



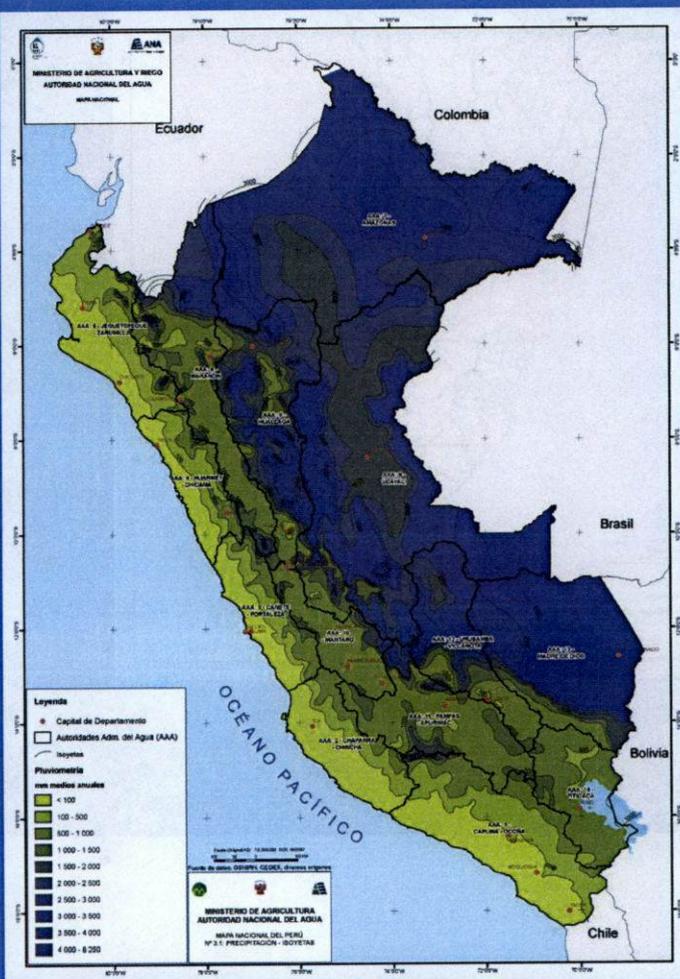
MAPA 2.8
Distribución espacial de las 159 cuencas hidrográficas
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la ANA (2009).

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
Ing. JUAN CARLOS SEVILLA
GILMEISTER
JEFE DE FEATURA

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
ING. JUAN CARLOS SEVILLA
GILMEISTER
JEFE DE FEATURA

Se ha utilizado una metodología de ámbito regional a partir del mapa de isoyetas medias, elaborado en el marco de este PNRH, y de la zonificación hidrológica homogénea. Esta metodología es válida para calcular los recursos hídricos en régimen natural en cualquier punto de cualquiera de las 159 Unidades Hidrográficas delimitadas en el Perú (ver mapas 2.9 y 2.10).

MAPA 2.9
Isoyetas medias
anuales PNRH
Fuente: Elaboración
propia.





MAPA 2.10
Zonificación
hidrológica
homogénea
Fuente:
Elaboración
propia.



Con el método anterior se han obtenido los recursos hídricos medios anuales en régimen natural para la totalidad de las cuencas hidrográficas delimitadas. El cuadro 2.6 recoge una síntesis por Autoridad Administrativa del Agua —como sumatoria de las cuencas hidrográficas internas—, donde a cada una de ellas se le han asignado los recursos que se generan en su propio territorio, más los procedentes de los países limítrofes, pero sin considerar los acumulados desde aguas arriba.

CUADRO 2.6. Recursos hídricos en régimen natural: Distribución por AAA

AAA	Área cuenca (km ²)		RECURSOS HÍDRICOS NATURALES (mm/año)				RECURSOS HÍDRICOS NATURALES (mm/año)		
	TOTAL	EFECTIVA	PARA RÍOS, TORRENTES Y ARROYOS		PARA LAGUNAS Y ESTANQUES		PROPIOS	EXTRINSECOS	TOTAL
			INFLUENCIA	ALIMENTACIÓN	ST	ST			
RH Pacífico									
I	Caplina-Ocoña	83 564	46 856	535	165	371	7 639	-70	7 569
II	Cháparra-Chincha	38 077	17 209	506	154	352	2 655		2 655
III	Cañete-Fortaleza	33 643	19 746	639	329	310	6 500		6 500
IV	Huarmey-Chicama	30 327	19 659	593	321	273	6 216		6 216
V	Jequetepeque-Zarumilla	47 718	26 172	592	201	391	5 267	5 929	11 196
RH Amazonas									
VI	Marañón	86 151	86 151	1419	861	558	74 226	43 998	118 224
VII	Amazonas	282 285	282 285	2864	2208	656	623 402	84 622	708 024
VIII	Huallaga	89 893	89 893	2275	1640	635	147 451		147 451
IX	Ucayali	234 033	234 033	2614	1969	677	460 797		460 797
X	Mantaro	34 547	34 547	917	406	511	14 013		14 013
XI	Pampas-Apurímac	64 734	64 734	1006	487	519	31 511		31 511
XII	Urubamba-Vilcanota	59 071	59 071	2002	1378	624	81 415		81 415
XIII	Madre de Dios	113 166	113 166	3602	2930	671	331 660	2 131	333 791
RH Titicaca									



CUADRO 2.6. Recursos hídricos en régimen natural: Distribución por AAA

AAA	Área efectiva (km ²)		PARÁMETROS HIDROLÓGICOS (mm)				RECURSOS HÍDRICOS NATURALES (mm ³)		
	TOTAL ¹	EFFECTIVA ²	PRECIPITACIÓN	APORTACIÓN	RI	PROFICIS	EXTENDOS	TOTAL	
XIV Titicaca	37 355	37 355	692	168	524	6 259		6 259	
Total	1 234 564	1 130 202	2184	1592	593	1 799 011	136 610	1 935 621	

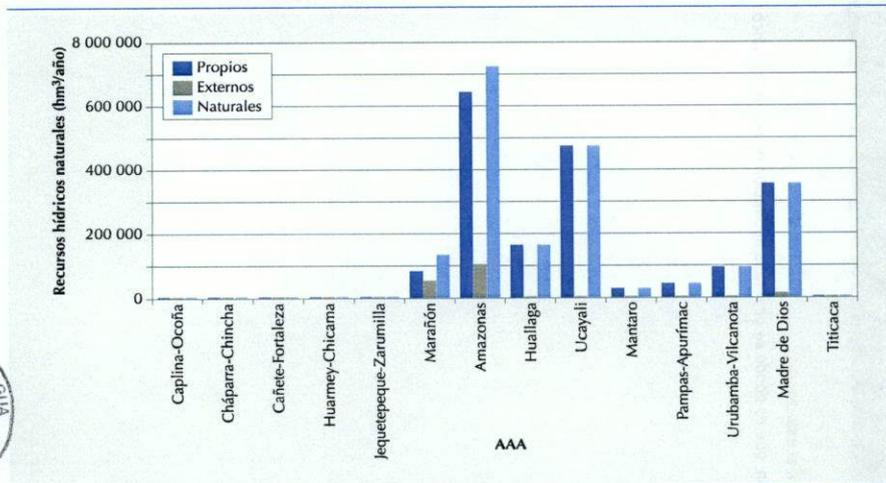
¹ No incluye el área de las intercuencas de la RH Pacífico, porque no tienen aportación de agua relevante para el estudio.

² Área efectiva: Superficie de la cuenca que se encuentra por encima de la isoyeta de 200 mm de precipitación, que es donde se genera la aportación de recursos hídricos.
Fuente: Elaboración propia.



El cuadro 2.6 permite observar grandes contrastes entre las tres vertientes hidrográficas, con agudizada escasez en las cuencas del Pacífico; en algunas de ellas se registran precipitaciones medias en torno de 500 mm, que se traducen en aportaciones específicas mínimas ligeramente superiores a los 150 mm en algunas zonas. En el gráfico 2.1 se ilustran los recursos hídricos naturales medios anuales distribuidos por AAA. Destacan los grandes volúmenes que se generan en las cuencas del Amazonas, así como los externos, procedentes de Ecuador y Colombia, que fluyen en el Marañón y el Amazonas.

GRÁFICO 2.1. Distribución de los recursos hídricos naturales por AAA del Pacífico



Fuente: Elaboración propia.



La agrupación por Regiones Hidrográficas presenta la distribución que se indica en el cuadro 2.7.

CUADRO 2.7. Recursos hídricos en régimen natural: Distribución por Regiones Hidrográficas

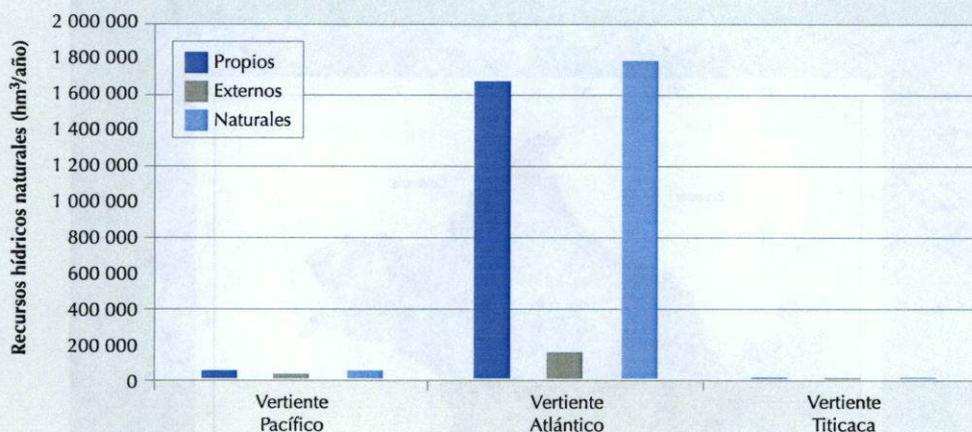
REGIÓN HIDROGRÁFICA	ÁREA (km²)		RECURSOS HÍDRICOS EN RÉGIMEN NATURAL (mm³/año)			RECURSOS HÍDRICOS NATURALES (mm³/año)		
	TOTAL	EFFECTIVA	PROPIONA	EXTRINSECA	TOTAL	PROPIONA	EXTRINSECA	TOTAL
Pacífico	233 329	128 967	568	219	348	28 276	5 859	34 136
Amazonas	963 880	963 880	2 459	1 830	628	1 764 475	130 751	1 895 226
Titicaca	37 355	37 355	692	168	524	6 259		6 259
TOTAL	1 234 564	1 130 202	2 184	1 592	593	1 799 011	136 610	1 935 621

¹ No incluye el área de las intercuenas de la RH del Pacífico, porque no tienen aportación de agua relevante para el estudio.

² Área efectiva: Superficie de la cuenca que se encuentra por encima de la isoyeta de 200 mm de precipitación, que es donde se genera la aportación de recursos hídricos.

Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 2.2. Distribución de los recursos hídricos naturales por vertientes

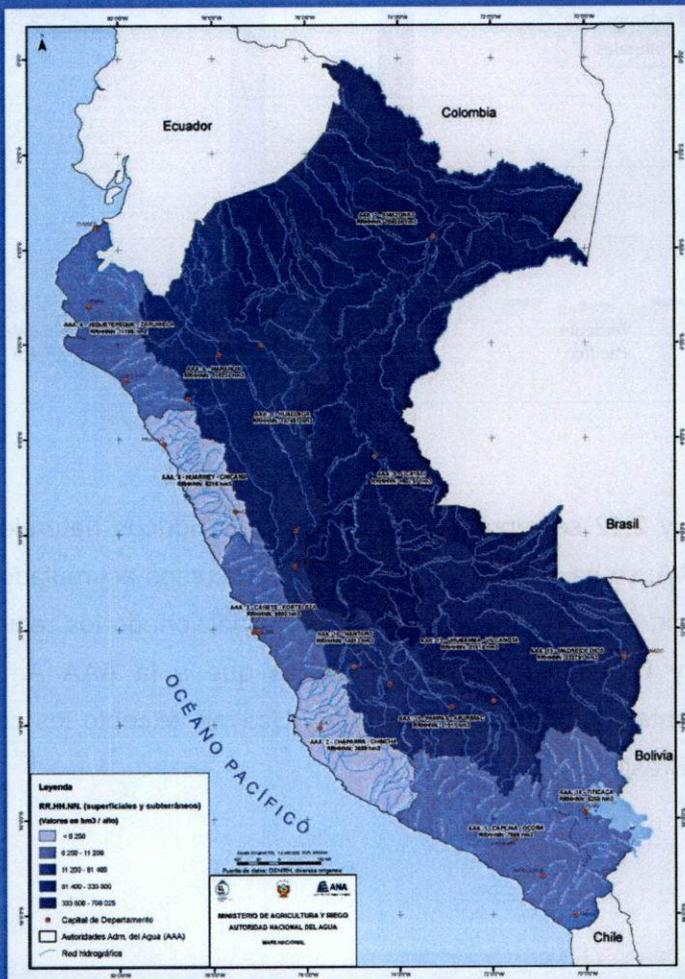


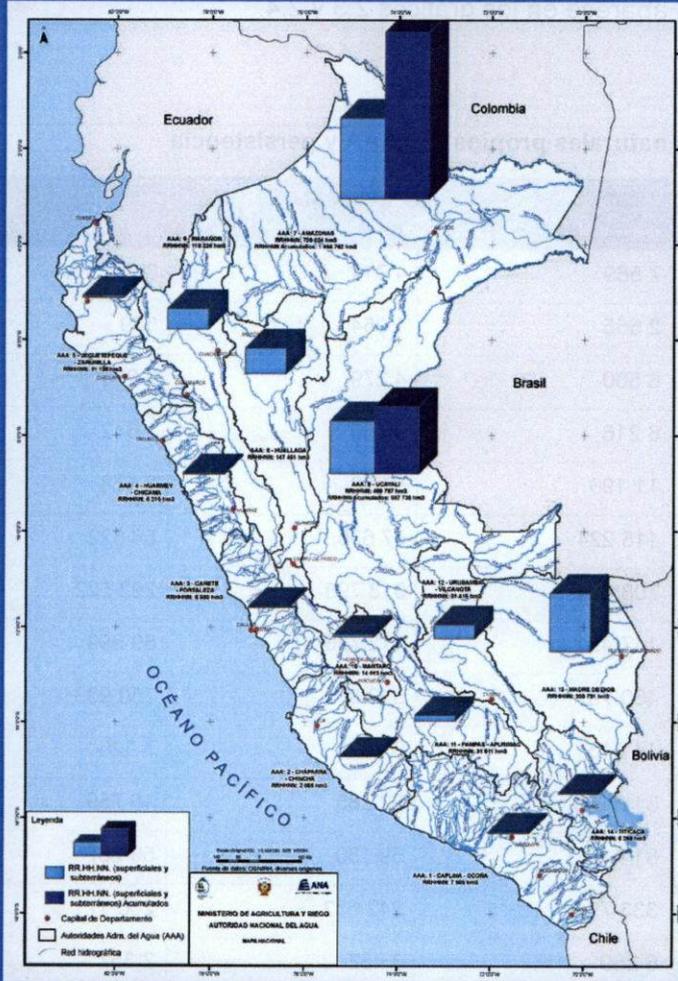
Fuente: Elaboración propia.

En los mapas 2.11 y 2.12 se representan los recursos hídricos naturales propios que se generan en cada AAA; se ha añadido a cada AAA los recursos acumulados que se generan aguas arriba; es decir, a la AAA de Ucayali se le han adicionado los recursos del Mantaro, Pampas-Apurímac y Urubamba-Vilcanota, mientras que a la AAA Amazonas se le ha sumado los procedentes del Marañón, Huallaga y Ucayali, excepto los cauces que drenan directamente hacia Brasil.



MAPA 2.11
Recursos hídricos
naturales propios
de cada AAA
Fuente: Elaboración
propia.





MAPA 2.12
Recursos hídricos
naturales
acumulados de
cada AAA
Fuente: Elaboración
propia.



En el inventario de recursos hídricos desarrollado también se reflejan los módulos de los caudales, su distribución mensual y los valores de los Q_{75} y Q_{90} para las 159 cuencas hidrográficas delimitadas cuyos resultados, agrupados por AAA, se sintetizan en el cuadro 2.8 y cuya distribución mensual aparece en los gráficos 2.3 y 2.4.

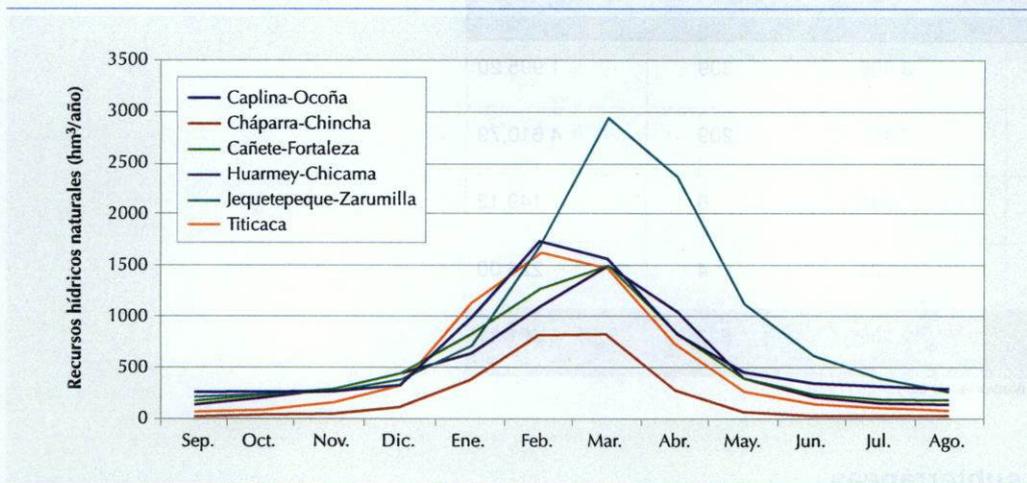
CUADRO 2.8. Recursos hídricos naturales propios por AAA y persistencia

Nº	AAA	Caudal propio (litros)	Caudal de persistencia	Caudal de persistencia
I	Caplina-Ocoña	7 569	4 714	3 641
II	Cháparra-Chincha	2 655	1 054	539
III	Cañete-Fortaleza	6 500	4 279	3 200
IV	Huarmey-Chicama	6 216	3 560	2 642
V	Jequetepeque-Zarumilla	11 196	5 022	3 573
VI	Marañón	118 224	67 635	56 622
VII	Amazonas	708 024	313 798	293 522
VIII	Huallaga	147 451	112 720	89 999
IX	Ucayali	460 797	329 836	250 933
X	Mantaro	14 013	9 762	7 326
XI	Pampas-Apurímac	31 511	22 285	16 759
XII	Urubamba-Vilcanota	81 415	59 180	50 287
XIII	Madre de Dios	333 791	242 632	206 171
XIV	Titicaca	6 259	3 482	2 357
Total Perú		1 935 620	1 178 163	984 462

Fuente: Elaboración propia

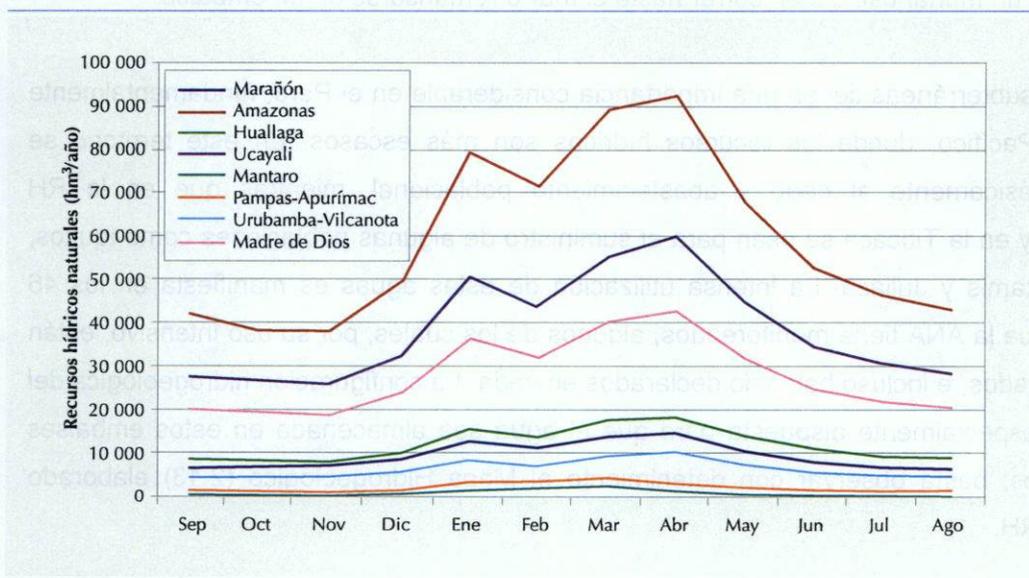
Las precipitaciones se concentran en unos pocos meses del año, lo que produce una gran variabilidad de recursos hídricos disponibles a lo largo del tiempo, con épocas marcadas de escurrimiento muy importante y otras de severo estiaje, especialmente en la RH Pacífico, como se puede apreciar en los gráficos 2.3 y 2.4.

GRÁFICO 2.3. Distribución mensual de los recursos hídricos naturales de la Región Hidrográfica Pacífico y la Región Hidrográfica Titicaca



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 2.4. Distribución mensual de los recursos hídricos naturales de la Región Hidrográfica Amazonas



Fuente: Elaboración propia.

El Perú es rico en otros recursos hídricos naturales, como los glaciares que constituyen reservas esenciales para diversos usos, o lagunas, disponibles en considerable cantidad, la mayoría de origen glaciar, que pueden ser aprovechadas como embalses reguladores. Muchas de ellas se encuentran en explotación, y suponen una reserva de agua regulada de forma natural. El cuadro 2.9 recoge estos datos.

CUADRO 2.9. Reservas de agua en lagunas			
REGIÓN HIDROGRÁFICA	NÚMERO DE LAGUNAS	LAGUNAS DE EXTRACCIÓN	CAPACIDAD (M ³)
Pacífico	3 896	309	1 995,20
Amazonas	7 441	209	4 610,79
Titicaca	841	6	149,12
Cerradas	23	4	226,00
Total	12 201	528	6 981,11

Fuente: Inventario Nacional de Lagunas (1980).

2.5 Aguas subterráneas

El agua de lluvia escurre por los cauces, o se infiltra en el suelo, o se evapora; las aguas de escorrentía pueden alimentar un subálveo, infiltrarse en un acuífero profundo, surgir después en un manantial, o bien correr hasta el mar o remansarse en un embalse.

Las aguas subterráneas tienen una importancia considerable en el Perú, fundamentalmente en la RH Pacífico, donde los recursos hídricos son más escasos. En este territorio se destinan básicamente al riego y abastecimiento poblacional, mientras que en la RH Amazonas y en la Titicaca se usan para el suministro de algunas poblaciones como Iquitos, Pucallpa, Ramis y Juliaca. La intensa utilización de estas aguas es manifiesta en los 46 acuíferos que la ANA tiene monitoreados, algunos de los cuales, por su uso intensivo, están sobreexplotados, e incluso han sido declarados en veda. La configuración hidrogeológica del Perú está especialmente dispuesta para que el agua sea almacenada en estos embalses subterráneos; basta observar con detenimiento el Mapa Hidrogeológico (2.13) elaborado para el PNRH.

La amortiguación de las irregularidades anuales, así como los tiempos de almacenamiento del agua o de recarga, son muy variables para cada acuífero, en función de las características hidrogeológicas del terreno. Las aguas subterráneas pueden resolver numerosos problemas locales y, adecuadamente utilizadas mediante su explotación coordinada con las aguas superficiales —recarga de acuíferos con excedentes de escorrentías, sobreexplotación temporal en periodos de sequía—, pueden mejorar las garantías de suministro y liberar recursos hídricos adicionales, para un mejor aprovechamiento de la condición de embalses naturales que tienen buena parte de los acuíferos.



Del conjunto de formaciones permeables identificadas en el territorio del Perú, se han delimitado 95 afloramientos de materiales que pueden constituir acuíferos de cierto interés hidrogeológico: 47 de ellos ya han sido estudiados y monitoreados por la ANA, mientras que 48 son otros nuevos sistemas acuíferos delimitados dentro del alcance de los trabajos ejecutados en el presente PNRH. La situación geográfica de los acuíferos monitoreados (43 costeros en la RH Pacífico, 2 en la del Amazonas y otros 2 en la del Titicaca), y los nuevos delimitados, se aprecian en los mapas 2.14 y 2.15.

La situación de las aguas subterráneas en los *acuíferos monitoreados* por la ANA, junto con el balance hídrico (recarga menos explotaciones) y reservas establecido en los 46 acuíferos aluviales delimitados en todo el Perú, ordenados por cada AAA, se resume en el cuadro 2.10.

CUADRO 2.10. Situación de los acuíferos monitoreados por la ANA

AAA	EXTENSIÓN ACUÍFEROS (Km ²)	EXPLOTACIÓN CONTROLADA (m ³ /año)	RECARGA ESTIMADA (m ³ /año)	BALANCE (m ³ /año)	RESERVA ALTERNATA (m ³)
RH PACÍFICO					
Caplina-Ocoña	2 848,67	152,84	137,48	-15,30	1728
Cháparra-Chincha	4 627,16	741,90	500,84	-238,63	3764
Cañete-Fortaleza	3 363,86	156,56	399,53	262,34	2347
Huarmey-Chicama	3 629,61	361,54	685,38	323,90	3384
Jequetepeque-Zarumilla	13 193,61	329,22	991,57	662,35	5264
Total RH Pacífico	27 662,91	1 742,06	2 714,80	994,66	16 487
RH AMAZONAS					
Amazonas, Iquitos	156,59	0,43	172,87	172,45	144
Ucayali, Pucallpa	44,41	4,83	43,72	38,89	133
Total RH Amazonas	201,00	5,26	216,59	211,34	277
RH TITICACA					
Acuífero Ramis	2100,00	0,79	172,20	171,41	840
Acuífero Juliaca	780,00	0,15	63,90	63,90	156
Total RH Titicaca	2880,00	0,94	236,10	235,31	996

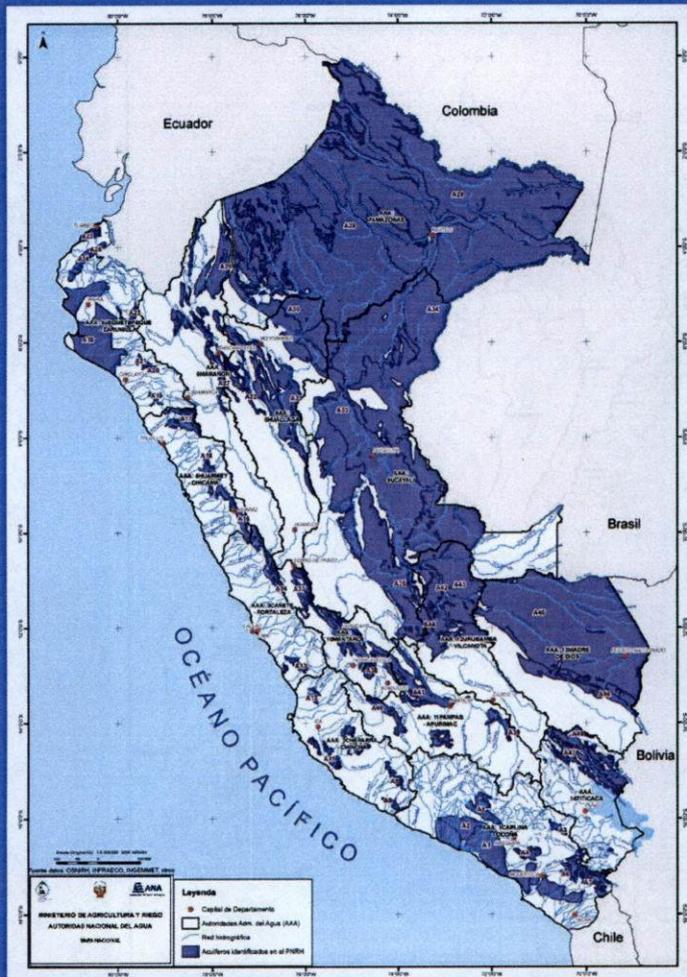
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la ANA del 2010 y 2011.





MAPA 2.13
Mapa Hidrogeológico del Perú simplificado
Fuente: PNRH - Mapa Hidrogeológico.





AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
 Ing. JUAN CARLOS BEVILLA
 GILDEMEISTER
 JEFE JEFATURA

ESTADO DE GUAYAS
 GOBIERNO AUTÓNOMO
 PROVINCIAL
 2014

CUADRO 2.11. Balances de explotación en los acuíferos costeros de la RH Pacífico

AAA	Recarga (Hm ³ /año)	Explotación (Hm ³ /año)	Balanza (Hm ³ /año)	Acuífero (Gobernanzas de agua)	Acuíferos (AAA)
Caplina-Ocoña	-15,30	42,25	-57,55	Caplina	Caplina
Cháparra-Chincha	-238,62	111,38	-350,01	Pisco, Villacurí, Ica	Pampa de Lanchas, Villacurí, Ica
Cañete-Fortaleza	262,34	262,76	-0,42	Chancay-Huaral, Chillón, Asia-Omás	Puente Piedra y Cercado Lima (Chillón), Canto Grande (Lurín) y Chilca
Huarmey-Chicama	323,90	353,52	-29,62	Chicama y Chao	No declarado
Jequetepeque-Zarumilla	662,35	692,86	-30,51	Olmos-Cascajal, La Leche	Motupe, La Leche
Total (Hm³/año)	994,67	1 462,77	-468,12		

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la ANA del 2010 y 2011.

Los cuadros 2.10 y 2.11 permiten establecer las observaciones siguientes:

- De las aguas subterráneas de los *acuíferos costeros* de las cuencas de la RH Pacífico son utilizados unos 1742 Hm³/año, mientras que la recarga que se produce sobre estos acuíferos se eleva a unos 2715 Hm³/año. Se deduce de lo anterior un balance hídrico entre explotación y recarga de 994 Hm³/año, volumen que podría ser aprovechado todavía para satisfacer las demandas. El volumen del conjunto de las reservas en estos acuíferos del Pacífico se ha estimado en unos 16 487 Hm³.
- De las aguas subterráneas de las *cuencas de la RH Amazonas* en los dos acuíferos monitoreados por la ANA se usan solo unos 5,26 Hm³/año para el abastecimiento de las poblaciones de Iquitos y Pucallpa; es posible que se estén utilizando aguas subterráneas en otras zonas no identificadas por la ANA, pero de forma esporádica e informal.
- En la *RH Titicaca*, la utilización del agua en los dos acuíferos monitoreados por la ANA es del orden de 1 Hm³/año para el abastecimiento de las poblaciones de Ramis y Juliaca; también es posible que se estén usando aguas subterráneas en otras zonas no identificadas por la ANA, pero de forma esporádica e informal.
- Globalmente, todas las AAA de la RH Pacífico son excedentarias, salvo la AAA II, Cháparra-Chincha, y la AAA I, Caplina-Ocoña, que, en conjunto, arrojan una sobreexplotación de unos 238,62 Hm³/año y 15,30 Hm³/año, respectivamente. Pero si se observa con más detalle el balance, se producen sobreexplotaciones en varios de



los acuíferos explotados en las 5 AAA, tal como se puede ver en el cuadro 2.11, donde también se indican los acuíferos sobreexplotados y los declarados en veda.

CUADRO 2.12. Nuevas formaciones acuíferas delimitadas en el Perú

AAA	FORMACIÓN ACUÍFERA (P1)	RESERVA ESTIMADA (P1+P2)	RESERVA ANUALIZADA (P1)
RH PACÍFICO			
Caplina-Ocoña	23 335	641	9 124
Cháparra-Chincha	3 575	121	2 041
Cañete-Fortaleza	2 843	326	2 532
Huarmey-Chicama	5 266	595	3 914
Jequetepeque-Zarumilla	18 265	446	6 927
Total RH Pacífico	53 284	2 129	24 538
RH AMAZONAS			
Marañón	11 711	4 887	5 428
Amazonas	271 202	260 606	74 857
Huallaga	32 882	24 149	10 171
Ucayali	147 662	123 125	45 902
Mantaro	9 790	1 790	8 432
Pampas-Apurímac	10 425	1 764	6 213
Urubamba-Vilcanota	27 977	15 024	8 478
Madre de Dios	77 428	111 436	28 927
Total RH Amazonas	589 077	542 781	188 408
RH TITICACA			
Areniscas cretácicas (C1)	5 151	253	2 576
Areniscas y conglomerados paleozoicos (P1)	2 551	126	2 041
Total RH Titicaca	7 702	379	5 617

Fuente: Elaboración propia a partir del Mapa Hidrogeológico Nacional del INGEMMET.

En el marco de los trabajos realizados en el presente PNRH se han identificado y delimitado 48 nuevos acuíferos en el Perú, y, ante la falta de datos concretos sobre sus características



y funcionamiento hidrogeológico, se han estimado los valores de su extensión de afloramiento, potencia de formación, recursos de agua que se pueden infiltrar anualmente en ellos y volúmenes de agua subterránea que se supone allí almacenada. Veinticinco de estos acuíferos se distribuyen en la RH Pacífico, 21 en la Amazonas y 2 en la Titicaca.

- En la *RH Pacífico* se han localizado una serie de acuíferos con nula o baja explotación, que se ubican en la propia llanura costera y hacia el interior de la cordillera, en las cuencas medias y altas de los ríos que descienden de la Cordillera Occidental de los Andes. En la zona de la Cordillera, la extensión de afloramientos es de unos 53 284 km², mientras que la recarga se estima globalmente en unos 2129 Hm³/año. Este volumen forma parte del conjunto de los recursos naturales, ya que el agua infiltrada en las formaciones acuíferas, y no explotada mediante pozos, se descarga a los cauces en forma de manantiales específicos o, de modo difuso, a través del aluvial del río, integrándose en el ciclo superficial. Solo en el caso de las formaciones permeables que se ubican en contacto con la costa se deben producir descargas subterráneas laterales hacia el océano que se pierden del ciclo de los recursos naturales potencialmente explotables. Las reservas totales de agua subterránea almacenada en el conjunto de estos acuíferos se han estimado en unos 24 538 Hm³.



En la *RH Amazonas* se han identificado 21 acuíferos potenciales para ser explotados, que totalizan una extensión de afloramientos de uno 589 077 km², y una recarga anual estimada globalmente en unos 542 781 Hm³. Las reservas totales de agua subterránea almacenada en el conjunto de estos acuíferos se han estimado en aproximadamente 188 408 Hm³.

- En la *RH Titicaca* se han reconocido otros dos acuíferos potenciales para ser explotados, en unas formaciones de areniscas y conglomerados del Cretácico (C1) y Paleozoico (P1), que totalizan una extensión de afloramientos de unos 7702 km², y en los que se estima una recarga anual media de unos 379 Hm³. Las reservas conjuntas calculadas alcanzan unos 5617 Hm³.

En definitiva, la situación de las aguas subterráneas en el conjunto del territorio del Perú se resume en el cuadro 2.13, en el que se incluyen tanto los acuíferos monitoreados por la ANA como las nuevas formaciones acuíferas identificadas en el marco del presente PNRH y que todavía no están siendo explotadas:

- El volumen estimado de la *recarga de agua* es de 548 457 Hm³/año, y procede de la precipitación que se infiltra en los acuíferos; esta recarga forma parte del conjunto de los recursos hídricos naturales estimados en el Perú.
- La *mayor parte de esta recarga*, salvo la que es explotada para su utilización mediante los pozos inventariados y los manantiales aprovechados, entra a formar parte del balance positivo de las aguas subterráneas que *se integra en el ciclo superficial de los ríos*. Solo una parte de ella, la que se infiltra en los acuíferos aluviales costeros de la RH Pacífico, y que no es explotada, puede pasar subterráneamente al mar, a través del borde costero, sin retornar al ciclo superficial.
- La *explotación controlada* de estos recursos subterráneos alcanza un volumen de 1748 Hm³/año, la mayor parte de ella en la RH Pacífico. En el año 2010 se produjo una *sobreexplotación* de unos 468 Hm³/año que hay que eliminar para evitar el descenso paulatino de los niveles piezométricos en los acuíferos sobreexplotados, así como la intrusión salina que impida su uso, tanto en abastecimiento poblacional como en agricultura.
- Las *reservas totales* de agua subterránea almacenada en el conjunto de los acuíferos identificados en el Perú alcanzan volúmenes en torno a los 236 323 Hm³.



CUADRO 2.13. Situación de las aguas subterráneas en el Perú

REGIÓN	EXTRACCIÓN ANUAL (Hm ³)	RECARGA ANUAL (Hm ³)	EXTRACCIÓN CONTROLADA (Hm ³)	EXTRACCIÓN NO CONTROLADA (Hm ³)	RESERVA TOTAL (Hm ³)	RESERVA ALICUOTADA (Hm ³)
Pacífico	80 947	1 742	–468	4 844	3 123	41 025
Amazonas	589 278	5		542 998	542 993	188 685
Titicaca	10 582	1		615	614	6 613
Total	680 807	1 748	–468	548 457	546 730	236 323

Fuente: Elaboración propia.