

4. Programas de medidas y metas

4.1 Introducción

Una vez conocida la problemática de los recursos hídricos en el Perú y seleccionados los dos escenarios más probables que pueden reflejar la situación del agua para los dos horizontes de planificación indicados —2021 y 2035—, toca determinar las soluciones que resolverán esos problemas. Con el objeto de enmarcar las medidas de actuación que se proponen en el PNRH, se han utilizado los instrumentos de la planificación que marca la LRH: políticas y estrategias, que se orientan a conseguir los objetivos que se definen en la PENRH y que son los siguientes:

Lograr la conservación de los ecosistemas y los procesos hidrológicos, así como la determinación y planificación de la oferta y disponibilidad hídrica en el país para optimizar la atención de la demanda multisectorial, el uso eficiente y ahorro de recursos hídricos a nivel nacional.

- Recuperar y proteger la calidad de los recursos hídricos en las fuentes naturales y sus ecosistemas así como la vigilancia y fiscalización de los agentes contaminantes de las fuentes naturales a nivel nacional.
- Atender de manera oportuna la demanda de los recursos hídricos para promover el acceso universal al agua potable en el marco de la seguridad hídrica y la seguridad alimentaria, priorizando el desarrollo de infraestructura hidráulica para satisfacer la demanda multisectorial hídrica, poblacional y agraria en zonas de mayor vulnerabilidad.
- Promover la gestión integrada de los recursos hídricos con un enfoque de desarrollo sostenible, así como su valorización en un escenario de gobernabilidad y gobernanza hídrica.
- Identificar la variedad climática y sus impactos sobre los recursos hídricos y la población en general para promover una adecuada adaptación al cambio climático y disminuir la vulnerabilidad del país como consecuencia de los eventos hidrológicos extremos.

Con este marco conceptual se han identificado 30 programas de medidas, que se han



estructurado siguiendo los instrumentos de la planificación indicados, es decir, se han organizado por estrategias de intervención y por ejes de política, para que las soluciones estén alineadas con la legislación vigente que son la Política Nacional del Ambiente y la Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos. A modo de resumen, en el cuadro 4.1 se identifica esta relación política-estrategia-programa.

CUADRO 4.1. Programas de medidas

Ejes de Política Nacional de Recursos Hídricos	Estrategias de Intervención Nacionales	Programas de Medidas
1. Gestión de la cantidad	1. Mejora del conocimiento de recursos y demandas	1. Implantación de una red hidrometeorológica nacional. 2. Aumento del conocimiento de las aguas subterráneas. 3. Implantación del Sistema Nacional de Información de la Cantidad de Agua.
	2. Mejora de la eficiencia del uso del agua y gestión de la demanda	4. Control y medición de la demanda. 5. Mejoramiento de los sistemas de conducción y distribución del agua. 6. Tecnificación del riego. 7. Ampliación de la frontera agrícola por aumento de eficiencia.
	3. Aumento de la disponibilidad del recurso	8. Incremento de la regulación superficial de los recursos hídricos y de la transferencia de recursos entre cuencas. 9. Reforestación de cabeceras de cuenca. 10. Gestión de acuíferos sobreexplotados. 11. Reuso de aguas residuales tratadas y desalinización de agua de mar.
2. Gestión de la calidad	4. Mejora del conocimiento de la calidad de las aguas	12. Mejora del conocimiento de la calidad de las aguas superficiales. 13. Mejora del conocimiento de la calidad de las aguas subterráneas. 14. Supervisión y fiscalización de vertimientos de aguas residuales. 15. Regulación normativa de la calidad de las aguas y buenas prácticas en el uso del agua.
	5. Mejora y ampliación de la cobertura de los servicios de saneamiento	16. Mejora y aumento de la cobertura de agua potable. 17. Mejora y aumento de la cobertura de alcantarillado 18. Mejora y aumento de la cobertura de tratamiento de aguas residuales.
3. Gestión de la oportunidad	6. Implementación de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos	19. Fortalecimiento institucional de la GIRH. 20. Fortalecimiento administrativo de la GIRH. 21. Implementación de la GIRH en cuencas transfronterizas.



CUADRO 4.1. Programas de medidas

EJE DE POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS	MEDIDAS DE IMPLEMENTACIÓN NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS	PROGRAMAS DE MEDIDAS
	7. Desarrollo de riego y saneamiento en zonas de pobreza	22. Desarrollo de riego y saneamiento en zonas de pobreza.
4. Gestión de la cultura del agua	8. Coordinación institucional y gobernanza hídrica	23. Consolidación de la GIRH 24. Participación y consulta.
	9. Educación ambiental y cultura del agua	25. Gestión del conocimiento y cultura del agua. 26. Comunicación, concienciación y sensibilización de la GIRH.
5. Adaptación al cambio climático y eventos extremos	10. Adaptación al cambio climático	27. Mejora del conocimiento de los efectos del cambio climático. 28. Medidas de adaptación al cambio climático.
	11. Gestión del riesgo por eventos extremos	29. Gestión de riesgos de inundación, huaicos y deslizamientos 30. Actuaciones en situación de alerta por sequías.

Fuente: Elaboración propia.



Esta desagregación de las medidas por ejes de política no implica una ordenación de prioridades según la importancia de los problemas que el agua plantea en su relación con el hombre y los ecosistemas; ellas son un todo integrado que se alinea con el espíritu y el articulado de la LRH. Por otra parte, el carácter multisectorial y transversal del agua hace que se hayan incorporado a las medidas algunas que ya se han reflejado en las diferentes Políticas y Planes Sectoriales que tienen al agua como elemento básico de su actividad, pero que deben figurar en éste con el objeto de coordinar la gestión integrada de los recursos hídricos. A continuación se resume cada uno de los programas incluidos en el PNRH, que se ha desarrollado con el siguiente contenido:

- Necesidad del programa a partir de la situación actual.
- Objetivos específicos.
- Aspectos legales, técnicos, medioambientales, culturales, sociales, entre otros, que enmarcan el programa.
- Contenido y alcance del programa.
- Prioridades por horizonte de planificación.
- Inversiones por horizonte de planificación.
- Fuentes de financiación del programa y agente que debe ejecutarlo.

- Indicadores de seguimiento del programa y sus metas para cada horizonte.

4.2 Eje de Política 1: Gestión de la cantidad

Para cumplir los objetivos de este eje de política se han determinado las tres estrategias de intervención que se indican a continuación, que se justifican de la siguiente manera:

- *Mejora del conocimiento de los recursos y las demandas.* Un conocimiento insuficiente de los recursos y las demandas hídricas conlleva graves dificultades para elaborar balances hídricos rigurosos; dificulta el otorgamiento de derechos de uso de agua y el cobro de Retribuciones Económicas y Tarifas; crea falsas expectativas sobre disponibilidad de recursos hídricos, que suelen desembocar en conflictos sociales; se produce sobreexplotación de acuíferos y se dificulta la previsión de las infraestructuras necesarias para atender los diferentes usos. Por tanto, los programas por llevar a cabo en el marco de esta estrategia de intervención son los siguientes:

- Implantación de una Red Hidrometeorológica Nacional.
- Aumento del conocimiento de las aguas subterráneas.
- Implantación del Sistema Nacional de Información de la Cantidad.

- *Mejora de la eficiencia del uso del agua y gestión de la demanda.* Al nivel nacional, la eficiencia media de riego está en torno del 35%, mientras que la eficiencia media en el abastecimiento de agua potable es del orden del 45%. Para evitar que el uso ineficiente conlleve pérdida de recursos hídricos, acceso no equitativo al agua, pérdidas económicas en los sectores productivos, límite de la expansión agrícola y salinización de los suelos por exceso de riego, y que genere conflictos por tal uso, es necesario adoptar medidas de diversa tipología: técnicas, económicas, administrativas y culturales, de las que las tres últimas se desarrollan en otros ejes de política. Las medidas de tipo técnico o estructural necesarias para la mejora de la eficiencia del uso del agua se distribuyen en los siguientes programas:

- Control y medición de la demanda.
- Mejoramiento de los sistemas de conducción y distribución del agua.
- Tecnificación del riego.
- Ampliación de la frontera agrícola por aumento de eficiencia.

- *Aumento de la disponibilidad del recurso.* En esta estrategia de intervención se han



desarrollado los siguientes programas:

- Incremento de la regulación superficial de los recursos hídricos y la transferencia de recursos entre cuencas.
- Reforestación de las cabeceras de cuencas vertientes a embalses.
- Gestión de acuíferos sobreexplotados.
- Reuso de aguas residuales tratadas y desalinización de agua de mar.

4.2.1 Estrategia de intervención 1: Mejora del conocimiento de los recursos y las demandas

4.2.1.1. Programa 1: Implantación de una Red Hidrometeorológica Nacional

La diversidad climática del Perú requiere, para el conocimiento y la gestión de los recursos hídricos, una red de control diseñada mediante criterios uniformes de densidad espacial para todo el país. El diseño y desarrollo de una red hidrometeorológica involucran no solo consideraciones de carácter fisiográfico y climático, sino que también intervienen consideraciones de tipo político, cultural y económico, factores que pueden introducir cambios significativos en periodos de tiempo relativamente cortos. Por estas razones, la experiencia sugiere la aplicación de recomendaciones generales que se han considerado en el diseño de la red hidrometeorológica propuesta.

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) es el organismo que controla y gestiona la Red Nacional, con sus estaciones hidrometeorológicas, que en la actualidad se caracterizan por tener una densidad muy baja de instrumentación para todo el territorio nacional y por presentar una falta de homogeneidad en la longitud de sus series. Concretamente, la red existente se puede caracterizar por:

- Fallos en la identificación de algunos códigos de las estaciones, como cambio del último dígito de los 6 que las identifican, modificación de su denominación por la que, tratándose de estaciones distintas, tienen exactamente los mismos valores de la serie histórica.
- Longitud de series muy variable, entre 5 y 80 años, como ocurre también con su año de inicio y final de registro, que fluctúa entre un extremo mínimo de 1919 y el máximo de 2010.
- El estado de las estaciones, clasificadas en funcionamiento, cerradas o paralizadas, provoca fuertes restricciones en la longitud definitiva de las series para generar series



de periodo homogéneo.

- Falta de control sistemático de los volúmenes de agua derivados para distintos usos, los incorporados, los retornos, los perdidos, la evolución de los acuíferos y su recarga anual, lo que dificulta la reconstrucción del recurso hídrico natural en cualquier punto de las cuencas.
- *Estaciones meteorológicas.* La red meteorológica nacional está compuesta por 1680 estaciones distribuidas en la siguiente tipología: climática principal CP (44), climática ordinaria CO (722), estación pluviométrica totalizadora PLU (735), estación pluviográfica PLG (1), estación meteorológica agrícola principal MAP (18) y meteorológica agrícola especial MAE (2), estación de propósitos específicos PE (49), y sin clasificar SC (109). Sin embargo, solo se encuentran en funcionamiento 559, distribuidas en: CP (41), CO (360), PLU (124), PLG (1), MAP (18), MAE (2), PE (11) y SC (2); no obstante, si se utilizan algunas otras estaciones clasificadas como cerradas y paralizadas para aumentar el número de puntos pluviométricos del país, se llega a totalizar aproximadamente 760 estaciones pluviométricas.
- *Estaciones hidrométricas: Datos de aportaciones.* La red hidrométrica nacional contabiliza un total de 589 estaciones distribuidas en 453 estaciones limnimétricas, 79 limnigráficas y unas 57 sin clasificar. De ellas solo se encuentran en funcionamiento 145, de las que 70 son limnimétricas y 75 limnigráficas. El resto de las estaciones están cerradas o paralizadas.



La *World Meteorological Organization*, en su publicación N° WMO 168, de 1981 y siguientes, propone como valores mínimos de estaciones hidrometeorológicas los que se recogen en el cuadro 4.2 en función de que la zona sea plana o montañosa, y considerando el kilómetro cuadrado (km²) como unidad de superficie (ver mapa 4.1).

CUADRO 4.2. Superficie mínima recomendada para cada tipo de estación de medición		
Tipo de zona	Estación limnimétrica	Estación pluviométrica
Plana, mediterránea y tropical	600-900	1 000-2 500
Montañosa, mediterránea y tropical	100-250	300-1 000

Fuente: Publicación N° WMO 168 (*World Meteorological Organization*, 1981).

La aplicación de estos valores mínimos recomendados a cada uno de los tipos de vertiente

—considerando la costa y la sierra como montañosa, la selva como plana y la Titicaca como intermedia— conduce al número de pluviómetros y estaciones hidrométricas adicionales a las existentes y gestionados por el SENAMHI que se incluyen en el cuadro 4.3, distribuidos por AAA.

CUADRO 4.3. Número de estaciones meteorológicas e hidrométricas adicionales: Distribución por AAA

AAA	N.º DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS ADICIONALES A LAS EXISTENTES				N.º DE ESTACIONES HIDROMÉTRICAS ADICIONALES A LAS EXISTENTES			
	SIERRA	SIERRA	SELVA	TOTAL	COSTA	SIERRA	SELVA	TOTAL
I Caplina-Ocoña	106	198		304	13	26		39
II Cháparra-Chincha	67	65		132	6	24		30
III Cañete-Fortaleza	14	28		42	0	14		14
IV Huarney-Chicama	43	72		115	5	22		27
V Jequetepeque-Zarumilla	113	0		113	0	11		11
VI Maraón		129	20	149		19	0	19
VII Amazonas		13	308	321		3	105	108
VIII Huallaga		37	78	115		11	25	36
IX Ucayali		37	223	260		11	87	98
X Mantaro		73	2	75		25	1	26
XI Pampas-Apurímac		189	2	191		55	2	57
XII Urubamba-Vilcanota		44	36	80		15	17	32
XIII Madre De Dios		37	106	143		10	40	50



Plan Nacional de Recursos Hídricos – Memoria Final

XIV Titicaca		16		16		11		11
Total	343	938	775	2 056	24	257	277	558

Fuente: Elaboración propia.

Con el objeto de intensificar el conocimiento de las variables hidrometeorológicas que intervienen directamente en la cuantificación de los recursos hídricos, la implantación de las nuevas estaciones deberá comenzar por la zona de la sierra andina, que es la principal productora de los recursos hídricos naturales de cabecera de las cuencas, así como las de la zona de la selva, que son Patrimonio Cultural de la UNESCO. El programa prevé que se actúe inicialmente sobre las cuencas de la RH Pacífico, continuando con las cuencas de la zona de sierra, tanto de la RH Amazonas como de la RH Titicaca, y siguiendo con las de la zona de selva.



MAPA 4.1
Regiones naturales
que condicionan
las redes
hidrometeorológicas
Fuente: Elaboración
propia.



AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
Ing. JUAN CARLOS
DE VILLA
GILDEWEISTER
JEFE
DE OFICINA TÉCNICA

4.2.1.2 Programa 2: Aumento del conocimiento de las aguas subterráneas

El objetivo principal de este programa es avanzar en el conocimiento de los acuíferos existentes y de los nuevos delimitados en el marco del PNRH, con el fin de evaluar la oferta hídrica con la que pueden contribuir las aguas subterráneas a la satisfacción de las demandas presentes y futuras. Como el grado actual del conocimiento es superior en los 47 acuíferos monitoreados por la ANA que en los 48 nuevos delimitados, las propuestas de trabajos y estudios para la mejora del conocimiento de su funcionamiento hidrogeológico es diferente de unos casos a otros. Por otra parte, también se requiere avanzar en la legalización de las obras y concesiones de aguas subterráneas que los explotan, de acuerdo con los criterios que marca la LRH para efectuar una buena gestión de la utilización y planificación de las aguas subterráneas.



Para los 47 acuíferos monitoreados se proponen las siguientes actuaciones:

- Realización de 11 270 sondeos geofísicos en los 28 acuíferos que carecen de ellos.
 - Estimación de la recarga anual de agua en 6 acuíferos que carecen de datos suficientes para su cálculo.
 - Estimación de las reservas de agua en 31 acuíferos en los que no se dispone de un conocimiento preciso de su geometría.
 - Realización de 245 ensayos de bombeo repartidos por 47 acuíferos y, en especial, en los 12 acuíferos costeros que se encuentran sobreexplotados.
 - Actualización anual del inventario de pozos en todos los acuíferos monitoreados, en función de las autorizaciones y nuevas concesiones de agua que vaya otorgando la ANA.
 - Controles semestrales de la variación experimentada en el nivel piezométrico de los 47 acuíferos monitoreados, en una red total estimada en 4058 puntos.
 - Controles anuales de las extracciones de agua que se producen en los acuíferos monitoreados, considerando el total de las 29 880 captaciones de agua en explotación.
 - Legalización y concesión de las 29 880 captaciones de agua que en la actualidad se hallan en uso en los 47 acuíferos monitoreados.
- De los 48 nuevos acuíferos que se han identificado y delimitado en todo el Perú, se conoce la cartografía de la superficie de afloramiento y se han realizado unas estimaciones de la recarga de agua —en función del balance hidrometeorológico

realizado en las cuencas hidrográficas en las que éstos se encuentran ubicados—, así como una estimación de las reservas de agua subterráneas, según supuestos de la potencia saturada que pudieran presentar las formaciones litológicas y del coeficiente de almacenamiento. Las actuaciones que se propone realizar en estos 48 nuevos acuíferos son las siguientes:

- Revisión de la cartografía geológica para determinar con mayor detalle la geometría de los acuíferos y la definición de sus características hidrogeológicas.
- Campañas de prospección geofísica en aquellos acuíferos que, por su mayor interés de explotación (al encontrarse próximos a los acuíferos aluviales sobreexplotados) y estar constituidos por depósitos detríticos de carácter fluvial, les cayera bien la aplicación de los métodos de prospección geofísica eléctrica y/o electromagnética.
- Perforación de sondeos de reconocimiento en los 13 nuevos acuíferos próximos a los que están sobreexplotados, para estudiar la viabilidad de incrementar las explotaciones de agua subterránea.
- Realización del inventario de pozos en todos los nuevos acuíferos, empezando por las captaciones utilizadas en el abastecimiento de las poblaciones ubicadas sobre su superficie de afloramiento.
- Realización de ensayos de bombeo repartidos por todos los nuevos acuíferos.
- Estimación de la recarga anual de agua en los 48 acuíferos.
- Estimación de las reservas de agua en los 48 acuíferos cuya geometría no se conoce con precisión.
- Controles semestrales del nivel piezométrico de los 48 nuevos acuíferos, en una red total estimada en unos 616 puntos.
- Controles anuales del volumen de agua extraído en unas 1103 captaciones de agua para abastecimiento urbano y otros usos.
- Legalización de las captaciones de aguas subterráneas utilizadas en el abastecimiento urbano de las poblaciones, estimadas en 1103.

Las actividades proyectadas comenzarán por los 12 acuíferos costeros sobreexplotados, para continuar por el resto de los acuíferos monitoreados y los nuevos identificados más próximos a los sobreexplotados. Los estudios de los nuevos acuíferos delimitados en la RH Amazonas se elaborarán al final debido a la abundancia de los recursos hídricos superficiales, salvo en aquellas zonas en las que la calidad de estas aguas no las haga aptas para el consumo de las poblaciones.



4.2.1.3 Programa 3: *Implantación del Sistema Nacional de Información de la Cantidad*

Mediante este programa se prevé la creación de una base de datos, única y centralizada, de recursos hídricos y demandas por Unidad Hidrográfica, que permita obtener un conocimiento fiable y actualizado de ellos. Este conocimiento permitirá: realizar balances hídricos por Unidad Hidrográfica, detectar excedentes y déficits hídricos, revisar los derechos de uso de agua otorgados, formalizar nuevos derechos de uso de agua, aplicar y controlar las retribuciones económicas por el uso del agua y, en general, mejorar la gestión y administración de los recursos hídricos y hasta su planificación.

Se implementará una herramienta informática diseñada al efecto que será gestionada y centralizada en la ANA, pero que se implantará para su consulta en todas las AAA y ALA. Como no puede ser de otra manera, esta herramienta incorporará la cartografía digital basada en un Sistema de Información Geográfica (SIG).



4.2.2 Estrategia de intervención 2: **Mejora de la eficiencia del uso del agua y gestión de la demanda**

Tradicionalmente, la gestión del agua ha consistido en conseguir nuevos recursos hídricos para satisfacer las necesidades de las personas y de las actividades económicas, incluso en lugares con escasez del recurso hídrico. En líneas generales, esta política no ha tenido en cuenta que el agua es un recurso limitado y frágil, cuya disponibilidad, tanto en cantidad como en calidad, depende del funcionamiento del ciclo hidrológico y de los ecosistemas que lo conforman.

Por otra parte, no se ha puesto interés en la racionalidad, el control de los usos del agua, su costo económico o la eficiencia del uso del agua. Todo ello ha derivado en una mayor explotación de ríos y acuíferos que ha empeorado su calidad y, en consecuencia, su biodiversidad. La insostenibilidad de estas políticas hídricas a corto y mediano plazo se ha reorientado a otras fundamentadas en la gestión de la demanda que permite reducir los consumos de agua, mejorar la eficiencia de su uso y evitar el deterioro de los recursos hídricos.

Los siguientes programas que componen esta estrategia de intervención tienen como objetivo común mejorar la eficiencia del uso, tanto en los sistemas de transporte y distribución del agua como en la aplicación. En este primer programa se pretende mejorar el conocimiento de las demandas, porque no se puede producir una adecuada gestión sin un

conocimiento previo suficiente.

4.2.2.1 Programa 4: Control y medición de la demanda

Mediante este programa se prevé la instalación de sistemas de control y medición (SCM) en los puntos de derivación, distribución y entrega del agua a los diferentes usuarios, titulares de una licencia de uso de agua. Estos sistemas permitirán medir y registrar los volúmenes de agua utilizados o consumidos por los distintos usos, revisar las licencias otorgadas de uso de agua y aplicar adecuadamente las Retribuciones Económicas por el uso de agua correspondiente.

Según la LRH, los titulares de los derechos son los encargados de instalar estos sistemas de medición y control a su propia costa. Sin embargo, la LRH estimula que los titulares obtengan el certificado de eficiencia para beneficiarse de incentivos concedidos por la ANA, mientras que aquellas licencias de uso de agua que se otorguen en zonas de pobreza o pobreza extrema pueden contar con esta financiación del Estado con el objeto de contribuir a la compensación y desarrollo social de las zonas más desfavorecidas. En definitiva, este programa, que dota de sistemas de control y medición con financiación del Estado a los usuarios eficientes y a los situados en zonas de pobreza, se aplicará a las siguientes superficies de riego —que es la demanda de mayor consumo— para los dos horizontes del PNRH.



CUADRO 4.4. Superficie de riego por dotar de SCM de la demanda

Región	2011 (ha)	2020 (ha)
Pacífico	354 306	529 730
Amazonas	255 440	44 421
Titicaca	45 169	7 470
Total (ha)	654 915	581 621

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2.2 Programa 5: Mejoramiento de los sistemas de conducción y distribución del agua

El inventario del INRENA, realizado en el año 2007, reveló que, de un total de 54 527 km de canales evaluados, casi el 85% (46 241 km) se encontraban sin revestir y solo el 15% se hallaban revestidos. Esta situación ha ocasionado pérdidas de distribución del agua del orden del 15% al 20%. La mayoría de estos canales son para uso agrícola, pero algunos también sirven para aprovechamiento poblacional con el debido tratamiento previo.

El deterioro de los canales de conducción y distribución se debe, entre otras causas, a que las tarifas por el uso del agua no incorporan los costos de operación y mantenimiento. Esto provoca que existan pocos incentivos por parte de los operadores, y que gran parte de la infraestructura no haya sido rehabilitada o esté al borde del colapso. Además, falta personal cualificado para tratar la gestión y el mantenimiento de los sistemas de conducción y distribución del agua.

Este programa consiste en revestir con concreto los canales de conducción y distribución de agua que actualmente se encuentran sin revestir o están deteriorados. La planificación realizada indica que en el 2021 estará revestido el 25% de su longitud total, lo que supone 5524 km más de canales con revestimiento. Para el 2035 se prevé alcanzar el 50% de los canales existentes, es decir, 27 619 km de canales con revestimiento (cuadro 4.5).



Cuadro 4.5. Longitud de canales por revestir en los horizontes 2021 y 2035

Categoría	2021		2035		2035	
	Km	%	Km	%	Km	%
Sin revestir	46 241	85	38 169	70	21 811	40
Con revestimiento	8 286	15	16 358	30	32 716	60
Total	54 527	100	54 527	100	54 527	100

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INRENA (2007).

La aplicación de este programa comenzará por las 17 cuencas hidrográficas deficitarias de la RH Pacífico, en la que se modernizará el 100% de sus canales antes del 2021.

4.2.2.3 Programa 6: *Tecnificación del riego*

En los sistemas de aplicación del agua por gravedad, la eficiencia de aplicación es del orden del 40%-50%, frente al 75% del riego por aspersión o el 90% del riego por goteo, lo que supone reducir las pérdidas de agua a la mitad. Esta reducción del consumo, desde el punto de vista del agricultor, debería servir como incentivo por la reducción que supondría en la Retribución Económica por el uso del agua. Por otra parte, de los incentivos por el uso eficiente del agua previstos en la LRH se podría otorgar parte del ahorro de agua conseguido en incrementar la superficie de riego con ampliación de licencias de uso del agricultor eficiente. Además, reduciría los problemas de drenaje y salinidad, lo que aumentaría, a su vez, el rendimiento de los cultivos (en la costa, alrededor de 300 000 ha están afectadas en mayor o menor grado por salinidad).



Según datos de la Encuesta Nacional de Hogares-ENAH0 2010, el área con riego tecnificado en el país es del 2%. La superficie de riego estimada por el PNRH para el año 2012 es de 1 640 316 ha, por lo que la superficie con riego tecnificado será del orden de las 32 806 ha, claramente insuficiente, por lo que la implementación de este programa ayudará a elevarla considerablemente ya para el primer horizonte del plan.

Con la aplicación de este programa mejorará la eficiencia de la aplicación del riego en las parcelas a través de la utilización de tecnologías intermedias de riego, como sistema de manga con optimización de la longitud de surco, o la nivelación cero; o tecnologías avanzadas, como la aspersión, el goteo, la microaspersión, entre otras, que suponen una mayor tecnificación que la práctica tradicional del riego por surcos o por inundación. El cuadro 4.6 resume las superficies de riego actual y las previstas en el futuro repartidas por Regiones Hidrográficas.

CUADRO 4.6. Superficie de riego actual y futura: Distribución por Regiones Hidrográficas

Región Hidrográfica	2012 (ha)	2021 (ha)	2030 (ha)
Pacífico	1 178 650	1 511 515	1 815 218
Amazonas	390 286	491 287	590 000
Titicaca	71 380	87 514	105 098
Total (ha)	1 640 316	2 090 316	2 510 316

Fuente: *Elaboración propia.*

Este programa está alineado con el Plan Nacional de Acción Ambiental, ya que fija que “el 25% de las áreas agrícolas bajo riego utilizan sistemas sostenibles de riego y mejoran la disponibilidad de agua”. El bajo nivel de tecnificación de partida hace que la meta se pueda calificar como muy ambiciosa, por lo que se considera razonable adoptar esa meta en la RH Pacífico, donde el margen de mejora es sustancialmente superior al resto. En la RH Titicaca la meta de tecnificación es del orden de la mitad del anterior, mientras que en la RH Amazonas se considera un tercio de la RH Pacífico. Con estos criterios, las superficies por tecnificar en los dos horizontes son las que se indican en el cuadro 4.7.

CUADRO 4.7. Superficie por tecnificar en el futuro

Unidad Hidrográfica	2020	2035
Pacífico	354 306	529 730
Amazonas	33 135	57 393
Titicaca	9 512	15 335
Total (ha)	396 952	602 458

Fuente: Elaboración propia.



Este incremento de superficie tecnificada supone un ritmo de 44 106 ha/año para el primer horizonte, mientras que para 2035 la superficie por tecnificar es de 602 458 ha, es decir, un ritmo de 66 940 ha/año. En las Unidades Hidrográficas deficitarias la superficie bajo riego identificada es de 238 413 ha, por lo que éstas serán las primeras sobre las que se actuará tecnificando el riego.

4.2.2.4 Programa 7: Ampliación de la frontera agrícola por aumento de eficiencia

El riego en el Perú es un factor clave en la producción agrícola, la seguridad alimentaria, las exportaciones agrícolas, el empleo y la reducción de la pobreza rural. Casi un tercio de la población vive en las zonas rurales, y aproximadamente el 50% de sus ingresos proviene de la agricultura. Asimismo, el 28% de la población ocupada trabaja en el sector agropecuario y aporta cerca del 7,5% al PBI nacional. De ahí que las expectativas de desarrollo en el sector agrario sean amplias.

No obstante, este desarrollo debe estar alineado con la Política y Estrategia Nacional de

Riego (RM N° 0498-2003-AG) y la Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos. En ambos casos, uno de los principios fundamentales es la sostenibilidad en el uso y aprovechamiento del agua, que permita satisfacer las necesidades de las actuales y futuras generaciones. Otro principio fundamental es la gestión integrada de los recursos hídricos por cuenca hidrográfica, teniendo en cuenta su valor social, económico y ambiental.

Para tomar en consideración estos principios, en las nuevas superficies agrícolas bajo riego será imprescindible establecer dotaciones apropiadas a los climas, tierras y cultivos, y definir el sistema de drenaje, mientras que su localización deberá tener en cuenta criterios económicos, sociales y medioambientales.

Según datos de los Proyectos Especiales, las etapas que aún están sin ejecutar o finalizar suponen una superficie agrícola nueva por incorporar de 206 327 ha. Este programa integrará nuevas superficies agrícolas bajo riego con sistemas eficientes de transporte y distribución (canales revestidos, PVC o PEHD, según los casos) y sistemas tecnificados de riego (aspersión, microaspersión, goteo, entre otros), en la costa del Pacífico, prioritariamente, y en las zonas urbanas del resto de las regiones hidrográficas. Esto supone que toda la superficie nueva incorporada en la RH Pacífico contará con riego tecnificado y un sistema de transporte y distribución del agua eficiente. Para su localización se tendrán en cuenta criterios económicos, sociales y medioambientales, y será imprescindible establecer dotaciones apropiadas a los climas y tierras y cultivos, así como definir el sistema de drenaje.

El cuadro 4.8 recoge la nueva superficie por incorporar con sistemas eficientes de transporte y distribución de agua, así como de riego tecnificado, por regiones hidrográficas y horizontes de planificación.

CUADRO 4.8. Ampliación de la frontera agrícola por aumento de eficiencia

Región	Horizonte de planificación		
	2021	2026	2031
Pacífico	332 865	303 703	636 568
Amazonas	46 795	54 292	101 087
Titicaca	8 134	10 114	18 248
Total ha	387 794	368 109	755 903

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3 Estrategia de intervención 3: Aumento de la disponibilidad del recurso

4.2.3.1 Programa 8: Incremento de la regulación superficial y transferencia entre cuencas

El balance hídrico realizado en la situación actual para las Unidades Hidrográficas ha identificado 17 cuencas deficitarias en las cuencas de la RH Pacífico, al comparar sus recursos naturales más los trasvases con las demandas consuntivas localizadas en cada una de ellas. Para equilibrar estos déficits se cuantificaron los volúmenes necesarios de “embalses” —cuando el superávit anual de los recursos propios más los trasvases excede al déficit— y de “embalses y trasvases” —cuando el superávit es inferior al déficit— en cada una de ellas, y que se resumen en el cuadro 4.9.

CUADRO 4.9. Cuencas con necesidad de recursos adicionales o regulación de los propios

Unidad Hidrográfica	Cuenca	Intervención	Volumen (m ³ /año)
AAA I. Caplina-Ocoña			
14	Atico	Embalse	0,5
5	Sama	Embalse y trasvase	54
4	Caplina	Embalse y trasvase	94
3	Hospicio	Embalse y trasvase	39
Total			187,5
AAA II. Cháparra-Chincha			
24	San Juan	Embalse y trasvase	31
23	Pisco	Embalse	336
22	Ica	Embalse y trasvase	866
21	Grande	Embalse y trasvase	148
20	Acarí	Embalse	125
19	Yauca	Embalse	133
17	Chala	Embalse	0,4
Total			1 639,4
AAA III. Cañete-Fortaleza			



CUADRO 4.9. Cuencas con necesidad de recursos adicionales o regulación de los propios

Nº	CUENCA	RECURSOS ADICIONALES	VOLUMEN ADICIONAL (Hm ³)
37	Fortaleza	Embalse	34
34	Huaura	Embalse y trasvase	183
32	Chillón	Embalse y trasvase	102
30	Lurín	Embalse y trasvase	97
29	Chilca	Embalse	1
Total			417,0
AAA IV. Huarmey-Chicama			
39	Culebras	Embalse y trasvase	22
Total			22,0
Total Perú (Hm³)			2 265,90

Fuente: Elaboración propia.

Para los dos horizontes de planificación, se prevé que los recursos naturales no se modifiquen por el efecto del cambio climático en estas cuencas, a las que tampoco les afectan los nuevos trasvases previstos para estos periodos en los Proyectos Especiales aprobados. Con respecto a las demandas consuntivas, se propone solventar el crecimiento de la población, de las superficies de riego y de las industrias y minería con el ahorro de agua que se produce al aumentar la eficiencia en los sistemas de transporte, distribución y aplicación del agua, por lo que no habrá un crecimiento sensible de éstas. Por tales razones, se considera que estas cuencas seguirían siendo deficitarias en el futuro si no se previeran nuevas infraestructuras que permitan abastecer sus necesidades. Este programa, por tanto, está formado por dos tipos de actuaciones para satisfacer las demandas:

- la regulación de los recursos hídricos propios de las cuencas debido a la variabilidad temporal; y,
- la transferencia de recursos hídricos de otras cuencas, porque los recursos propios resultan insuficientes para satisfacer las demandas; esta actuación supone la regulación y trasvase desde otras cuencas cedentes hacia las receptoras.

Las primeras actuaciones se encaminarán a construir los embalses de regulación en las

cuenclas en las que el superávit sea mayor que el déficit en el año medio. Posteriormente se acometerán los embalses necesarios para la regulación de los recursos hídricos transferidos de otras cuencas a aquéllas deficitarias. El cuadro 4.10 resume el volumen de embalse de regulación para los dos horizontes de la planificación.

CUADRO 4.10. Volúmenes de regulación en las cuencas deficitarias

Nº	Cuenca	Tipo de obra	Embalse	Embalse y trasvase
			Hm ³	Hm ³
AAA I. Caplina-Ocoña				
14	Atico	Embalse	0,5	
5	Sama	Embalse y trasvase		54
4	Caplina	Embalse y trasvase		94
3	Hospicio	Embalse y trasvase		39
Total (Hm³)			0,5	187
AAA II. Cháparra-Chincha				
24	San Juan	Embalse y trasvase		31
23	Pisco	Embalse	336	
22	Ica	Embalse y trasvase		866
21	Grande	Embalse y trasvase	135	13
20	Acarí	Embalse	125	
19	Yauca	Embalse	133	
17	Chala	Embalse	0,4	
Total (Hm³)			729,4	910,0
AAA III. Cañete-Fortaleza				
37	Fortaleza	Embalse	34	
34	Huaura	Embalse y trasvase	173	10
32	Chillón	Embalse y trasvase		102
30	Lurín	Embalse y trasvase		97
29	Chilca	Embalse	1	
Total (Hm³)			208	209
AAA IV. Huarmey-Chicama				



CUADRO 4.10. Volúmenes de regulación en las cuencas deficitarias

Cuenca	Infraestructura	Embalses		
		2012	2021	
39	Culebras	Embalse y trasvase	10	12
Total (Hm³)			10	12
Total Perú (Hm³)			947,9	1 318,0

Fuente: Elaboración propia.

El volumen total de regulación necesario es de 2 262,90 Hm³, tanto de recursos propios como transferidos, de los que 947,9 Hm³ corresponden a embalses de regulación de los recursos propios de las cuencas que se ejecutarían en el periodo del 2012 al 2021; los 1318 Hm³ restantes son atribuibles a embalses de regulación de los recursos transferidos entre cuencas que se ejecutarán en el periodo del 2021 al 2035. Teniendo en cuenta los problemas de sedimentación en los embalses existentes, se estudiará la posibilidad de ubicar los nuevos embalses en cauces laterales menos susceptibles de producir una rápida sedimentación de los vasos.

En el primer periodo también se ejecutará parte de la infraestructura de transporte de los trasvases, materializando, por un lado, la totalidad de los túneles entre cuencas y, por otro, el 50% de los canales con sus obras de arte. Para el horizonte 2035 se completará el 50% restante de los canales de transporte.

4.2.3.2 Programa 9: Reforestación de cabeceras de cuencas

La deforestación de las cabeceras de las cuencas hidrográficas se produce por la extracción de madera y leña, así como por la actividad agropecuaria, y puede llegar a modificar el ciclo hidrológico, causando altos niveles de sedimentación en los embalses y captaciones de agua, procesos erosivos y pérdida de hábitat de flora y fauna. Las comunidades campesinas utilizan, en general, los mejores suelos para sus actividades agrícolas de subsistencia y ocasional venta de excedentes, y las áreas más vulnerables y de aptitud forestal las dedican a ganadería extensiva. En estas áreas de mayor fragilidad ecológica el sobrepastoreo conduce a mayor erosión e índices decrecientes de productividad.

Por todo lo anterior, y teniendo en cuenta los estudios de disponibilidad hídrica y de procesos de sedimentación en las presas de la RH Pacífico y otras infraestructuras de regulación, se pone de manifiesto la necesidad de llevar a cabo procesos de regulación del



régimen hídrico de las cuencas que conduzcan a reponer la cobertura forestal natural, principalmente en la cabecera de las cuencas.

Por otro lado, hay que tener en cuenta que las plantaciones forestales, además de ser fuentes de servicios ambientales —como mejoramiento de la calidad y cantidad de agua y suelos o captura de carbono— generan recursos maderables y no maderables, convirtiéndose en posibles fuentes de ingreso que permiten fijar población rural y revertir los procesos migratorios.

Reforestando las cabeceras de cuenca se logra mayor infiltración del agua, contribuyendo la recarga del acuífero para su utilización a través de los manantiales en la parte media o en la parte baja a través de los pozos de agua; es decir permite la retención temporal del agua, evitando que se pierda totalmente por escorrentía superficial.



Mediante este programa se reforestarán las zonas de recuperación identificadas en las cuencas hidrográficas con el objeto de contrarrestar los efectos de la deforestación, reponer los ecosistemas forestales y la cobertura arbórea, para que aumente la disponibilidad de agua en la cuenca y disminuya el aporte de sedimentos en las captaciones de agua consecuencia de procesos erosivos. Para garantizar la sostenibilidad de las inversiones y el éxito en la consecución de los objetivos de mantenimiento de las reforestaciones, y frenar los procesos de deforestación, se implementarán proyectos de reforestación que supongan un beneficio para los habitantes de las comunidades en las que se llevan a cabo, que se diseñarán con los siguientes criterios:

- Producción de los plántones forestales, preferentemente de especies nativas, en viveros localizados en la zona.
- Establecimiento de la plantación.
- Capacitación a técnicos y promotores en manejo diversificado de los bosques, plantaciones forestales (arbóreas o arbustivas) y pastos nativos.
- Capacitación en sistemas de uso de la tierra y sensibilización de la población local.

En el marco de este programa se han identificado como críticas las zonas deforestadas de la costa y de la sierra que vierten al Pacífico, puesto que los grandes embalses de regulación se están colmatando a un ritmo cada vez más rápido, lo que puede impedir su normal operación y disminuir los recursos disponibles:

- Embalse de Poechos, cuenca del Chira.

- Embalse de Tinajones, cuenca del Chancay-Lambayeque.
- Embalse del Gallito Ciego, cuenca del Jequetepeque.
- Embalses de Condoroma y El Pañe, cuenca Camaná-Majes.
- Embalse de El Fraile, cuenca del Quilca.

La superficie por reforestar con fines de protección del recurso hídrico para los horizontes 2021 y 2035 se refleja en el cuadro 4.11.

CUADRO 4.11. Superficie de reforestación futura

Región	Horizonte 2021	Horizonte 2035
Pacífico	149 000	184 000
Amazonas (región natural sierra)	---	270 000
Total (ha)	149 000	454 000
Tasa anual (ha/año)	16 555	32 429

Fuente: Elaboración propia.



A la vista de los problemas de colmatación en las presas mencionadas, la reforestación se priorizará en las Unidades Hidrográficas en las que se encuentran (cuadro 4.12).

CUADRO 4.12. Unidades Hidrográficas con prioridad en el programa de reforestación

Unidad Hidrográfica	Región	Cuenca hidrográfica	Superficie (ha)
I. Caplina-Ocoña	Condoroma y El Pañe	Camaná-Majes	5 500
	El Fraile	Quilca	5 500
V. Jequetepeque-Zarumilla	Pochos	Chira	15 000
	Tinajones	Chancay-Lambayeque	18 000
	Gallito Ciego	Jequetepeque	17 000
Total (ha)			61 000

Fuente: Elaboración propia.

En estas Unidades Hidrográficas se estudiarán otras actuaciones de conservación de suelos además de la reforestación, como son el manejo de pastos, la estabilización de taludes, los

diques de contención para control de cárcavas y taludes, el trazado de surcos en contorno y cultivos en fajas, así como las terrazas o zanjas de infiltración.

4.2.3.3 Programa 10: Gestión de acuíferos sobreexplotados

La sobreexplotación detectada en 12 de los 43 acuíferos de la RH Pacífico ha ocasionado un empeoramiento de la calidad del agua por la intrusión salina —en el caso de los acuíferos que están ubicados junto al borde costero—, o por la extracción de aguas subterráneas más profundas y mineralizadas, en los casos de otros acuíferos situados hacia el interior de la zona costera. Para reconducir esta situación a su estado normal, este programa se centra en la obtención de nuevos recursos hídricos subterráneos y en la mejor regulación de los ya existentes, con el fin de eliminar la sobreexplotación de estos acuíferos. El programa aborda dos tipos de actuaciones:

- El aumento de la regulación actual de las aguas superficiales, favoreciendo su infiltración en los acuíferos mediante la recarga artificial de éstos.
- El aumento de las extracciones de aguas subterráneas en otros nuevos acuíferos con suficiente capacidad y que, en la actualidad, no están siendo explotados o están infrautilizados.

Con la recarga artificial de acuíferos se pretende aumentar la regulación de los recursos hídricos disponibles en la cuenca, evitando su pérdida en el océano para, mediante la infiltración y almacenamiento en los acuíferos, recuperar los niveles de agua y eliminar la sobreexplotación en éstos.

Los acuíferos aluviales tienen permeabilidad alta en sus tramos arenosos superiores, por lo que la recarga artificial se puede realizar de dos formas: con balsas de acumulación o con diques de retención en el cauce. En principio, ante la falta de conocimiento sobre la existencia o no de terreno libre en las inmediaciones de los cauces que permita construir balsas de acumulación e infiltración, las obras de recarga previstas consistirán en la construcción de pantallas, con el propio material del río, ubicadas tangencialmente a su cauce. Con estas pantallas se consigue remansar el agua superficial que transita por él, y así se favorece su infiltración en profundidad. Los acuíferos identificados en los que se aplicarán estas obras de recarga artificial, cuyas cuencas disponen de excedentes, son los siguientes: Pisco (Pampa de Lanchas), Chilca, Omás, Olmos y Motupe.

Por otra parte, se propone la explotación de otros acuíferos identificados en el PNRH para



reducir los bombeos en estos acuíferos aluviales sobreexplotados: Pisco (Pampa de Lanchas), Chilca, Motupe, La Leche, Nasca, Asia-Omás, Chicama y Olmos. En el caso del acuífero de Caplina se proponen trasvases de cuencas excedentarias. Se prevé la perforación de 19 pozos tubulares con profundidad suficiente para penetrar bien en el acuífero por explotar, mínimo de 150 m, y con un diámetro mínimo de perforación de 250 mm, que permita una entubación final de 200 mm. Su perforación se puede abordar con el sistema de rotopercusión, muy adecuado en terrenos compactos (como las calizas, areniscas, conglomerados) y de percusión o de circulación inversa, de preferente uso en terrenos sueltos (como los aluviales).

4.2.3.4 Programa 11: Reuso de aguas residuales tratadas y desalinización de agua de mar

El *reuso de agua residual tratada* es la utilización de estas aguas resultantes de las actividades antropogénicas que deben cumplir una serie de condiciones fijadas por el Reglamento de la LRH. Con este reuso se aumenta el nivel de tratamiento de las aguas residuales y, por tanto, el de la calidad de las aguas; se incrementa la disponibilidad de recursos hídricos para otros usos, salvo el poblacional; y es un recurso que no depende de las variaciones climáticas, pues al proceder de las aguas usadas por la población se garantiza la existencia de agua en el volumen retornado. Actualmente el volumen reusado supone un 21% del volumen recolectado por las EPS en sus redes de alcantarillado y un 65% del volumen tratado. Mediante este programa de reuso se pretende:

- Adecuar los tratamientos de desinfección de las aguas residuales en aquellas PTAR que actualmente están reusando sus aguas para otros fines.
- Aumentar el recurso disponible mediante el reuso en cuencas deficitarias que dispongan de PTAR con tratamiento de depuración adecuado.
- Incrementar el recurso disponible mediante el reuso en aquellas cuencas que, sin ser deficitarias, dispongan de PTAR con tratamiento de depuración adecuado y necesiten consolidar usos existentes o abastecer nuevos usos.

En el año 2008 había 61 PTAR que reusaban sus efluentes (150,6 Hm³/año) para riego agrícola, y otras 12 que reusaban 20,1 Hm³/año con destino al riego de áreas verdes. Además, la DGCRH de la ANA otorgó 65 autorizaciones de reuso —entre el 2009 y el 2012— por un volumen total 93,41 Hm³/año, para riego agrícola, áreas verdes, además de unos volúmenes muy pequeños para la industria y la minería.

Este programa considera que en la totalidad del territorio peruano se podría llegar a reusar el 30% del volumen recolectado por las EPS en sus redes de alcantarillado en el 2021, es



decir, un total de 289 Hm³/año, volumen que aumentaría a 572 Hm³/año (45% del volumen EPS) en el horizonte 2035.

Por su parte, la *desalinización* consiste en reducir las sales minerales disueltas en el agua de mar para obtener agua apta para consumo humano y riego agrícola. La técnica más utilizada actualmente es la ósmosis inversa, que consiste en la separación de las sales del agua de mar a través de una membrana sobre la que se aplica el influente a altas presiones. Las posibilidades de la desalinización están condicionadas por los elevados costos que requiere actualmente esta tecnología, su dependencia energética, los costos del transporte y la gestión de las salmueras. Esta medida debe contemplarse como última alternativa después de haber descartado o agotado el resto de posibilidades, y luego de un estudio individualizado. Es una fuente de recursos complementaria en situaciones de tensión hídrica prolongada, ya que su rapidez de implantación —entre 1 y 2 años— y su rápida amortización —unos 15 años— permiten cubrir sectores de demanda que no pueden esperar a la llegada de aguas reguladas o trasvasadas. Asimismo, se puede plantear como alternativa para asegurar la garantía de abastecimiento en periodos de sequía como sería la ciudad de Lima u otras ciudades costeras con escasez de recursos. También se podría contemplar como una alternativa para el riego de áreas agrícolas de exportación de alta rentabilidad.

Con la aplicación de este programa se pretende conocer el potencial de la desalinización de agua de mar para uso poblacional en ciudades costeras —como podría ser el caso de la ciudad de Lima, donde se concentra un tercio de la población del país y es uno de los importantes focos de crecimiento económico nacional— y para el riego de áreas agrícolas de exportación de alta rentabilidad. Esta posibilidad, unida a los efectos del cambio climático, podría originar la necesidad de contemplar en un futuro la desalinización de agua de mar como fuente adicional de recursos para asegurar el abastecimiento en periodos de sequía prolongados o garantizar el desarrollo económico.

Estos estudios deberán tener en cuenta, en primer lugar, el aumento de la disponibilidad de los recursos a partir de fuentes convencionales. Si estas medidas no fueran suficientes, y teniendo en cuenta el crecimiento de la población y otras actividades productivas, si permaneciera el déficit hídrico futuro, se analizará el potencial de la desalinización de agua de mar como fuente adicional de recursos hídricos. Se tomará en cuenta, entre otros aspectos, la población o área de riego a la que se va a suministrar agua, su localización, las dotaciones netas y brutas por considerar conforme a un uso eficiente del agua, los costos de inversión y mantenimiento, la fuente de financiación, las tarifas del agua, la gestión de las salmueras y