



PERÚ

Ministerio
de Agricultura y Riego

Autoridad Nacional
del Agua

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO – MINAGRI
AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA – ANA
DIRECCIÓN DE CONSERVACIÓN Y PLANEAMIENTO DE RECURSOS HÍDRICOS



Banco Interamericano de Desarrollo

Banco Interamericano de Desarrollo



Convenio de Cooperación Técnica No Reembolsable N° ATN/WP-12343-PE

“PLAN NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS”

ANEXO II. ANÁLISIS DE ESCENARIOS

PLAN NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS

Anexo II

Análisis de Escenarios



MINISTERIO DE
AGRICULTURA
Y RIEGO



ANA

Autoridad Nacional del Agua

ÍNDICE

	página
1. INTRODUCCIÓN	4
2. PUNTO DE PARTIDA. DIAGNÓSTICO NACIONAL	6
3. METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE ESCENARIOS	6
3.1. Metodología general	6
3.2. Variables internas que definen la satisfacción de las demandas	9
3.3. Relación entre variables internas y variables externas	10
3.3.1. Variables externas de la demanda	10
3.3.2. Variantes externas de la oferta	10
4. HIPÓTESIS DE EVOLUCIÓN DE LAS VARIABLES INTERNAS	12
4.1. Hipótesis de evolución de las demandas de agua	12
4.1.1. Situación actual de las demandas de agua	12
4.1.2. Proyecciones de demandas de agua	13
4.2. Hipótesis de evolución de los recursos hídricos	18
4.2.1. Situación actual de los recursos hídricos	18
4.2.2. Proyecciones del cambio climático	19
5. FORMULACIÓN DE ESCENARIOS	23
6. ANÁLISIS DE ESCENARIOS	24
6.1. Situación actual de 2012	25
6.2. El efecto de la eficiencia de riego	28
6.3. Medidas para incrementar los recursos hídricos	29
6.4. Efectos ambientales de las medidas	30
6.5. Efectos de la mejor calidad del agua	31
6.6. Escenarios de la hipótesis 1 de demanda (horizonte 2021)	31
6.6.1. Datos básicos	31
6.6.2. Valoración cualitativa de escenarios	34
6.6.3. Medidas a aplicar	34
6.6.4. Efectos socioeconómicos y ambientales	35
6.7. Escenarios de la hipótesis 2 de demanda (horizonte 2021)	35
6.7.1. Datos básicos	35
6.7.2. Coherencia y factibilidad	38
6.7.3. Valoración cualitativa de escenarios	38
6.7.4. Medidas a aplicar	39
6.7.5. Efectos socioeconómicos y ambientales	39
6.8. Escenarios de la hipótesis 3 de demanda (horizonte 2021)	40
6.8.1. Datos básicos	40
6.8.2. Coherencia y factibilidad	42
6.8.3. Valoración cualitativa de escenarios	42
6.8.4. Medidas a aplicar	43
6.8.5. Efectos socioeconómicos y ambientales	43
6.9. Escenarios de la hipótesis 4 de demanda (horizonte 2035)	43
6.9.1. Datos básicos	43
6.9.2. Coherencia y factibilidad	47
6.9.3. Valoración cualitativa de escenarios	47
6.9.4. Medidas a aplicar	48



6.9.5. Efectos socioeconómicos y ambientales	48
6.10. Escenarios de la hipótesis 5 de demanda (horizonte 2035)	49
6.10.1. Datos básicos	49
6.10.2. Coherencia y factibilidad	52
6.10.3. Valoración cualitativa de escenarios	52
6.10.4. Medidas a aplicar	52
6.10.5. Efectos socioeconómicos y ambientales	53
6.11. Escenarios de la hipótesis 6 de demanda (horizonte 2035)	53
6.11.1. Datos básicos	53
6.11.2. Coherencia y factibilidad	56
6.11.3. Valoración cualitativa de los escenarios	56
6.11.4. Medidas a aplicar	57
6.11.5. Efectos socioeconómicos y ambientales	57
<u>7. ESCENARIOS PRESENTADOS EN EL TALLER MULTISECTORIAL</u>	<u>58</u>
<u>8. ESCENARIOS PRESENTADOS EN EL TALLER NACIONAL</u>	<u>61</u>
<u>9. ESCENARIOS FINALMENTE SELECCIONADOS</u>	<u>61</u>
9.1. La evolución de las demandas	63
9.2. La evolución de los recursos hídricos naturales	64
9.3. Balances hídricos de planificación	65

ÍNDICE DE APÉNDICES

APÉNDICE I. DEMANDA POBLACIONAL ESTIMADA EN LAS DISTINTAS HIPÓTESIS DE EVOLUCIÓN PREVISTAS	71
APÉNDICE II. DEMANDA AGRÍCOLA ESTIMADA EN LAS DISTINTAS HIPÓTESIS DE EVOLUCIÓN PREVISTAS	77
APÉNDICE III. DEMANDA INDUSTRIAL ESTIMADA EN LAS DISTINTAS HIPÓTESIS DE EVOLUCIÓN PREVISTAS	79
APÉNDICE IV. DEMANDA MINERA, PECUARIA, RECREATIVA Y TURÍSTICA ESTIMADA EN LAS DISTINTAS HIPÓTESIS DE EVOLUCIÓN PREVISTAS	85

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 3.1. Distribución espacial de las Autoridades Administrativas del Agua (AAA)	8
Mapa 3.2. Regiones hidrográficas del Perú.	9

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1. Correspondencia entre Regiones Hidrográficas y AAA del Perú	9
Cuadro 4.1. Caracterización de la situación actual 2012 de las demandas y evolución previsible	12
Cuadro 4.2. Demanda consuntiva (hm ³ /año) en situación actual	13
Cuadro 4.3. Caracterización de las demandas en el horizonte 2021	15
Cuadro 4.4. Caracterización de las demandas en el horizonte 2035	16
Cuadro 4.5. Recursos hídricos en régimen natural con trasvases (hm ³ /año)	18
Cuadro 4.6. Hipótesis de evolución de las precipitaciones por AAA (%)	21
Cuadro 4.7. Variación de los recursos hídricos naturales por AAA. Horizonte 2021	22
Cuadro 4.8. Variación de los recursos hídricos naturales por AAA. Horizonte 2035	22
Cuadro 5.1. Análisis de escenarios	24



Cuadro 6.1. Situación actual 2012	25
Cuadro 6.2. Cuencas con necesidad de recursos adicionales y/o regulación de los propios	26
Cuadro 6.3. Balances de explotación en los acuíferos costeros de la RH Pacífico	27
Cuadro 6.4. Efecto del aumento de la eficiencia de riego sobre la demanda. Horizonte 2021	28
Cuadro 6.5. Efecto del aumento de la eficiencia de riego sobre la demanda. Horizonte 2035	29
Cuadro 6.6. Proyectos especiales. Trasvases previstos y no ejecutados todavía	30
Cuadro 6.7. Balances hídricos para el horizonte 2021 para la hipótesis 1 de demandas. Sin mejora eficiencia de riego	33
Cuadro 6.8. Balances hídricos para el horizonte 2021 para la hipótesis 1 de demandas. Con mejora eficiencia de riego	33
Cuadro 6.9. Balances hídricos para el horizonte 2021 para la hipótesis 2 de demandas. Sin mejora eficiencia de riego	37
Cuadro 6.10. Balances hídricos para el horizonte 2021 para la hipótesis 2 de demandas. Con mejora eficiencia de riego	37
Cuadro 6.11. Balances hídricos para el horizonte 2021 para la hipótesis 3 de demandas. Sin mejora eficiencia de riego	41
Cuadro 6.12. Balances hídricos para el horizonte 2021 para la hipótesis 3 de demandas. Con mejora eficiencia de riego	41
Cuadro 6.13. Balances hídricos para el horizonte 2035 para la hipótesis 4 de demandas. Sin mejora eficiencia de riego	46
Cuadro 6.14. Balances hídricos para el horizonte 2035 para la hipótesis 4 de demandas. Con mejora eficiencia de riego	46
Cuadro 6.15. Balances hídricos para el horizonte 2035 para la hipótesis 5 de demandas. Sin mejora eficiencia de riego	51
Cuadro 6.16. Balances hídricos para el horizonte 2035 para la hipótesis 5 de demandas. Con mejora eficiencia de riego	51
Cuadro 6.17. Balances hídricos para el horizonte 2035 para la hipótesis 6 de demandas. Sin mejora eficiencia de riego	55
Cuadro 6.18. Balances hídricos para el horizonte 2035 para la hipótesis 6 de demandas. Con mejora eficiencia de riego	55
Cuadro 7.1. Escenarios propuestos para el Taller Multisectorial. Horizonte 2021	59
Cuadro 7.2. Escenarios propuestos para el Taller Multisectorial. Horizonte 2035	60
Cuadro 9.1. Caracterización de los escenarios de demandas	62
Cuadro 9.2. Caracterización de los escenarios de recursos hídricos	62
Cuadro 9.3. Evolución de las demandas consuntivas (hm ³ /año)	63
Cuadro 9.4. Evolución de los recursos hídricos (hm ³ /año)	64
Cuadro 9.5. Balances hídricos entre recursos y demandas consuntivas. Situación actual 2012	66
Cuadro 9.6. Balances hídricos entre recursos y demandas consuntivas. Año horizonte 2021	67
Cuadro 9.7. Balances hídricos entre recursos y demandas consuntivas. Año horizonte 2035	68



1. INTRODUCCIÓN

La planificación de la gestión de los recursos hídricos debe darse en el marco de la construcción de escenarios que son imágenes coherentes de futuros probables, son hipótesis que son útiles para identificar y, posteriormente, formular estrategias, planes y proyectos. El futuro se concibe como un espacio abierto y con múltiples posibilidades.

Los escenarios construidos se han articulado a través de los balances hídricos obtenidos para cada Autoridad Administrativa del Agua (AAA). Dichos escenarios, a su vez, se han enmarcado en horizontes de planeamiento de mediano plazo (2021) y largo plazo (2035), considerando el año 2012 como año base. Por lo tanto, los escenarios construidos son los balances hídricos obtenidos por AAA en los años 2012, 2021 y 2035.

Estos balances hídricos se han obtenido como combinación entre diversas hipótesis de evolución de los recursos hídricos naturales y diversas hipótesis de evolución de las demandas consuntivas de agua. Estas hipótesis de evolución, tanto de los recursos hídricos como de las demandas, están planteadas en base a las planificaciones sectoriales relacionadas con los recursos hídricos y las proyecciones de población del INEI.

Con estas consideraciones, en el marco de este PNRH, se ha operado de la siguiente manera:

- Se ha construido seis (6) hipótesis de evolución de los recursos hídricos naturales: tres (3) hipótesis para el año 2021 y tres (3) hipótesis para el 2035. Estas hipótesis se han formulado tomando como referencia el estudio denominado "*Escenarios Climáticos del Perú para el año 2030*", elaborado en 2009 por el SENAMHI.
- Paralelamente, ha construido seis (6) hipótesis de evolución de las demandas consuntivas de agua: tres (3) hipótesis para el año 2021 y tres (3) hipótesis para el 2035. Estas hipótesis se han formulado tomando como referencia la información proporcionada por el MINAGRI y las proyecciones de población del INEI y de las EPS.
- A continuación, se ha combinado las tres (3) hipótesis de evolución de los recursos hídricos a 2021 con las tres (3) hipótesis de evolución de las demandas consuntivas para ese mismo año. Como resultado de dicha combinación se han obtenido nueve (9) escenarios para el horizonte 2021 o, lo que es lo mismo, nueve (9) balances hídricos por cada una de las catorce (14) AAA.
- De forma análoga, se ha procedido para el horizonte 2035, obteniendo otros nueve (9) escenarios, o balances hídricos, por cada una de las catorce (14) AAA.
- Una vez obtenidos los escenarios, se ha caracterizado sus resultados y se ha comparado en base a su coherencia y factibilidad; sus efectos socioeconómicos y ambientales; y las



medidas estructurales y de gestión necesarias para equilibrar los balances hídricos deficitarios.

- Dicha comparación ha obligado a desechar algunos de los escenarios por su escasa probabilidad y a escoger otros por su mayor viabilidad. Como resultado de este proceso, de los dieciocho (18) escenarios, inicialmente obtenidos, se han escogido seis (6) escenarios: tres (3) para el horizonte 2021 y tres (3) para el 2035.
- Estos seis (6) escenarios fueron presentados en el Taller Multisectorial celebrado el 21 de mayo de 2013 en Lima, cuyo objetivo era analizar e informar a los participantes sobre los balances hídricos obtenidos para cada AAA.
- Como resultado de dicho Taller se obtuvo que los participantes solicitaron más tiempo para el análisis en profundidad de la documentación entregada, así como para hacer llegar sus aportes.
- Asimismo, se decidió por parte de la ANA complementar el Taller Multisectorial con la celebración de una reunión el 27 de mayo de 2013 a la que asistieron representantes de la ANA sede central, de las AAA, así como de los usuarios y los Gobiernos Regionales.
- Todos los aportes recibidos, los cuales han sido incorporados en el análisis, están recogidos en el *Anexo VIII. Informe de Talleres Multisectorial y Nacional*.
- Ya que la participación en forma de aportes por parte de los asistentes e instituciones invitadas no alcanzó los objetivos que la ANA había deseado, la ANA modificó el contenido previsto del Taller Nacional, celebrado el 11 de junio de 2013, en la siguiente dirección:
 - Presentación de la metodología y proceso de recopilación y validación de la información que ha nutrido el diagnóstico.
 - Presentación de la metodología para la elaboración de escenarios como alternativa óptima y validada para el desarrollo del programa de medidas correspondiente para 2021 y 2035.
 - Presentación de los programas de medidas que componen cada una de las cinco políticas de RRHH en los que se estructura el PNRH.
- Sumando las aportaciones recibidas desde el 21 de mayo hasta el 18 de junio, ambos del 2013, se seleccionaron, finalmente, dos (2) escenarios: uno (1) a 2021 y uno (1) a 2035. La caracterización de dichos escenarios se detalla al final de este documento.
- Estos escenarios han condicionado la formulación y las inversiones de los programas de medidas del PNRH relacionados con el Eje de Política 1: *Gestión de la Cantidad*, tal y como se detalla en el *Anexo III. Programas de Medidas*.



2. PUNTO DE PARTIDA DIAGNÓSTICO NACIONAL

El punto de partida para el Análisis de Escenarios es el **Diagnóstico Nacional** incluido en el Producto 3 de 4, aprobado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y referido al año 2012. Dicho diagnóstico integra y recoge la problemática del agua en todo el territorio nacional y con un nivel de conocimiento razonable al nivel de unidad hidrográfica. Además, tiene una orientación planificadora, por lo que trata todos los temas que afectan a un Plan de esta naturaleza y que son los siguientes:

- **Cantidad de agua:** recursos hídricos; demandas de agua; balances entre los recursos y las demandas; infraestructuras hidráulicas.
- **Calidad del agua:** normativa; fuentes contaminantes; grado de cobertura de abastecimiento y saneamiento de poblaciones; objetivos de calidad.
- **Fenómenos extremos:** análisis de inundaciones, sequías, deslizamientos y huaycos; medidas para mitigar sus efectos.
- **Adaptación al cambio climático:** efectos del cambio climático sobre la temperatura y las precipitaciones; análisis de glaciares y lagunas; impacto sobre los recursos hídricos y estrategias regionales de lucha contra el cambio climático.
- **Análisis Medio Ambiental:** áreas naturales protegidas; presiones sobre estas áreas naturales que pueden dificultar los objetivos ambientales.
- **Aspectos Institucionales y régimen económico del agua:** organización que se deriva de la Ley de Recursos Hídricos Nº 29338; tarifas y retribuciones económicas por el uso del agua y vertimiento de agua residual.
- **Cultura del agua:** celebración de dos Rondas de Talleres Regionales en cada una de las catorce Autoridades Administrativas del Agua (AAA) y de tres Eventos de Concertación donde se analizaron y se intercambiaron información sobre los Proyectos Especiales.

Como síntesis, la información más relevante que aporta el Diagnóstico Nacional -elaborada a partir de la información existente y de cálculos realizados *ex professo*- se refleja en los siguientes datos:

- Evaluación de los recursos hídricos naturales (superficiales más subterráneos) en cada una de las 159 unidades hidrográficas delimitadas en el 2008 en el Perú.
- Identificación de la superficie de riego, las dotaciones brutas y la demanda agrícola, distribuida por unidad hidrográfica, o Autoridad Local del Agua (ALA), en su defecto.
- Determinación de la demanda poblacional a partir de los datos de población urbana y rural del censo del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) del 2007 y su proyección al 2012, y las dotaciones respectivas, distribuida por unidad hidrográfica.
- Identificación de las unidades hidrográficas que tienen déficit hídrico en algún mes del año medio.
- Estimación del volumen de sobre-explotación anual de los acuíferos de la Región Hidrográfica del Pacífico e identificación de nuevos acuíferos potenciales en las Regiones Hidrográficas del Amazonas, Titicaca y Pacífico.
- En líneas generales: identificación de los principales problemas, causas y efectos detectados desde una óptica regional y nacional.

3. METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE ESCENARIOS

3.1. Metodología general



El Artículo 97 de la LRH señala la **satisfacción de las demandas** como el hilo conductor del PNRH ya que establece que el objetivo de la planificación de la gestión del agua es *“equilibrar y armonizar la oferta y demanda de agua, protegiendo su cantidad y su calidad, propiciando su utilización eficiente y contribuyendo al desarrollo local, regional y nacional”*.

El proceso de exploración del futuro, por tanto, mediante escenarios alternativos de satisfacción de las demandas y de disponibilidad de recursos para suministrarlos, requiere abordar tres etapas básicas en su metodología:

- Análisis de la situación actual, determinando las variables y parámetros básicos para abordar los problemas y desafíos existentes.
- Identificación de escenarios para dar respuesta a los problemas planteados.
- Análisis de escenarios para determinar el modo en que cada escenario responde a los interrogantes y desafíos.

En consecuencia, las acciones que se llevarán a cabo para el planteamiento y análisis de los escenarios serán las siguientes:

- **Elegir las variables** internas que definen la satisfacción de la demanda.
- **Analizar las variables externas** que condicionan las variables internas.
- Establecer **hipótesis de evolución** de estas variables.
- Definir **escenarios** por combinación de estas hipótesis.
- Analizar la **coherencia**, factibilidad y efectos de cada escenario.
- **Selección** de los escenarios que debe guiar la planificación hidrológica.

Estas acciones se aplicarán al nivel de cada una de las AAA del Perú y cuya delimitación se muestra en el siguiente mapa:





Mapa 3.1. Distribución espacial de las Autoridades Administrativas del Agua (AAA)

Fuente: ANA (2009)



Asimismo, el análisis se articula en base a las regiones hidrográficas existentes ya que sus diferencias singulares, desde el punto de vista hídrico, arrojan unos resultados que es necesario distinguir. Las regiones hidrográficas del Perú se pueden observar en la siguiente figura:



Mapa 3.2. Regiones hidrográficas del Perú.
Elaboración propia. Fuente: OSNIRH (2012)

Cuadro 3.1. Correspondencia entre Regiones Hidrográficas y AAA del Perú

REGIÓN HIDROGRÁFICA	AAA
PACÍFICO	I. CAPLINA-OCOÑA
	II. CHÁPARRA-CHINCHA
	III. CAÑETE-FORTALEZA
	IV. HUARMEY-CHICAMA
	V. JEQUETEPEQUE-ZARUMILLA
AMAZONAS	VI. MARAÑÓN
	VII. AMAZONAS
	VIII. HUALLAGA
	IX. UCAYALI
	X. MANTARO
	XI. PAMPAS-APURÍMAC
	XII. URUBAMBA-VILCANOTA
	XIII. MADRE DE DIOS
TITICACA	XIV. TITICACA

Fuente: Demarcación y delimitación de las Autoridades Administrativas del Agua (DCPRH-ANA, 2009)

3.2. Variables internas que definen la satisfacción de las demandas

Para la construcción de los escenarios se ha contemplado la satisfacción de las demandas de agua en los distintos horizontes de planificación y la eliminación de los déficit hídricos existentes. Los escenarios contendrán, por tanto, una proyección de las demandas de agua y una definición de la oferta para satisfacerlas. Las variables internas que definen el fenómeno son:

- Las demandas de agua con su distribución sectorial y territorial. Los componentes sectoriales de la demanda son:
 - Demanda poblacional.
 - Demanda agrícola.
 - Demanda industrial.
 - Demandas para otros usos: minero, pecuario, recreativo y turístico.
- La disponibilidad de recursos hídricos –u oferta de agua- con sus componentes y distribución territorial. Los componentes básicos de la oferta son:



- Recursos convencionales: superficiales y subterráneos.
- Recursos adicionales como los trasvases, el reúso de aguas servidas previamente tratadas, la desalación y el ahorro de agua que, en realidad, es una disminución de la demanda.

Por su origen territorial, los recursos pueden caracterizarse como:

- recursos internos de la cuenca hidrográfica y,
- recursos procedentes de transferencias de otras cuencas.

La evolución de las variables anteriores está condicionada por variables externas que pueden afectar, tanto a la demanda como a la oferta, de modo que cualquier hipótesis de futuro debe someterse a un análisis de coherencia entre la evolución de unas u otras.

3.3. Relación entre variables internas y variables externas

3.3.1. Variables externas de la demanda

- **Demanda poblacional.** La garantía de suministro es básica y prioritaria. Está relacionada con el crecimiento de la población, la renta per cápita, el tamaño de la población y el nivel de equipamiento comercial e industrial del medio urbano.
- **Demanda agrícola.** Por su elevado valor (casi el 90% de la demanda consuntiva total), tiene gran incidencia en la previsión de futuro de la demanda de agua. Está relacionada con factores como la superficie de riego, el tipo de cultivo y la eficiencia de riego y está condicionada por el mercado internacional, los acuerdos comerciales internacionales, las necesidades de abastecimiento interno en el país y de fijación de la población en el medio rural.
- **Demanda industrial.** La variable de entorno fundamental de esta demanda es el crecimiento del PBI. El volumen global de esta demanda es poco significativo respecto a la demanda total, pero no es aceptable que la insuficiencia de disponibilidad de agua pueda llegar a constituir una restricción para el desarrollo de los sectores industriales.
- **Entorno ambiental.** Cualquier aprovechamiento modifica el régimen de la corriente fluvial. La alteración del régimen de caudales y los efectos ambientales que comporta deben limitarse mediante el establecimiento de caudales mínimos. Una situación similar se produce con el aprovechamiento de las aguas subterráneas que pueden llegar a estar sobreexplotadas, lo que produce grandes repercusiones ambientales. Esta situación, como en las aguas superficiales, puede requerir la limitación de los aprovechamientos.

3.3.2. Variantes externas de la oferta

- **Generales.** La variable de entorno en la oferta es la propia demanda a satisfacer ya que el volumen total de la oferta debe adecuarse al volumen total de la demanda. La composición



de la oferta (recursos internos de cada AAA convencionales y adicionales, y recursos externos a ella) está condicionada por su factibilidad técnica, posibilidades de financiación, implicaciones ambientales y por la respuesta social que pueden generar algunas de las grandes actuaciones hidráulicas.

- **Recursos hídricos convencionales.** Su incremento comporta elevadas inversiones que pueden verse afectadas por restricciones presupuestarias. Cabe citar los grandes embalses de regulación y la transformación de tierras en nuevos regadíos, con toda la infraestructura hidráulica, de transportes y social necesarias.
- **Ahorro de agua.** Es una fuente importante de recursos hídricos adicionales, pero comporta costos que pueden ser muy elevados. Aún utilizando tecnologías avanzadas, es imposible evitar que entre el punto inicial de derivación del agua y el punto final de entrega salga del sistema de suministro parte del agua. También hay que tener en cuenta que en el punto de entrega o punto de aplicación puede haber pérdidas debido a un uso poco eficiente del agua. Por eso el ahorro tiene dos componentes: la disminución de pérdidas en la aducción, transporte y distribución; y la reducción del consumo en la aplicación. Por ejemplo, una eficiencia de riego adecuada –denominada eficiencia patrón– para grandes zonas de carácter extensivo debe ser superior al 65% en condiciones óptimas en los procesos de transporte, distribución y aplicación. En el caso del uso poblacional, esa eficiencia patrón debería estar en torno al 75%. Por tanto, el ahorro real de agua procederá de la diferencia entre las eficiencias reales que se consiguen en la actualidad y dichas eficiencias patrón. Para fomentar el ahorro deben adoptarse medidas de diversa tipología:
 - Técnicas: mejora y modernización de infraestructuras y métodos de aplicación del agua. Son las medidas más eficaces, aunque implican costos importantes.
 - Económicas: sistema de tarifas e incentivos económicos para la aplicación de las medidas técnicas.
 - Administrativas: formalización de los derechos de uso de agua, control de consumos, aplicación de procesos sancionadores y gestión para facilitar otras medidas.
 - Culturales: Capacitación y sensibilización de los usuarios.
- **Reúso directo y desalación.** Las posibilidades de reúso están condicionadas por la utilización de tratamientos adecuados de las aguas servidas, en particular de las aguas residuales urbanas, por los costos y por los condicionantes técnicos de factibilidad, relacionados con la existencia de usos compatibles con la calidad del agua resultante (en ningún caso puede utilizarse este agua para uso poblacional). Las posibilidades de la desalación están condicionadas por los altos costos que requiere actualmente esta tecnología, pero se puede utilizar para consumo humano en zonas costeras con gran escasez de agua.
- **Trasvases.** Son infraestructuras, en general, de gran envergadura que, además, del costo económico que conllevan, puede originar conflictos sociales entre las cuencas cedentes y las cuencas receptoras. Asimismo, los efectos ambientales pueden ser importantes por lo que se trata de medidas que es necesario estudiar en profundidad y desde todos los puntos de vista: económico, social, ambiental y cultural.



4. HIPÓTESIS DE EVOLUCIÓN DE LAS VARIABLES INTERNAS

4.1. Hipótesis de evolución de las demandas de agua

4.1.1. Situación actual de las demandas de agua

En primer lugar, se ha definido la situación actual de las demandas de agua referidas al año 2012, las cuales se caracterizan de la siguiente manera:

- **Demanda agrícola:**
 - Superficie de riego: 1 640 316 ha.
 - Eficiencia media de riego del 35%.
 - Dotaciones medias en función de área geográfica y estudios analizados.
- **Demanda poblacional:**
 - Población total: 30 067 181 hab, proyectada desde el censo de 2007 hasta el 2012 según criterios del INEI con distinción entre urbana y rural.
 - Dotaciones población urbana: 160 a 240 l/(hab.día) en función de posición geográfica.
 - Dotaciones de la población rural: 50 l/(hab.día)
- **Demanda industrial:** Ratio por habitante urbano.
- **Demanda minera, pecuaria, recreativa y turística:** Datos de los derechos de uso del agua (DUA) y de estudios específicos.

El cuadro siguiente sintetiza esta caracterización y aporta las ratios que se van a considerar para prever su evolución:

Cuadro 4.1. Caracterización de la situación actual 2012 de las demandas y evolución previsible				
VARIABLE	VALORES DE PARTIDA		EVOLUCIÓN PREVISIBLE	
	DATO INICIAL	UNIDAD (ud)	CRITERIO	RATIO
Superficie agrícola	1 640 316	Hectárea (ha)	Aumento	(ha/año)
Eficiencia de riego	35	Porcentaje (%)	Aumento	(%)
Población nacional	30 067 181	Habitantes diferenciando urbana y rural	Aumento	(%) diferenciando urbana y rural, y AAA
Dotación bruta* para uso poblacional rural	50	l/(hab rural.día)	Aumento	l/(hab rural.día)
Dotación bruta* para uso poblacional urbana	160 -290	l/(hab urbano.día)	Aumento	l/(hab urbano.día)
Eficiencia media de abastecimiento	45	Porcentaje (%)	Aumento	(%)
Dotación bruta* para uso industrial	12	m ³ /(hab urbano.año)	Aumento	m ³ /(hab urbano.año)
Demanda de agua para uso minero, pecuario, recreativo y turístico	346	Demanda (Hm ³ /año)	Aumento	(%)

*Dotación bruta: volumen de agua que hay que captar en la fuente para satisfacer una determinada demanda.

Fuente: elaboración propia



Dicha caracterización se traduce en las siguientes demandas consuntivas de agua, por tipo de uso y AAA, estimadas en el PNRH para la situación actual:

Cuadro 4.2. Demanda consuntiva (Hm ³ /año) en situación actual									
RH	AAA	Agrícola	Pobla- cional	Indus- trial	Minero	Pecua- rio	Recrea- tivo	Turísti- co	TOTAL
PACIFICO	I. Caplina-Ocoña	3 027	162	6	101	0	0	0	3 297
	II. Cháparra-Chinca	3 601	79	9	3	0	0	0	3 691
	III. Cañete-Fortaleza	3 317	1 057	44	43	1	4	0	4 465
	IV. Huarney-Chicama	2 893	189	8	8	0	0	0	3 098
	V. Jequetepeque-Zarumilla	6 204	292	104	1	0	0	0	6 602
AMAZONAS	VI. Marañón	576	89	54	8	44	0	0	771
	VII. Amazonas	0	47	3	0	0	2	0	53
	VIII. Huallaga	687	87	1	31	1	2	0	808
	IX. Ucayali	63	68	4	2	2	0	1	140
	X. Mantaro	787	96	0	29	0	0	0	912
	XI. Pampas-Apurímac	384	36	0	8	1	0	0	429
	XII. Urubamba-Vilcanota	515	58	1	1	0	0	0	574
	XIII. Madre De Dios	6	13	15	33	1	13	0	80
TTICACA	XIV. Tticaca	1 107	47	0	6	0	0	0	1 160
TOTAL		23 166	2 320	249	273	50	22	1	26 081

Fuente: elaboración propia

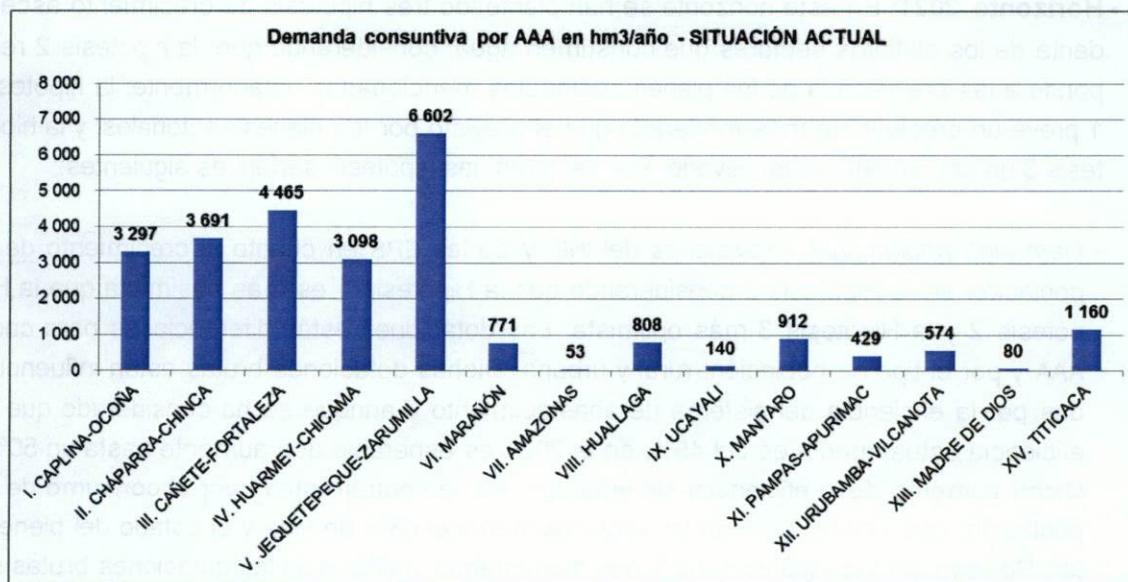


Figura 4.1. Demanda consuntiva por AAA, situación actual (2012). Fuente: elaboración propia

4.1.2. Proyecciones de demandas de agua

Conocida la situación actual a partir de los datos anteriores, hay que estudiar la previsible evolución de las demandas para cada uno de los sectores de consumo. Para ello se articulan una serie de escenarios para 2021 y 2035, con las diferentes previsiones para las demandas que se hayan incluido en las diversas planificaciones sectoriales. Estas planificaciones sectoriales son las variables de entorno que condicionan las variables internas del fenómeno.

Entre los **PLANES SECTORIALES** analizados en los que el agua es un recurso básico, destacan:

- Plan Perú 2021 (CEPLAN).
- Plan Nacional de Acción Ambiental Perú 2011-2021.
- Plan Nacional de Saneamiento 2006-15.
- Plan Estratégico Sectorial Multianual 2012-16. Ministerio de Agricultura.
- Política Nacional del Ambiente (2009).
- Plan de Acción de Adaptación y Mitigación frente al Cambio Climático.
- Programas Nacionales de Inversión en Recursos Hídricos (ANA, 2011).

Con esta documentación se han definido las distintas hipótesis siempre referidas a la situación actual, salvo el aumento de la superficie agrícola bajo riego, cuyo ritmo de crecimiento en el periodo 2012-2021 se prevé que sea muy superior al del siguiente periodo 2021-2035. Este hecho se debe al efecto de saturación de las inversiones, el elevado ritmo de desarrollo agrícola que se va a producir en los próximos años debido a la disponibilidad presupuestal del MINAGRI para riego, así como por las siguientes etapas de los Proyectos Especiales, sobre todo en la costa. En definitiva, los criterios con los que se han articulado las alternativas de evolución de las demandas son los siguientes:

- **Horizonte 2021:** En este horizonte se han planteado tres hipótesis de crecimiento ascendente de los distintos sectores que consumen agua, considerando que: la hipótesis 2 responde a las previsiones de los planes sectoriales mencionados anteriormente; la hipótesis 1 prevé un crecimiento más moderado que el previsto por los planes sectoriales; y la hipótesis 3 un crecimiento más elevado. Por sectores, las hipótesis serían las siguientes:

- *Demanda poblacional.* Previsiones del INEI y de las EPS en cuanto al crecimiento de la población en la Hipótesis 2 considerando que la Hipótesis 1 es más pesimista que la Hipótesis 2 y la Hipótesis 3 más optimista. Las dotaciones están diferenciadas para cada AAA y por el tipo de población: rural y urbana. Dichas dotaciones brutas están influenciadas por la eficiencia del sistema de abastecimiento y aunque se ha considerado que la eficiencia actual media es del 45%, en el 2021 es esperable que aumente hasta un 50%. Dicho aumento de la eficiencia, sin embargo, se ve contrarrestado por el consumo de la población, que tiende a aumentar según aumenta el nivel de vida y el estado del bienestar. Por eso, en las hipótesis 2 y 3, aún aumentando la eficiencia las dotaciones brutas siguen aumentando. En el Apéndice I se adjunta un cuadro con la demanda poblacional estimada a partir de las hipótesis de evolución formuladas. Dicha demanda está distribuida por AAA y tipo de población.

- *Demanda agrícola.* Para el periodo 2012-21, en la Hipótesis 2, se ha considerado la información del MINAGRI (500 000 ha en 10 años y una eficiencia de riego del 45%). El resto de las hipótesis se han generado a partir de esta, considerando que la Hipótesis 1 es más pesimista que la Hipótesis 2 y la Hipótesis 3 más optimista. En el Apéndice II se adjunta un cuadro con la demanda agrícola estimada a partir de las hipótesis de evolución formuladas. Dicha demanda está distribuida por AAA.



- *Demanda industrial.* Dotación por población urbana creciente, que se combina con el aumento de la población. En el Apéndice III se adjunta un cuadro con la demanda industrial estimada a partir de las hipótesis de evolución formulada y distribuida por AAA.
- *Resto de demandas.* Crecimiento porcentual variable en cada hipótesis. En el Apéndice IV se adjunta un cuadro con la demanda estimada a partir de las hipótesis de evolución formuladas, distribuidas por AAA.

Cuadro 4.3. Caracterización de las demandas en el horizonte 2021			
VARIABLE	HIPÓTESIS D1	HIPÓTESIS D2	HIPÓTESIS D3
Crecimiento superficie agrícola (ha/año)	40 000	50 000	60 000
Eficiencia de riego (%)	42	45	47
Población nacional (%)	1,0	<ul style="list-style-type: none"> • Previsiones INE (1,1%) Nacional • Previsiones EPS (variable) para AAA 	1,5
Dotación bruta* para uso poblacional rural l/(hab rural.día)	50	60	60
Dotación bruta* para uso poblacional urbana l/(hab urbano.día)	160 -290	170-300	170-300
Eficiencia del abastecimiento (%)	45	50	50
Dotación bruta* para uso industrial (m ³ /(hab urbano.año))	12	13	14
Demanda de agua para uso minero, pecuario, recreativo y turístico (%)	10	15	20

*Dotación bruta: volumen de agua que hay que captar en la fuente para satisfacer una determinada demanda.

Fuente: elaboración propia

Esta caracterización se traduce en las siguientes demandas de agua totales, en Hm³/año, para las tres hipótesis consideradas:

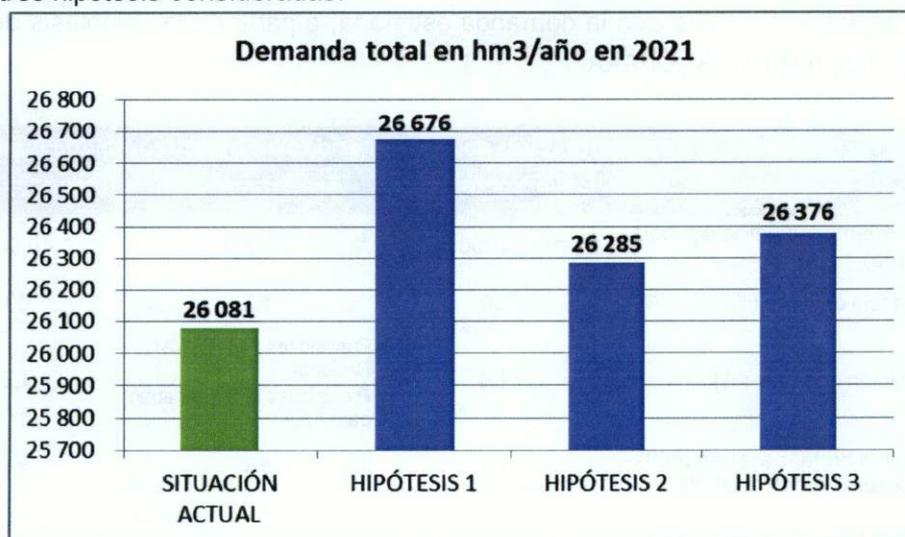


Figura 4.2. Hipótesis de evolución de la demanda consuntiva. Horizonte 2021

Fuente: elaboración propia

• **Horizonte 2035.** En este horizonte también se han definido tres hipótesis de crecimiento ascendente de los distintos sectores consumidores de agua. De igual manera que para el horizonte 2021, la hipótesis 5 es la que se ha asimilado a la prevista en los planes sectoriales analizados, mientras que las hipótesis 4 y 6 se han planteado con un menor y mayor crecimiento que aquella, respectivamente. Por sectores las hipótesis son las siguientes:

- *Demanda poblacional.* Previsiones del INEI y de las EPS en la Hipótesis 5, considerando que la Hipótesis 4 es más pesimista y que la Hipótesis 6 es más optimista en cuanto al crecimiento de la población. Las dotaciones están diferenciadas para cada AAA y por el tipo de población: población rural y urbana. Dichas dotaciones brutas están influenciadas por la eficiencia del sistema de abastecimiento que en el 2035 es esperable que aumente hasta un 60%. No se consideran eficiencias mayores porque resulta muy costoso renovar la red de tuberías ya existentes. No obstante, dicho aumento de la eficiencia se ve contrarrestado por el consumo de la población, que tiende a aumentar según aumenta el nivel de vida y el estado del bienestar que en 2035 se espera que sea mucho mejor que el actual. En el Apéndice I se adjunta un cuadro con la demanda poblacional estimada a partir de las hipótesis de evolución formuladas. Dicha demanda está distribuida por AAA y tipo de población.
- *Demanda agrícola.* Para el periodo 2021-35 se considera que el ritmo de crecimiento de la superficie agrícola bajo riego será menor que en el periodo anterior, pero que en la eficiencia de riego aún existe margen de mejora hasta alcanzar el 60%. En el Apéndice II se adjunta un cuadro con la demanda agrícola estimada a partir de las hipótesis de evolución formuladas. Dicha demanda está distribuida por AAA.
- *Demanda industrial.* Dotación por población urbana creciente, que se combina con el aumento de la población. En el Apéndice III se adjunta un cuadro con la demanda industrial estimada a partir de las hipótesis de evolución formulada y distribuida por AAA.
- *Resto de demandas.* Crecimiento porcentual variable en cada hipótesis. En el Apéndice IV se adjunta un cuadro con la demanda estimada, a partir de las hipótesis de evolución formuladas, distribuida por AAA.



Cuadro 4.4. Caracterización de las demandas en el horizonte 2035

VARIABLE	HIPÓTESIS D4	HIPÓTESIS D5	HIPÓTESIS D6
Crecimiento superficie agrícola (ha/año)	20 000	30 000	40 000
Eficiencia de riego (%)	50	57	60
Población nacional (%)	1,0	<ul style="list-style-type: none"> • Previsiones INEI (1,1%) Nacional • Previsiones EPS (variable) para AAA 	1,5
Dotación bruta* para uso poblacional rural (l/(hab rural.día))	70	70	70
Dotación bruta* para uso poblacional urbana l/(hab urbano.día)	180-310	180-310	180-310

Cuadro 4.4. Caracterización de las demandas en el horizonte 2035

VARIABLE	HIPÓTESIS D4	HIPÓTESIS D5	HIPÓTESIS D6
Eficiencia del abastecimiento (%)	60	60	60
Dotación bruta* para uso industrial (m ³ /(hab urbano.año))	15	16	17
Demanda de agua para uso minero, pecuario, recreativo y turístico (%)	25	30	35

*Dotación bruta: volumen de agua que hay que captar en la fuente para satisfacer una determinada demanda.

Fuente: elaboración propia

Esta caracterización se traduce en las siguientes demandas de agua totales, en Hm³/año, para las tres hipótesis consideradas:



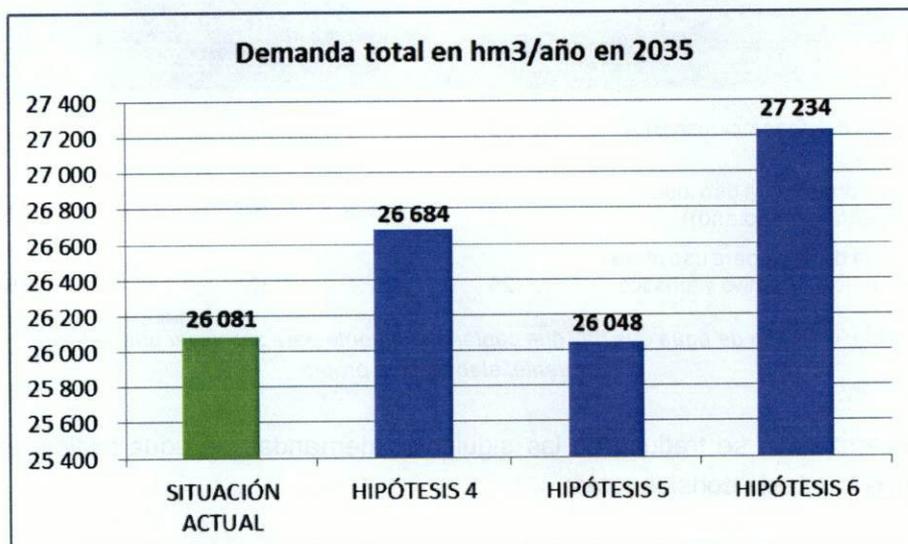


Figura 4.3. Hipótesis de evolución de la demanda consuntiva. Horizonte 2035

Fuente: elaboración propia

Es de destacar que en la **hipótesis 5** y aún creciendo todos los sectores consumidores de agua, la **demanda total es inferior incluso a la actual**, lo que revela la importancia de aumentar las eficiencias, tanto de riego como de abastecimiento.

4.2. Hipótesis de evolución de los recursos hídricos

4.2.1. Situación actual de los recursos hídricos

En el Diagnóstico Nacional se han determinado los recursos hídricos en régimen natural – que incluye los superficiales y los subterráneos- para las 159 unidades hidrográficas de la totalidad del Perú. Estos recursos se han caracterizado a partir de los caudales medios anuales y su distribución mensual en el año medio, a los que se les han añadido los volúmenes anuales que se trasvasan actualmente entre las diferentes unidades hidrográficas del Pacífico, así como desde la Región Hidrográfica del Amazonas a la del Pacífico. Los valores calculados para cada unidad hidrográfica se han agrupado por AAA, así como por cada una de las tres regiones hidrográficas peruanas. Esta situación actual es la que se ha caracterizado como la del 2012 y se refleja en el cuadro siguiente:

Nº	AAA	RH NATURALES MEDIOS	TRASVASES ATLÁNTICO-PACÍFICO	RH NATURALES CON TRASVASES
I	Caplina-Ocoña	7 569		7 569
II	Cháparra-Chincha	2 655	111	2 766
III	Cañete-Fortaleza	6 500	195	6 695
IV	Huarmey-Chicama	6 216		6 216
V	Jequetepeque-Zarumilla	11 196	644	11 840
VI	Marañón	118 224	-644	117 580
VII	Amazonas	708 024		708 024
VIII	Huallaga	147 451		147 451
IX	Ucayali	460 797		460 797

Nº	AAA	RH NATURALES MEDIOS	TRASVASES ATLÁNTICO-PACÍFICO	RH NATURALES CON TRASVASES
X	Mantaro	14 013	-195	13 818
XI	Pampas-Apurímac	31 511	-111	31 400
XII	Urubamba-Vilcanota	81 415		81 415
XIII	Madre De Dios	333 791		333 791
XIV	Titicaca	6 259		6 259
TOTAL PERÚ		1 935 621		1 935 621

Fuente: elaboración propia

4.2.2. Proyecciones del cambio climático

Para estimar la evolución de los recursos hídricos en el futuro que se pueden asignar a los distintos usos para garantizar la satisfacción de sus demandas, se ha tenido en cuenta el estudio denominado "Escenarios Climáticos del Perú para el año 2030", elaborado en 2009 por el SENAMHI. En ese documento se realiza un estudio de las tendencias climáticas en el Perú y las proyecciones futuras para el 2030. A efectos de lo que interesa en el marco del PNRH, en las tablas siguientes se recogen las previsiones, en cuanto a la variación porcentual de las precipitaciones, motivadas por el cambio climático:

Tabla 16: Precipitación acumulada anual proyectada al 2030, y variación porcentual al año 2030 en relación al clima presente en la región costa

Regiones	PP acumulada anual al año 2030 (mm/anales)	Cambios proyectados al 2030 (Variación porcentual %)	Localidades principales
Costa Norte	5 - 200	Entre +10 y +20 % - 10%	Gran parte de la zona Norte de Piura y La Libertad
Costa Central	5 - 50	Hasta el -30%	Toda la región
Costa Sur	5 - 50	Hasta -20%	Ica y Arequipa

Fuente: "Escenarios Climáticos del Perú para el año 2030" (SENAMHI, 2009)

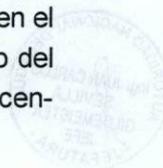


Tabla 17: Precipitación acumulada anual proyectada al 2030, y variación porcentual al año 2030 en relación al clima presente en la región sierra

Regiones		PP acumulada anual al año 2030 (mm/anales)	Cambios proyectados al 2030 (Variación porcentual %)	Localidades principales
Sierra Norte	Occidental	200 - 1000	Entre +10 y 10%	Toda la región
	Oriental	500 - 1000	Hasta + 10% - 10%	Sobre la zona este Sobre la zona oeste.
Sierra Central	Occidental	100 - 1000	Hasta un - 20% Hasta un +20%	Parte norte (Áncash, Lima y Pasco). Parte sur: Junín, Lima y Huancavelica).
	Oriental	500 - 1000	Hasta un - 20% Hasta un 20%	Huánuco, Pasco. Junín y Huancavelica.
Sierra Sur	Occidental	100 - 500	- 20% + 20%	Parte norte: Ayacucho, Arequipa. Parte sur: sobre Moquegua y Tacna.
	Oriental	500 - 1000	- 20%	Apurímac y parte del Cusco.
Altiplano		500 - 1000	Hasta -10% + 10%	Sobre el sur occidental del Lago Titicaca. Sobre el norte del Lago.

Fuente: "Escenarios Climáticos del Perú para el año 2030" (SENAMHI, 2009)

Tabla 18: Precipitación acumulada anual proyectada al 2030, y variación porcentual al año 2030 en relación al clima presente en la región selva

Regiones		PP acumulada anual al año 2030 (mm/anales)	Cambios proyectados al 2030 (Variación porcentual %)	Localidades principales
Selva Norte		1 000 a 4 000	- 10% + 10%	Parte oeste Parte este
Selva Central	Baja	2 000 a 3 000	+ 10%	Región Ucayali.
	Alta	2 000 a 3 000	- 10% + 10%	Parte norte: Huánuco y provincias de Padre Abad y Coronel Portillo de Ucayali Pasco y Junín.
Selva Sur		1 500 a 5 500	- 10% + 10% y + 20%	Gran parte de la selva sur. Madre de Dios y Cusco.

Fuente: "Escenarios Climáticos del Perú para el año 2030" (SENAMHI, 2009)

La correspondencia entre las unidades hidrográficas de una determinada AAA y las regiones incluidas en las tablas anteriores del SENAMHI se ha efectuado de la siguiente manera:

- Las variaciones de la precipitación incluidas en la tabla 16 no se han considerado porque, por una parte, la precipitación acumulada en el año es inferior a 200 mm -y no hay escorrentía por debajo de ese valor- y, por otra, geográficamente los recursos hídricos de las cuencas pacíficas se generan en la sierra occidental y no en la costa.
- Las AAA del Pacífico se corresponden las regiones sierra sur, central y norte, siempre occidentales. Las AAA amazónicas se asignan a las regiones de sierras orientales y selvas, mientras que el Titicaca se integra en la región del altiplano.

- Los valores extremos de las tablas se han considerado para el horizonte 2035 y, dentro de él, la evolución de cada hipótesis es gradual de mayor a menor recurso. Para el horizonte más cercano de 2021 se han considerado valores intermedios entre la inexistencia del cambio climático y los valores extremos.

Con los criterios anteriores se ha efectuado una correspondencia entre las regiones geográficas mencionadas en las tablas anteriores y las AAA y, sobre ellas, se han previsto seis hipótesis de variación porcentual de las precipitaciones, que cubren el rango propuesto en las tablas. En el cuadro siguiente se identifica el alcance de cada una de las seis hipótesis:

Cuadro 4.6. Hipótesis de evolución de las precipitaciones por AAA (%)

AAA	REGIÓN SENAMHI	HORIZONTE 2021			HORIZONTE 2035		
		R1	R2	R3	R4	R5	R6
I. Caplina-Ocoña	Sierra sur y central Oeste	+10	0	-10	+20	0	-20
II. Cháparra-Chincha	Sierra sur y central Oeste	+10	0	-10	+20	0	-20
III. Cañete-Fortaleza	Sierra sur y central Oeste	+10	0	-10	+20	0	-20
IV. Huarmey-Chicama	Sierra norte Oeste	+5	0	-5	+10	0	-10
V. Jequetepeque-Zarumilla	Sierra norte Oeste	+5	0	-5	+10	0	-10
VI. Marañón	Sierra norte y central Este	+5	-2,5	-10	+10	-5	-20
VII. Amazonas	Selva norte y central	+5	0	-5	+10	0	-10
VIII. Huallaga	Sierra norte y central Este	+5	-2,5	-10	+10	-5	-20
IX. Ucayali	Sierra central Este y Selva central baja	+10	0	-10	+20	0	-20
X. Mantaro	Sierra central y sur Este	+10	0	-10	+20	0	-20
XI. Pampas-Apurímac	Sierra central y sur Este	+10	0	-10	+20	0	-20
XII. Urubamba-Vilcanota	Sierra central y sur Este	+10	0	-10	+20	0	-20
XIII. Madre de Dios	Selva sur y central alta	+10	+7,5	+5	+20	+15	+10
XIV. Titicaca	Altiplano	+5	0	-5	+10	0	-10

Fuente: elaboración propia

La aplicación de estos porcentajes de variación de las lluvias sobre la Ley Aportación-precipitación utilizada en el PNRH y validada por la ANA, a la situación actual de 2012, proporciona los recursos hídricos medios generados en el interior de cada AAA para cada hipótesis estudiada y horizonte de planificación. La ley que permite relacionar la variación de las precipitaciones con la variación de los recursos hídricos se representa mediante el siguiente algoritmo:

$$A_e + \Delta A_e = (P + \Delta P) * e^{(-K/(P + \Delta P))};$$

$$Q + \Delta Q = S * (A_e + \Delta A_e) / 31536$$

donde:

- S: Superficie de la cuenca (km²)
- A_e: Aportación específica anual (mm)

- P: Precipitación anual sobre la cuenca (mm)
- ΔP: Variación de la precipitación según las distintas hipótesis (mm)
- ΔA_e: Variación de la aportación específica (mm)
- K: Parámetro de la ley, según la región hidrológica homogénea
- Q: Módulo de caudal en el punto de generación (m³/s)
- 31 536: coeficiente de transformación de unidades

El resultado para cada hipótesis de recursos considerada se refleja en los dos cuadros siguientes donde también se puede observar la evolución porcentual de los mismos, con respecto a la situación actual. Para el horizonte 2021:

AAA	HIPÓTESIS R1		HIPÓTESIS R2		HIPÓTESIS R3	
	RHN (Hm ³ /año)	(%)	RHN (Hm ³ /año)	(%)	RHN (Hm ³ /año)	(%)
I. Caplina-Ocoña	9 243	22	7 569	0	5 996	-21
II. Cháparra-Chincha	3 254	23	2 655	0	2 095	-21
III. Cañete-Fortaleza	7 630	17	6 500	0	5 405	-17
IV. Huarmey-Chicama	6 728	8	6 216	0	5 712	-8
V. Jequetepeque-Zarumilla	12 405	11	11 196	0	10 024	-10
VI. Marañón	127 237	8	113 746	-4	100 446	-15
VII. Amazonas	752 740	6	708 024	0	663 430	-6
VIII. Huallaga	157 269	7	133 253	-10	127 942	-13
IX. Ucayali	520 234	13	460 797	0	401 740	-13
X. Mantaro	16 603	18	14 013	0	11 517	-18
XI. Pampas-Apurímac	37 064	18	31 511	0	26 129	-17
XII. Urubamba-Vilcanota	92 656	14	81 415	0	70 289	-14
XIII. Madre de Dios	374 175	12	364 067	9	353 967	6
XIV. Títicaca	7 039	12	6 259	0	5 512	-12
TOTAL PERU	2 124 278	+9,7	1 947 222	+0,6	1 790 205	-7,5

Fuente: elaboración propia

- La hipótesis R1 supone un incremento de los recursos hídricos naturales en todas las AAA que oscila entre el +6% en el Amazonas y el +23% en las cuencas de Cháparra-Chincha, con un aumento de la totalidad del Perú de un +9,7%.
- En la hipótesis R2 sólo varían las cuencas de las sierras norte y central orientales y la selva baja, ofreciendo un incremento global para el Perú de un +0,6%.
- Por su parte, la R3 es la que genera una reducción muy elevada de los recursos hídricos que para la totalidad del Perú es de un -7,5%, pero que en las cuencas hidrográficas más deficitarias de la costa sur y central del Pacífico desciende a un -21%.

Para el horizonte 2035 los resultados son los siguientes:

AAA	HIPÓTESIS R4		HIPÓTESIS R5		HIPÓTESIS R6	
	RHN (Hm ³ /año)	(%)	RHN (Hm ³ /año)	(%)	RHN (Hm ³ /año)	(%)

Cuadro 4.8. Variación de los recursos hídricos naturales por AAA. Horizonte 2035						
AAA	HIPOTESIS R4		HIPOTESIS R5		HIPOTESIS R6	
	RHN (Hm ³ /año)	(%)	RHN (Hm ³ /año)	(%)	RHN (Hm ³ /año)	(%)
I. Caplina-Ocoña	11 003	45	7 569	0	4 546	-40
II. Cháparra-Chincha	3 883	46	2 655	0	1 579	-41
III. Cañete-Fortaleza	8 787	35	6 500	0	4 354	-33
IV. Huarmey-Chicama	7 247	17	6 216	0	5 217	-16
V. Jequetepeque-Zarumilla	13 650	22	11 196	0	8 893	-21
VI. Marañón	136 321	15	109 290	-8	83 083	-30
VII. Amazonas	797 561	13	708 024	0	618 975	-13
VIII. Huallaga	167 122	13	137 674	-7	108 646	-26
IX. Ucayali	579 965	26	460 797	0	343 189	-26
X. Mantaro	19 268	38	14 013	0	9 140	-35
XI. Pampas-Apurímac	42 756	36	31 511	0	20 966	-33
XII. Urubamba-Vilcanota	103 986	28	81 415	0	59 314	-27
XIII. Madre de Dios	414 670	24	394 410	18	374 175	12
XIV. Titicaca	7 849	25	6 259	0	4 800	-23
TOTAL PERÚ	2 314 068	+19,6	1 977 530	+2,2	1 646 875	-14,9

Fuente: elaboración propia

- La hipótesis R4 supone un incremento de los recursos hídricos naturales muy elevado en todas las AAA que oscila entre el +13% en el Amazonas y el +46% en las cuencas de Cháparra-Chincha, con un aumento de la totalidad del Perú de un +19,6%.
- En la hipótesis R5 sólo varían las cuencas de las sierras norte y central orientales y la selva baja, ofreciendo un incremento global para el Perú de un +2,2%.
- Por su parte, la R6 es la que genera una reducción muy elevada de los recursos hídricos que para la totalidad del Perú es de un -14,9%, pero que en las cuencas hidrográficas más deficitarias de la costa sur y central del Pacífico desciende a un -40%.

5. FORMULACIÓN DE ESCENARIOS

La consideración conjunta de las demandas y de los recursos hídricos naturales afectados por el cambio climático, conduce al conjunto de alternativas indicadas en los apartados anteriores, que se representan simbólicamente mediante una matriz y en la que del cruce de ambos elementos surgen los escenarios. Para cada horizonte de planificación se han estudiado tres hipótesis diferentes de crecimiento de las demandas y otras tres de evolución de los recursos hídricos, de tal forma que, para el conjunto del PNRH se han considerado dieciocho escenarios potenciales.

HORIZONTE 2021		EVOLUCIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS		
		HIPÓTESIS 1	HIPÓTESIS 2	HIPÓTESIS 3
DE LAS DE-	HIPÓTESIS 1	ESCENARIO 1.1	ESCENARIO 1.2	ESCENARIO 1.3

	HIPÓTESIS 2	ESCENARIO 2.1	ESCENARIO 2.2	ESCENARIO 2.3
	HIPÓTESIS 3	ESCENARIO 3.1	ESCENARIO 3.2	ESCENARIO 3.3

HORIZONTE 2035		EVOLUCIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS		
		HIPÓTESIS 4	HIPÓTESIS 5	HIPÓTESIS 6
EVOLUCIÓN DE LAS DEMANDAS	HIPÓTESIS 4	ESCENARIO 4.4	ESCENARIO 4.5	ESCENARIO 4.6
	HIPÓTESIS 5	ESCENARIO 5.4	ESCENARIO 5.5	ESCENARIO 5.6
	HIPÓTESIS 6	ESCENARIO 6.4	ESCENARIO 6.5	ESCENARIO 6.6



Sin embargo, hay que indicar que no todos los escenarios tienen que ser viables en el contexto actual, ya que pueden plantearse algunos de ellos mediante combinaciones de escasa o mínima viabilidad, que pongan en evidencia la incompatibilidad de las estrategias seguidas por diferentes intereses sectoriales del agua:

- necesidad de incremento de la frontera agrícola o diferente ritmo de expansión agraria;
- crecimiento diferencial de la población o dotaciones inalcanzables;
- potenciación de la actividad industrial o de la minería;
- abandono de tierras agrícolas, etc.

Por otra parte, también se puede considerar que no son razonables determinadas hipótesis de variación de la precipitación asociada al cambio climático y, por lo tanto, de los recursos hídricos naturales.

Por eso, las etapas de formulación, análisis y selección de los escenarios ha sido la siguiente:

HORIZONTE DE PLANIFICACIÓN	ESTUDIADOS POR INFRAECO	PRESENTADOS AL TALLER MULTISECTORIAL	PRESENTADOS EN EL TALLER NACIONAL	SELECCIONADOS Y DESARROLLADOS EN EL PNRH
2021	9	3	3	1
2035	9	3	3	1
TOTAL	18	6	6	2

Fuente: elaboración propia

6. ANÁLISIS DE ESCENARIOS

En este apartado se analizan los escenarios indicados en el apartado anterior desde el punto de vista de la demanda. Es decir, para cada una de las seis hipótesis de evolución previ-

sible de las demandas –tres para cada horizonte de planificación-, se calculan los balances hídricos que se deducen de considerar los tres escenarios previsibles de evolución de los recursos hídricos naturales motivada por el cambio climático. Para que sirva de contraste, cada uno de ellos se compara con la situación actual, que se incluye a efectos indicativos.

Como criterios de análisis se utilizan los siguientes:

- Resultado del balance hídrico.
- Coherencia y factibilidad.
- Orientación de las medidas a aplicar.
- Efectos socioeconómicos y ambientales.
- Valoración cualitativa del escenario.

El resultado del balance hídrico calculado de esta manera es un valor teórico que indica la capacidad de cada AAA para satisfacer sus demandas con sus recursos naturales propios más los trasvasados, de una forma objetiva. Cuando el resultado es deficitario significa que los recursos naturales propios de la AAA, más los trasvases que recibe de otra AAA o menos los que cede a otra AAA, no pueden satisfacer las demandas estimadas.

6.1. Situación actual de 2012

Antes de formular los distintos escenarios, parece conveniente caracterizar la situación de partida relativa al 2012. El cuadro siguiente recoge los recursos hídricos medios anuales en régimen natural (superficiales más subterráneos), acumulados y distribuidos por AAA, y con los trasvases actuales, así como las demandas también acumuladas, y el balance hídrico resultante distribuido por cada una de las AAA. Como se puede observar, a este nivel de detalle regional es la AAA II. Cháparra-Chincha la que tiene un déficit hídrico al nivel de su territorio:

AUTORIDAD ADMINISTRATIVA DEL AGUA		RECURSOS HÍDRICOS	DEMANDAS CONSUNTIVAS	BALANCE HÍDRICO
I	Caplina-Ocoña	7 569	3 297	4 272
II	Cháparra-Chincha	2 766	3 691	-925
III	Cañete-Fortaleza	6 695	4 465	2 230
IV	Huarmey-Chicama	6 216	3 098	3 118
V	Jequetepeque-Zarumilla	11 840	6 602	5 238
VI	Marañón	117 580	771	116 809
VII	Amazonas	1 464 762	3 687	1 461 075
VIII	Huallaga	147 451	808	146 643
IX	Ucayali	587 735	2 055	585 680
X	Mantaro	13 818	912	12 906
XI	Pampas-Apurímac	31 400	429	30 971
XII	Urubamba-Vilcanota	81 415	574	80 841
XIII	Madre de Dios	333 791	80	333 711
XIV	Titicaca	6 259	1 160	5 099

Fuente: elaboración propia



El concepto *acumulado* proviene del flujo hídrico ya que los cauces que constituyen una determinada AAA circulan hacia aguas abajo y entran en territorio de otra AAA colindante, es decir, los recursos hídricos no se agotan en cada territorio administrativo de la AAA. Para considerar este hecho se ha operado de la siguiente manera:

- A los recursos propios que se generan en el territorio de la AAA del Ucayali se les añaden los procedentes de las AAA situadas aguas arriba, es decir, Mantaro, Pampas-Apurímac y Urubamba-Vilcanota.
- A los recursos propios que se generan en el territorio de la AAA del Amazonas se les suman los procedentes de las situadas aguas arriba, es decir, Marañón, Huallaga y Ucayali (excepto los que discurren hacia territorio brasileño).
- De igual manera se procede con las demandas, es decir, se acumulan las de aguas arriba, para considerar el efecto de su satisfacción hacia aguas abajo.

Pero si se profundiza en el análisis al nivel de unidad hidrográfica se observa las que presentan déficit global al nivel del año medio, así como las que poseen algún mes deficitario. Este primer diagnóstico resultado del balance de planificación –que no es de explotación–, se ha profundizado para saber si cada cuenca hidrográfica, con la regulación superficial –embalses– o subterránea –acuíferos– de que dispone, es capaz con una gestión adecuada de la misma, de satisfacer sus propios déficit mensuales.

Cuando una cuenca posee recursos hídricos propios suficientes para equilibrar el déficit mensual se propone un embalse de regulación en la propia cuenca, mientras que cuando aquéllos son insuficientes, se propone además un trasvase procedente de una cuenca colindante:

Cuadro 6.2. Cuencas con necesidad de recursos adicionales y/o regulación de los propios			
Nº UH	UNIDAD HIDROGRÁFICA	INFRAESTRUCTURA NECESARIA	VOLUMEN NECESARIO (Hm ³)
AAA I. CAPLINA - OCOÑA			
14	Atico	Embalse y trasvase	0,5
5	Sama	Embalse y trasvase	54,0
4	Caplina	Embalse y trasvase	94,0
3	Hospicio	Embalse y trasvase	39,0
TOTAL AAA I			187,5
AAA II. CHAPARRA - CHINCHA			
24	San Juan	Embalse y trasvase	31,0
23	Pisco	Embalse	336,0
22	Ica	Embalse y trasvase	866,0
21	Grande	Embalse y trasvase	148,0
20	Acarí	Embalse	125,0
19	Yauca	Embalse	133,0
17	Chala	Embalse	0,4
TOTAL AAA II			1 639,4
AAA III. CAÑETE - FORTALEZA			



Cuadro 6.2. Cuencas con necesidad de recursos adicionales y/o regulación de los propios			
Nº UH	UNIDAD HIDROGRÁFICA	INFRAESTRUCTURA NECESARIA	VOLUMEN NECESARIO (Hm ³)
37	Fortaleza	Embalse	34,0
34	Huaura	Embalse y trasvase	183,0
32	Chillón	Embalse y trasvase	102,0
30	Lurín	Embalse y trasvase	97,0
29	Chilca	Embalse	1,0
TOTAL AAA III			417,0
AAA IV. HUARMEY – CHICAMA			
39	Culebras	Embalse y trasvase	22,0
TOTAL AAA IV			22,0
TOTAL PERÚ (Hm³)			2 265,90

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar, resultan 17 cuencas hidrográficas que presentan déficit anual o mensual, con respecto a los recursos hídricos medios, que hay que equilibrar. El hecho de que haya cuencas deficitarias en las AAA de Caplina-Ocoña, Cañete-Fortaleza y Huarmey-Chicama y que, sin embargo, su balance global sea positivo al considerar todas las cuencas de sus territorios, indica, por una parte, el valor de este balance –que se recuerda, no es un balance de explotación, sino de planificación orientado a detectar problemas potenciales- y, por otra, la redistribución de los recursos hídricos que se está produciendo en el interior de sus territorios, con trasvases entre unas cuencas y otras, tal y como se ha puesto de manifiesto en el cuadro de proyectos especiales.

Por otra parte, si no se disminuyera la demanda de agua –mediante medidas de gestión y ahorro con modernización de infraestructuras- se necesitaría un volumen útil de embalse y trasvase desde la vertiente amazónica de unos 1 636 Hm³/año para equilibrar los déficit y unos 630 Hm³/año de volumen útil de embalse para la regulación propia de las cuencas.

Con respecto a la explotación de las aguas subterráneas, la situación se refleja en el cuadro siguiente para los acuíferos costeros de la vertiente del Pacífico, que están monitorizados por la ANA:

Cuadro 6.3. Balances de explotación en los acuíferos costeros de la RH Pacífico					
AAA	GLOBAL (Hm ³ /año)	SUPERAVIT (Hm ³ /año)	DEFICIT (Hm ³ /año)	ACUÍFERO SOBREEXPLOTADO	ACUÍFERO VEDA
I. Caplina-Ocoña	-15	42	-58	Caplina	Caplina
II. Cháparra-Chincha	-239	111	-350	Pisco Villacurí Ica	Pampa de Lanchas Villacurí Ica
III. Cañete-Fortaleza	262	263	-0,42	Asia-Omás	Puente Piedra y Cercado Lima (Chillón), Canto Grande (Lurín) Chilca
IV. Huarmey-Chicama	324	354	-30	Chicama	No declarado

Cuadro 6.3. Balances de explotación en los acuíferos costeros de la RH Pacífico

AAA	GLOBAL (Hm ³ /año)	SUPERAVIT (Hm ³ /año)	DEFICIT (Hm ³ /año)	ACUÍFERO SOBREEXPLOTADO	ACUÍFERO VEDA
V. Jequetepeque-Zarumilla	662	693	-31	Olmos-Cascajal La Leche	Motupe La Leche
TOTAL (hm³/año)	995	1 463	-468		

Fuente: elaboración propia

En definitiva, la situación de partida en cuanto al balance hídrico se caracteriza por poseer en la vertiente del Pacífico:

- La AAA Cháparra-Chincha deficitaria al nivel global.
- Una serie de cuencas hidrográficas deficitarias al nivel anual y mensual, de diferente volumen.
- Una sobreexplotación de los acuíferos costeros del entorno de los 468 hm³/año que hay que eliminar para evitar el descenso paulatino de los niveles piezométricos, así como la intrusión salina que impida su uso, tanto en abastecimiento poblacional, como para riego.

6.2. El efecto de la eficiencia de riego

El elevado volumen de agua que supone la demanda agrícola hace que, cualquier hipótesis de aumento de la superficie agrícola, deba ir acompañada de un incremento de la eficiencia de riego para que la primera no crezca de forma desequilibrada. Para analizar cuantitativamente este efecto, el cuadro siguiente recoge la diferencia en volumen anual de la demanda agraria si, en las hipótesis de crecimiento analizadas, solo lo hiciera la superficie agrícola y se mantuviera constante, en torno al 35% actual, la eficiencia de riego. En los dos cuadros siguientes se puede observar este extremo, para cada horizonte de planificación.

Cuadro 6.4. Efecto del aumento de la eficiencia de riego sobre la demanda. Horizonte 2021

AAA	DEMANDA D1			DEMANDA D2			DEMANDA D3		
	SE* (35%)	CE* (42%)	DIF	SE* (35%)	CE* (45%)	DIF	SE* (35%)	CE* (47%)	DIF
I. Caplina-Ocoña	4 013	3 394	619	4 194	3 332	862	4 371	3 338	1 033
II. Cháparra-Chincha	4 016	3 364	652	4 198	3 289	909	4 378	3 289	1 089
III. Cañete-Fortaleza	4 876	4 275	601	5 094	4 257	837	5 294	4 291	1 003
IV. Huarvey-Chicama	4 067	3 428	639	4 251	3 361	890	4 431	3 364	1 067
V. Jequetepeque-Zarumilla	8 416	7 093	1 323	8 804	6 961	1 843	9 187	6 978	2 209
VI. Marañón	969	844	125	1 022	849	173	1 069	861	208
VII. Amazonas	59	59	0	63	63	0	64	64	0
VIII. Huallaga	998	855	143	1 046	846	200	1 089	849	240
IX. Ucayali	155	144	11	165	149	16	171	152	19
X. Mantaro	995	853	142	1 042	844	198	1 085	847	238
XI. Pampas-Apurímac	812	685	127	851	674	177	886	675	211
XII. Urubamba-Vilcanota	525	448	77	550	443	107	573	445	128
XIII. Madre de Dios	90	89	1	96	94	2	101	99	2
XIV. Titicaca	1 361	1 144	217	1 425	1 123	302	1 485	1 124	361
TOTAL PERÚ	31 351	26 676	4 675	32 799	26 285	6 514	34 183	26 376	7 806

*SE: sin mejora de la eficiencia de riego, CE: con mejora de la eficiencia de riego



Fuente: elaboración propia

Cuadro 6.5. Efecto del aumento de la eficiencia de riego sobre la demanda. Horizonte 2035									
AAA	HIPÓTESIS D4			HIPÓTESIS D5			HIPÓTESIS D6		
	SE* (35%)	CE* (50%)	DIF	SE* (35%)	CE* (57%)	DIF	SE* (35%)	CE* (60%)	DIF
I. Caplina-Ocoña	4 605	3 336	1 269	5 043	3 245	1 798	5 497	3 378	2 119
II. Cháparra-Chincha	4 598	3 260	1 338	5 051	3 157	1 894	5 514	3 282	2 232
III. Cañete-Fortaleza	5 690	4 458	1 232	6 143	4 398	1 745	6 694	4 638	2 056
IV. Huarmey-Chicama	4 676	3 365	1 311	5 124	3 268	1 856	5 592	3 403	2 189
V. Jequetepeque-Zarumilla	9 709	6 995	2 714	10 651	6 806	3 845	11 638	7 107	4 531
VI. Marañón	1 172	917	255	1 275	913	362	1 395	969	426
VII. Amazonas	78	78	0	80	80	0	87	87	0
VIII. Huallaga	1 162	868	294	1 266	849	417	1 378	888	490
IX. Ucayali	196	172	24	207	174	33	225	186	39
X. Mantaro	1 158	866	292	1 261	847	414	1 373	885	488
XI. Pampas-Apurímac	940	680	260	1 029	661	368	1 122	689	433
XII. Urubamba-Vilcanota	612	455	157	667	444	223	727	464	263
XIII. Madre de Dios	113	111	2	119	116	3	129	126	3
XIV. Títicaca	1 567	1 123	444	1 718	1 089	629	1 875	1 133	742
TOTAL PERÚ	36 276	26 684	9 592	39 634	26 047	13 587	43 246	27 235	16 011

*SE: sin mejora de la eficiencia de riego, CE con mejora de la eficiencia de riego

Fuente: elaboración propia

• Como se puede observar, para el horizonte de planificación 2021 el ahorro de agua que implica el aumento de la eficiencia de riego oscila entre 4 675 y 7 806 Hm³/año, cifras considerables que suponen un ahorro entre el 15% y el 23% de la demanda, a pesar de que la superficie de riego aumenta entre el 22% y el 33%, respectivamente. Además, **dichos volúmenes de agua ahorrados** permitirían no solamente abastecer a toda la población del Perú, cuya demanda en el caso más elevado es de 2 828 hm³/año, sino que se **podrían satisfacer todas las demandas sectoriales de agua**.

• Por su parte, para el horizonte de planificación 2035 el ahorro de la demanda de agua que implica el aumento de la eficiencia riego oscila entre 9 592 y 16 011 Hm³/año, cifras muy elevadas que suponen un ahorro entre el 26% y el 37%, a pesar de que la superficie de riego aumenta entre el 39% y el 67%, respectivamente. Hay que hacer constar que un regadío moderno debe disponer de una eficiencia en torno al 60-70%.

• Con estos valores se debería adoptar como criterio para permitir la implantación de nuevas zonas de riego, que las **nuevas superficies** a transformar lo sean con **riego tecnificado** y que las existentes deban transformarse, paulatinamente, a riego localizado.

6.3. Medidas para incrementar los recursos hídricos

El objetivo principal de la planificación de los recursos hídricos es satisfacer las demandas y eliminar los déficits incrementando la oferta de recursos hídricos en aquellas cuencas que los padecen. La secuencia general para incrementar los recursos sería:

- En primer lugar, adoptar medidas de ahorro como:
 - el aumento de la eficiencia en los sistemas de transporte y distribución
 - la tecnificación de los sistemas de riego
 - la capacitación de los usuarios
- Después, aplicar medidas como el reúso de aguas residuales, cuando este sea posible.
- A continuación, incrementar la disponibilidad de los recursos propios de la cuenca mediante embalses de regulación o recarga de acuíferos y la explotación de acuíferos infrautilizados.
- Posteriormente, transferencia de recursos desde otras cuencas.
- Finalmente, desalación de agua de mar, donde sea técnica y económicamente viable.

Hay que considerar la existencia de proyectos especiales que no han terminado de ser ejecutados en su totalidad y que se encuentran en distintas fases de desarrollo. Entre lo que están aprobados y existe conocimiento de que se van a seguir construyendo, destacan los que se indican en el cuadro siguiente, cuyos volúmenes previstos que trasvasen habrá que considerar para equilibrar los déficits en los distintos escenarios que se consideren:

Cuadro 6.6. Proyectos especiales. Traslases previstos y no ejecutados todavía						
PROYECTO ESPECIAL	HORIZONTE	CUENCA CEDENTE		CUENCA RECEPTORA		VOLUMEN (hm ³ /año)
		AAA	NOMBRE	AAA	NOMBRE	
Alto Piura	2021	VI. Marañón	Marañón	V. Jeq-Zar	Piura	335
Marca II	2021	X. Mantaro	Mantaro	III. Cañ-For	Rímac	126
Olmos-Tinajones	2021	VI. Marañón	Huancabamba	V. Jeq-Zar	Olmos	1 309
Majes-Siguas	2035	XI. Pam-Apu	Pampas	I. Cap-Ocoñ	Quilca	348

Fuente: elaboración propia

6.4. Efectos ambientales de las medidas

Los efectos ambientales deben considerarse, en primer lugar, desde una perspectiva general que afecta a todos los escenarios y, posteriormente, desde una óptica particular que afecta a cada uno de ellos.

Los aspectos generales a tener en cuenta en todos los escenarios son:

- Debe eliminarse la sobreexplotación de acuíferos que produce numerosos efectos nocivos como el descenso de los niveles de agua que desecan los ríos, humedales, intrusión salina, etc.
- El mantenimiento de unos caudales mínimos circulando por los cauces es un supuesto de gestión que solo supera el uso para abastecimiento humano.



- Las actuaciones hidráulicas para incrementar la disponibilidad del recurso hídrico generan efectos ambientales en diferentes sentidos: modificación del régimen de caudales, así como efectos ambientales derivados de las obras correspondientes.

6.5. Efectos de la mejor calidad del agua

Los escenarios analizados consideran que los recursos hídricos cuentan con aguas de la calidad necesaria para suministrar la totalidad de los usos. Por este motivo, la necesidad de aplicar **medidas de depuración de las aguas servidas** es ineludible para que no se produzca una merma en la cantidad de agua motivada por una calidad inadecuada. En caso contrario, se contribuiría a desequilibrar el frágil balance hídrico del que disponen actualmente las unidades hidrográficas del Pacífico.

6.6. Escenarios de la hipótesis 1 de demanda (horizonte 2021)

6.6.1. Datos básicos

En la página siguiente se sintetizan los balances para cada AAA que se deducen de considerar la primera hipótesis de evolución de las demandas de agua, con las tres hipótesis de evolución de los recursos hídricos naturales (superficiales más subterráneos). Todos los resultados se expresan en hectómetros cúbicos al año. En esta información tanto los recursos hídricos, como las demandas de agua son acumulados.

Se presentan dos cuadros para resaltar la importancia de la mejora de la eficiencia del riego, pieza clave y absolutamente necesaria para definir una gestión sostenible de los recursos hídricos que posibilite la implementación de una política expansiva de riego. El resultado del balance hídrico se sintetiza en las siguientes conclusiones:

- La Región Hidrográfica (RH) Pacífico es la que mayores problemas presenta para satisfacer la demanda, con la AAA de Cháparra-Chincha como ejemplo más claro en todas las hipótesis.
- La RH Amazonas presenta unos balances hídricos que permiten concluir que, ni en el peor escenario de recursos hídricos, va a tener problemas de satisfacción de sus demandas. Este hecho no significa que puedan existir déficit puntuales, tanto en el tiempo como en el espacio, pero se deberían a la ausencia de las infraestructuras hidráulicas necesarias, fundamentalmente de abastecimiento poblacional.
- La RH Titicaca dispone de unos balances similares a la de Jequetepeque-Zarumilla que se localiza en la costa norte, aunque su demanda consuntiva no supera el 22% de sus recursos hídricos naturales en el peor de los casos, frente a la de Jequetepeque-Zarumilla, cuya demanda consuntiva excede el 50% de sus recursos hídricos. En las tres de las hipótesis consideradas, cualquier variación de la demanda en esta última podría llegar a comprometer su balance hídrico, algo que no es previsible en el caso del Titicaca.



- 
- Sin mejora de la eficiencia de riego. La AAA II. Cháparra-Chincha presenta déficit en todas las hipótesis de evolución de los recursos motivados por el cambio climático, entre **-652** y **-1 811** hm³/año.
 - Con aumento de la eficiencia de riego. La AAA II. Cháparra-Chincha presenta balance equilibrado en el primer escenario de recursos hídricos, pero se mantiene deficitaria en las otras dos hipótesis de evolución de los recursos motivados por el cambio climático, entre **-598** y **-1 159** hm³/año.

Aunque el resto de las AAA son globalmente excedentarias, es posible que algunas cuencas hidrográficas sean deficitarias.

Cuadro 6.7. Balances hídricos para el horizonte 2021 para la hipótesis 1 de demandas. Sin mejora eficiencia de riego

AUTORIDAD ADMINISTRATIVA DEL AGUA	Situación actual 2012		Recursos hídricos medios						Demanda			Balances hídricos		
	Recursos	Demandas	Balance	Recursos hídricos medios			D 1	Balances hídricos		D 1	Balances hídricos			
				R.1	R.2	R.3		B.1.1	B.1.2		B.1.1	B.1.2	B.1.3	
I	7 569	3 297	4 272	9 243	7 569	5 996	4 013	5 231	3 556	1 983				
II	2 766	3 691	-925	3 365	2 766	2 206	4 016	-652	-1 250	-1 811				
III	6 695	4 465	2 230	7 825	6 695	5 600	4 876	2 949	1 820	725				
IV	6 216	3 098	3 118	6 728	6 216	5 712	4 067	2 661	2 149	1 646				
V	11 840	6 602	5 238	13 050	11 840	10 668	8 416	4 634	3 424	2 251				
VI	117 580	771	116 809	126 593	113 102	99 802	969	125 624	112 133	98 833				
VII	1 464 762	3 687	1 461 075	1 703 803	1 542 758	1 401 493	4 513	1 699 290	1 538 245	1 396 980				
VIII	147 451	808	146 643	157 269	133 253	127 942	998	156 271	132 255	126 944				
IX	587 735	2 055	585 680	666 557	587 735	509 675	2 487	664 069	585 248	507 187				
X	13 818	912	12 906	16 408	13 818	11 322	995	15 413	12 823	10 327				
XI	31 400	429	30 971	36 953	31 400	26 018	812	36 141	30 588	25 206				
XII	81 415	574	80 841	92 656	81 415	70 289	525	92 131	80 890	69 763				
XIII	333 791	80	333 711	374 175	364 067	353 967	90	374 085	363 977	353 877				
XIV	6 259	1 160	5 099	7 039	6 259	5 512	1 361	5 679	4 899	4 152				

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 6.8. Balances hídricos para el horizonte 2021 para la hipótesis 1 de demandas. Con mejora eficiencia de riego

AUTORIDAD ADMINISTRATIVA DEL AGUA	Situación actual 2012		Recursos hídricos medios						Demanda			Balances hídricos		
	Recursos	Demandas	Balance	Recursos hídricos medios			D 1	Balances hídricos		D 1	Balances hídricos			
				R.1	R.2	R.3		B.1.1	B.1.2		B.1.1	B.1.2	B.1.3	
I	7 569	3 297	4 272	9 243	7 569	5 996	3 394	5 849	4 175	2 602				
II	2 766	3 691	-925	3 365	2 766	2 206	3 364	0	-598	-1 159				
III	6 695	4 465	2 230	7 825	6 695	5 600	4 275	3 549	2 420	1 325				
IV	6 216	3 098	3 118	6 728	6 216	5 712	3 428	3 300	2 788	2 284				
V	11 840	6 602	5 238	13 050	11 840	10 668	7 093	5 957	4 747	3 574				
VI	117 580	771	116 809	126 593	113 102	99 802	844	125 749	112 258	98 958				
VII	1 464 762	3 687	1 461 075	1 703 803	1 542 758	1 401 493	3 888	1 699 914	1 538 870	1 397 605				
VIII	147 451	808	146 643	157 269	133 253	127 942	855	156 414	132 399	127 088				
IX	587 735	2 055	585 680	666 557	587 735	509 675	2 130	664 426	585 605	507 545				
X	13 818	912	12 906	16 408	13 818	11 322	853	15 555	12 965	10 470				
XI	31 400	429	30 971	36 953	31 400	26 018	685	36 268	30 714	25 333				
XII	81 415	574	80 841	92 656	81 415	70 289	448	92 207	80 966	69 840				
XIII	333 791	80	333 711	374 175	364 067	353 967	89	374 086	363 978	353 878				
XIV	6 259	1 160	5 099	7 039	6 259	5 512	1 144	5 895	5 115	4 368				

Fuente: Elaboración propia



Esta hipótesis de crecimiento de la demanda de agua es la más moderada, por lo que su satisfacción no presenta un problema importante.

- **Demandas.** La superficie de riego crece solo 360 000 ha, lo que supone una media de 40 000 ha/año, que es un valor inferior a las expectativas del MINAGRI y puede afectar negativamente a los actuales niveles de autoabastecimiento y balanza agrícola. El resto de las demandas crecen moderadamente. Esto implica que debe actuarse sobre la gestión de la demanda para mejorar la eficiencia.
- **Recursos hídricos.** En relación con los recursos hídricos, las tres hipótesis consideradas implican, respectivamente al nivel global, un incremento de los recursos, una estabilidad de los mismos en el tiempo y una reducción apreciable.
- **Balances hídricos.** En la situación actual se ha detectado déficit global en la AAA Cháparra-Chincha y, probablemente, en algunas cuencas de la costa del Pacífico, que deben ser eliminados. También existe sobreexplotación de algunos acuíferos costeros. En este sentido, la hipótesis del escenario R.3 podría resultar problemática. Sin embargo, excepto en Cháparra-Chincha, en el resto de las AAA los balances son siempre positivos, por lo que existen recursos hídricos potenciales para superar la situación, probablemente sin costos elevados aplicando medidas de gestión de la demanda y ahorro. Para Cháparra-Chincha habrá que articular medidas específicas.



6.6.2. Valoración cualitativa de escenarios

Estos escenarios asociados a la D1 se corresponden con el primer nivel de desarrollo y, puntualmente, en actuaciones de incremento de la regulación existente. Hay que tener en cuenta que -sobre todo en la vertiente Pacífico- hay un notable desarrollo de los trasvases existentes de otras vertientes que todavía requieren la implementación de las fases inacabadas, por lo que el incremento de las demandas consideradas en estos escenarios es fácilmente asumible con la aplicación de estas actuaciones pendientes y con medidas de gestión de la demanda.

Sin embargo, aunque los escenarios son factibles, es probable que el desarrollo agrario que plantean sea insuficiente para las expectativas futuras del Perú, por lo que se considera que estos escenarios no son los más favorables. Por este motivo, se selecciona el escenario E 1.3 que es el más comprometido de ellos, porque es el que menos recursos hídricos dispone, aunque sea el más improbable de que se produzca. Este escenario deberá intensificar las medidas para Cháparra-Chincha por su elevado déficit.

6.6.3. Medidas a aplicar

En consecuencia, por cuanto a este análisis de coherencia se refiere, en los escenarios considerados, los recursos pueden satisfacer las demandas y los déficit que se producen son subsanables con una gestión de explotación adecuada y aplicando medidas de ahorro,



que habrá que analizar si son suficientes para corregir el déficit de Cháparra-Chincha. En concreto habría que implementar:

- Medidas de gestión:
 - aumento de la eficiencia en sistemas de transporte y distribución.
 - formalización completa de los derechos de uso.
 - aplicación de procesos sancionadores.
- Medidas estructurales en Cháparra-Chincha:
 - reúso de aguas servidas.
 - embalses de regulación.
 - recarga de acuíferos.
 - transferencia de otras cuencas.

6.6.4. Efectos socioeconómicos y ambientales

Los efectos socioeconómicos se centran en la satisfacción de la demanda agrícola, puesto que las restantes demandas no suponen diferencias sustanciales con la situación actual. El incremento de la demanda agrícola en los escenarios que se analizan es moderado, lo que puede influir desfavorablemente en el empleo agrícola y en la fijación de la población rural.

De acuerdo con estas consideraciones, los efectos ambientales de los escenarios analizados tendrían repercusiones negativas, a pesar de ser moderado el incremento de la demanda, porque en Cháparra-Chincha están previstas infraestructuras de regulación y trasvase para atender esa demanda. También será difícil evitar la sobreexplotación de los acuíferos y el mantenimiento de los caudales mínimos en los cauces de las cuencas deficitarias.

6.7. Escenarios de la hipótesis 2 de demanda (horizonte 2021)

6.7.1. Datos básicos

Esta hipótesis D2 supone una mayor expansión de la superficie de riego pero el aumento de la eficiencia hace que, en términos de volumen de agua, la demanda sea menor que la D1. En la página siguiente se sintetizan los balances para cada AAA que se deducen de considerar la segunda hipótesis de evolución de las demandas de agua, con las tres hipótesis de evolución de los recursos hídricos naturales (superficiales más subterráneos). Todos los resultados se expresan en hectómetros cúbicos al año. En esta información tanto los recursos hídricos, como las demandas de agua son acumulados.

Se presentan dos cuadros para resaltar la importancia de la mejora de la eficiencia del regadío. El resultado del balance hídrico se sintetiza en las siguientes conclusiones:

- Los resultados para cada Región Hidrográfica son similares a los indicados en la hipótesis D1, aunque sus balances globales son mejores por la menor disminución de los recur-

osos hídricos. Sólo la RH Pacífico plantea problemas para satisfacer la demanda consuntiva, con la AAA de Cháparra-Chincha como ejemplo más claro en todas las hipótesis.



- Sin mejora de la eficiencia de riego. La AAA II. Cháparra-Chincha presenta déficit en todas las hipótesis de evolución de los recursos motivados por el cambio climático, entre **-833** y **-1 992** Hm³/año.
- Con aumento de la eficiencia de riego. La AAA II. Cháparra-Chincha presenta superávit de 79 hm³/año en el primer escenario de recursos hídricos, pero se mantiene deficitaria en las otras dos hipótesis de evolución de los recursos motivados por el cambio climático, entre **-523** y **-1 084** Hm³/año.
- Aunque el resto de las AAA son globalmente excedentarias, es posible que algunas cuencas hidrográficas sean deficitarias.

