mismo tamaño que la ciudad de Buenos Aires. Este proceso ha creado ochocientas treinta lagunas ubicadas alrededor de los cinco mil metros sobre el nivel del mar. Una de ellas es la 513. Cada vez recibe más agua y un descuido podría ocasionar una catástrofe en Carhuaz. Por ese motivo la empezarán a cuidar.

El 31 de mayo de 1970, un terremoto de 7.8 en la escala de Richter, removió el nevado Huascarán, desprendió sus rocas, estas cayeron sobre lagunas y se provocó una avalancha que sepultó al pueblo de Yungay. Murieron más de veinte mil. Solo sobrevivieron trescientos. Desde los años cincuenta hasta el dos mil, en la Cordillera Blanca se realizaron trabajos de prevención en treinta y cinco lagunas en estado crítico. Se les redujo la cantidad de agua y se construyeron diques para reducir riesgos. Sin embargo, después se dejó de actuar. Es en este contexto, que en el 2012 apareció el "Proyecto Glaciares: Adaptación al cambio climático y reducción de riesgos de desastres por el retroceso de los glaciares en la Cordillera de los Andes". Este es ejecutado por la Universidad de Zúrich y CARE Perú con el financiamiento de la Cooperación Suiza, y busca reducir cualquier riesgo producto del deshielo de los nevados, además de trabajar con las poblaciones en el cuidado del agua. Aunque actualmente el Proyecto está presente en Cusco y Áncash, durante su primera fase los esfuerzos se concentraron en la Cordillera Blanca, concretamente en la Laguna 513, la misma que intentábamos alcanzar en nuestra caminata. Aquí conocimos el primer Sistema de Alerta Temprana (SAT) en tiempo real ante aluviones del país.

## A ESTAR TODOS ALERTAS

El 11 de abril de 2010 un aluvión asustó a toda la población carhuacina. Una avalancha del nevado Hualcán, cayó sobre la Laguna 513, formando una ola de veintiocho metros y llevando todo lo que encontró a su paso. No hubo grandes pérdidas pero sí un gran susto que recordó a Yungay. "Había una familia que vivía cerca al río. Eran tres hermanitos que vivían con la abuela. Cuando vino la avalancha no supieron qué hacer. Fue horrible para ellos. Después de eso, los niños no regresaron más al colegio", cuenta la profesora Irma Caqui, Directora de la Institución Educativa Esther La Rosa Sánchez, del caserío de Yanamarca, en la provincia de Carhuaz. En la actualidad se siente aliviada con el SAT ya que les ha permitido identificar las zonas seguras y saber qué hacer ante una emergencia. Se ha calculado que un posible aluvión llegaría a esta zona en treinta y cinco minutos. En los cinco simulacros realizados en el 2014, los niños de esta escuela se pusieron a salvo en trece.



En toda la cuenca del río Chucchún ya se han identificado los lugares seguros. En todos los caseríos están instalados los mapas con las zonificaciones, y además han señalado los caminos y rutas de escape.

Otra situación es la del Colegio Señor de los Afligidos del Pariacaca. Este centro educativo, ubicado en la parte alta de la cuenca, a veinte metros del río Chucchún, que trae el agua de la Laguna 513, ha sido declarado por el comité de Defensa Civil de la provincia de Carhuaz, como en zona de alto riesgo. Todavía se pueden ver al lado las rocas del tamaño de autos que dejó el aluvión del 2010. "Hemos solicitado al Ministerio de Educación, al Congreso y al Gobierno Regional, la reubicación de nuestro colegio, y nada. Los alumnos no estudian tranquilos por estar en peligro constante", comenta el director Juan Dextre, que se siente abandonado. Sin embargo, el tener identificado todas las vías de escape, lo calma de alguna manera. Un posible aluvión los alcanzaría en tan solo doce minutos.



Después de cinco horas de caminata, llegamos a la Laguna 513 (4.600 m.s.n.m.) y conocimos cómo trabaja el SAT. Instalaron sensores (geófonos) en la laguna. Estos reportan los movimientos en tiempo real y están conectados a una estación meteorológica mil metros más abajo que brinda información acerca del clima, del caudal del río, de la cantidad de precipitaciones y de la velocidad del viento. Todos estos datos van directo a la Municipalidad Provincial de Carhuaz y ante una emergencia, se activa una alarma que llega a todos los habitantes. "La parte más importante de todo el SAT es la parte social. Esto nos compete a todos, no solo a CARE Perú o a la Municipalidad", afirma Luis Meza, Secretario de Defensa Civil de la Municipalidad de Carhuaz, que espera tener todo el sistema trabajando a fines de 2014.

## CON AGUA JUSTA, MEJORAN LOS CULTIVOS

Hasta hace cinco años, los carhuacinos pensaban que el agua nunca se acabaría. Hoy se arrepienten de sus actos. El problema del agua se ha agudizado en esta ciudad a treinta y cuatro kilómetros de Huaraz. Riegan sus cultivos sin pensar en el otro. Los que están más arriba de la cuenca captan más agua de la que necesitan y así van dejando sin recursos a los campos que se ubican en las partes más bajas. Esto se agrava con toda la basura que es desperdigada por los pobladores en las quebradas. Ante esta realidad, un grupo de personas asesoradas por el Proyecto Glaciares vio conveniente mejorar sus técnicas de riego y buscar la formalización de los usuarios de la cuenca.



Gabriel Toro vive en Obraje, en la parte baja de la cuenca. A él no le llega buena agua y tenía problemas con sus cultivos. "Me animé a cambiar mi forma de regar porque sentimos que el agua estaba disminuyendo, y la forma de riego ancestral, inundando todo, no resulta bien para los cultivos", nos cuenta Toro, un beneficiado por CARE Perú con seis aspersores para sus campos. A tres kilómetros de distancia viven la señora Nemesia Villón y su esposo Roque Ramírez, una pareja que ha empezado a dedicarse a los cultivos orgánicos gracias al Proyecto Glaciares que también los equipó con aspersores, un biodigestor (contenedor cerrado en el que se depositan restos orgánicos para convertirlos en

En la cuenca del río Chucchún ya se han identificado los lugares seguros. En todos los caseríos tienen mapas con las zonificaciones, y además han señalado los caminos y rutas de escape



fertilizantes naturales) y asesoría técnica. Hoy se sorprenden con sus lechugas orgánicas. “Son del tamaño de una pelota de fútbol y muy ricas”, comenta esta pareja que contagia a sus vecinos. Crearon la Asociación de Productores Agropecuarios de Acopampa y con diez familias más cultivan orgánicamente caigua, quinua, maíz, chía, vainita, ají, rocoto, lechuga y aguaymanto. Mejores productos con menos agua.

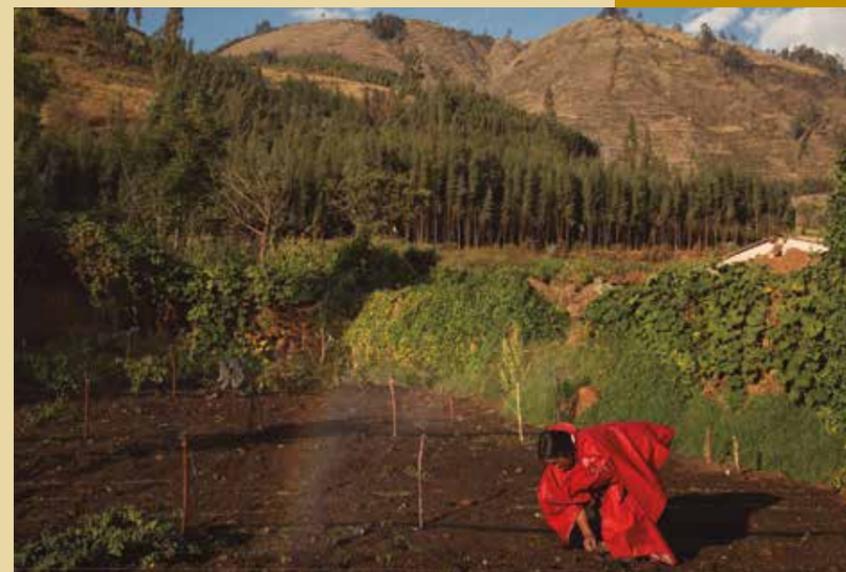
“Con estas alternativas tienen un riego más uniforme, no arruinan sus suelos, controlan mejor sus plagas y, lo mejor es que pueden diversificar los cultivos. Si tienes varios productos y viene una plaga que ataca a un campo, no destruirá todo y tendrás opciones”, afirma César Gonzales, Coordinador del Proyecto Glaciares en Áncash, que señala que otro punto importante es la formalización de los usuarios de la cuenca del Chucchún.

“Siento que vivo en un pueblo joven. En época seca no hay agua en los caños a partir de la una de la tarde. Tenemos que llenar todo con balde”, cuenta Augusto Durán, poblador de la ciudad de Carhuaz y miembro del Concejo de periodistas de esta ciudad, que pide urgentemente la formalización de la cuenca. “Solo así todos podremos disfrutar del agua, sin peleas y con justicia”, recalca el periodista, que señala que uno de los problemas de su ciudad natal fue su crecimiento poblacional desorganizado. De ser menos de cuatro mil en 1993, hoy son más de once mil.

Se calcula que al 2050, todos los glaciares que están por debajo de los cinco mil metros desaparecerán

La formalización significa obtener una licencia de uso y así ordenar a todos los usuarios del río Chucchún en comités para que organicen mejor los horarios de riego y la cantidad de agua que le corresponde a cada zona, con el asesoramiento de la Administración Local del Agua – ALA Huaraz.

Después de acampar en la Laguna 513 y encantarnos con el imponente nevado Hualcán, empezamos el descenso hacia la ciudad de Carhuaz. Nos alejábamos de los estallidos con la seguridad de que los esfuerzos que se están realizando van a tener resultados positivos. Todo está instalado, solo falta que los pobladores se pongan de acuerdo para asegurar sus vidas y que el agua empiece a dar más alegrías en este maravilloso rincón de la Cordillera de los Andes.





Autoridad Nacional del Agua



*Trabajando para  
todos los peruanos*

[www.ana.gob.pe](http://www.ana.gob.pe)