



Seminario Nacional de Siembra y Cosecha de Agua

“Una estrategia de adaptación frente al cambio climático”



Técnica y metodologías para la siembra y cosecha de agua

Panorama de las tecnologías de recarga de acuíferos y cosecha de agua en los Andes del Perú, y su funcionamiento técnico–hidrológico.

Dimas Apaza
Experto Internacional

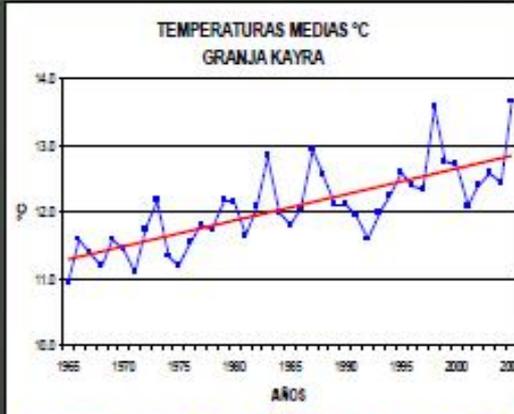
Problemática

- ❑ Los Andes peruanos albergan una población mayor a 5 millones de habitantes en los valles interandinos, la que genera una demanda creciente sobre los recursos hídricos; entre ellos lagunas, cursos superficiales, aguas subterráneas, especialmente de manantiales, (GSAAC, et al 1996).
- ❑ En alta montaña de los Andes de Perú se emplazan acuíferos de tipo fisurado y kárstico fundamentalmente, estas constituyen las únicas reservas de agua subterránea que sustentan la vida de las poblaciones alto andinas, siendo en algunos casos las únicas fuentes que sustentan las poblaciones, y el desarrollo de las actividades productivas (INGEMMET, et al 2014).
- ❑ Antiguamente se sostenía que la producción de agua en los Andes estaba ligada a glaciares y lagunas; sin embargo, hoy se conoce que contribuyen las aguas subterráneas. Su descarga es natural; sin embargo debido a factores de calentamiento global y efecto invernadero, las reservas de agua subterránea se ven reducidas (ITGE 1991). Esta condición viene afectando la tasa de renovación de las aguas en los acuíferos (IGME. 2000; IAH (2002).

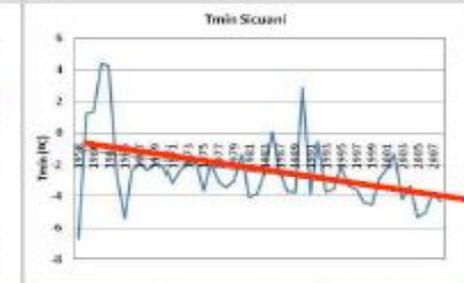
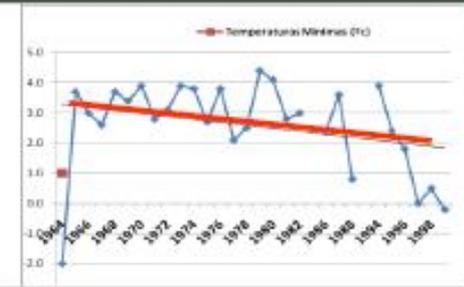
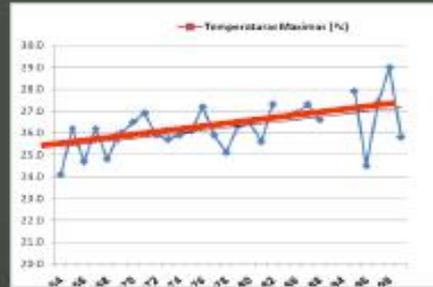
Problemática

- ❑ Existen pocos proyectos de captación de pozos en zona de costa y galerías filtrantes en los andes peruanos, por lo que su explotación todavía es puntual y natural en altura, pero en costa es intensivo.
- ❑ La escasez de agua ligada al cambio climático global ha incidido en la reducción de la recarga, habiendo incrementado problemas de escasez del recurso en zonas de alta montaña y valles costeros, lo que constituye uno de los principales problemas ambientales del siglo 21 (ITGE, 1999).
- ❑ Las acciones de recarga artificial de acuíferos son necesarias para compensar la mayor descarga en escasez, siendo necesario acciones de regulación subterránea a fin de mejorar la disponibilidad hídrica en las cuencas (Custodio, 1983).

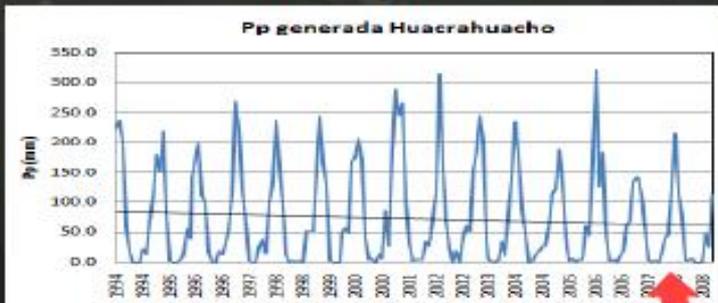
Tendencias del cambio climático local



Incremento de T medias del orden de 0.01 a 0.04 °C año



Mayor variación en el rango térmico



Tendencia decreciente de la Precipitación - 12 mm/año

Incremento del coeficiente de variación pluvial por década.

Incremento en la agresividad pluviométrica.

Captaciones alto andinas



Concepto

Una de las técnicas de gestión de acuíferos a menudo aplicado a nivel internacional, es la recarga artificial de acuíferos, se define como *«la introducción de agua de forma artificial al interior de un acuífero, con el fin de incrementar la disponibilidad de agua subterránea y/o mejorar su calidad»*.

Al inicio es una tecnología – su aplicación y la adopción por el usuario, se convierte en una practica. El conocimiento es ancestral – requiere innovar, adaptando al medio hidrogeológico y condiciones de la población.

Concepto

La recarga de acuíferos permite incrementar la tasa de infiltración natural del suelo y/o roca, a través de la ejecución de tecnologías de recarga, como:

- ❑ Adoptar las medidas de acumulación de agua en las depresiones y el almacenamiento de agua en el suelo y subsuelo.
- ❑ Almacenar agua en los acuíferos de roca; en sus distintas litologías, ya que esta condiciona la oferta de agua en las cuencas.
- ❑ Incrementar la reserva de agua en el subsuelo, mediante la extracción de acuíferos superficiales.
- ❑ Alargar la descarga de los manantiales en estiaje, mantener el caudal base de los ríos.

En general, las actividades económicas y sociales, obligaron a la creación de los sistemas de recarga hídrica, en diversas partes del mundo.

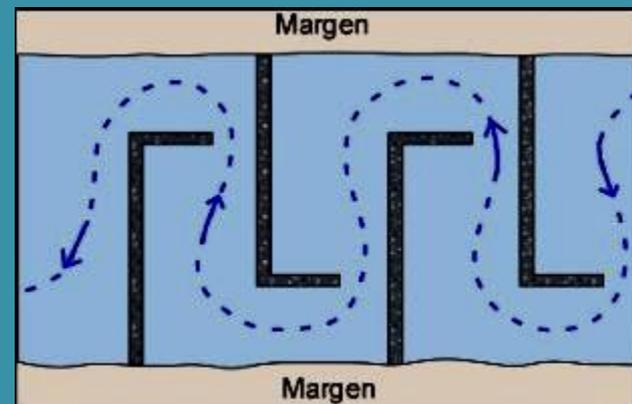
Métodos de Recarga de acuíferos

SUPERFICIALES	EN CAUCES	SERPENTEROS Y REPRESAS	Se fundamenta en aumentar el tiempo y la superficie de contacto entre al aguay el terreno , bien mediante la construcción de diques i bien de muros de tierra en forma de L.
		ESCARIFICACIÓN	Consiste en escarificar el lecho del río eliminado finos y mejorando la infiltración.
		VASOS PERMEABLES	Son embalses de superficie cuyo dique no es totalmente impermeable.
	FUERA DE CAUCES	BALSAS	Son dispositivos alargados, poco profundos y de gran superficie. La infiltración se produce predominantemente por el fondo.
		FOSAS	Son semejantes a las balsas, pero la superficie lateral es importante. Domina la infiltración en los flancos.
		CANALES	Son dispositivos poco profundos que siguen la topografía del terreno. La infiltración se produce tanto en el fondo como en los flancos.
		CAMPOS DE EXTENSIÓN	Se basa en extender agua por la superficie del terreno, normalmente riego con grandes dotaciones.
EN PROFUNDIDAD	SONDEOS DE INYECCION	Mediante la construcción de sondeos profundos se inyecta el agua en el acuífero.	
	SIMAS Y DOLINAS	Consiste en aprovechar las simas y sumideros de los terrenos calcáreos para introducir agua en el acuífero.	
	DRENES Y GALERIAS	Consiste en realizar en el fondo de un pozo, por el que se introduce el agua, drenes y galerías.	
	ZANJAS Y SONDEOS	Consiste en zanja de infiltración de escasa profundidad, rellena de gravas calibrada, dentro de la cual se ubican pozos de recarga.	

Recarga en el lecho de cauces

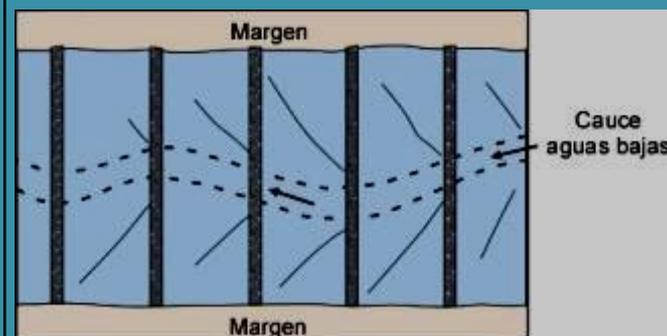
SERPENTEOS

Consiste en aumentar el tiempo y superficie de contacto entre el agua del río y el terreno, mediante la construcción de muros de piedra en forma de L, puestos a un lado y al otro de la margen.



REPRESAS

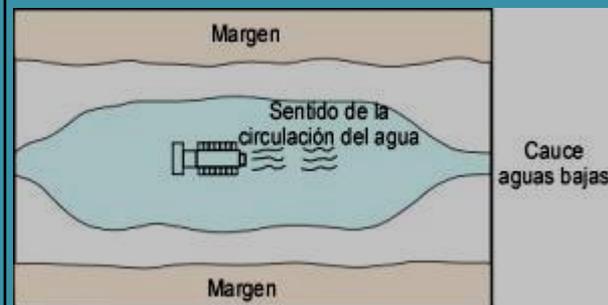
Consiste en aumentar el tiempo y la superficie de contacto del agua con el terreno, mediante la construcción de diques de tierra o presas de concreto: En los diques se debe prever vertederos para evitar la erosión del dique.



Recarga en el cauce de ríos y diques

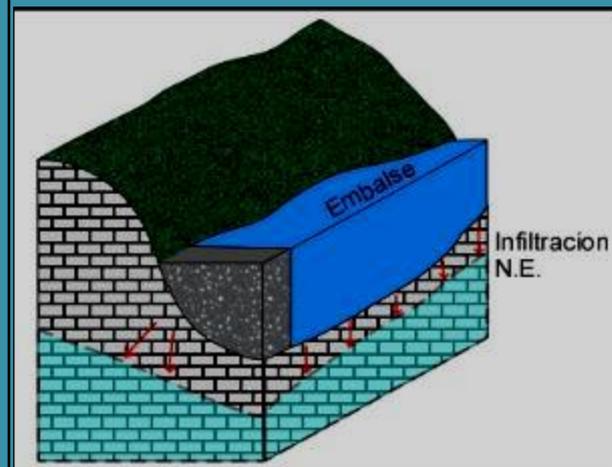
ESCARIFICACIÓN DE LECHO DEL RÍO

Consiste en la escarificar del lecho del río, eliminando finos y mejorando la infiltración. Se debe escarificar a poca profundidad y en el sentido del flujo.

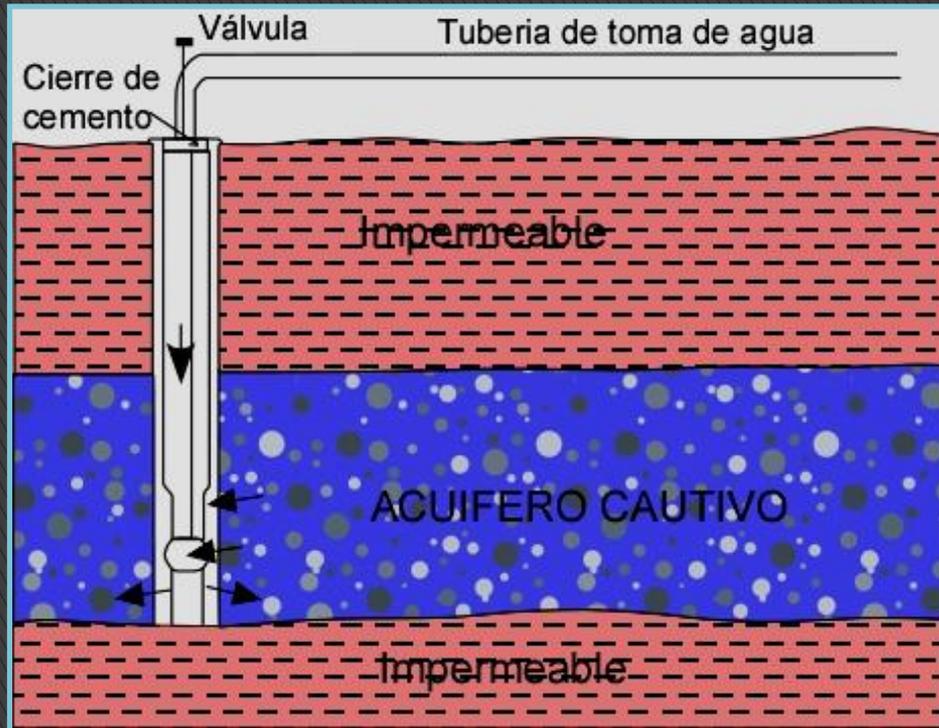


VASOS PERMEABLES

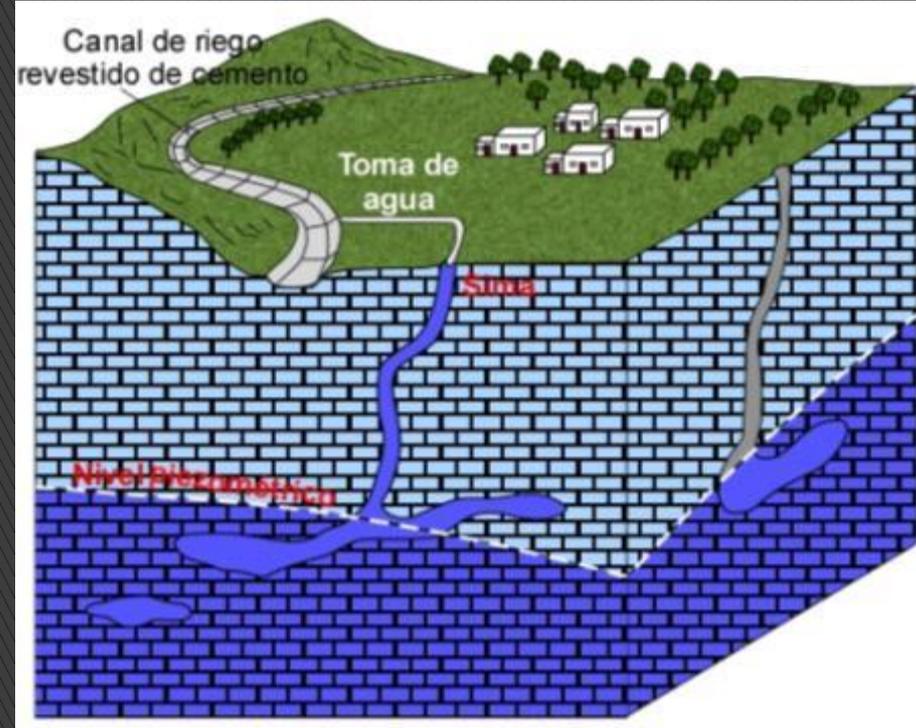
Son embalses en superficie, cuyo vaso no es totalmente impermeable, lo que permite la recarga del acuífero. Lo que requiere es un acuífero en contacto con el cauce.



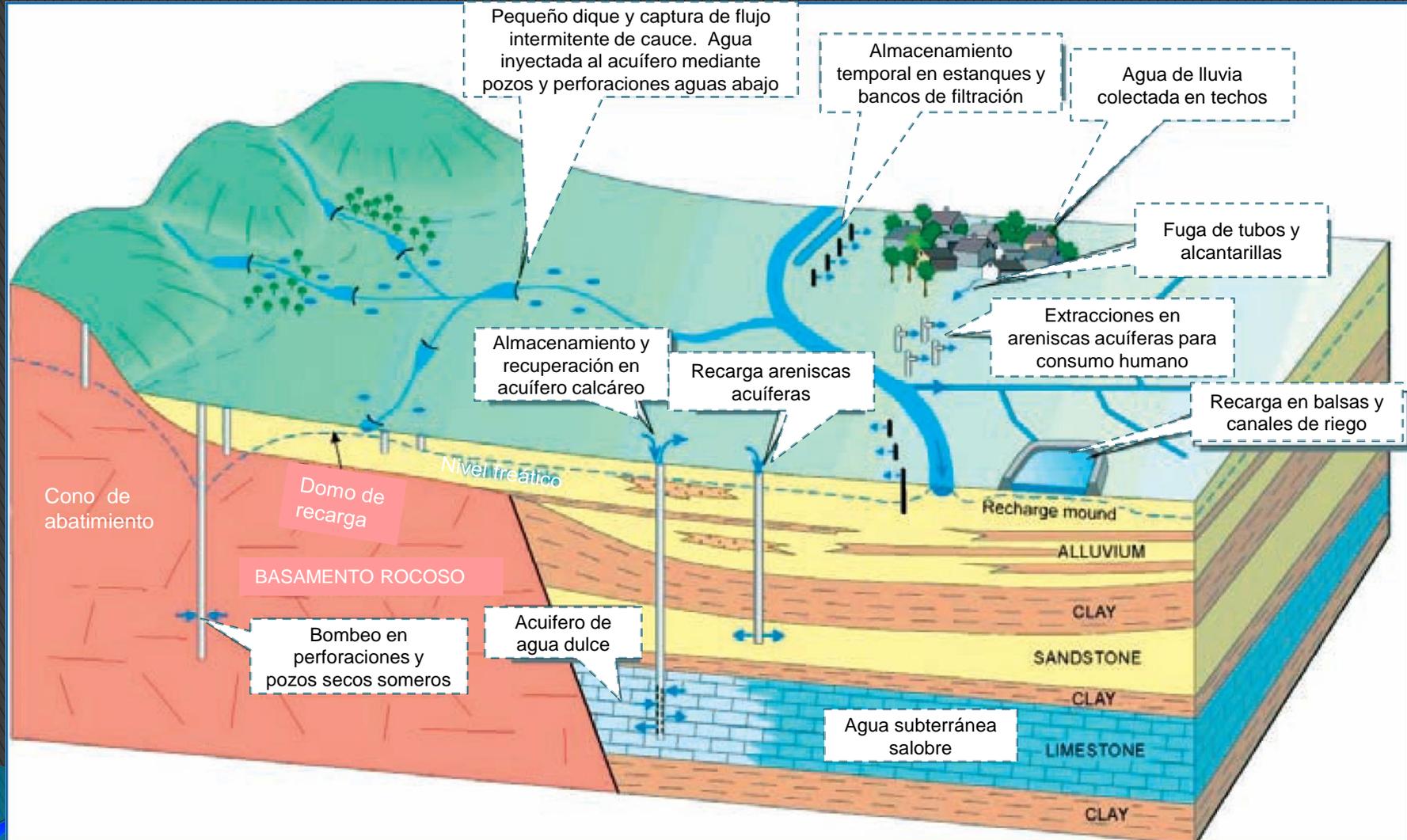
Recarga en Pozos



Canales en ladera e inyección en dolinas



Metodologías para la Recarga de Acuíferos (MAR)



Enfoque

Esta técnica contribuye a la adecuada gestión de un acuífero, su uso racional y su viabilidad económicamente. La recarga artificial puede usar agua superficial; ríos y lagos, además de incorporar el uso de fuentes como; agua de escorrentía, captación de agua de lluvia en los techos, quebradas secas, aguas residuales tratadas.

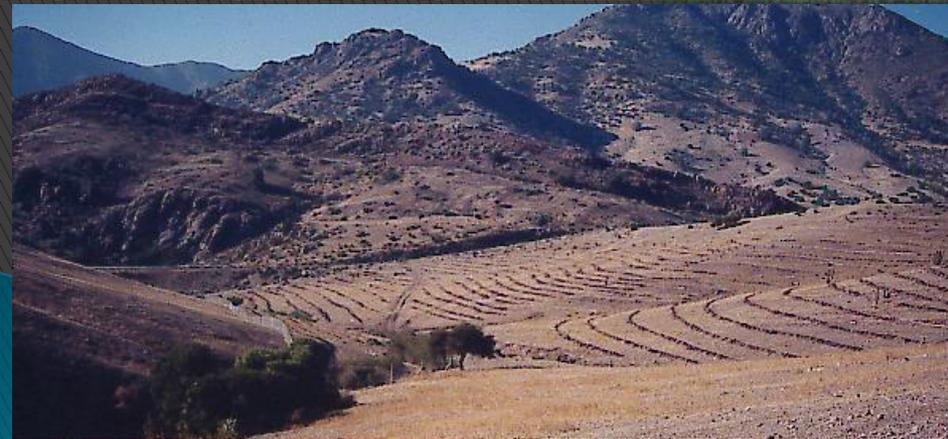
La recarga artificial también puede ser utilizado como método de reducción de carga contaminante de las aguas residuales u otras aguas de mala calidad, debido a la función de depuración del suelo.

Zanjas de infiltración en ladera

Aplicación de zanjas de infiltración en laderas altoandinas para retención de agua de escorrentía

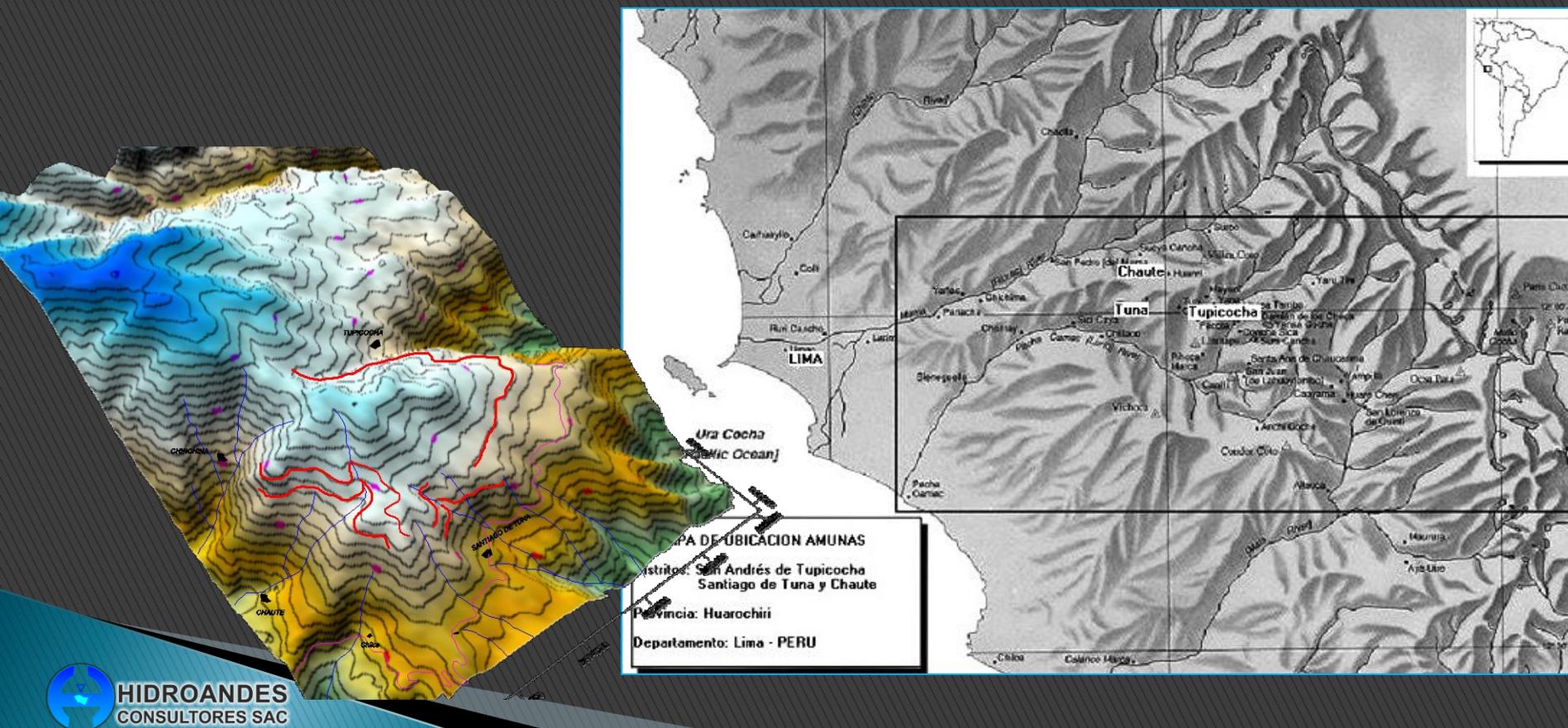
Construcción de zanjas

Funcionamiento de zanjas



Tipo de tecnologías de recarga artificial y de cosecha de agua – Experiencias GSAAC 2006 Perú.

- La escorrentía puede captarse de superficies de laderas, así como cursos de agua intermitentes o efímeros.



Tipos de captación y conducción de las Amunas

Rustico con enrocado



Canal en tierra



Canal enpedrado



Mejorado con concreto



Obras de arte y caudales

Rápida en roca



Canoas

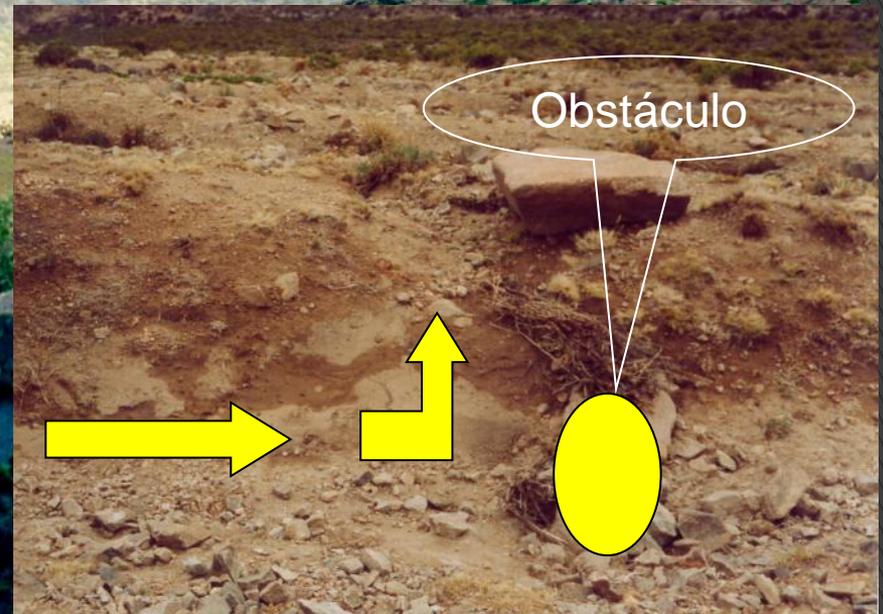
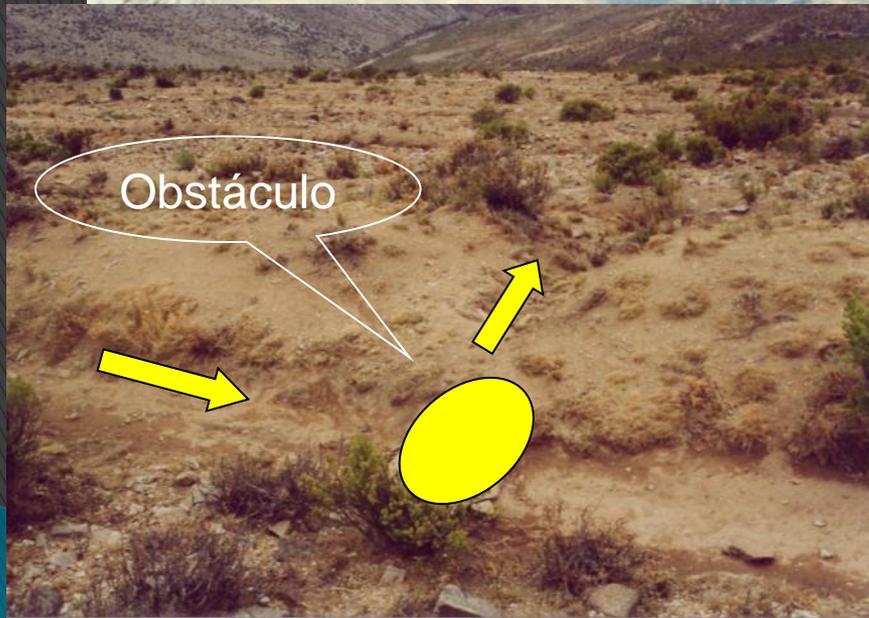


Lugar	Amunas	Sección	S (%)	Caudal (l/s)
Tupicocha	Sansari	0,6*0,3	4%	185
	Omacachi	0,6*0,3	2%	150
	Chullaca	0,6*0,3	2%	130
	Marcajay	0,5*0,25	2%	80
Chaute	Ausurí N°2	0,5*0,25	2%	80
	Llancacanchi	0,6*0,3	2%	150
	Chillca	0,5*0,4	2%	170
	Laja Laja	0,4*0,3	2%	115
Stgo. Tuna	Chaute	0,4*0,3	2%	120
	Aqueche	0,5*0,2	2%	70
	Chinchiwaca	0,5*0,2	3%	70
	Mentirosa	0,4*0,2	2%	50

VI Seminario Nacional de Siembra y Cosecha de Agua

“Una estrategia de adaptación frente al cambio climático”

Sistemas de recarga en suelo y roca



Experiencia de gochas como medida de adaptación al cambio climático

¿Qué es una gocha?

- ❑ Pequeños estanques depósitos naturales o artificiales
- ❑ Almacenan agua de lluvia
- ❑ Infiltran agua y permite la recarga y mantenimiento de las fuentes de agua
- ❑ Mejora el microclima, generar mayor humedad

Fuente: La experiencia de PACC Perú 20 marzo 2013 Jauja.



Comunidad Pucacancha
Microcuenca Huacrahuacho- Cusco

¿Dónde conviene ubicar las qochas?

- En las cabeceras de cuencas y cumbres, aprovechando las depresiones naturales



Santa Rosa, Mollebamba-Apurímac



Kcasillo Phatanga, Huacrahuacho-Cusco

- En las partes altas de manantiales y acuíferos, por la interconexión hidráulica; recarga de agua subterránea, que mantiene los manantiales

¿Por qué?

- Atenúa la velocidad de escorrentía del agua superficial, disminuyendo los riesgos de erosión por arrastre de sedimentos



¿Cuáles son los beneficios de las qochas?

- ❑ Almacena agua en acuíferos, en áreas de escasa disponibilidad hídrica
- ❑ Regenera la saturación de agua en los humedales y prolonga el caudal de manantiales, en eventuales sequías.
- ❑ Reduce las inundaciones mediante infiltración de aguas pluviales a subsuelo
- ❑ Capta e infiltra las primeras lluvias del año (estiaje) reduciendo las pérdidas por evaporación.
- ❑ Aminora la desertificación, erosión de suelos y desaparición de especies vegetales vulnerables a sequías.

Construcción de abrevaderos



VI Seminario Nacional de Siembra y Cosecha de Agua

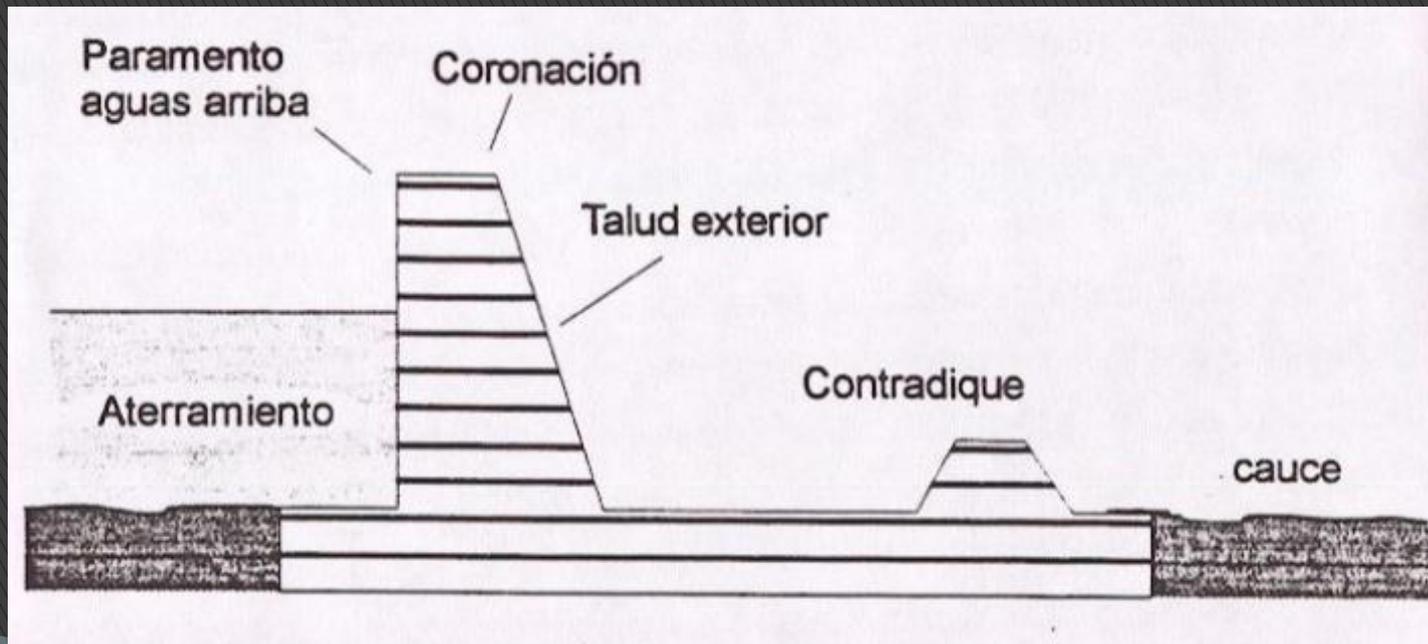
“Una estrategia de adaptación frente al cambio climático”

Almacenamiento de Agua en Pakapis Puno



Diques de recarga en cauces secos

- ▶ Diques tipo pantalla, son estructuras de captación de aguas de escorrentía, ubicada en quebradas cerradas artificialmente por un muro de piedras o concreto.



Efecto de los diques de recarga

- ❑ Red de diques favorece el estado de equilibrio en los torrentes, y reduce la pendiente del lecho
- ❑ Disminuye la velocidad del flujo, reduce la erosión del fondo del cauce
- ❑ Retiene sedimentos, y consolida el talud del cauce y las laderas
- ❑ Atenúa el caudal de avenidas extremas
- ❑ Posibilita la recarga artificial dentro del cauce

Ejemplo de diques de recarga

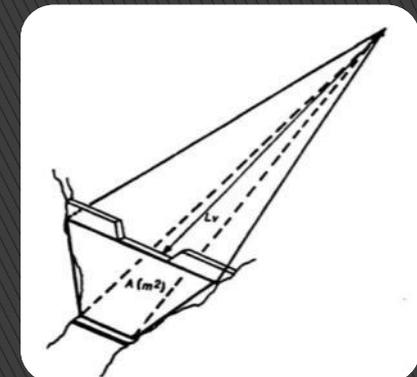
Presa de vaso permeable
construida en cauce de río



Dique en vaso permeable de
cauce seco



Volumen embalse
efectivo



Tecnología de los diques

Dique enrocado



Dique de mampostería



Dique de concreto



Dique de gaviones



Camellones continuos

- ❑ Es una técnica de micro captación de áreas en pendientes.
- ❑ Son pequeños diques de tierra o enrocado, que siguen la curva a nivel o en contorno, con espaciamiento constante entre camellones.

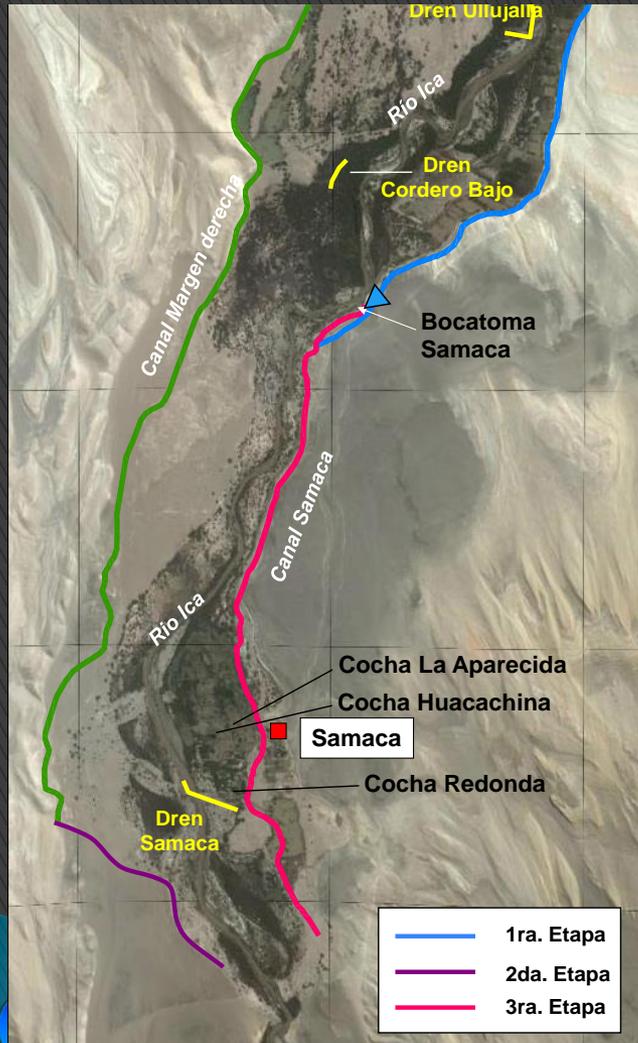


VI Seminario Nacional de Siembra y Cosecha de Agua

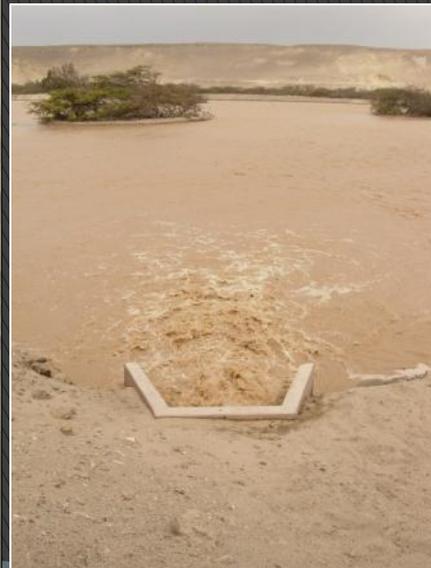
“Una estrategia de adaptación frente al cambio climático”

La recarga del acuífero en el valle de Ica

Alberto Benavides de la Quintana – Jaime Valdez Huamán



Esquema llenado de pozas - Samaca

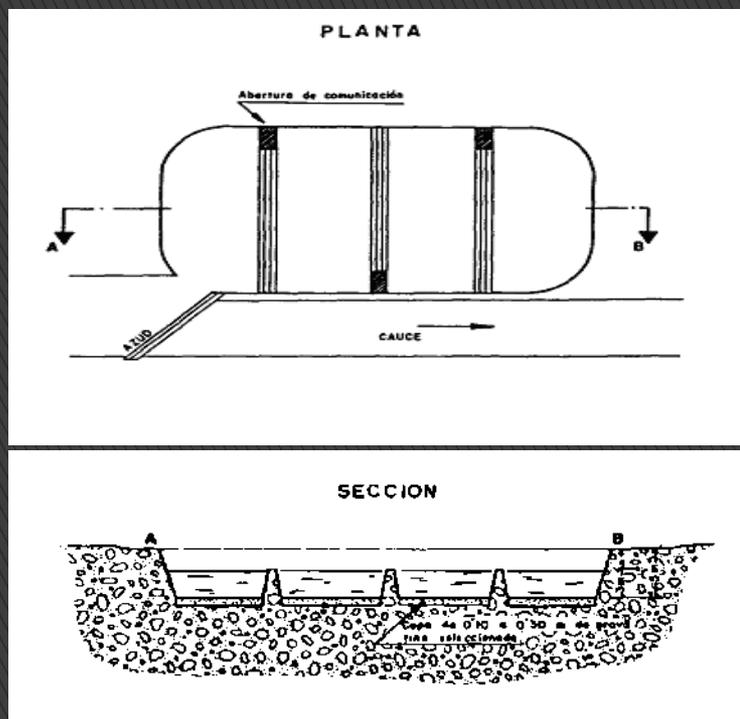


Cocha La Redonda y Aparecida Samaca – Ica



Balsas de recarga de acuíferos

Balsas asociado a pozos de recarga



Retos

- ❑ La recarga artificial es clave para el almacenamiento subterráneo, se aplica en épocas de mayor disponibilidad de agua, para el uso en épocas de baja disponibilidad.
- ❑ Las experiencias de recarga artificial en Perú son escasas, sin embargo existen iniciativas aisladas, como la recarga inducida del río Rímac en el acuífero aluvial. En la cuenca alta de Huarochirí del Rímac y Lurín, se han encontrado vestigios de ingeniosos sistemas de recarga artificial practicados por la cultura Inka. (GSAAC et al, 2006).
- ❑ Debido al importante papel de la recarga artificial, es necesario realizar estudios a diferentes escalas, con el objetivo de avanzar en el conocimiento sobre el verdadero papel de la Recarga Artificial en la gestión y previsión de la oferta hídrica en los acuíferos de alta montaña (UNESCO-IHP 2005, INGEMMET *et al*, 2014).

Uso alternativo de aguas superficiales y subterráneas

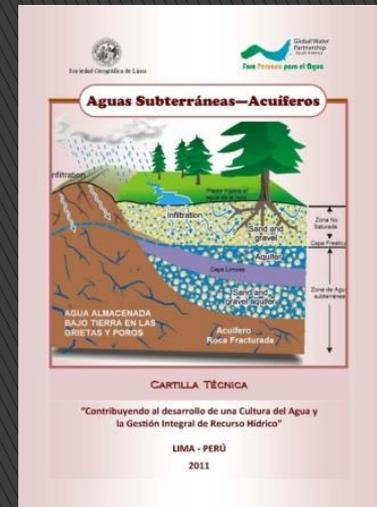
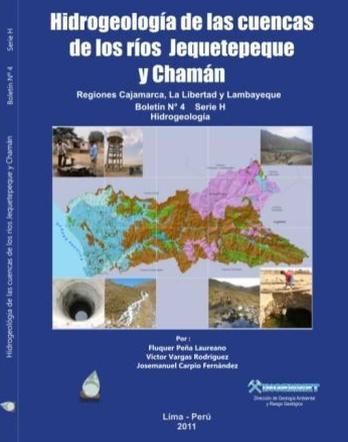
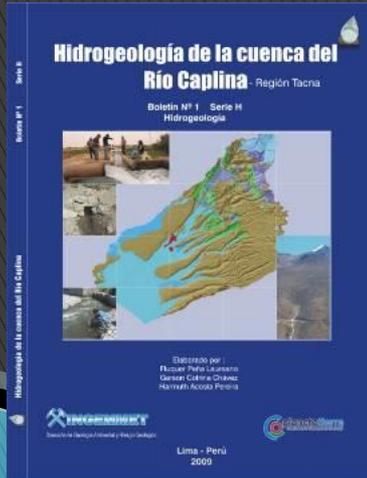
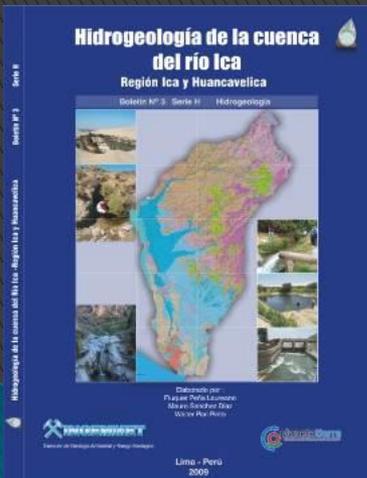
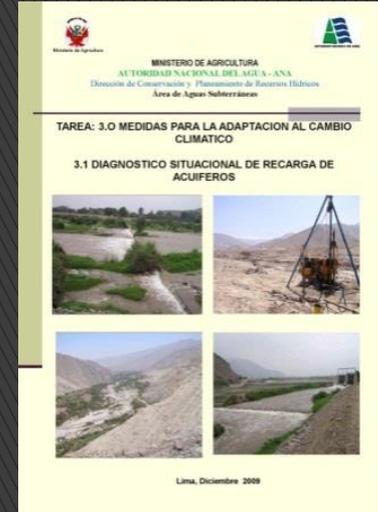
La planificación y formulación de proyectos de recarga artificial requiere la incorporación de “obras hidráulicas en hidrogeología”

La tecnología de recarga artificial de acuíferos es compatible y complementaria con la regulación de embalses superficiales



Publicaciones INGEMMET – ANA

- ❑ Publicaciones INGEMMET; Boletines hidrogeológicos
- ❑ Autoridad Nacional del Agua ANA. Diagnostico situacional de recarga de acuíferos
- ❑ Universidad Católica del Perú Aguas subterráneas – acuíferos
- ❑ Instituto Manejo de Agua y Medio Ambiente –Cusco Siembra y cosecha de aguas en cuencas



VI Seminario Nacional de Siembra y Cosecha de Agua

“Una estrategia de adaptación frente al cambio climático”



Gracias por su Atención

