

## Recarga Controlada de Acuíferos<sup>i</sup>

|   |   |
|---|---|
| <b>Nombre</b>                           | <b>19. Recarga Controlada de Acuíferos</b>  |
| <b>Escala</b>                           | <b>Pequeña o gran escala / a Mediano / largo plazo</b>  |
| <b>Introducción</b>                     | <p>El uso no sustentable del agua subterránea ha ocasionado graves problemas como el abatimiento de los niveles freáticos o piezométricos, la intrusión del agua de mar y la subsidencia del terreno entre otros. El cambio climático por su parte solo agravará estos problemas al elevar el nivel medio del mar.</p> <p>La recarga controlada de los acuíferos representa una medida de mitigación a estos problemas. La recarga controlada y el almacenamiento del agua en los acuíferos y la recuperación del agua en tiempos de escasez, debe ser considerada como una seria alternativa a la construcción de grandes presas para preservar o mantener los niveles de abastecimiento de agua en el futuro.</p> <p>La Recarga Controlada de Acuíferos-RCA- implica el almacenamiento y el tratamiento intencional de agua dentro de los acuíferos a través de estructuras como pozos de inyección, embalses de infiltración y galerías para introducir agua a los acuíferos proveniente de la lluvia, tormentas, agua residual tratada, ríos, o agua de otros acuíferos, agua que posteriormente es recuperada para todo tipo de usos</p>   |
| <b>Características de la tecnología</b> | <p>El crecimiento de la población en la última mitad del siglo XX trajo consigo un gran incremento en la demanda de agua dulce, en muchos casos provenientes de acuíferos ubicados en regiones costeras o deltaicas. Sin embargo, el uso no sustentable del agua subterránea ha ocasionado graves problemas como el abatimiento de los niveles freáticos o piezométricos, la intrusión del agua de mar y la subsidencia del terreno entre otros. El cambio climático por su parte solo agravará estos problemas al elevar el nivel medio del mar.</p> <p>La RCA es intencional, a diferencia de los efectos de la infiltración profunda del agua de riego o las fugas de las tuberías de abastecimiento de agua potable en donde el incremento en la recarga son incidentales. RCA es una de las herramientas de gestión del agua subterránea; puede ser útil para restablecer la presión en acuíferos sobreexplotados, reducir la intrusión salina o fenómenos de subsidencia en suelos. Por sí sola, no es la solución de los acuíferos sobreexplotados y podría únicamente aumentar los caudales de extracción. Sin embargo, puede tener un importante papel de un conjunto de medidas de control de la extracción y del restablecimiento del balance hídrico subterráneo.</p> |

|  |  |  |   |  |
|--|--|--|---|--|
|  |  | OBJETIVOS DE LA RECARGA DE ACUÍFEROS                             |   |  |
|  |  | Desarrollar estrategia de manejo integral del agua en una cuenca | Estabilizar o aumentar los niveles del agua subterránea en acuíferos sobreexplotados                      |  |
|  |  | Almacenar agua en los acuíferos para su uso futuro               | Reducir las pérdidas por evaporación y escurrimiento  |  |
|  |  | Suavizar las fluctuaciones en la oferta/demanda de agua          | Almacenar agua en el subsuelo cuando no hay espacio superficial disponible para la construcción de presas |  |
|  |  | Reducir el escurrimiento superficial y la erosión del suelo      | Mejorar la calidad del agua y suavizar sus fluctuaciones  |  |
|  |  | Mantener caudales ecológicos en ríos o arroyos                   | Manejar la intrusión salina y la subsidencia del terreno  |  |
|  |  | Disponer/reusar el agua de desecho o de las tormentas            |   |  |
|  |  |  |   |  |
|  |  | FUENTES DE AGUA UTILIZABLES PARA LA RECARGA DE ACUÍFEROS         |   |  |
|  |  | Arroyos y ríos perennes  | Agua potable tratada  |  |
|  |  | Arroyos intermitentes, wadis o avenidas                          | Agua de lluvia recolectada en los techos  |  |
|  |  | Presas   | Agua residual tratada   |  |
|  |  | Agua de tormenta urbana  |   |  |

Un proyecto de recarga controlada de agua subterránea produce un alargamiento de la vida útil de un acuífero, y por lo tanto de su capacidad de producir agua para la subsistencia, pero tiene aspectos que hay que considerar como:

\*La necesidad de limpieza de las áreas de infiltración así como el manejo de obstrucciones en la superficie.

\*Disponer de información básica inadecuada, la cual da lugar a un diseño pobre y limitado del sistema.

\* Si no se infiltra la cantidad y la calidad del agua esperada, el agua resultante en el acuífero podrá ser de baja calidad.

\* Puede darse el caso de que se presenten pérdidas de agua por infiltración debido a deficiencias geológicas no conocidas o mal identificadas. Siempre es necesario empezar por un proyecto piloto y después proceder a su implementación a una escala mayor

\* No contar con personal capacitado, para lo cual se recomienda solicitar apoyo a instituciones internacionales de reconocido prestigio como la UNESCO o IAH (Asociación Internacional de Hidrogeólogos).

En un proyecto de recarga de acuíferos no todos los beneficios van a ser cuantificables ni visibles, pero se sabe que si se hace correctamente se podrán obtener los siguientes beneficios directos:

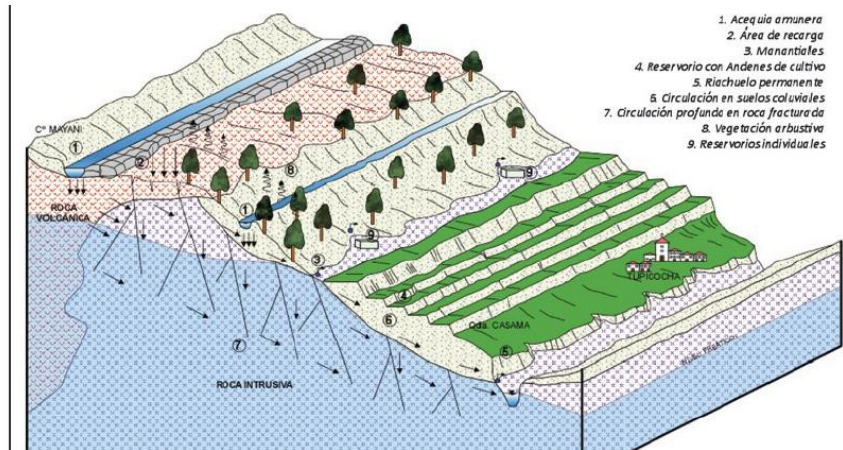
| BENEFICIOS Y PROBLEMAS DE UN PROYECTO DE RECARGA DE ACUÍFEROS |   |
|---|---|
| Estabilización/aumento de los niveles piezométricos           | Aumento del flujo de base (gasto ecológico) en ríos           |
| Control de la intrusión salina                                | Reducción de la subsidencia del terreno                       |
| Fuente sostenible de agua subterránea                         | Sostenibilidad de áreas irrigadas                             |
| Estabilización de la erosión del suelo                        | Análisis positivo de la relación costo-beneficio              |
| Mejoramiento del nivel de vida                                | Mitigación de inundaciones                                    |
| Control de la contaminación                                   | Ahorro de espacio superficial para el almacenamiento del agua |

## PRINCIPALES TECNOLOGÍAS PARA RECARGAR ACUÍFEROS

Las técnicas de recarga de acuíferos han sido aplicadas por milenios y varían en complejidad, desde la simple recolección de agua de lluvia hasta la inyección de agua residual tratada al interior de acuíferos salobre mediante pozos profundos.

|                                | Tecnología                                       | Subtipo   |
|--------------------------------|--|---|
| TÉCNICAS PARA INFILTRAR AGUA   | Métodos de distribución                          | Estanques y Balsas de Infiltración                    |
|                                |  | Inundación controlada                                 |
|                                |  | Zanjas, surcos y drenajes de riego                    |
|                                |  | Riego   |
|                                | Infiltración inducida                            |   |
| Pozos                          | Pozo de recarga profunda                         | ASTR  |
|                                |  | ASR   |
|                                | Pozos de recarga someros                         |   |
| TÉCNICAS PARA INTERCEPTAR AGUA | Modificación de los cauces de los arroyos y ríos | Presas para la recarga de acuíferos                   |
|                                |  | Presas sub-superficiales                              |
|                                |  | Presas de almacenamiento de arena                     |
|                                |  | Técnicas de ampliación de los cauces                  |
|                                | Captación de agua de lluvia                      | Barreras que sobresalen de la superficie de la tierra |
|                                |  | Zanjas de infiltración, surcos y tinas ciegas         |

El sistema de zanjas y surcos de poca profundidad se construyen muy próximos entre sí en un terreno plano, en el cual el agua se introduce e infiltra. Esta técnica es adecuada para terrenos con topografía plana e irregular



Fuente: INDRHI

**Posibles implementadores**

Municipios, Juntas de Agua Potable, Empresas Públicas de Agua Potable, GADs, Asistencia Técnica; SENAGUA, Consejo Provincial del Manabí, MIDUVI, ONGds,

**Aplicación potencial específico**

y Los problemas con el acceso de recurso hídrico en la provincia de Manabí no son recientes. Las cuencas de Portoviejo y Jipijapa, como en la mayoría de la provincia de Manabí no dependen del agua de escorrentía de agua de los Andes. Las comunidades rurales son las principales afectadas a eventos de sequía e inundaciones por lo que es necesario regular los caudales para su aprovechamiento. En la región existen varias infraestructuras de regulación hídrica como son las presas de la Esperanza y Poza Honda, que suministran agua para uso doméstico, de riego, transporte y para usos de generación eléctrica.

|                                   |   |   |  |   |
|-----------------------------------|---|---|--|---|
|                                   | Sin embargo, como es conocido, la construcción de infraestructura a gran escala conlleva impactos ambientales y sociales que pueden convertirse en una barrera a su implementación. Una alternativa a la demanda de regulación hídrica puede ser la recarga controlada de acuíferos, mediante zanjas de infiltración, tal como lo sugiere la SENAGUA.   |   |  |   |
|                                   |   | <b>Factores de Riesgo</b>                 | <b>Descripción de la Situación</b>   | <b>Impacto de Tecnología</b>  |
|                                   | <b>A</b>  | <b>Amenazas Climáticas</b>                | Cambio en la estacionalidad de precipitaciones, sequía                                       | N. A.   |
|                                   | <b>V</b>  | <b>Exposición</b>                         | Comunidades rurales sin acceso a recurso hídrico   | No impacto.   |
|                                   |   | <b>Sensibilidad</b>                       | Deterioradas las condiciones socio-económicas.<br>Enfermedades de carácter hídrico           | Economía = Baja<br>Salud = Alto   |
|                                   |   | <b>Capacidad de Respuesta /Adaptación</b> | Baja capacidad de respuesta a sequías, medios de vida sensibles al clima, poca capacitación, | Respuesta = Media / Alta<br>Medios de vida = Bajo<br>Capacitación= Alto |
| <b>Situación de la tecnología</b> | <p>I+D= 1 ; Demostración ( piloto) = 2; Despliegue (elevar escala, local, regional)=3 y 4; Difusión ( mercados local, regional, nacional, internacional) =5,6,7,8 ; comercial competitiva = 9,10</p> <p>Ejemplos puntuales de recarga controlada de acuíferos a través de zanjas de infiltración o humedales lenticos de infiltración se pueden mencionar en las provincias de Loja, Manabí, Pichincha, entre otras. Sin embargo, dado la falta de información específica de los acuíferos y los recursos hídricos subterráneos, su despliegue a escala regional no ha sido posible. La recarga de acuíferos para su posterior explotación requiere de estudios de aguas subterráneas. Técnicas de estimación de los acuíferos mediante isotopos están en etapa de investigación I+D en la ESPOCH.</p> <p>→ La tecnología se encuentra a un nivel de despliegue a escala local (3).</p> |   |  |   |

|  |  |
|--|--|
| <b>Beneficios al cambio climático (Adaptación)</b> | <p><b>Mala adaptación (aumento vulnerabilidad) = 0; Beneficio neutro =1 ( no mejora ni empeora la capacidad de adaptación) ; Beneficio moderado=2 (adaptación de carácter reactiva; limitado al conocimiento actual del clima) ; Beneficio considerable =3 ( adaptación planificadas, anticipada y puede ser re-definida de acuerdo a las condiciones climáticas futuras)</b></p> <p>La tecnología contribuye positivamente a la adaptación al cambio climático. Un clima más cálido es muy probable que resulte en sequías más frecuentes. Además, el crecimiento de la población va a impulsar a muchos países a estrés hídrico y la escasez de agua en las próximas décadas. Explorar fuentes alternativas de almacenamiento y explotación de recursos fortalece la capacidad de respuesta de las comunidades al cambio climático.</p> <p>→ Se recomienda una valoración de beneficio a la adaptación al cambio climático de carácter considerable (3), ya que mejora la oferta de agua y promueve la re-utilización. Además la recarga controlada de acuíferos, demanda un fortalecimiento de capacidades en términos de conocimiento y talento humano, lo que mejora a la vez la capacidad de adaptación de la empresa operadora de agua potable.</p> |
| <b>Beneficios al cambio climático (Mitigación)</b> | <p><b>Aumento emisiones de gases efecto invernadero= 0; Ningún beneficio de mitigación = 1 ; Beneficio indirecto = 2 ; Beneficio Directo=3</b></p> <p>La recarga controlada de acuífero permite el acceso a fuentes cercanas de agua y el uso sostenible de aguas subterráneas, lo que puede representar una reducción de demanda de energía para bombeo y transporte. Sin embargo, las técnicas de infiltración y bombeo pueden representar un aumento de emisiones, si no se utilizan energías alternativas.</p> <p>→ Se recomienda una valoración de ningún beneficio en mitigación (3).</p>  |
| <b>Beneficios al desarrollo económico</b>          | <p><b>Afecta negativamente a los ingresos de las familias/comunidad = 0; Beneficios económicos neutros = 1; Moderado aumento de ingresos a nivel local (hasta 8%) =2 ; Considerable aumento de ingresos a nivel local ( más 8%)=3; Aumento de ingresos a mayor escala=4; Crecimiento económico nivel nacional = 5</b></p> <p>La recarga controlada de acuíferos contribuye a su explotación sostenible. Representa una alternativa y un ahorro en obras de infraestructura costosas y de impacto ambiental. El incremento al acceso de agua, puede liberar recursos en términos de talento humano y tiempo, que pueden emplearse en actividades productivas.</p> <p>→ Se recomienda una valoración de moderado aumento de ingresos a nivel local (2)</p>   |
| <b>Beneficios al ambiente</b>                      | <p><b>Deterioro del ecosistema =0; Beneficios ambientales neutros=1; Beneficios ambientales moderado ( conservación de un recurso natural específico, beneficios indirectos) =2; Beneficios ambientales considerables =3 ( beneficios al ecosistema y biodiversidad )</b></p> <p>La recarga controlada de acuíferos ayuda a mantener caudales ecológicos en ríos o arroyos y proteger el ecosistema acuático.</p> <p>→ Se recomienda una valoración de beneficios ambientales moderados (2)</p>  |

|   |  |
|---|--|
| <b>Beneficios al desarrollo social</b>                            | <p>Deterioro de los valores sociales (salud, educación, cultura, conflictividad) =0, Beneficios sociales neutros=1; Beneficios sociales moderados ( ampliación de capacidades locales en alguna dimensión sea esta educación, salud, cultura; capacidades organizativa ); Beneficios sociales considerables ( ampliación de capacidades locales sociales en varias dimensiones)=3</p> <p>La tecnología puede mejorar la dimensión educativa de la comunidad ya que se requiere entender la problemática del ciclo del agua para entender la importancia del acuífero y la necesidad de conservar el recurso.</p> <p>→ Se recomienda una valoración con beneficios al desarrollo social entre neutro (1) y moderado (2)</p>   |
| <b>Pertinencia</b>  | <p>Medida no responde a una amenaza o tendencia climática=0 ; Medida responde a una amenaza o tendencia climática=1;</p> <p>Un análisis de adicionalidad al cambio climático revela que esta medida tecnológica puede responder a una necesidad de aumentar la regulación de agua..</p> <p>→ Se recomienda la valoración de (1) , dado que responde directamente a una amenaza/tendencia climática y la necesidad de regular los recursos hídricos y recuperar los acuíferos para su explotación sostenible..</p>  |
| <b>Replicabilidad</b>   | <p>Ninguna capacidad de réplica = 0 ; Replicabilidad baja ( A nivel local) =1 ; Replicabilidad media ( A nivel regional, p.ej. Sierra Centro) = 2 ; Replicabilidad alta =3 ( A nivel nacional)</p> <p>La replicabilidad de esta tecnología es baja dada que se requieren condiciones naturales específicas para que la recarga controlada de acuífero tenga la utilidad como reserva del recurso.</p> <p>→ Se recomienda una valoración de replicabilidad baja</p>   |
| <b>Alineación a la Estrategia Nacional Cambio Climático ENCC-</b> | <p>Tecnología no se menciona en la ENCC = 0; Tecnología es mencionada en los objetivos del Plan Nacional de Adaptación –PNA- ó del Plan de Creación y Fortalecimiento de Condiciones -PCFC- =2; Tecnología se identifica como resultado del PNA y PCFC ( resultados al 2013) =3</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plan Nacional de Adaptación.- Objetivo específico 4, “Manejar el patrimonio hídrico con un enfoque integral e integrado por Unidad Hidrográfica, para asegurar la disponibilidad, uso sostenible y calidad del recurso hídrico para los diversos usos humanos y naturales, frente a los impactos del cambio climático.”</li> <li>- Plan Nacional de Adaptación; Objetivo específico 4; Resultados al (2013) #2, ”Con criterios de sostenibilidad se han identificado y aprovechado acuíferos con agua de buena calidad para diferentes usos humanos y naturales, como medida para contrarrestar los impactos de las sequías en al menos dos sitios del país.”</li> </ul> <p>→ Se recomienda una valoración (3), dado que la tecnología es mencionada en varios instrumentos de planificación base de la ENCC y es considerada dentro los Resultados al (2013) dentro del Plan Nacional de Adaptación PNA.</p> |



|  |   |
|--|---|
| <b>Requerimientos Financieros y costos</b> | <p>Tecnología no es sostenible financieramente (no rentable) =0 ; Sostenible pero barrera de acceso al capital de inversión ( alto costo ) = 1; Sostenible, accesibilidad al capital de inversión, alto costo de mantenimiento y operación = 2 ; Sostenible, acceso capital, bajo costo mantenimiento y operación =3</p> <p>Los costos de la recarga controlada de acuíferos depende de la tecnología que se emplee, por infiltración natural, a presión, etc. La decisión sobre la tecnología más apropiada además de los criterios técnicos debe considera la relación costo/beneficio de la recarga, y como esta tecnología responde y mejora las condiciones de la zona de implantación. La recarga controlada de acuíferos es potencialmente económica y financieramente rentable si consideramos las alternativas en términos de almacenamiento de agua y sostenibilidad de la explotación. Sin embargo, una de las barreras de su implementación es el acceso al capital de inversión.</p> <p>➔ Se recomienda valorar la tecnología sostenible pero con barrera de acceso al capital de inversión (1).</p> |
| <b>Perspectiva local</b>                   | <p>No se considera la tecnología necesaria desde la perspectiva local = 0 ; Tecnología de bajo impacto = 1 ; Tecnología de impacto medio=2; Tecnología de gran impacto= 3 ; ( criterio subjetivo de acuerdo a actores y lectura de problemática)</p> <p>Desde la perspectiva local, la Secretaría Nacional del Agua ha mencionado esta tecnología como una de las estrategias para el manejo de los recursos hídricos en Manabí y una estrategia para el almacenamiento del recurso y gestión de riesgos</p> <p>➔ Tecnología de impacto medio</p>   |
| <b>Calidad del Agua</b>                    | <p>La correcta implementación técnica de la recarga controlada de acuíferos puede mejorar la calidad del agua por filtración en las varias capas permeables. La calidad del agua dependerá de las características del acuífero y de su hidrogeología.</p>   |
| <b>Fuentes Bibliográficas</b>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gobierno de la República del Ecuador, “Estrategia Nacional al Cambio Climático-ENCC- 2011-2025; 2011. Quito-Ecuador</li> <li>• Elliot, M., Armstrong, A., Lobuglio, J. and Bartram, J. “Technologies for Climate Change Adaptation—The Water Sector”. T. De Lopez (Ed.).2011. Roskilde: UNEP Risoe Centre.</li> <li>• Ministerio de Coordinación de Desarrollo Social, “Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador SIISE”, 2001,Quito-Ecuador</li> <li>• Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos INDRHI, “Aumento de la Oferta Hídrica”, 2010, República Dominicana</li> </ul>   |

<sup>i</sup> This fact sheet has been extracted from TNA Report – Ecuador - Technology needs assessment and technology action plans for climate change adaptation. You can access the complete report from the TNA project website <http://tech-action.org/>