

Contribuciones potenciales de la infraestructura preincaica de infiltración de agua para la seguridad hídrica en los Andes

Resumen de investigación



Boris F. Ochoa-Tocachi, Juan D. Bardales, Javier Antiporta, Katya Pérez, Luis Acosta, Feng Mao, Zed Zulkali, Junior Gil-Ríos, Oscar Angulo, Sam Grainger, Gena Gammie, Bert De Bièvre y Wouter Buytaert¹

Actualmente Lima experimenta un déficit de agua de aproximadamente 43 millones de metros cúbicos durante la estación seca, y depende de una capacidad de almacenamiento artificial total de aproximadamente 330 millones de metros cúbicos. La fuente de este almacenamiento proviene de los ríos andinos que proveen de agua a Lima y a la región costera en general, y que se caracterizan por tener un régimen de caudales muy estacional. Esto implica grandes déficits de agua durante la estación seca y excedentes durante la estación de lluvias que no son captados. Además, el recurso hídrico existente está sometido a un fuerte estrés producto de la creciente variabilidad del clima, la cual es exacerbada por el efecto de actividades humanas, en particular la degradación del suelo y los cambios de uso de la tierra.

Esta situación exige que se replanteen las estrategias actuales para incrementar la seguridad hídrica. Las limitaciones de las soluciones convencionales basadas en infraestructura «gris», como presas y reservorios artificiales, se están haciendo

evidentes: implican inversiones a largo plazo, con costos altos e irrecuperables y requieren de planificación e implementación complejas. Además de ello, las incertidumbres en las proyecciones futuras de lluvia y disponibilidad hídrica complican el diseño de grandes infraestructuras fijas con una vida útil prolongada.

Frente a ello, hay mayor interés por la implementación de soluciones basadas en la naturaleza o infraestructura «verde», las cuales pueden ser implementadas gradualmente, ajustadas después de su implementación y pueden brindar varios beneficios que las hace compatibles con la adaptación al cambio climático. En este sentido, los resultados que se describen en la investigación Contribuciones potenciales de la infraestructura preincaica de infiltración de agua para la seguridad hídrica en los Andes (Ochoa-Tocachi et al., 2019) muestran que el desarrollo de alternativas que integran elementos de prácticas indígenas y soluciones basadas en la naturaleza pueden salvaguardar la seguridad hídrica.

¹ El presente resumen ejecutivo ha sido desarrollado en base al artículo científico de los autores citados. Potential contributions of pre-Inca infiltration infrastructure to Andean water security. *Nature Sustainability*, vol. 2, pp. 584–593, 2019.

La investigación fue realizada con el Proyecto Mountain-EVO y el proyecto Infraestructura Natural para la Seguridad Hídrica por investigadores del Imperial College London, la Iniciativa Regional de Monitoreo Hidrológico de Ecosistemas Andinos (iMHEA), CONDESAN, SUNASS, FONAG, Forest Trends, Pontificia Universidad Católica del Perú, University of Birmingham, Universiti Putra Malaysia, University of Leeds, y el Instituto de Investigación Aplicada a la Sostenibilidad.

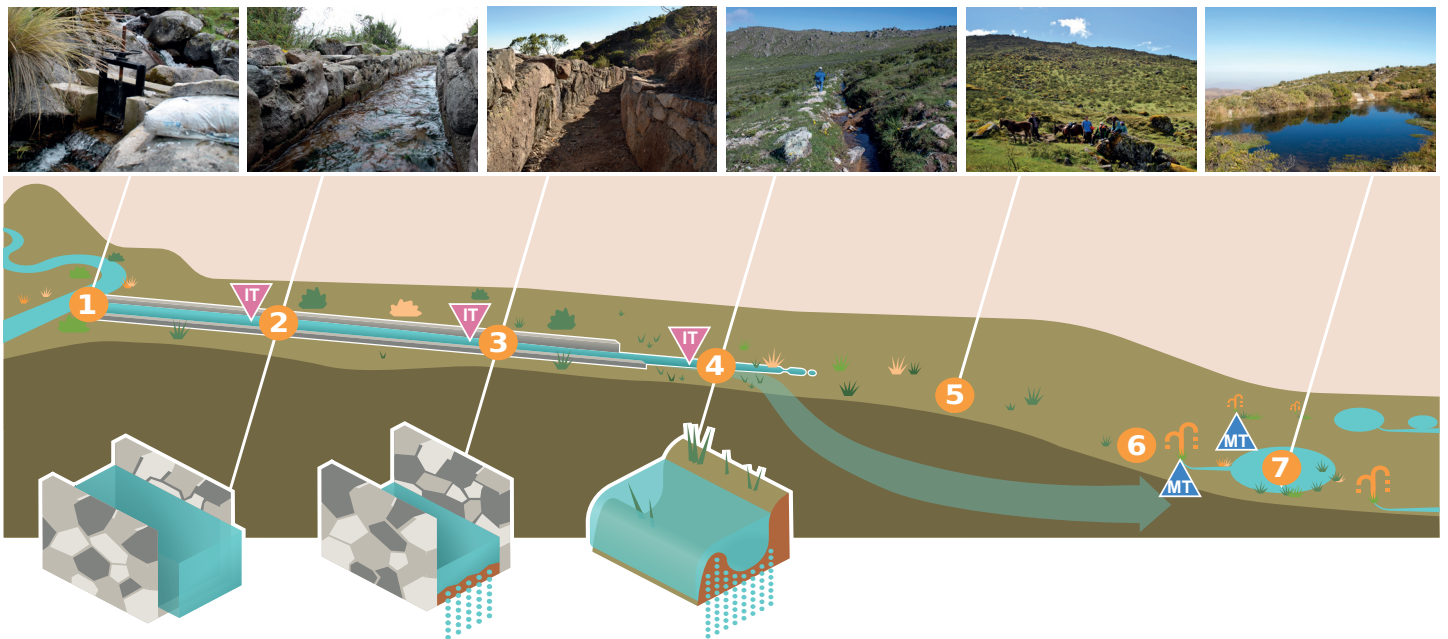


La siembra y cosecha de agua

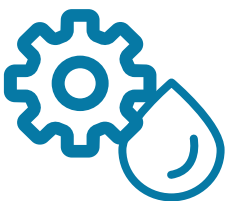
La adopción de soluciones basadas en la naturaleza es particularmente alta en Latinoamérica, con intervenciones en cuencas y esquemas de protección de fuentes de agua naturales que buscan optimizar la variedad de servicios ecosistémicos de manera flexible y rentable. No obstante, la evidencia cuantitativa sobre los efectos de estas intervenciones en los procesos hidrológicos es aún limitada. Esta evidencia es necesaria para incorporar estas intervenciones en una estrategia de gestión de recursos hídricos eficaz a escala de cuenca. Particularmente los sistemas preincaicos de mejoramiento de la infiltración de agua están recibiendo cada vez mayor atención por parte de organizaciones conservacionistas y por

responsables de formulación de políticas. A estos sistemas se les conoce localmente como "mamanteo" –de amamantar– o "amunas" –palabra quechua para retener.

La investigación estudió en detalle uno de los últimos sistemas preincaicos de infiltración que quedan, ubicado en la comunidad agropastoril de Huamantanga (Provincia de Canta), sobre una elevación de 3300 msnm, en los Andes Centrales peruanos. La comunidad depende de los caudales estacionales de las quebradas para sus actividades de sustento locales que consisten en la crianza de ganado para la producción de queso y la agricultura con riego para subsistencia.



Modelo conceptual del sistema preincaico de mejoramiento de infiltración de agua. Características del sistema: canales de enrutamiento (1 y 2), canales de infiltración (3 y 4), laderas de infiltración (5), manantiales (6) y balsas (7). Los puntos de inyección (IT) y de muestreo (MT) de trazadores están marcados de manera esquemática en el diagrama.



El sistema de infiltración consiste en captar agua durante la estación de lluvias (por encima de los 3800 msnm) usando acequias y canales para llevarla hasta zonas previamente identificadas donde se infiltra en el suelo. Al ingresar al suelo, el agua se desplaza lentamente para aflorar posteriormente en manantiales (ojos de agua o puquios) y arroyos pendiente abajo. El agua retardada por un tiempo de retención subsuperficial más prolongado incrementa el rendimiento y permanencia de los manantiales durante los meses secos.

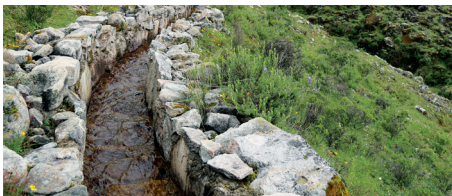
LOS CANALES DE INFILTRACIÓN DE AGUA DE HUAMANTANGA



El sistema de infiltración en la Comunidad de Huamantanga está diseñado para incrementar el agua disponible para riego durante la estación seca y consta de los siguientes elementos:



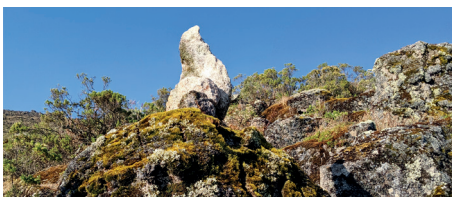
Canales de enrutamiento: estructuras de dos tipos: (1) canales largos que desvían los caudales de quebradas hacia canales de infiltración y laderas, y (2) canales cortos que direccionan el agua excedente hacia balsas u otros cursos de agua aguas abajo.



Canales de infiltración: transportan el agua hacia las laderas de infiltración, permitiendo de manera simultánea la infiltración hacia el subsuelo.



Laderas de infiltración: áreas rocosas o pedregosas que reciben agua de los canales, distribuyéndola en el campo, usando efectivamente el suelo como un reservorio natural de agua, y a la vez retardando su salida.



Manantiales: o manantes, que generalmente se forman de manera natural y cuyos volúmenes son acrecentados por el agua infiltrada que sale nuevamente a la superficie.



Balsas: cuerpos de agua pequeños (cada uno con un volumen aproximado de 300 m³) que se emplean para regular el flujo de agua a través del sistema de infiltración. Sirven para dos propósitos: (1) almacenar agua para el acceso directo, (2) e incrementar aún más la infiltración de agua subsuperficial.

Durante la investigación se inyectó un trazador colorante en un canal de enrutamiento e infiltración aguas arriba, y se monitoreó su aparición o resurgencia en manantiales aguas abajo, usando muestreadores de carbón activado. El experimento reveló una clara conectividad hidrológica entre el canal y los manantiales, con un tiempo de retención medio del trazador colorante que varía entre 2 semanas y 8 meses, con un promedio de 45 días. Estos resultados muestran que el sistema puede almacenar agua durante la estación de lluvias de manera eficiente y recuperarlo durante parte de la estación seca. Se encontró que el sistema de infiltración en Huamantanga puede incrementar el caudal natural de los cursos de agua en la estación seca entre 3 % y 554 %.



Los sistemas preincaicos de infiltración podrían beneficiar el abastecimiento de agua para Lima

Valiéndose de las características hidrológicas del sistema de infiltración de Huamantanga, se investigó si replicarlo en una escala mayor en las principales áreas de fuentes de agua, en la cuenca hidrográfica del Rímac, podría contribuir al abastecimiento de agua para Lima.

Se estimó que escalar los sistemas de infiltración podría desviar e infiltrar aproximadamente el 35% del caudal de la estación de lluvias de toda la cuenca del Rímac (198 millones de metros cúbicos de agua al año) recuperando aguas abajo un caudal de 99 millones de metros cúbicos anuales, lo que incrementaría en un 7.5% en promedio el volumen de agua durante la estación seca de la cuenca y hasta 33% durante los primeros meses secos.

¿Qué significa esto para la seguridad hídrica?

La restauración de un canal de infiltración en Huamantanga ha aumentado el interés en la infraestructura natural para la seguridad hídrica en la región. Los resultados de la investigación muestran que la revaloración del conocimiento indígena, sus prácticas y sistemas, puede complementar opciones de ingeniería para contribuir al principal desafío de abastecer de agua a grandes poblaciones urbanas en ambientes hidrológicamente variables y áridos; con ello mejorar su seguridad hídrica y su resiliencia climática.

Por esta razón, SUNASS, el regulador de agua potable de Perú, actualmente está incentivando y apoyando los servicios de agua pública de Lima y otras ciudades para complementar la infraestructura de ingeniería tradicional con soluciones basadas en la naturaleza para la protección de fuentes de agua naturales. Los servicios de agua en el Perú han respondido con el diseño y la implementación de una cartera de intervenciones en cuencas que está financiada por una tarifa de agua regulada por la SUNASS. Una ley reciente sobre Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos (2014) brinda el marco legal y establece intervenciones permisibles. También coloca especial énfasis en la integración del conocimiento científico e indígena, que incluye la rehabilitación de infraestructura de siembra y cosecha de agua como los sistemas de infiltración descritos. Esto ha dado lugar a una creciente necesidad de cuantificar los beneficios hidrológicos potenciales de estas prácticas e identificar explícitamente a los beneficiarios como un prerrequisito para combinar la infraestructura gris y verde, y para optimizar la relación costo-beneficio en el contexto del abastecimiento de agua y la resiliencia a sequías.

Dados los niveles actuales de estrés hídrico en la cuenca, las cantidades estimadas representan una contribución crítica para el abastecimiento de agua de Lima. El incremento del caudal base durante la estación seca puede hacer que la infraestructura civil existente sea más eficiente e incrementar su capacidad para amortiguar períodos cortos de sequía. Esto podría permitir satisfacer una mayor demanda de agua con la misma infraestructura. Además, la tasa de recuperación podría ser mayor a escala regional, en comparación con la escala local, dado que parte del agua puede volver a salir a la superficie posteriormente aguas abajo y recargar los acuíferos en la costa que podrían ser explotados.

Los sistemas de infiltración tendrán que ser parte de una estrategia de gestión de agua más integral. Ello incluye la conservación de pastizales y rotación de ganado, protección de cabeceras, prácticas de siembra y cosecha de agua, construcción de terrazas en zonas climáticas más bajas para agricultura sostenible y control de la erosión, acueductos para extraer y transportar agua subterránea en la región costera y sistemas de irrigación con canales de tierra para incrementar la recarga de los acuíferos y promover la eficiencia en el uso de agua. Dada la presión actual del estrés hídrico, este estudio brinda la evidencia científica necesaria para escalar la infraestructura indígena, cuestionando así la preconcepción de que las tradiciones de manejo de agua local están desactualizadas y reforzando el aprovechamiento de la infraestructura natural para la seguridad hídrica.

Contribuciones potenciales de la infraestructura preincaica de infiltración para el abastecimiento de agua de Lima

