



Mapa 4.1. Regiones fisiográficas del Perú y localización de la isoyeta 200 mm  
 Fuente: elaboración propia a partir de datos de la ANA de 2012

#### 4.1.8. Posibles alternativas a los problemas detectados

Los problemas principales detectados en las estaciones hidrometeorológicas de control del SENAMHI son, en general, por un lado, una densidad muy baja de instrumentación para todo el territorio del Perú y, por otro, una falta de homogeneidad en la longitud de sus series.

Como conclusión de este apartado, se presenta al final del mismo dos alternativas para solucionar los citados problemas, que principalmente se sustentará con nuevas estaciones de control y con la recuperación de algunas fuera de funcionamiento.

##### 4.1.8.1. Problemas detectados en las estaciones de control

Son muy variados los problemas detectados en las estaciones de control del SENAMHI, que se comentan a continuación:

- a) Errores humanos en la identificación de algunos códigos de las estaciones, se advierten algunos errores sistemáticos de cambio del último dígito de los seis que las identifican, modificando indistintamente, o no, su denominación, generando la incertidumbre de si los datos pertenecen al código, al nombre, o a las coordenadas, en otros casos, tratándose de estaciones distintas, tienen exactamente los mismos valores de la serie histórica.
- b) La longitud de las series es muy variable, entre los 5 años de mínima y los 80 años de máxima, como así también su año de inicio y final de registro, que fluctúa entre un extremo mínimo de 1919 y el máximo de 2010.
- c) El estado de las estaciones clasificadas en: funcionamiento, cerradas o paralizadas, provoca fuertes restricciones en la longitud definitiva de las series para generar series de longitud homogénea.
- d) Falta de un control sistemático de los volúmenes derivados para distintos usos, los incorporados, los retornos, los perdidos, la evolución de los acuíferos y su recarga anual, y con ello la imposibilidad de poder reconstruir con datos reales el recurso hídrico natural en cualquier punto de la cuenca.

Esta variabilidad tan amplia en la estructura de los datos básicos, genera fuertes restricciones para el contraste y validación de la Ley que gobierna el fenómeno "Precipitación-Aportación", y más aún si se intenta restituir al régimen natural de las aportaciones.

##### 4.1.8.2. Estaciones meteorológicas. Datos de precipitaciones

El SENAMHI dispone de una red nacional de estaciones meteorológicas que contabiliza según la información facilitada, un total de **1 680** estaciones, distribuidas en estación climática principal CP (44), climática ordinaria CO (722), estación pluviométrica totalizadora con dos lecturas al día a las 7 y a las 19 horas PLU (735), estación pluviográfica PLG (1), estación meteorológica agrícola principal MAP (18), y meteorológica agrícola especial MAE (2), estación de propósitos específicos PE (49), y finalmente las sin clasificar SC (109).

Sin embargo, de estas **1 680** estaciones, solo se encuentran en funcionamiento **559**, distribuidas en CP (41), CO (360), PLU (124) PLG (1), MAP (18), MAE (2), PE (11), y finalmente las SC (2).



Al analizar la información de las series pluviométricas disponibles, se vio la posibilidad de utilizar algunas otras estaciones de las clasificadas como cerradas y paralizadas para intentar aumentar el número de puntos en la representación pluviométrica del país, llegando a totalizar unas **760** estaciones pluviométricas.

El cuadro siguiente refleja el número de estaciones pluviométricas situadas en las AAA para cinco áreas distintas:

- El área de la costa
- El área de sierra correspondiente solo a la zona de Los Andes clasificada según el mapa fisiográfico del Perú en Zona Altoandina, Bajoandina y Mesoandina, y
- El área de selva
- El área total de la AAA, que es suma de las zonas de costa, sierra y selva
- El área efectiva de la AAA situada por encima de la isoyeta de los 200 mm de precipitación media anual (debido a que para precipitaciones menores no se produce aportación significativa)

**Cuadro 4.2. Superficie y número de estaciones pluviométricas (EP) disponibles por AAA, área efectiva de aportación y zonas fisiográficas**

AAA	ÁREA DE LAS AAA (km <sup>2</sup> )					N°EP DISPONIBLES				
	PARCIALES POR ZONA			TOTAL	EFECTIVA PMA $\geq$ 200 mm					
	COSTA	SIERRA	SELVA			COSTA	SIERRA	SELVA	TOTAL	EFFECT
I. CAPLINA – OCOÑA	32 379	60 751		93 130	46 419	24	45		69	36
II. CHÁPARRA – CHINCHA	21 767	26 712		48 479	16 561	20	42		62	39
III. CAÑETE – FORTALEZA	12 715	27 222		39 937	19 778	37	81		118	73
IV. HUARMEY – CHICAMA	14 854	22 256		37 110	19 389	16	17		33	17
V. JEQUET. – ZARUMILLA	48 371	13 785		62 156	26 172	80	61		141	104
VI. MARAÑÓN		45 691	40 460	86 151	86 151		54	25	79	79
VII. AMAZONAS		3 241	279 045	282 285	282 285		0	2	2	2
VIII. HUALLAGA		10 732	79 162	89 893	89 893		6	10	16	16
IX. UCAYALI		10 775	223 258	234 033	234 033		6	25	31	31
X. MANTARO		32 472	2 074	34 547	34 547		57	0	57	57
XI. PAMPAS-APURÍMAC		59 457	5 277	64 734	64 734		49	4	53	53
XII. URUBAMBA-VILCANOTA		15 488	43 583	59 071	59 071		18	12	30	30
XIII. MADRE DE DIOS		9 894	103 273	113 166	113 166		3	9	12	12
XIV. TITICACA		41 577	0	41 577	41 577		56		56	56
<b>TOTAL</b>	<b>130 086</b>	<b>380 052</b>	<b>776 131</b>	<b>1 286 269</b>	<b>1 133 777</b>	<b>177</b>	<b>495</b>	<b>87</b>	<b>759</b>	<b>605</b>

Fuente: elaboración propia

Tal como se deduce del cuadro anterior, el total de las 759 estaciones disponibles se obtiene de sumar el número total de estaciones de las zonas de costa, sierra y selva.

Respecto a las estaciones situadas por encima de la isoyeta de 200 mm, es decir, situadas en áreas efectivas de aportación, se observa que coinciden con el número total de estaciones de la AAA en aquellas situadas en las regiones hidrográficas del Amazonas y Titicaca, es decir, de la AAA VI a XIV. Sin embargo, en las AAA de la región hidrográfica del Pacífico, el número de estaciones en área efectiva de aportación se reduce respecto del número total de estaciones de la AAA ya que parte de su superficie se encuentra por debajo de la isoyeta de 200 mm. Además, en esta región el número de estaciones disponibles es también muy reducido (177).

En la zona de la sierra andina se concentra el mayor número de pluviómetros 495 y, finalmente, el número menor de estaciones pluviométricas se encuentra en la vertiente amazónica con 87.

El interés por identificar el número de pluviómetros en las tres zonas citadas, radica en que el conocimiento de la zona de la sierra andina es fundamental para la cuantificación del recurso hídrico natural de las cabeceras de las cuencas.

Por otro lado, si se analiza la variabilidad en la extensión de sus series y su longitud, resulta muy grande. El cuadro siguiente resume este extremo para cada una de las 14 Autoridades Administrativas del Agua.

**Cuadro 4.3. Número de Estaciones Pluviométricas disponibles según sus series de datos**

AAA	Anteriores a 1988	Series que contienen al año 1988			TOTAL
		LS < 20 años	LS ≥ 20 y < 40 años	LS ≥ 40 años	
I. CAPLINA - OCOÑA	11	15	13	30	69
II. CHÁPARRA - CHINCHA	11	25	18	8	62
III. CAÑETE - FORTALEZA	30	17	39	32	118
IV. HUARMEY - CHICAMA	9	6	7	11	33
V. JEQUETEPEQUE - ZARUMILLA	35	38	34	34	141
VI. MARAÑÓN	29	11	17	22	79
VII - AMAZONAS	2	0	0	0	2
VIII - HUALLAGA	5	0	6	5	16
IX - UCAYALI	11	7	10	3	31
X. MANTARO	18	11	20	8	57
XI - PAMPAS-APURÍMAC	27	12	12	2	53
XII - URUBAMBA-VILCANOTA	14	4	6	6	30
XIII - MADRE DE DIOS	0	6	4	2	12
XIV. TITICACA	5	12	16	23	56
<b>TOTAL</b>	<b>207</b>	<b>164</b>	<b>202</b>	<b>186</b>	<b>759</b>

Fuente: elaboración propia

Analizando los resultados del cuadro, se deduce que del total de 759, hay 207 estaciones pluviométricas cuyas series no llegan al año 1988. Sin embargo, para las estaciones cuyas series contienen al año 1988, se presentan diferentes casos:

- 164 estaciones tienen una longitud de serie menor de 20 años
- 202 estaciones tienen una longitud de serie mayor o igual a 20 años y menor a 40 años
- 186 estaciones tienen una longitud de serie mayor o igual a 40 años

Estos rangos demuestran que el año de comienzo y final de las series tienen una gran variabilidad lo que limita fuertemente su utilidad para los estudios a escala nacional debido a la falta de homogeneidad temporal de las variables.

Aplicando a las superficies de las AAA los valores mínimos recomendados por la Organización Meteorológica Mundial, tal y como se ha explicado anteriormente, se obtiene un número de pluviómetros recomendados que se incluyen en el cuadro siguiente en comparación con los disponibles.



Cuadro 4.4. Número de estaciones pluviométricas (EP) disponibles y recomendadas por la OMM

AAA	DISPONIBLES				RECOMENDADAS POR LA OMM			
	COSTA	SIERRA	SELVA	TOTAL	COSTA	SIERRA	SELVA	TOTAL
I. CAPLINA - OCOÑA	24	45		69	130	243		373
II. CHÁPARRA - CHINCHA	20	42		62	87	107		194
III. CAÑETE - FORTALEZA	37	81		118	51	109		160
IV. HUARMEY - CHICAMA	16	17		33	59	89		148
V. JEQUETEPEQUE - ZARUMILLA	80	61		141	193	55		248
VI. MARAÑÓN		54	25	79		183	45	228
VII. AMAZONAS		0	2	2		13	310	323
VIII. HUALLAGA		6	10	16		43	88	131
IX. UCAYALI		6	25	31		43	248	291
X. MANTARO		57	0	57		130	2	132
XI. PAMPAS-APURÍMAC		49	4	53		238	6	244
XII. URUBAMBA-VILCANOTA		18	12	30		62	48	110
XIII. MADRE DE DIOS		3	9	12		40	115	155
XIV. TITICACA		56		56		72		72
<b>TOTAL</b>	<b>177</b>	<b>495</b>	<b>87</b>	<b>759</b>	<b>520</b>	<b>1 427</b>	<b>862</b>	<b>2 809</b>

Fuente: elaboración propia

Del análisis de los resultados, se deduce que en la totalidad del país se necesitaría pasar de las 759 estaciones pluviométricas disponibles a 2 809 recomendadas, que resulta incrementar en unas cuatro (4) veces el número de estaciones pluviométricas que potencialmente operan, siendo aún mayor en la vertiente del Amazonas en una relación de nueve (9) veces.

En la zona de la costa y de la sierra andina este incremento obedece a una relación de tres (3) veces.

En las cuencas del Pacífico el incremento de instrumentación de recogida de precipitación debería centrarse en las áreas de aportación efectiva, definidas en el entorno y a partir de la isoyeta de 200 mm, pasando de las 269 estaciones disponibles por encima de la isoyeta 200 mm a 513 estaciones recomendadas.

El cuadro siguiente resume el número adicional recomendado de estaciones pluviométricas respecto de las disponibles que suma un total de unas 2 056, como puede deducirse, la AAA V. Jequetepeque – Zarumilla tiene un número óptimo de estaciones en la zona de Sierra, por lo que no se propone estaciones adicionales, sin embargo, en el resto de la geografía del país, se necesita de un aumento generalizado de las estaciones de control.

Las estaciones de la vertiente del Pacífico situadas por encima de la isoyeta de 200 mm, es decir, situadas en áreas efectivas de aportación, se verían incrementadas en unas 244. Tal y como se ha comentado anteriormente, esta isoyeta 200, según la latitud, se aproxima a la costa en el extremo norte y penetra en la sierra hacia el sur por lo que hay estaciones que estando en área efectiva de aportación se pueden encontrar, a su vez, en la región costa (en el norte) o en la región sierra (en el sur).

El incremento de pluviómetros en la zona de la sierra andina varía según la vertiente en:

- a) 363 en la región hidrográfica del Pacífico
- b) 16 en la región hidrográfica del Titicaca

c) 559 en la región hidrográfica del Amazonas

El incremento de pluviómetros en la zona de la selva es de 775.

AAA	COSTA	SIERRA	SELVA	TOTAL	EFFECT
I. CAPLINA - OCOÑA	106	198		304	150
II. CHÁPARRA - CHINCHA	67	65		132	27
III. CAÑETE - FORTALEZA	14	28		42	6
IV. HUARMEY - CHICAMA	43	72		115	61
V. JEQUETEPEQUE - ZARUMILLA	113	0		113	1
VI. MARAÑÓN		129	20	149	149
VII. AMAZONAS		13	308	321	321
VIII. HUALLAGA		37	78	115	115
IX. UCAYALI		37	223	260	260
X. MANTARO		73	2	75	75
XI. PAMPAS-APURÍMAC		189	2	191	191
XII. URUBAMBA-VILCANOTA		44	36	80	80
XIII. MADRE DE DIOS		37	106	143	143
XIV. TITICACA		16		16	16
<b>TOTAL</b>	<b>343</b>	<b>938</b>	<b>775</b>	<b>2 056</b>	<b>1 594</b>

Fuente: elaboración propia

#### 4.1.8.3. Estaciones hidrométricas. Datos de aportaciones

El SENAMHI dispone de una red nacional de estaciones hidrométricas que contabiliza, según la información facilitada, un total de **589** estaciones distribuidas en 453 estaciones limnimétricas, 79 limnigráficas y unas 57 sin clasificar.

Sin embargo, de estas **589** estaciones, solo se encuentran en funcionamiento **145**, distribuidas entre 70 limnimétricas y 75 limnigráficas. El resto de las estaciones se encuentran cerradas y o paralizadas, en un total de 383 limnimétricas y 4 limnigráficas.

El cuadro siguiente resume el estado de estas estaciones distribuidas en cada una de las Autoridades Administrativas del Agua en que se ha dividido el país, indicando el número de estaciones hidrométricas clasificadas según el grado de operatividad de las mismas, según se encuentren en i) funcionamiento, ii) cerradas, y iii) paralizadas. Adicionalmente, también se incluyen las sin clasificar, que son estaciones que no están en funcionamiento, y que están identificadas como cerradas y o paralizadas.

AAA	LIMNIMÉTRICAS				LIMNIGRÁFICAS				SIN CLASIF	TOTAL
	FUNC	CER	PAR	TOTAL	FUNC	CER	PAR	TOTAL		
I. CAPLINA - OCOÑA	5	53	19	77	14	1	2	17	19	113
II. CHÁPARRA - CHINCHA	3	18	12	33	4	0	0	4	1	38
III. CAÑETE - FORTALEZA	9	26	8	43	12	0	0	12	7	62
IV. HUARMEY - CHICAMA	2	29	2	33	0	0	0	0	1	34
V. JEQUETEPEQUE - ZARUMILLA	2	47	31	80	7	0	0	7	7	94
VI. MARAÑÓN	5	54	12	71	11	0	0	11	15	97
VII. AMAZONAS	15	7	3	25	0	0	0	0	1	26



Cuadro 4.6. Red de estaciones hidrométricas del SENAMHI

AAA	LIMNIMÉTRICAS				LIMNIGRÁFICAS				SIN CLASIF	TOTAL
	FUNC	CER	PAR	TOTAL	FUNC	CER	PAR	TOTAL		
VIII. HUALLAGA	6	6	8	20	8	0	1	9	1	30
IX. UCAYALI	8	1	3	12	1	0	0	1	1	14
X. MANTARO	3	20	6	29	2	0	0	2	0	31
XI. PAMPAS-APURÍMAC	3	2	7	12	3	0	0	3	0	15
XII. URUBAMBA-VILCANOTA	2	2	1	5	3	0	0	3	1	9
XIII. MADRE DE DIOS	2	0	0	2	0	0	0	0	0	2
XIV. TITICACA	5	4	2	11	10	0	0	10	3	24
<b>TOTAL</b>	<b>70</b>	<b>269</b>	<b>114</b>	<b>453</b>	<b>75</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>79</b>	<b>57</b>	<b>589</b>

Fuente: elaboración propia

Al analizar la información de las series hidrométricas disponibles, se vio la posibilidad de utilizar algunas otras estaciones de las clasificadas como cerradas y paralizadas para intentar aumentar el número de puntos en la representación hidrométrica del país, llegando a totalizar **263** estaciones hidrométricas.

El cuadro siguiente refleja el número de estaciones hidrométricas situadas en las AAA para cinco áreas distintas:

- El área de la costa
- El área de sierra correspondiente solo a la zona de Los Andes clasificada según el mapa fisiográfico del Perú en Zona Altoandina, Bajoandina y Mesoandina
- El área de selva
- El área total de la AAA, que es suma de las zonas de costa, sierra y selva
- El área efectiva de la AAA situada por encima de la isoyeta de los 200 mm de precipitación media anual (debido a que para precipitaciones menores no se produce aportación significativa)

Se hace referencia solo a la zona de la sierra andina, porque es donde mayor conocimiento de los caudales y volúmenes de aportación se necesita en cabecera de las cuencas, debido a que es donde los recursos hídricos se encuentran menos intervenidos.

Cuadro 4.7. Número de estaciones hidrométricas disponibles

AAA	COSTA	SIERRA	SELVA	TOTAL	EFFECT	Cota>3000
I. CAPLINA - OCOÑA	19	35		54	27	9
II. CHÁPARRA - CHINCHA	16	3		19	4	4
III. CAÑETE - FORTALEZA	28	13		41	12	12
IV. HUARMEY - CHICAMA	10	0		10	0	2
V. JEQUETEPEQUE - ZARUMILLA	48	3		51	23	6
VI. MARAÑÓN		27	20	47	47	6
VII. AMAZONAS		0	7	7	7	0
VIII. HUALLAGA		0	7	7	7	1
IX. UCAYALI		0	2	2	2	0
X. MANTARO		7	0	7	7	1
XI. PAMPAS-APURÍMAC		4	0	4	4	2
XII. URUBAMBA-VILCANOTA		0	0	0	0	0
XIII. MADRE DE DIOS		0	1	1	1	0
XIV. TITICACA			13	13	13	6
<b>TOTAL</b>	<b>121</b>	<b>105</b>	<b>37</b>	<b>263</b>	<b>154</b>	<b>49</b>

Fuente: elaboración propia



Tal como se deduce del cuadro anterior, el total de las 263 estaciones hidrométricas se obtiene de sumar el número total de las estaciones de las zonas de costa, sierra y selva para las 14 AAA.

Las 154 estaciones situadas por encima de la isoyeta de 200 mm se diferencian del número total de estaciones solamente en las AAA del Pacífico, donde hay 66 por encima de la isoyeta 200 mm y 109 estaciones por debajo de la isoyeta de 200 mm. En el resto de AAA al estar toda su superficie por encima de la isoyeta de 200 mm, toda su superficie es efectiva a efectos de aportación de recursos hídricos.

En la zona de la costa de las AAA I a V se encuentra el mayor número de estaciones con 121.

En la zona de la sierra andina el número de estaciones hidrométricas es muy reducido con 105, y finalmente, el número menor de estaciones hidrométricas se encuentra en la región hidrográfica amazónica con 37.

Al contabilizar las estaciones hidrométricas situadas por encima de la cota 3 000 msnm, también se advierte un número muy reducido de ellas, siendo 49 las estaciones en todo el país que presumiblemente controlan los volúmenes de las aportaciones en régimen natural, esto es, en régimen no alterado.

El interés por identificar el número de estaciones hidrométricas en las tres zonas citadas, radica en que el conocimiento de la zona de la sierra andina es fundamental para la cuantificación del recurso hídrico natural de las cabeceras de las cuencas.

Por otro lado, si se analiza la variabilidad de la extensión de sus series y su longitud, resulta muy grande. El cuadro siguiente resume este extremo para cada una de las 14 Autoridades Administrativas del Agua.

**Cuadro 4.8. Número de Estaciones Hidrométricas disponibles según sus series**

AAA	Anteriores a 1988	Series que contienen al año 1988			Total
		LS < 20 años	LS ≥ 20 y < 40 años	LS ≥ 40 años	
I. CAPLINA - OCOÑA	23	18	9	4	54
II. CHÁPARRA - CHINCHA	11	3	3	2	19
III. CAÑETE - FORTALEZA	27	3	7	4	41
IV. HUARMEY - CHICAMA	4	4	2	0	10
V. JEQUETEPEQUE - ZARUMILLA	27	14	7	3	51
VI. MARAÑÓN	39	3	3	2	47
VII. AMAZONAS	2	4	1	0	7
VIII. HUALLAGA	1	5	1	0	7
IX. UCAYALI	0	1	1	0	2
X. MANTARO	7	0	0	0	7
XI. PAMPAS-APURÍMAC	1	1	1	1	4
XII. URUBAMBA-VILCANOTA	0	0	0	0	0
XIII. MADRE DE DIOS	0	1	0	0	1
XIV. TITICACA	4	5	1	3	13
<b>TOTAL</b>	<b>146</b>	<b>62</b>	<b>36</b>	<b>19</b>	<b>263</b>

Fuente: elaboración propia



Analizando los resultados del cuadro, se deduce que del total de las 263 estaciones, hay 146 estaciones hidrométricas cuyas series no llegan al año 1988. Sin embargo, para las estaciones cuyas series contienen al año 1988, se presentan diferentes casos:

- a) 62 estaciones tienen una longitud de serie menor de 20 años
- b) 36 estaciones tienen una longitud de serie mayor o igual a 20 años y menor a 40 años
- c) 19 estaciones tienen una longitud de serie mayor o igual a 40 años hay.

Estos rangos demuestran que el año de comienzo y final de las series tienen una gran variabilidad lo que limita fuertemente su utilidad para los estudios a escala nacional debido a la falta de homogeneidad temporal de la variable.

Aplicando a las superficies de las AAA los valores mínimos recomendados por la Organización Meteorológica Mundial, tal y como se ha explicado anteriormente, se obtiene un número de estaciones hidrométricas recomendados que se incluyen en el cuadro siguiente en comparación con los disponibles.

**Cuadro 4.9. Número de estaciones hidrométricas disponibles y recomendadas por la OMM**

AAA	DISPONIBLES				RECOMENDADAS POR LA OMM			
	COSTA	SIERRA	SELVA	TOTAL	COSTA	SIERRA	SELVA	TOTAL
I. CAPLINA - OCOÑA	19	35		54	32	61		93
II. CHÁPARRA - CHINCHA	16	3		19	22	27		49
III. CAÑETE - FORTALEZA	28	13		41	13	27		40
IV. HUARMEY - CHICAMA	10	0		10	15	22		37
V. JEQUETEPEQUE - ZARUMILLA	48	3		51	48	14		62
VI. MARAÑÓN		27	20	47		46	16	62
VII. AMAZONAS		0	7	7		3	112	115
VIII. HUALLAGA		0	7	7		11	32	43
IX. UCAYALI		0	2	2		11	89	100
X. MANTARO		7	0	7		32	1	33
XI. PAMPAS-APURÍMAC		4	0	4		59	2	61
XII. URUBAMBA-VILCANOTA		0	0	0		15	17	32
XIII. MADRE DE DIOS		0	1	1		10	41	51
XIV. TITICACA		13	0	13		24		24
<b>TOTAL</b>	<b>121</b>	<b>105</b>	<b>37</b>	<b>263</b>	<b>130</b>	<b>362</b>	<b>310</b>	<b>802</b>

Fuente: elaboración propia

Del análisis de los resultados, se deduce que en la totalidad del país se necesitaría pasar de las 263 estaciones disponibles a 802 recomendadas, que resulta un incremento de unas tres (3) veces el número de estaciones hidrométricas que potencialmente operan, siendo aún mayor en la región hidrográfica del Amazonas en una relación de ocho (8) veces, estando en la zona de la costa bastante ajustado a la recomendación de la OMM. Finalmente en la sierra andina la relación entre el número recomendado y el disponible es de tres (3) veces. En las cuencas del Pacífico el incremento de instrumentación de recogida de caudales debería centrarse en las áreas de aportación efectiva, definidas en el entorno y a partir de la isoyeta de 200 mm, pasando de las 66 estaciones disponibles a 128 recomendadas.

El cuadro siguiente resume el número adicional recomendado de estaciones hidrométricas respecto de las disponibles que suma un total de unas 558, como puede deducirse, la AAA III. Cañete – Fortaleza y la AAA V. Jequetepeque – Zarumilla tiene un número óptimo de

estaciones en la zona de Costa, por lo que no se propone estaciones adicionales. Sin embargo, en el resto de la geografía del país, se necesita de un aumento generalizado de las estaciones de control de caudales.

Las estaciones de la vertiente del Pacífico situadas por encima de la isoyeta de 200 mm se verían incrementadas en 62. Esta isoyeta 200, según la latitud, se aproxima a la costa en el extremo norte y penetra en la sierra hacia el sur por lo que hay estaciones que estando en área efectiva de aportación se pueden encontrar, a su vez, en la región costa (en el norte) o en la región sierra (en el sur).

El incremento de estaciones hidrométricas en la zona de la sierra andina totaliza 257, variando según la vertiente en:

- a) 97 en la región hidrográfica del Pacífico
- b) 11 en la región hidrográfica del Titicaca
- c) 149 en la región hidrográfica del Amazonas

El incremento de estaciones hidrométricas en la zona de la selva es de unos 277, el mayor de todos.



**Cuadro 4.10. Número de estaciones hidrométricas adicionales recomendadas**

AAA	COSTA	SIERRA	SELVA	TOTAL	EFFECT
I. CAPLINA - OCOÑA	13	26		39	19
II. CHÁPARRA - CHINCHA	6	24		30	13
III. CAÑETE - FORTALEZA	0	14		14	8
IV. HUARMEY - CHICAMA	5	22		27	19
V. JEQUETEPEQUE - ZARUMILLA	0	11		11	3
VI. MARAÑÓN		19	0	19	19
VII. AMAZONAS		3	105	108	108
VIII. HUALLAGA		11	25	36	36
IX. UCAYALI		11	87	98	98
X. MANTARO		25	1	26	26
XI. PAMPAS-APURÍMAC		55	2	57	57
XII. URUBAMBA-VILCANOTA		15	17	32	32
XIII. MADRE DE DIOS		10	40	50	50
XIV. TITICACA		11		11	11
<b>TOTAL</b>	<b>24</b>	<b>257</b>	<b>277</b>	<b>558</b>	<b>499</b>

Fuente: elaboración propia

Como conclusión de este apartado, se presentan dos escenarios de alternativas para solucionar los citados problemas, que principalmente se salvarán con nuevas estaciones de control y con la recuperación de algunas fuera de funcionamiento.

#### 4.1.9. Contenido y alcance del programa

El contenido y alcance del **Programa de implantación de la red hidrometeorológica nacional** se plantea a dos horizontes: uno al 2021 y otro al 2035.

En ambos escenarios, se intenta intensificar la instrumentalización de la red básica de la totalidad del territorio del Perú, y principalmente de la zona de la sierra andina que es la

principal productora de los recursos hídricos naturales de cabecera de las cuencas, y también de la zona de la Selva, patrimonio cultural de la UNESCO.

En este sentido se mejorará en el conocimiento de las variables hidrometeorológicas que intervienen directamente en la cuantificación de los recursos hídricos.

Por esta razón, primeramente se actuará sobre las cuencas de la vertiente del Pacífico, continuando con las cuencas de la zona de sierra, tanto del Amazonas como del Titicaca, y siguiendo con las de la zona de selva, de este modo llegado al horizonte 2035, se tendría una red hidrometeorológica que cubriría la totalidad del territorio del país.

La secuencia propuesta para los dos escenarios seguirá el orden siguiente, en el que se harán intervenir distintos pesos de ponderación para adecuarlos a los requerimientos de cada caso.

- a) Las cuencas de las AAA del Pacífico de la I a la V, principalmente en las áreas situadas en el entorno y por encima de la isoyeta de 200 mm
- b) Las cuencas de la AAA VI. Maraón.
- c) Las cuencas de la AAA X. Mantaro.
- d) Las cuencas de la AAA XI. Pampas-Apurímac.
- e) Las cuencas de la AAA XII. Urubamba-Vilcanota.
- f) Las cuencas de la AAA IX. Ucayali.
- g) Las cuencas de la AAA XIII. Madre de Dios.
- h) Las cuencas de la AAA XIV. Titicaca.
- i) Las cuencas de la AAA VIII. Huallaga.
- j) Las cuencas de la AAA VII. Amazonas.

Deberá actuarse inicialmente de cara al horizonte 2021, sobre las cuencas de cabecera de la zona andina, principalmente en toda la vertiente del Pacífico en la zona de influencia de la isoyeta mayor o igual a los 200 mm, en la vertiente del Amazonas, comenzando con las cuencas del Maraón, Mantaro, Pampas-Apurímac, Urubamba-Vilcanota, para luego continuar con las demás, y en las cuencas de la vertiente del Titicaca.

En el escenario a 2035, se intenta cubrir las necesidades de la instrumentalización recomendada de la red básica de la zona de la sierra andina, y la totalidad de la zona de la Selva.

Los cuadros siguientes sintetizan la relación de estaciones hidrometeorológicas necesarias de cara a los dos horizontes del programa de medidas, esto es, a 2021 y a 2035.

**Cuadro 4.11. Número de estaciones pluviométricas adicionales recomendadas**

AAA	2021					2035				
	COSTA	SIERRA	SELVA	TOTAL	EFEC	COSTA	SIERRA	SELVA	TOTAL	EFEC
I. CAPLINA - OCOÑA	27	123		150	150	79	75		154	
II. CHÁPARRA - CHINCHA	17	26		43	27	50	39		89	
III. CAÑETE - FORTALEZA	4	11		15	6	10	17		27	
IV. HUARMEY - CHICAMA	11	50		61	61	32	22		54	
V. JEQUETEPEQUE - ZARUMILLA	28	0		28	1	85	0		85	

Cuadro 4.11. Número de estaciones pluviométricas adicionales recomendadas

AAA	2021					2035				
	COSTA	SIERRA	SELVA	TOTAL	E FEC	COSTA	SIERRA	SELVA	TOTAL	E FEC
VI. MARAÑÓN		129	7	136	136		0	13	13	13
VII. AMAZONAS		5	108	113	113		8	200	208	208
VIII. HUALLAGA		13	27	40	40		24	51	75	75
IX. UCAYALI		13	112	125	125		24	111	135	135
X. MANTARO		73	1	74	74		0	1	1	1
XI. PAMPAS-APURÍMAC		189	1	190	190		0	1	1	1
XII. URUBAMBA-VILCANOTA		15	13	28	28		29	23	52	52
XIII. MADRE DE DIOS		13	37	50	50		24	69	93	93
XIV. TITICACA			6	6	6		10		10	10
<b>TOTAL</b>	<b>87</b>	<b>666</b>	<b>306</b>	<b>1 059</b>	<b>1 007</b>	<b>256</b>	<b>272</b>	<b>469</b>	<b>997</b>	<b>588</b>

Fuente: elaboración propia

Cuadro 4.12. Número de estaciones hidrométricas adicionales recomendadas

AAA	2021					2035				
	COSTA	SIERRA	SELVA	TOTAL	E FECT	COSTA	SIERRA	SELVA	TOTAL	E FECT
I. CAPLINA - OCOÑA	7	13		20	19	6	13		19	
II. CHÁPARRA - CHINCHA	3	12		15	13	3	12		15	
III. CAÑETE - FORTALEZA	0	8		8	8	0	6		6	
IV. HUARMEY - CHICAMA	3	16		19	19	2	6		8	
V. JEQUETEPEQUE - ZARUMILLA	0	6		6	3	0	5		5	
VI. MARAÑÓN		19	0	19	19		0	0	0	0
VII. AMAZONAS		1	37	38	38		2	68	70	70
VIII. HUALLAGA		4	9	13	13		7	16	23	23
IX. UCAYALI		4	44	48	48		7	43	50	50
X. MANTARO		25	0	25	25		0	1	1	1
XI. PAMPAS-APURÍMAC		55	1	56	56		0	1	1	1
XII. URUBAMBA-VILCANOTA		5	6	11	11		10	11	21	21
XIII. MADRE DE DIOS		4	14	18	18		6	26	32	32
XIV. TITICACA			6	6	6		5		5	5
<b>TOTAL</b>	<b>13</b>	<b>178</b>	<b>111</b>	<b>302</b>	<b>296</b>	<b>11</b>	<b>79</b>	<b>166</b>	<b>256</b>	<b>203</b>

Fuente: elaboración propia

#### 4.1.10. Prioridades por horizontes de planificación

Referido a las prioridades de actuación por horizontes de planificación se considera que en el periodo de 2012 a 2021 se pondrán en servicio un total de 1 361 estaciones hidrometeorológicas de las que 302 serán hidrométricas. Por otro lado, en la vertiente del Pacífico se dispondrá del 100% de las estaciones situadas por encima de la isoyeta de los 200 mm de media anual, correspondiente a 245 estaciones pluviométrológicas y a unas 62 estaciones hidrométricas.

En el periodo 2021 a 2035, se pondrán en servicio un total de 1 253 estaciones hidrometeorológicas adicionales, de las que 256 serán hidrométricas.

#### 4.1.11. Inversiones necesarias

Se ha consultado, a través de la página web de la ANA, la base de datos de los proyectos que se están realizando en las seis cuencas piloto del Proyecto de Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos en los que la información más reciente corresponde a abril del 2013. Dicha información incluye la referencia al suministro, la implantación y la puesta en

funcionamiento de un total de 78 estaciones hidrometeorológicas automáticas en las citadas seis cuencas, con un coste de inversión total en torno a 10,78 millones de nuevos soles.

Si para el primer horizonte del 2021 se espera poner en servicio 1 361 estaciones hidrometeorológicas, de las que 302 son hidrométricas, esto supone una inversión de 221,78 millones de nuevos soles.

**Cuadro 4.13. Costo Estimado de las estaciones pluviométricas adicionales recomendadas**

AAA	Costo unitario (Millones S/.)	2021		2035	
		Cantidad	Costo Parcial	Cantidad	Costo Parcial Referencial*
I. Caplina - Ocoña	0,0518	150	8	154	8
II. Cháparra - Chíncha	0,0518	43	2	89	5
III. Cañete - Fortaleza	0,0518	15	1	27	1
IV. Huarmey - Chicama	0,0518	61	3	54	3
V. Jequetepeque - Zarumilla	0,0518	28	1	85	4
VI. Marañón	0,0518	136	7	13	1
VII. Amazonas	0,0518	113	6	208	11
VIII. Huallaga	0,0518	40	2	75	4
IX. Ucayali	0,0518	125	6	135	7
X. Mantaro	0,0518	74	4	1	0
XI. Pampas-Apurímac	0,0518	190	10	1	0
XII. Urubamba-Vilcanota	0,0518	28	1	52	3
XIII. Madre De Dios	0,0518	50	3	93	5
XIV. Titicaca	0,0518	6	0	10	1
<b>TOTAL ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS</b>		<b>1 059</b>	<b>54,87</b>	<b>997</b>	<b>51,66</b>

Fuente: elaboración propia

\*Sujeto al presupuesto de la(s) instituciones responsables

Entre el 2021 y 2035 se espera poner en servicio 1 253 estaciones hidrometeorológicas, de las que 256 son hidrométricas, lo que supone una inversión de 193,14 millones de nuevos soles.

**Cuadro 4.14. Costo Estimado de las estaciones hidrométricas adicionales recomendadas**

AAA	Costo unitario (Millones S/.)	2021		2035	
		Cantidad	Costo Parcial	Cantidad	Costo Parcial Referencial
I. Caplina - Ocoña	0,5527	20	11	19	11
II. Cháparra - Chíncha	0,5527	15	8	15	8
III. Cañete - Fortaleza	0,5527	8	4	6	3
IV. Huarmey - Chicama	0,5527	19	11	8	4
V. Jequetepeque - Zarumilla	0,5527	6	3	5	3
VI. Marañón	0,5527	19	11	0	0
VII. Amazonas	0,5527	38	21	70	39
VIII. Huallaga	0,5527	13	7	23	13
IX. Ucayali	0,5527	48	27	50	28
X. Mantaro	0,5527	25	14	1	1

XI. Pampas-Apurímac	0,5527	56	31	1	1
XII. Urubamba-Vilcanota	0,5527	11	6	21	12
XIII. Madre De Dios	0,5527	18	10	32	18
XIV. Titicaca	0,5527	6	3	5	3
<b>TOTAL ESTACIONES HIDROMÉTRICAS</b>		<b>302</b>	<b>166,91</b>	<b>256</b>	<b>141,48</b>
<b>TOTAL ESTACIONES PLUV. E HIDROM.</b>		<b>1 361</b>	<b>221,78</b>	<b>1 253</b>	<b>193,14</b>

Fuente: elaboración propia

\*Sujeto al presupuesto de la(s) instituciones responsables

El conjunto de inversiones se refleja en el cuadro siguiente:

**Cuadro 4.15. Inversiones estimadas para el programa de implantación de una red hidrometeorológica nacional, a 2021 y 2035**

ACTUACIONES	MONTO REFERENCIAL (Mills. S/.) *		INSTITUCIONES RELACIONADAS CON LOS PROGRAMAS
	2021	2035	
Implantación de 1 361 estaciones hidrometeorológicas	221,78		• Pública: SENAMHI, ANA
Implantación de 1 253 estaciones hidrometeorológicas		193,14	
Estudios y Proyectos de obra (2% de la Inversión)	4,44	3,86	
<b>TOTAL</b>	<b>226,22</b>	<b>197,00</b>	

Fuente: elaboración propia

\*Sujeto al presupuesto de la(s) instituciones responsables



#### 4.1.12. Seguimiento del programa y metas

Para el seguimiento de este programa se proponen los siguientes indicadores, con su unidad de medida, ámbito de aplicación y metas.

**Cuadro 4.16. Seguimiento y metas del programa de implantación de una red hidrometeorológica nacional**

INDICADOR DE SEGUIMIENTO	UNIDAD DE MEDIDA	ÁMBITO DE APLICACIÓN	META	
			2021	2035
Estaciones hidrometeorológicas instaladas	número	Unidad hidrográfica	<p>Han sido suministradas, instaladas y puestas en funcionamiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 100% de las situadas por encima de la isoyeta de 200 mm (área efectiva) en el Pacífico.</li> <li>• el resto hasta completar el 50% de las estaciones hidrometeorológicas del Pacífico.</li> <li>• el 100% de la zona de sierra en Marañón, Mantaro, Pampas-Apurímac</li> <li>• el 50% en el Titicaca, en la zona de selva del Ucayali, Mantaro y Pampas-Apurímac.</li> <li>• y el 35% en el resto del territorio.</li> </ul>	<p>Han sido suministradas, instaladas y puestas en funcionamiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• el 50% de las estaciones hidrometeorológicas del Pacífico.</li> <li>• el 50% en el Titicaca, en la zona de selva del Ucayali, Mantaro y Pampas-Apurímac.</li> <li>• y el 65% en el resto del territorio.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia

## 4.2. Programa 2. Aumento del conocimiento de las aguas subterráneas

### 4.2.1. Objetivos específicos

En el Mapa Hidrogeológico simplificado que se ha realizado en el PNRH del Perú se han identificado, delimitado y estudiado una serie de formaciones litológicas permeables, capaces de constituir acuíferos de interés para la explotación de las aguas subterráneas. De ellos, **47** ya han venido siendo estudiados, caracterizados y **monitoreados por la ANA** (43 en la región hidrográfica del Pacífico, 2 en la del Amazonas y otros 2 en la del Titicaca), y **48** han sido **nuevos acuíferos identificados** y delimitados durante la ejecución del presente PNRH (25 en la región hidrográfica del Pacífico, 21 en la del Amazonas y 2 en la del Titicaca).

En cuanto a los 47 acuíferos monitoreados por la ANA es necesario mejorar el conocimiento hidrogeológico disponible actualmente de ellos, mientras que en los 48 nuevos acuíferos propuestos habría que comenzar por iniciar su estudio y conocimiento, puesto que lo único que hasta la fecha se ha realizado es el establecimiento de su balance hídrico, orientativo, y la estimación aproximada de sus reservas de aguas subterráneas almacenadas.

Por consiguiente, el objetivo principal de las medidas que se proponen en este programa será avanzar en la mejora del conocimiento existente de los acuíferos, con el fin de evaluar la oferta hídrica que, a partir de las aguas subterráneas, se pueda sumar a la oferta total de los recursos hídricos existentes. La localización próxima de los acuíferos, sobre todo en el caso de los costeros existentes en la región hidrográfica del Pacífico, a los puntos en los que se requiere una mayor demanda de agua (urbana y agrícola), hace que la importancia en la mejora de su conocimiento sea una causa prioritaria para la resolución de los problemas que se plantean en el suministro de agua de estas zonas.

Puesto que el grado actual del conocimiento es diferente, según se trate de los 46 acuíferos monitoreados por la ANA o de los 48 nuevos identificados, las propuestas de trabajos y estudios para la mejora del conocimiento de su funcionamiento hidrogeológico van a ser diferentes de unos casos a otros.

Además de la mejora de los aspectos técnicos del conocimiento de los acuíferos, también se requiere avanzar en la legalización de las obras y concesiones de aguas subterráneas que los explotan, de acuerdo con los criterios que marca la Ley N°29338 de Recursos Hídricos, al objeto de poder efectuar, en el futuro, una buena gestión y planificación de las aguas subterráneas.

### 4.2.2. Aspectos legales, técnicos, medioambientales y sociales

De acuerdo con lo establecido en el Título IX Agua Subterránea, de la LRH, la Autoridad Nacional del Agua, al objeto de controlar y regular el uso del agua subterránea *respetando el principio de sostenibilidad del agua de la cuenca*, que indica el artículo 108, es necesario que disponga del mejor conocimiento técnico posible de los acuíferos que deberá gestionar dentro de cada cuenca.



Así mismo, para la aplicación de los artículos 109 –*toda exploración del agua subterránea que implique perforaciones requiere de la autorización previa de la Autoridad Nacional*– y del 110 –*el otorgamiento del derecho de uso de un determinado volumen de agua subterránea deberá ser concedido por la Autoridad Nacional*–, se requiere disponer de un buen conocimiento del funcionamiento hidrogeológico de los acuíferos y de los balances hídricos de los mismos (contrastando extracciones de agua subterránea con la recarga media anual que se produce en ellos).

Estas circunstancias legales, ya justifican sobradamente la mejora del conocimiento hidrogeológico que se propone en el presente programa.

Además por razones sociales, del sostenimiento de la estructura productiva del país, en cuanto a la producción agrícola, ganadera e industrial, así como para el abastecimiento, con garantía, de los consumos de agua de las poblaciones, es indispensable contar con los recursos hídricos subterráneos que, en muchos casos, pueden mantener el abastecimiento de la demanda de agua en los periodos estacionales con escasa precipitación.



En cuanto a los efectos medioambientales que puede provocar una explotación exhaustiva de los acuíferos, dejando secos algunos de los humedales (cochas) actualmente existentes, o tramos de ríos con necesidad de mantener su caudal ecológico, también es una buena causa que justifica la necesidad de abordar los estudios y controles que en este programa se indican.

La legalización exigida a las captaciones de aguas subterráneas está respaldada por los artículos 53 y 110 de la LRH, así como por lo desarrollado en los artículos 241 y 242 del Reglamento de esta Ley.

#### 4.2.3. Posibles alternativas a los problemas detectados

Una alternativa a la propuesta de los trabajos a realizar, que se expone en el siguiente apartado, para la mejora del conocimiento actual de los acuíferos, tanto de los monitoreados (47) como la de los nuevos identificados (48), como tal, no existe. Lo que sí se puede plantear, es un diferente grado de profundización en los trabajos a realizar para la mejora del conocimiento hidrogeológico de cada uno de los acuíferos, en función de la importancia e interés que puedan presentar los mismos para atender la demanda de agua de las zonas afectadas.

En principio, esa causa hace que, al estar ubicados los 43 acuíferos costeros de la región hidrográfica del Pacífico en las zonas en las que demandas de agua (urbana, agrícola e industrial) son mayores, los trabajos y estudios hidrogeológicos a realizar en ellos deban tener cierta prioridad en el tiempo y un mayor contenido. Los trabajos que se proponen serían complementarios a los que, hasta la fecha, ya se han venido realizando por parte de la ANA.

En los nuevos acuíferos aún no estudiados (48), el orden de prioridad y alcance que se debiera dar a los trabajos a realizar en cada uno de ellos vendrá marcado por su ubicación geográfica en las zonas de mayores necesidades de agua; este sería el caso de los 25 nuevos acuíferos delimitados en la región hidrográfica del Pacífico, que serían prioritarios en su estudio. En una fase posterior se estudiarían los del Titicaca; y los del Amazonas, en último lugar, al estar ubicados en cuencas de ríos con abundancia de recursos superficiales, en los

que las aguas subterráneas sólo se utilizan, en menor proporción, para el abastecimiento de los núcleos urbanos radicados en estas cuencas.

#### 4.2.4. Contenido y alcance del programa

Dada la diferencia existente en el grado de conocimiento que en la actualidad hay disponible de los 95 acuíferos delimitados en el territorio del Perú, en la propuesta de trabajos que a continuación se desarrolla se van a considerar los **dos grupos** existentes:

- los 47 ya estudiados y monitoreados por la ANA,
- y los 48 nuevos delimitados y propuestos en el actual PNRH.

##### 4.2.4.1. Acuíferos monitoreados

En el cuadro adjunto, se expone, por región hidrográfica y AAA, las tareas a desarrollar en los 47 acuíferos monitoreados por la ANA (43 en la RH Pacífico, 2 en la del Amazona y 2 en la del Titicaca), con el objeto de mejorar su conocimiento hidrogeológico, el estado de su balance hídrico y la vigilancia del estado estacional e interanual de su almacenamiento, en función de los datos técnicos disponibles hasta el momento. La localización geográfica de estos acuíferos monitoreados se representa en el mapa adjunto:





Las actividades que, en general, se proponen, son:

1. Mejora del conocimiento de la **geometría de los acuíferos**, en extensión y profundidad, para lo cual se cuenta ya con una buena cartografía litológica de superficie, pero, en algunos casos, no se dispone de su geometría en profundidad (límites impermeables). Para ello se requiere la ejecución de técnicas de **prospección geofísica**, mediante los métodos más habituales de Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) y de Sondeos Transitorios Electromagnéticos en el Dominio de Tiempos (STDEM). Los datos obtenidos con la geofísica deberán ser contrastados con las columnas litológicas de algunos de los pozos tubulares perforados en los acuíferos investigados.

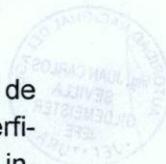
La densidad óptima de SEV o de STDEM deberá ser la necesaria para establecer una cuadrícula sobre la superficie aflorante del acuífero a investigar de unos 500 a 1 500 m de lado, en función de la extensión del mismo. En las investigaciones geofísicas realizadas hasta la fecha en 17 de los acuíferos estudiados por la ANA, la densidad varía entre los 1,4 km<sup>2</sup>/SEV de media para los acuíferos con menos de 500 km<sup>2</sup> de extensión, y los 3,4 km<sup>2</sup>/SEV de media para aquellos que superan los 1 000 km<sup>2</sup> de superficie.

La profundidad de investigación será la suficiente como para alcanzar, en cada uno de los sondeos geofísicos, el zócalo impermeable del acuífero. La interpretación, en perfiles, de los SEV y STDEM, permitirá definir la geometría en profundidad del acuífero investigado que, junto a la medida de la superficie de su afloramiento, dará una idea bastante aproximada del volumen de almacenamiento del acuífero.

2. Valoración de los **balances hídricos anuales de los acuíferos**, para lo cual es necesario conocer las explotaciones de agua que se producen en ellos, así como la actualización de las recargas de agua que anualmente se infiltran en los mismos.

Las **explotaciones de agua** se estimarán a partir de los controles anuales de bombeo (el Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, Ley N°29338, en su artículo 240°, indica *reportes mensuales de la medición del agua subterránea extraída por el titular del derecho*) que se establezcan en las captaciones más productivas que se seleccionen en los acuíferos. Para ello, sería conveniente, al menos, la instalación de contadores volumétricos de agua en todas las captaciones que superen los 10 000 m<sup>3</sup> de extracción anual (aunque el Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, Ley N°29338, en su artículo 240°, indica que *es obligatorio que los usuarios instalen y mantengan en buen estado de funcionamiento los medidores de caudal*). Como el número de captaciones de agua actualmente en explotación asciende a 29 880, (el 68,78 % de las 43 442 inventariadas por la ANA en los 47 acuíferos monitoreados), se considera necesario el controlar el caudal de extracción anual de agua que se produce en las mismas, cuya distribución por acuíferos monitoreados se refleja en el cuadro siguiente.

Las **recargas** anuales se deberán ajustar, a partir de las ya determinadas por la ANA, mediante la cuantificación del volumen de agua subterránea desembalsado del acuífero, con los bombeos, y el posterior relleno del mismo con la infiltración que se origina a partir de la recarga. Contrastando estas dos cifras de volúmenes de agua, con la variación



estacional experimentada en el nivel piezométrico controlado en los acuíferos, se podrá ir comprobando y ajustando la recarga de agua que anualmente se produce en los mismos.

3. Controles de la variación estacional e interanual del **nivel piezométrico** (NP) de los acuíferos, con medidas semestrales en las captaciones de agua existentes coincidiendo con los periodos de máxima recarga, en los periodos lluviosos, y de máxima depresión, hacia el final del estiaje, cuando las extracciones de agua han sido mayores. Para ello, se deberá efectuar una buena selección de los puntos a medir (preferentemente con poco o ningún uso, que sean lo más penetrantes en el acuífero), y que sea representativa de la situación real del nivel de agua estático (no afectado puntualmente por algún bombeo) en los diferentes sectores del acuífero. La red actual de puntos de monitoreo, controlada en los estudios realizados por la ANA, al menos una vez, asciende a 4 738 puntos, por lo que se propone continuar con su medición, de acuerdo a la distribución por acuífero que se anota en el cuadro siguiente.
4. Ejecución de **ensayos de bombeo** en captaciones de agua más penetrantes en el acuífero, a efectos de valorar su transmisividad y el coeficiente de almacenamiento. Por ello será necesario que, en cada uno de los ensayos de bombeo que se efectúen, se pueda contar con un piezómetro de observación próximo al pozo de bombeo, en el que medir también la variación de los niveles dinámicos provocados en el acuífero durante el ensayo.
5. A partir de la geometría de los acuíferos (determinada con la geofísica), de la posición del nivel piezométrico medido y de los parámetros hidrogeológicos (porosidad o coeficiente de almacenamiento) obtenidos, se deberá determinar, en donde no se haya estimado, aún, la cuantificación de las **reservas totales de aguas subterráneas** almacenadas en los acuíferos.
6. Actualización periódica del **inventario de puntos de agua**, y de las **extracciones** producidas, teniendo en cuenta de las nuevas captaciones que se autoricen para la explotación de aguas subterráneas y de los volúmenes de agua concedidos por la ANA. Esta actividad también contemplaría la revisión de los 43 442 puntos de agua que ya hay inventariados en los acuíferos monitoreados, a efectos de actualizar sus datos y los volúmenes de explotación que actualmente se producen en los mismos
7. **Legalización de las captaciones de aguas subterráneas**, de acuerdo a lo exigido por los artículos 53 y 110 de la LRH, así como a lo indicado en los artículos 241 y 242 del Reglamento de esta Ley, al menos de aquellas que se encuentren actualmente en uso, cuyo número asciende a 29 880 pozos.



Cuadro 4.17. Trabajos necesarios para la Mejora del Conocimiento de los Acuíferos Monitoreados

ACUÍFEROS IDENTIFICADOS		CAPACIDAD DE LOS ACUÍFEROS				PROPUESTAS DE TRABAJOS									
Cod SIG	Nombre	Extensión (km <sup>2</sup> )	BALANCE HÍDRICO (RHP 2010/2011) (Hm <sup>3</sup> /año)		Reservas Totales Acuífero (Hm <sup>3</sup> )	Geofísica SEV/STDE M	Estimación de recarga y balance hídrico	Valoración de reservas totales almacenadas	Ensayos de Bombeo	Actualización del inventario de pozos (**)	Legalización de captaciones de agua subterránea en uso (*)	Controles del acuífero		Prioridad	
			Explotación	Recarga								Balance (superavit /deficit)	Piezométrico (semestral)		Extracciones de agua (anual)
<b>REGIÓN HIDROGRÁFICA DEL PACÍFICO</b>															
<b>AAA I CAPLINA-OCOÑA</b>															
41	Chilli	307,800	38,95	78,84	315,86 (2002)		Si			621	378	55	378	2	
42	Moquegua	25,08	2,27	4,64	20,70 (2003)		Si		121		32	60	32	2	
42	Ilo	8,06			5,08 (2003)										
43	Sama	1 586,11	0,052		68,16 (2005)		Si		10	37	4	30	4	2	
44	Caplina	921,62	111,56	54,00	1 318	150	Si	Si	10	296	250	100	250	1	
<b>TOTAL I</b>		<b>2 848,67</b>	<b>152,83</b>	<b>137,48</b>	<b>1 728</b>	<b>150</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>20</b>	<b>1 075</b>	<b>664</b>	<b>245</b>	<b>664</b>		
<b>AAA II CHAPARRA-CHINCHA</b>															
34	Chincha	705,641	38,68	130	763	380	Si	Si		844	489	180	489	2	
35	Pisco	1046,640	24,65	42	839,68 (2006)		Si		10	501	288	80	288	1	
			34 en Pampas de Lanchas	17	-17										
36	Villacuri-Lanchas	519,383	228,34	63	1,443,39 (2009)		Si		10	685	464	120	464	1	
36	Ica	918,787	335,09	189	-146,09		Si		10	1 140	869	150	869	1	
37	Palpa	345,477	14,59	17,3	2,71	350	Si			334	218	90	218	2	





ACUIFEROS IDENTIFICADOS			CAPACIDAD DE LOS ACUIFEROS			PROPUESTAS DE TRABAJOS									
Cod SIG	Nombre	Extension (km <sup>2</sup> )	BALANCE HIDRICO (RHP 2010/2011) (Hm <sup>3</sup> /año)			Reservas Totales Acifero (Hm <sup>3</sup> )	Geofisica SEV/STDE M	Estimacion de recarga y balance hidrico	Valoracion de reservas totales almacenadas	Ensayos de Bombeo	Actualizacion del inventario de pozos (*)	Legalizacion de captaciones de agua subteranea en uso (*)	Controles del acifero		Prioridad
			Explotacion	Recarga	Balance avit (superavit/deficit)								Piezométrico (semestral)	Extracciones de agua (anual)	
	<b>Nazca</b>	781,443	64,12	42,54	-21,58	549,613 (2007)		Si		10	1 334	848	110	848	1
39	Acari	268,950	2,4			169	Si	Si			325	102	90	102	2
40	Yauca	40,836	0,03				Si	Si			46	4	18	4	2
<b>TOTAL II</b>			<b>4 627,16</b>	<b>707,90</b>	<b>-238,63</b>	<b>3 764</b>	<b>1200</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>40</b>	<b>5 209</b>	<b>3 282</b>	<b>838</b>	<b>3 282</b>	
<b>AAA III CAÑETE-FORTALEZA</b>															
21	Fortaleza	323,62	12,81	15,77	2,97	49	300	Si	Si	5	157	66	60	66	2
22	Pativilca	467,63	1,81	31,54	29,74	84	450	Si	Si		181	125	45	125	2
23	Supe	Superpues- to sobre la de Pativilca y Huaura	0,26			50	200	Si	Si	5	171	80	49	80	2
24	Huaura	899,69	11,47			89	450	Si	Si		557	376	100	376	2
25	Chancay- Huaral	289,16	15,46	101,8	86,74	848 (2001)	200	Si		5	3 672	3 209	180	3 209	1
26	Chillon	249,000	50,36	63,07	12,71	126	250	Si	Si	5	820	624	120	624	1
27	Lurin	509,72	17,08	21,44	4,36	16	350	Si	Si	10	1 216	939	160	939	1
28	Chilca	113,72	7,61			44	200	Si	Si	10	750	625	70	625	1
29	Mala	74,73	12,91	59,91	47,01	11	150	Si	Si		352	233	51	233	2

ACUÍFEROS IDENTIFICADOS		CAPACIDAD DE LOS ACUÍFEROS				PROPUESTAS DE TRABAJOS									
Cod SIG	Nombre	Extensión (km <sup>2</sup> )	BALANCE HÍDRICO (RHP 2010/2011) (Hm <sup>3</sup> /año)			Reservas Totales Acuífero (Hm <sup>3</sup> )	Geofísica SEV/STDE M	Estimación de recarga y balance hídrico	Valoración de reservas totales almacenadas	Ensayos de Bombeo	Acualización del inventario de pozos (**)	Legalización de captaciones de agua subterránea en uso (*)	Controles del acuífero		Prioridad
			Explotación	Recarga	Balance (superavit /deficit)								Piezométrico (semestral)	Extracciones de agua (anual)	
30	Asia-Omás	71,95	4,42	4	-0,42	14,6	150	Si	Si	10	208	114	45	114	1
31	Cañete	364,64	22,77	102	79,23	1.015 (2001)	170	Si			527	468	100	468	2
TOTAL III		3 363,86	156,96	399,53	262,34	2 347	2 870	11	9	50	8 611	6 859	980	6 859	
<b>AAA IV HUARMEY-CHICAMA</b>															
12	Chicama	1261,48	256,35	226,74	-29,62	1.629,55 (2003)	150	Si		10	3 063	1 650	190	1 650	1
13	Moche	301,26	30,87	76	45,19	264,36 (2004)	100	Si		5	1 083	712	130	712	2
14	Virú	507,88	16,25	78,84	62,58	270	400	Si	Si	7	1 564	498	90	498	2
15	Chao	442,30	1,27	31,54	30,27	239	350	Si	Si	8	445	318	60	318	1
16	Santa	219,99	4,74	77	72,26	80	200	Si	Si	5	198	171	31	171	2
17	Lacramarca	424,40	20,59	93	72,41	132	350	Si	Si	5	161	131	46	131	2
18	Nepeña	269,36	14,41	63	48,6	688 (1999)	100	Si		7	360	149	80	149	2
19	Casma	166,10	11,68	31,54	19,86	62	250	Si	Si	5	563	393	80	393	2
20	Huarmey	36,84	5,37	7,72	2,35	20	150	Si	Si	7	398	310	60	310	2
TOTAL IV		3 629,61	361,53	685,38	323,90	3 384	2 050	9	6	59	7 835	4 332	767	4 332	
<b>AAA V JEQUETEPEQUE-ZARUMILLA</b>															
1	Zarumilla	506,23	6,15	32,00	25,85	203		Si	Si		638	265	80	265	2





Cod SIG	Nombre	Extension (km <sup>2</sup> )	CAPACIDAD DE LOS ACUIFEROS		Reservas Totales Acuífero (Hm <sup>3</sup> )	Geofísica SEV/STDE M	Estimación de recarga y balance hídrico	Valoración de reservas totales almacenadas	Ensayos de Bombeo	Actualización del inventario de pozos (**)	Legalización capitaciones de agua subterránea en uso (*)	PROPUESTAS DE TRABAJOS		Prioridad	
			BALANCE HIDRICO (RHP 2010/2011) (Hm <sup>3</sup> /año)	Balance a vit (deficit)								Reca- ga	Explotación		Controles del acuífero
2	Tumbes	522,00	1,83	38,80	36,97	72	SI	SI	5	95	31	40	31	2	
3	Qda. Castas	38,85	4,53	6,14	1,61	29,27 (2006)	SI			76	36	40	36	2	
4	Alto Piura	2 028,91	35,71	140,00	104,29	670	SI	SI		1 610	678	180	678	2	
5	Medio y Bajo Piura y Chira	484,16	43,33	140,00	96,67	90	SI	SI	5	357	214	114	214	2	
6	Olmos Cas-cajal	2 491,61	49,01	39,69	-9,32	106	SI	SI	10	1 217	760	180	760	1	
7	Motupe	472,83	19,21	42,00	22,79	973,21 (2001)	SI		5	1 088	713	130	713	1	
8	La Leche	1 103,65	58,19	37,00	-21,19	985	SI	SI	10	1 847	1 241	180	1 241	1	
9	Chancay-Lambayeque	2 754,21	93,16	341,00	247,84	1 258	SI	SI		2 291	1 314	190	1 314	2	
10	Zaña	1 536,19	3,04	15,80	12,76	315,31 (2005)	SI			525	326	100	326	2	
11	Jequetepe-que	1 254,97	15,06	159,14	144,08	562	SI	SI	5	1 906	1 381	140	1 381	2	
TOTAL V		13 193,61	329,22	991,57	662,35	5 264	11	8	40	11 650	6 959	1 374	6 959		
TOTAL ACUIFEROS MONITORIZADOS DEL PACIFICO		27 662,907	1 708,442	2 714,800	994,660	16 486,400	43	27	209	34 380	22 096	4 204	22 096		
<b>REGIÓN HIDROGRÁFICA DEL AMAZONAS</b>															
<b>AAA VII AMAZONAS</b>															
46	Acuífero Iquitos	156,59	0,425	172,87	172,45	144	500	SI	SI	8	1 469	1 335	64	1 335	2

ACUÍFEROS IDENTIFICADOS		CAPACIDAD DE LOS ACUÍFEROS				PROPUESTAS DE TRABAJOS								
Cod SIG	Nombre	Extensión (km <sup>2</sup> )	BALANCE HÍDRICO (RHP 2010/2011) (Hm <sup>3</sup> /año)		Reservas Totales Acuífero (Hm <sup>3</sup> )	Geofísica SEV/STDE M	Estimación de recarga y balance hídrico	Valoración de reservas totales almacenadas	Ensayos de Bombeo	Actualización del inventario de pozos de pozos (**)	Legalización captaciones de agua subterránea en uso (*)	Controles del acuífero		Prioridad
			Explotación	Recarga								Balace (superavit /deficit)	Piezométrico (semestral)	
<b>AAAA IX UCAYALI</b>														
45	Acuífero Pucallpa	44,41	4,83	43,72	38,89	500	Si	Si	8	3 388	2 884	110	2 884	2
<b>TOTAL AMAZONAS</b>		<b>201,00</b>	<b>5,26</b>	<b>216,59</b>	<b>211,34</b>	<b>1 000</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>16</b>	<b>4 857</b>	<b>4 219</b>	<b>174</b>	<b>4 219</b>	
<b>REGIÓN HIDROGRÁFICA DEL LAGO TITICACA</b>														
<b>AAA XIV TITICACA</b>														
43	Acuífero Ramis	2.100 km <sup>2</sup> de depósitos aluviales	0,79	172,20	171,41	840	Si	Si	10	2 210	1952	180	1952	2
44	Acuífero Juliaca	780 km <sup>2</sup> de depósitos aluviales	0,15	63,90	63,90	156	Si	Si	10	1 995	1613	180	1613	2
<b>TOTAL TITICACA</b>		<b>2 880,00</b>	<b>0,94</b>	<b>236,10</b>	<b>235,31</b>	<b>996,00</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>20</b>	<b>4 205</b>	<b>3 565</b>	<b>360</b>	<b>3 565</b>	
<b>TOTAL ACUÍFEROS MONITORIZADOS</b>		<b>30 743,907</b>	<b>1 714,633</b>	<b>3 167,490</b>	<b>1 441,310</b>	<b>17 759,400</b>	<b>47 acuíferos</b>	<b>31 acuíferos</b>	<b>245</b>	<b>43 442</b>	<b>29 880</b>	<b>4 738</b>	<b>29 880</b>	

**Caplina** Acuífero sobreexplotado

315,86 (2002)	Reservas estimadas por la ANA
270	Reservas estimadas en el proyecto
<b>43 442</b>	Total captaciones inventariadas en acuíferos monitoreados
<b>28 880</b>	Total captaciones en explotación en los acuíferos monitoreados

Estimaciones de sondeos geofísicos a ejecutar, en base a las experiencias ya desarrolladas en los acuíferos monitoreados en los que se han efectuado estas investigaciones

Captaciones en explotación, cuando fueron realizados los inventarios de pozos por la ANA

Pozos utilizados y utilizables

(\*)

(\*\*)

**Prioridad**

1	años 2013 a 2015 (3 años)
2	años 2019 a 2021 (6 años)

Fuente: elaboración propia a partir de datos de la ANA de 2010 y 2011



El resumen de las actuaciones propuestas, que se refleja en el anterior cuadro, para cada uno de los 47 acuíferos monitoreados, es el siguiente:

1. Campañas de **prospección geofísica** en los 28 acuíferos monitoreados por la ANA, en los que no consta, hasta el momento, que se haya efectuado esta actuación (sí las hay realizadas en 18 de ellos). El total orientativo de los sondeos geofísicos (SEV y/o STDEM) a efectuar sería de unos 11 270. El baremo seguido para la determinación del número de sondeos geofísicos a realizar en cada acuífero ha sido explicado anteriormente.
2. Realización de unos 245 **ensayos de bombeo** repartidos por 47 acuíferos y, en especial, en los 12 acuíferos costeros sobreexplotados de la región hidrográfica del Pacífico.
3. Actualización anual del **inventario de pozos** en todos los acuíferos monitoreados, en función de las autorizaciones y nuevas concesiones de agua que vaya otorgando la Autoridad Nacional del Agua. Con esta actividad se propone, para el horizonte 2021, la revisión y actualización de los datos actualmente reflejados en los inventarios de puntos de agua realizados por la ANA, así como el reconocimiento en campo e incorporación a las bases de datos, de las nuevas captaciones de agua que, una vez autorizadas por la ANA, se perforan en los acuíferos. Se prevé la actualización e inventario de unos 43 442 puntos de agua.
4. Controles semestrales de la variación experimentada en el **nivel piezométrico** de los 47 acuíferos monitoreados, en una red total estimada en 4 058 puntos.
5. Controles anuales de las **extracciones de agua** que se producen en los 47 acuíferos monitoreados, considerando el total de las 29 880 captaciones de agua que en la actualidad se están explotando en ellos.

Para ello, debería irse colocando en los pozos seleccionados, por parte de los usuarios, tal y como exige el artículo 240º del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos (Ley N°29338), contadores volumétricos de agua, para el control preciso de estas explotaciones. Los resultados de los consumos mensuales producidos deberán ser remitidos mensualmente a la ANA por parte de los usuarios, tal y como exige el artículo 240º. No obstante, para revisar esta actuación y comprobar que los datos remitidos son correctos, sería conveniente que, anualmente, se hiciese un reconocimiento y revisión *in situ*, por parte de las ALA, de las captaciones de agua que más se explotan en cada uno de los acuíferos monitoreados.

6. **Estimación de la recarga** de agua que anualmente se produce en los 47 acuíferos monitoreados, en especial en 6 de ellos, en los que hasta ahora no se ha dispuesto de datos suficientes como para poder estimarla. En los 41 acuíferos, cuya recarga ya ha sido estimada por la ANA, sería conveniente que se volviera a recalcular, a la vista de los nuevos datos que se obtuvieran, en el tiempo, sobre el control de las extracciones producidas en los acuíferos y la variación de los niveles piezométricos experimentados en los mismos, frente a estas explotaciones.



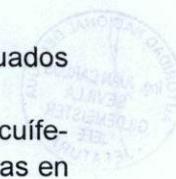
7. Actualización de los **balances hídricos** de los 47 acuíferos monitoreados, en función de la recarga estimada y las explotaciones de agua contabilizadas.
8. Estimación de las **reservas de agua** en 31 acuíferos en los que, hasta la fecha, no se ha dispuesto de un conocimiento preciso de su geometría.
9. **Legalización y concesión de agua** de, al menos, las 29 880 captaciones de agua que en la actualidad se encuentren en uso en los 47 acuíferos monitoreados. El inventario total de pozos asciende en la actualidad (según datos de los estudios hidrogeológicos efectuados por la ANA) a 43 442, por lo que en uso se encuentran el 68,78%.

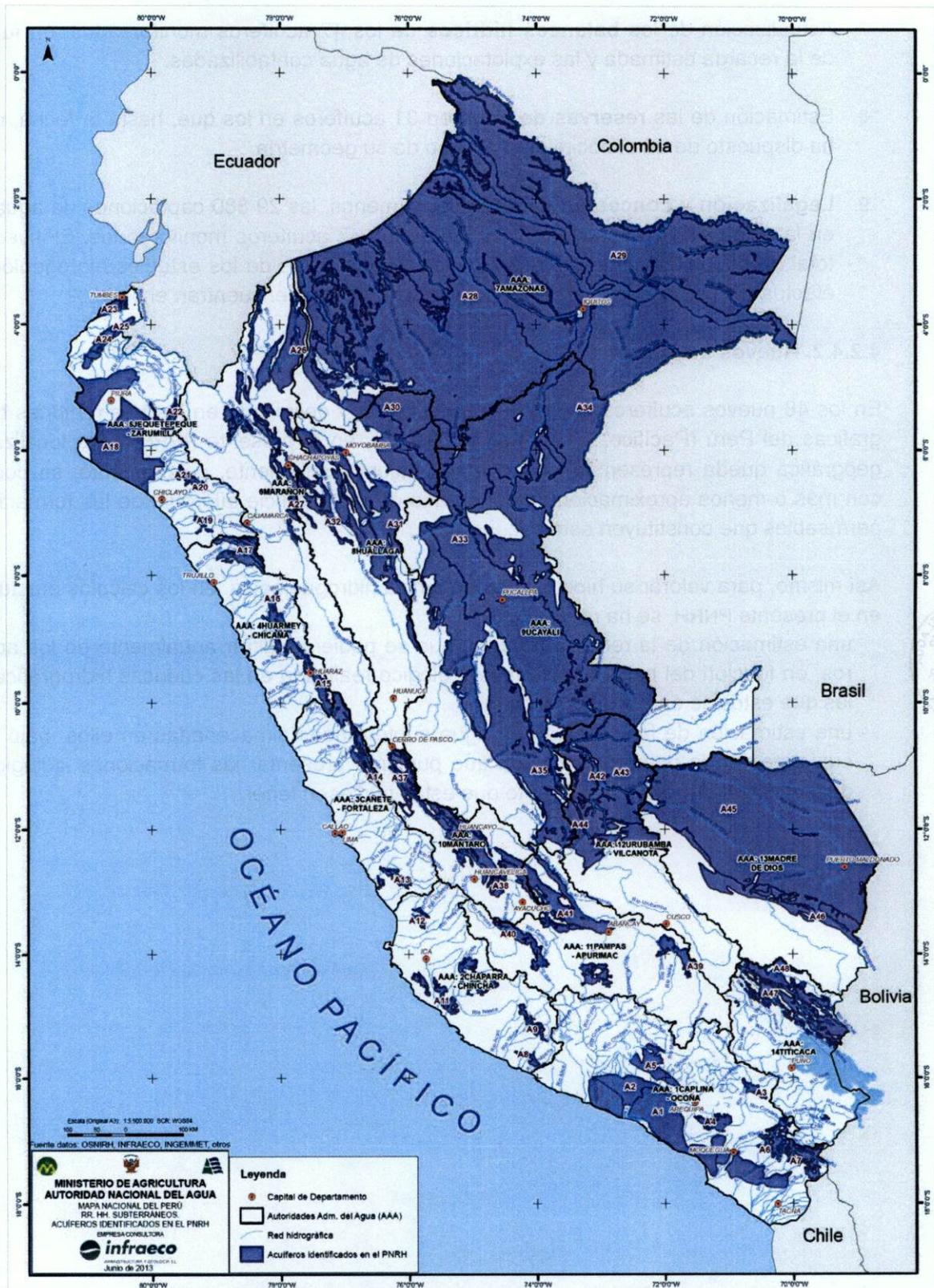
#### 4.2.4.2. Nuevos acuíferos

En los 48 nuevos acuíferos que se han identificado y delimitado en las tres regiones hidrográficas del Perú (Pacífico, Amazonas y Titicaca), en el presente PNRH, cuya localización geográfica queda representada en el mapa adjunto, solamente, de momento, se conoce, con más o menos aproximación, la cartografía de la superficie aflorante de las formaciones permeables que constituyen estos acuíferos.

Así mismo, para valorar su hipotética importancia hidrogeológica, en los cálculos efectuados en el presente PNRH, se ha realizado:

- una estimación de la recarga de agua que se pudiera infiltrar anualmente en los acuíferos, en función del balance hidrometeorológico realizado en las cuencas hidrográficas en las que estos se encuentran ubicados.
- una estimación de las reservas de agua subterráneas almacenadas en ellos, bajo unos supuestos de la potencia saturada que pudieran presentar las formaciones litológicas y del coeficiente de almacenamiento que estas pudiesen tener.





Mapa 4.3. Localización geográfica de los 48 nuevos acuíferos identificados en el PNRH  
Fuente: elaboración propia a partir del Mapa Hidrogeológico Nacional del INGENMET