

Plan de Infraestructura Hidráulica

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS - CHILE
DIRECCIÓN DE OBRAS HIDRÁULICAS



Ministerio de
Obras Públicas



Septiembre 2015

ÍNDICE

1. Introducción
2. Lineamientos Estratégicos MOP
3. Productos DOH
4. Escenario Hídrico Actual (Estado de Embalses)
5. Obras de Riego
6. Hechos Recientes : Control Aluvional
7. Síntesis
8. Agua Potable Rural: Calidad de las aguas



EMBALSE ANCOA

2. LINEAMIENTOS ESTRATÉGICOS

Alcanzar el desarrollo social y productivo el año 2030

- ❑ Pasar de 23 mil dólares per cápita (2014) a 30 mil dólares per cápita al año 2030.

Incorporar el cambio climático

- ❑ En riego, no basta con identificar qué proyecto de regadío es más conveniente ejecutar con inversión del Estado, sino **¿Cómo regular el escaso recurso disponible?**
- ❑ En APR, ¿Qué soluciones adoptamos para proveer de agua a las localidades rurales **que hoy no cuentan con este servicio?**

Construir ciudades más amables

- ❑ Construir infraestructura urbana que permita proteger a los habitantes ante eventos climáticos extremos y que eleven su bienestar.

Inclusión y equidad territorial

- ❑ Emparejar la cancha, privilegiar con infraestructura aquellos lugares **donde hoy no la hay**, favoreciendo a sus habitantes que han sido postergados y que verán una oportunidad de permanecer en sectores rurales, desincentivando las migraciones a centros urbanos.

3. PRODUCTOS DOH

INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA

- ❑ **Riego** (embalses, canales, infiltración, etc),
Activo desde 1953.
- ❑ **Obras fluviales** y de control aluvional. Activo desde 2001.
- ❑ **Redes primarias** de evacuación y drenaje de aguas lluvias en zonas urbanas. Activo desde 1997
- ❑ Sistemas de **Agua Potable Rural**. Activo desde 1964.

INVERSIÓN DOH

Producto	2014 (M)		2015 (M)	
	\$	US\$	\$	US\$
Riego	47.607.353	79.611	60.424.827	101.045
Aguas LLuvias	30.191.687	50.488	39.994.601	66.881
Obras Fluviales	30.057.125	50.263	16.978.741	28.393
Agua Potable Rural	69.441.269	116.123	68.884.752	115.192
Total	177.297.434	296.484	186.282.921	311.510



4. Escenario Hídrico Actual (estado de embalses 28.08.15)

ESTADO SEMANAL DE EMBALSES		FECHA 11.09.2015			
REGIÓN	OBRA	Capacidad Máxima (Hm3)	VOLUMEN EMBALSADO Y (%) CON RESPECTO A CAPACIDAD MÁXIMA		
			2014(12/09)	2015(11/09)	
			Volumen(Hm3)		(%)
XV	COTACOTANI	21	13	12	58%
	CHUNGARÁ	435	391	390	90%
	CARITAYA	42	11	16	37%
Variación de Volumen Total		498	415	418	3
II	CONCHI	22	18	18	83%
III	LAUTARO	26	4	7	28%
	SANTA JUANA	166	19	36	21%
Variación de Volumen Total		192	22	43	21
IV	PUCLARO	200	23	26	13%
	PALOMA	748	32	50	7%
	RECOLETA	100	8	14	14%
	COGOTI	150	0	23	16%
	LA LAGUNA	40	27	21	52%
	EL BATO	26	4	7	27%
	CORRALES	50	20	17	33%
	CULIMO	10	0	1	13%
Variación de Volumen Total		1.324	114	160	46
V	AROMOS	35	15	14	39%
R.M.	EL YESO	220	101	102	47%
	RUNGUE	1,7	0	2	100%
Variación de Volumen Total		222	101	104	3
VI	CONVENTO VIEJO	237	220	142	60%
	LOS CRISTALES	9	0	1	11%
Variación de Volumen Total		246	220	143	-77
VII	COLBUN (1)	1.544	1137	1276	83%
	LAGUNA DEL MAULE(***)	1.420	246	321	23%
	ANCOA	79	72	73	93%
	DIGUA	225	225	216	96%
	LA INVERNADA (1)	174	36	35	20%
	MELADO (1)	134	122	125	93%
	EL PLANCHON	73	s/i	8	11%
	BULLILEO	60	60	59	98%
TUTUVEN	22	18	14	65%	
Variación de Volumen Total		3.731	1.916	2127	211
VIII	COIHUECO	29	28	28	95%
	LAGO LAJA	5.582	890	1087	19%
Variación de Volumen Total		5.611	918	1.114	196
TOTAL PAÍS		11.880	3.740	4.141	35%

(1) Embalses de aprovechamiento hidroeléctrico (como propósito principal)
s/i = Sin información por falta de personal. Administrado por los regantes
(***) = Nieve acumulada a la fecha : 2,92 m.

- El volumen actual de muchos embalses se encuentra **bajo el 50%** de su capacidad total.
- En particular en la III y IV región, el almacenamiento total es inferior **al 10%** de la capacidad.
- Esta situación obliga a tomar iniciativas para **optimizar** el uso del recurso.

Plan de Emergencia de Riego por Sequía (Corto Plazo)

Las medidas de corto plazo, buscan mitigar el efecto de la sequía en el riego, a través de:

- ✓ Explotación de aguas subterráneas mediante pozos
- ✓ Encauzamiento de ríos
- ✓ Revestimiento de canales

Las medidas de emergencia se concentran en las regiones de Coquimbo y Valparaíso, con las siguientes inversiones (Detalle en Anexo):

Region	TEMPORADA 2015-2016		
	RIEGO		
	2015	2016	Total
Coquimbo	2.620	1.350	3.970
Valparaiso	8.349	1.790	10.139
TOTAL ANUAL	10.969	3.140	
TOTAL	14.109	MM US\$ 23	

Nota: Las inversiones se podrían ver incrementadas con acciones que están en evaluación de parte de la DOH.

5. RIEGO

- a. Plan de Grandes Embalses
- b. Plan Aconcagua
- c. Plan de Pequeños Embalses
- d. Recargas Artificiales



a. Plan de Grandes Embalses (Mediano y Largo Plazo)

8 prioritarios

EMBALSE	Región/ Cuenca	VOLUMEN	BENEFICIOS				INVERSIÓN TOTAL	POTENCIAL CONSTRUCCIÓN		
		[Hm3]	Superficie Total [ha]	Superficie Equivalente [ha]	N° Predios	Potencial Hidroelec. [MW]	\$MM En moneda Jun 2015	Inicio	Fin	
1	Valle Hermoso	IV Región / Limarí	20	1.500	1.500	291	1	45.572	2015	2018
2	Punilla	VIII Región / Ñuble	625	65.000	20.800	4.710	99	318.817	2016	2020
3	Chironta	XV Región / Lluta	17	2.384	1.232	515	NO	67.446	2016	2019
4	Ampliación Aromos	V Región / Aconcagua	30	1.500	1.500	342	a evaluar	29.244	2017	2018
5	Las Palmas	V Región / Petorca	55	3.281	3.281	1.285	NO	79.935	2017	2020
6	Livilcar	XV Región / San José	10	Control de Crecidas	Control de Crecidas	Control de Crecidas	3	63.389	2018	2020
7	Catemu	V Región/ Aconcagua	180	38.000	23.529	4.160	a evaluar	159.795	2018	2021
8	Zapallar	VIII Región/Itata	80	10.000	10.000	1.000	a evaluar	77.776	2018	2021
SUBTOTAL 1=			1.017	121.665	61.843	12.303	103	841.975		

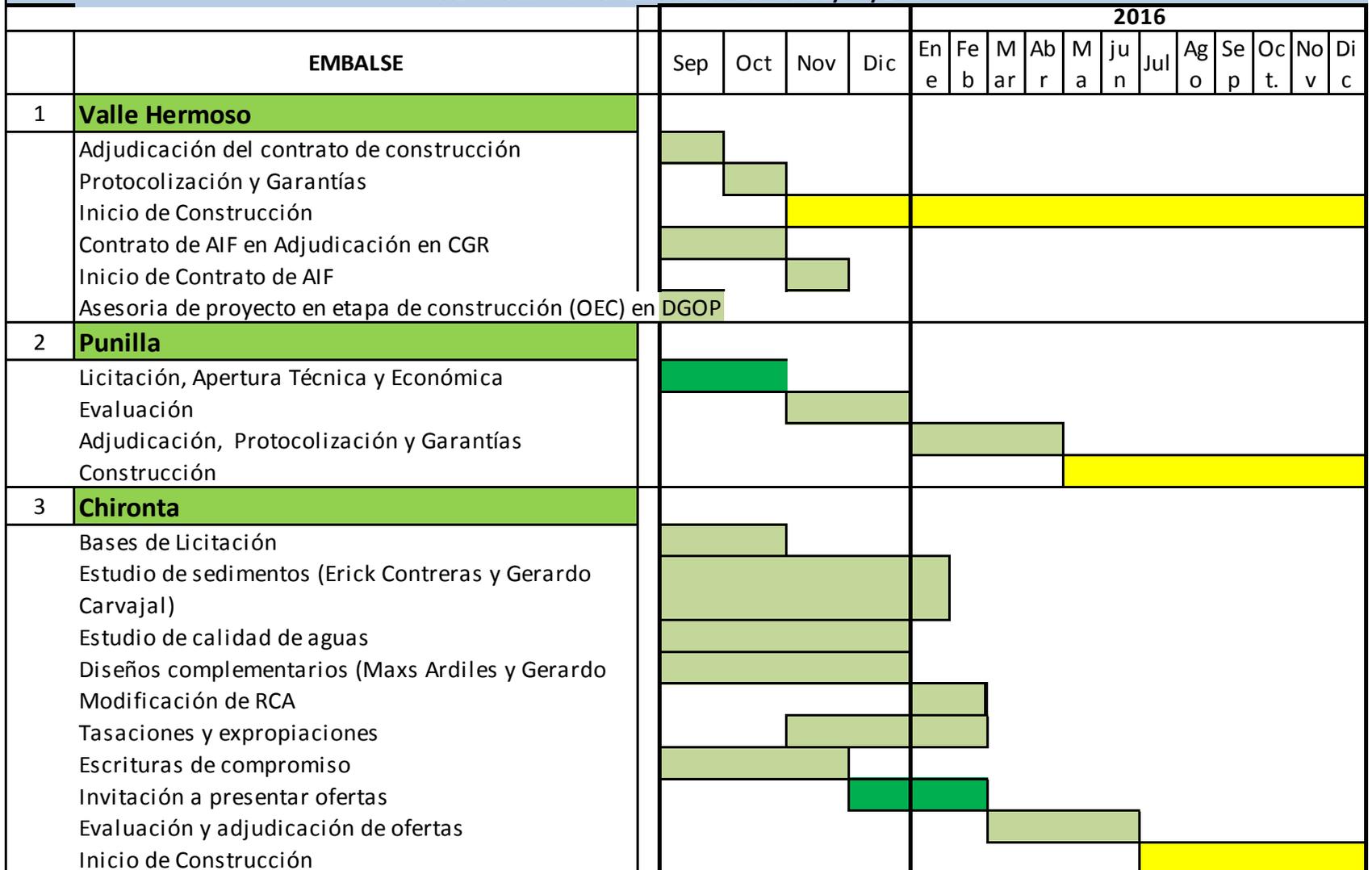
a. Plan de Grandes Embalses (Otros)

EMBALSE	Región/ Cuenca	VOLUMEN	BENEFICIOS				INVERSIÓN TOTAL	POTENCIAL CONSTRUCCIÓN		
		[Hm3]	Superficie Total [ha]	Superficie Equivalente [ha]	N° Predios	Potencial Hidroelec. [MW]	\$MM En moneda Jun 2015	Inicio	Fin	
9	Pocuro	V Región / Aconcagua	100	30.000	13.000	4.000	6	200.000	2018	2021
10	Los Ángeles	V Región /Los ángeles-Ligua	16	2.160	2.160	676	NO	93.735	2018	2021
11	Bollenar	VI Región / Rengo	33	6.070	-	1.446	a evaluar	48.377	2019	2022
12	El Parrón	VII Región / El Parrón	64	2.130	2.130	91	a evaluar	41.971	2019	2022
13	La Tranca	IV Región/Río Cogotí	50	4.940	3.778	432	2	80.292	2019	2021
14	Murallas Viejas	IV Región/Río Combarbalá	50	3.250	2.485	279	1	59.027	2020	2022
15	Rapel	IV Región / Limarí	14	1.973	1.973	-	NO	27.222	2020	2022
16	Canelillo	IV Región / Choapa	170	15.000	15.000	1.500	SI	115.780	2021	2023
17	La Chupalla	V Región / Alicahue- Ligua	56	2.186	2.186	816	SI	68.377	2021	2023
18	Cautín	IX Región / Cautín	142	32.274	32.274	2.593	SI	293.462	2022	2024
19	Umirpa	XV Región / Camarones	18	550	550	477	NO	15.668	2022	2024
20	La Jaula	VII Región/Teno	160	53.405	53.405	6.000	20	246.628	2022	2025
SUBTOTAL 2=			873	153.938	128.941	18.310	29	1.090.537		
TOTAL PLAN			1.890	275.603	190.784	30.613	132	1.932.512		

Este Plan supone que se cuentan con los recursos humanos tradicionalmente utilizados por unidad de embalse.

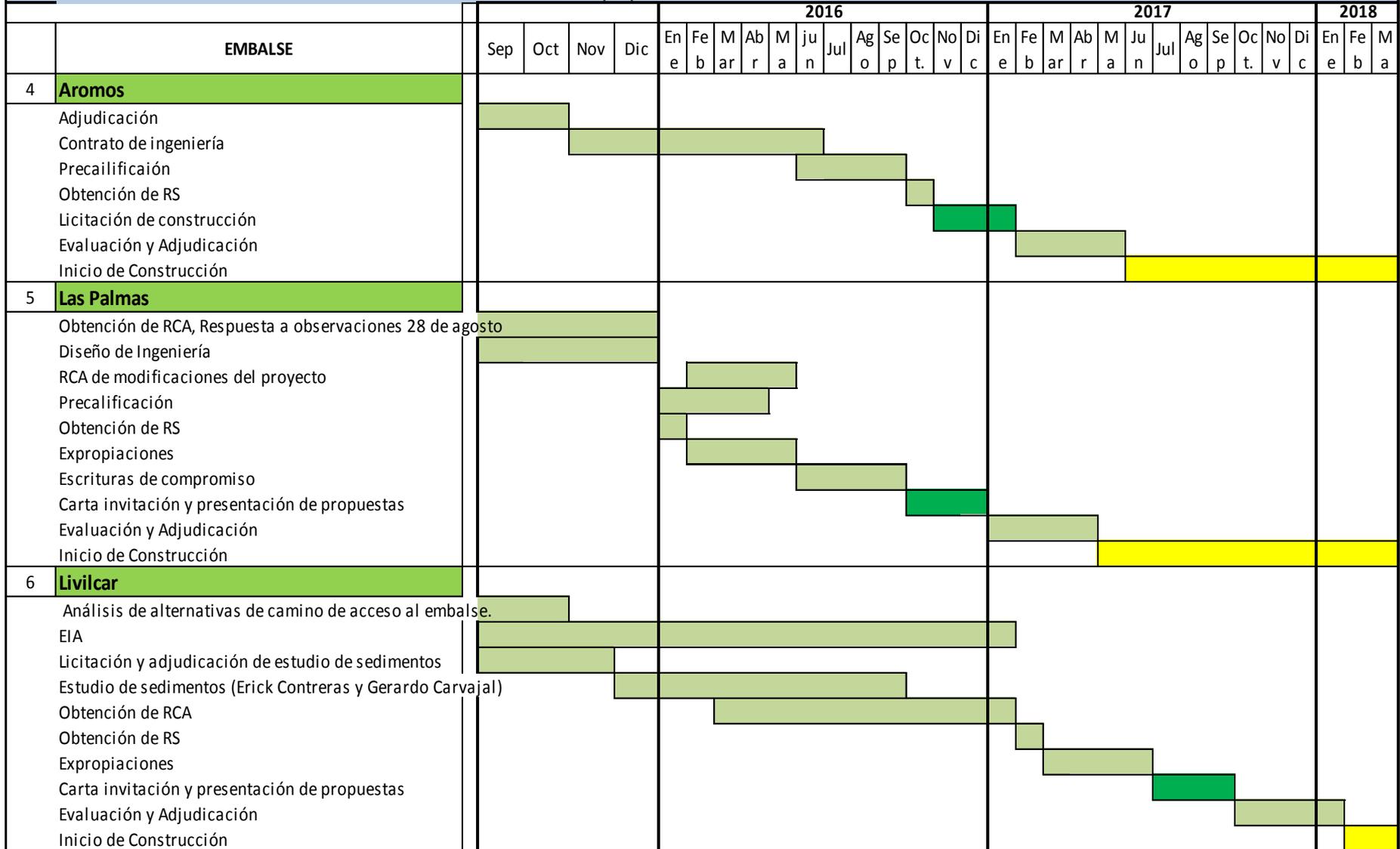
a. Plan de Grandes Embalses

Carta Gantt de Grandes Embalses al 11/09/2015



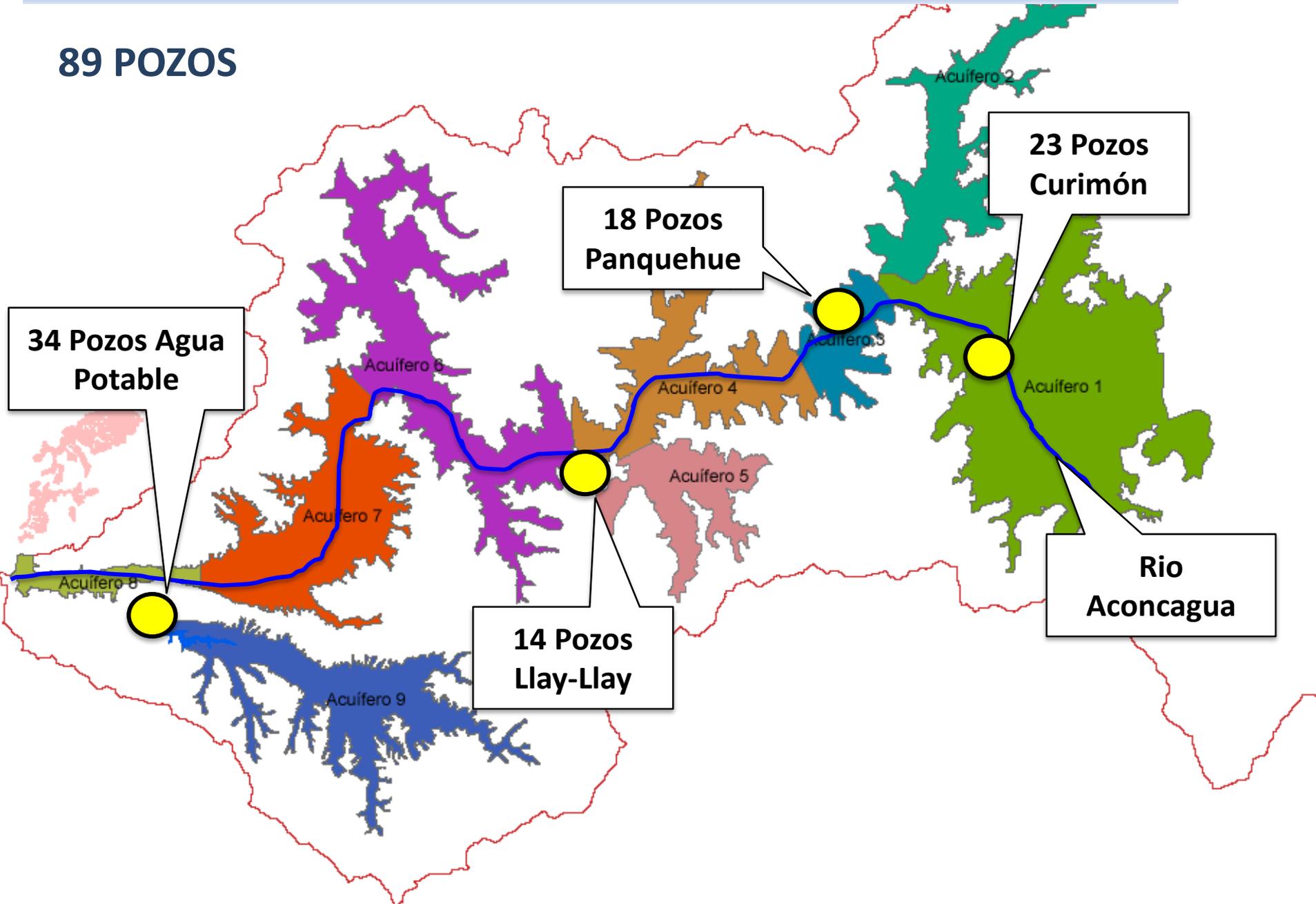
a. Plan de Grandes Embalses

Carta Gantt de Grandes Embalses al 11/09/2015

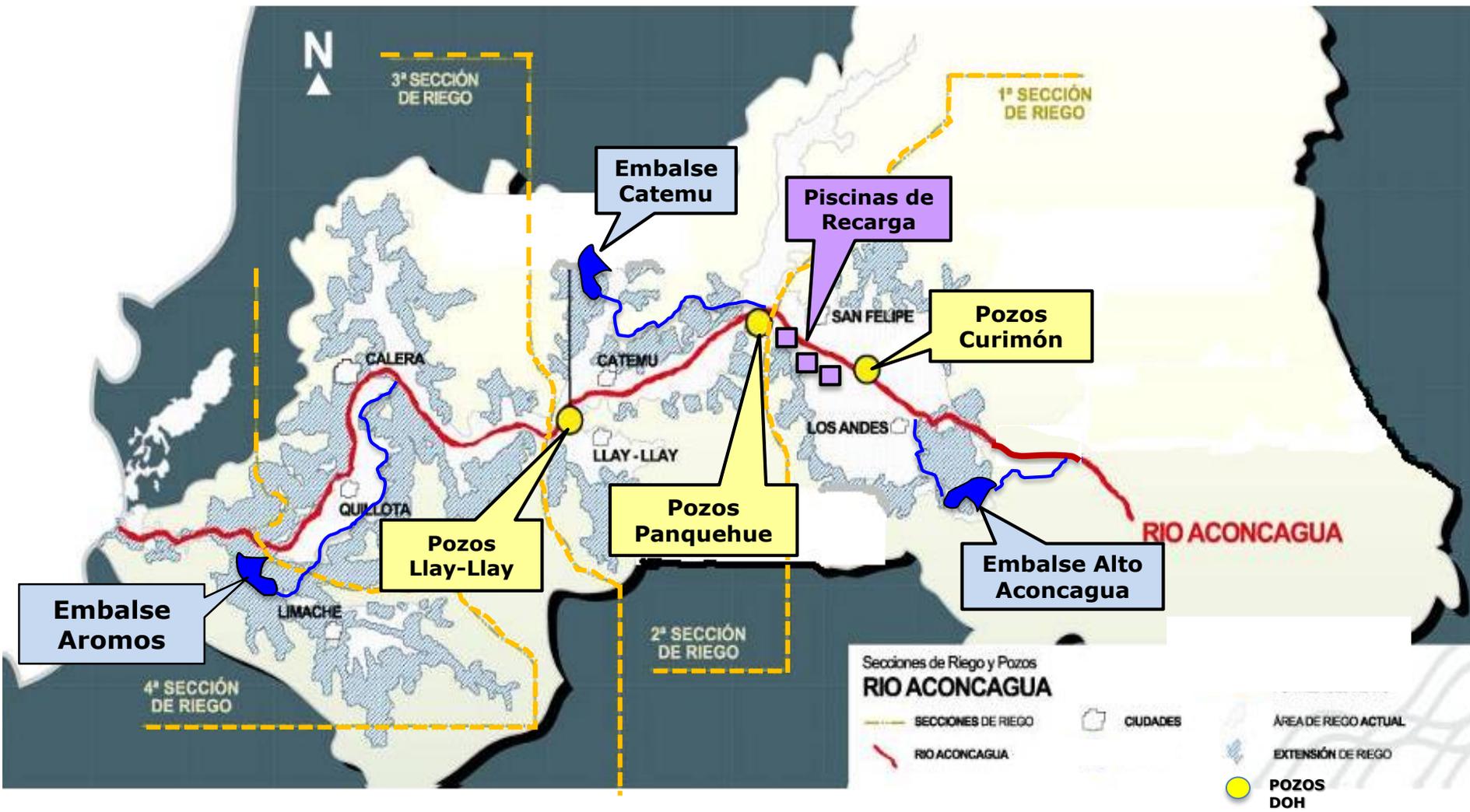


b. Plan Aconcagua

89 POZOS



b. Plan Aconcagua: mapa de Infraestructura



c. Plan de Pequeños Embalses

El tamaño de la infraestructura debe estar dentro de los siguientes parámetros:

- Altura de Presa : entre 5 a 20 m
- Volumen Embalsado : entre 50.000 a 5.000.000 m³
- Superficie Beneficiada : entre 100 y 1.000 hectáreas

Las obras nuevas se agrupan en:

- **Iniciativas que cuentan con ingeniería avanzada:** Embalses Empedrado, Tabunco y Gualleco, VII Región del Maule.
- **Iniciativas que no cuentan con ingeniería avanzada:** Requieren el desarrollo de los diseños y estudios ambientales.



c. Plan de Pequeños Embalses



- Incluye tanto la construcción de nuevos embalses y la rehabilitación de embalses existentes.
- Contempla abordar **25 embalses**, hasta el año 2017.
 - Ejecución de **15 nuevos** embalses pequeños y
 - Rehabilitación de **10 embalses** existentes que se encuentren en malas condiciones u operación deficiente.
- Inversión, en este periodo presidencial, de **\$ 300.000 millones** de los cuales **\$13.000 millones**, corresponden a la rehabilitación de embalses.
- Beneficiará a **9.000 predios** (sobre 17.000 hectáreas) y una población estimada de 45.000 personas, incrementando la capacidad de embalsamiento del país en más de **60 Hm3**.



c. Plan de Pequeños Embalses Rehabilitaciones

Rehabilitación de **10 embalses** existentes que se encuentren en malas condiciones u operación deficiente.

1. Embalse Chada en la RM. (terminado).
2. Embalse Santa Rosa, V Región (terminado).
3. Embalse Principal, de Pirque, en la RM (iniciando).
4. Embalse Hospital de Paine, de la RM (iniciando).
5. El Melon de Nogales, V Región (en revisión de antecedentes forestales)
6. Embalse Huechun en Melipilla, RM (en análisis para iniciar).
7. Embalse Rauten Bajo, en Quillota V Región (en revisión de ingeniería).
8. Embalse Santa Julieta, en Ovalle IV Región (en revisión de proyectos).
9. Embalse San Antonio, en Ovalle IV Región (en revisión de proyectos).
10. Embalse La Unión, en Ovalle IV Región (en revisión de proyectos).

d. Recargas Artificiales: Piscinas de Infiltración

La DOH proyecta recargas artificiales a los acuíferos del valle del Aconcagua, a través de piscinas de infiltración.

El proyecto consiste en:

- Aprox. entre **5 a 10 piscinas** (5 a 10 ha de superficie).
- Infiltración aprox. **15 m³/s.**
- Inversión entre **\$10.000 a \$12.000 millones** (incluye sistema de monitoreo y telemetría).



En 2014 la DOH inició un **Plan Piloto**, con un costo de MM\$ 600, que considera la ingeniería, construcción y monitoreo de **dos piscinas de infiltración**.

Se tendrán resultados a fines de 2015.

6. Hechos Recientes: Control Aluvional

- a. Lineamientos Estratégicos
- b. Principales proyectos en Ejecución.
- c. Crecidas en el Norte



a. Defensas Fluviales: Lineamientos Estratégicos

Obras en cauces naturales y quebradas para control de crecidas que afectan a la población, infraestructura pública y actividad productiva.

Se realizan estudios de Planes Maestros de ríos, para detectar los puntos vulnerables de los cauces.

- Se han ejecutado obras de control aluvional en Antofagasta, Coyhaique, Santiago, Tal Tal y Tocopilla.
- Anualmente, se desarrolla un Programa de Conservación de Riberas en ríos de todo el país.



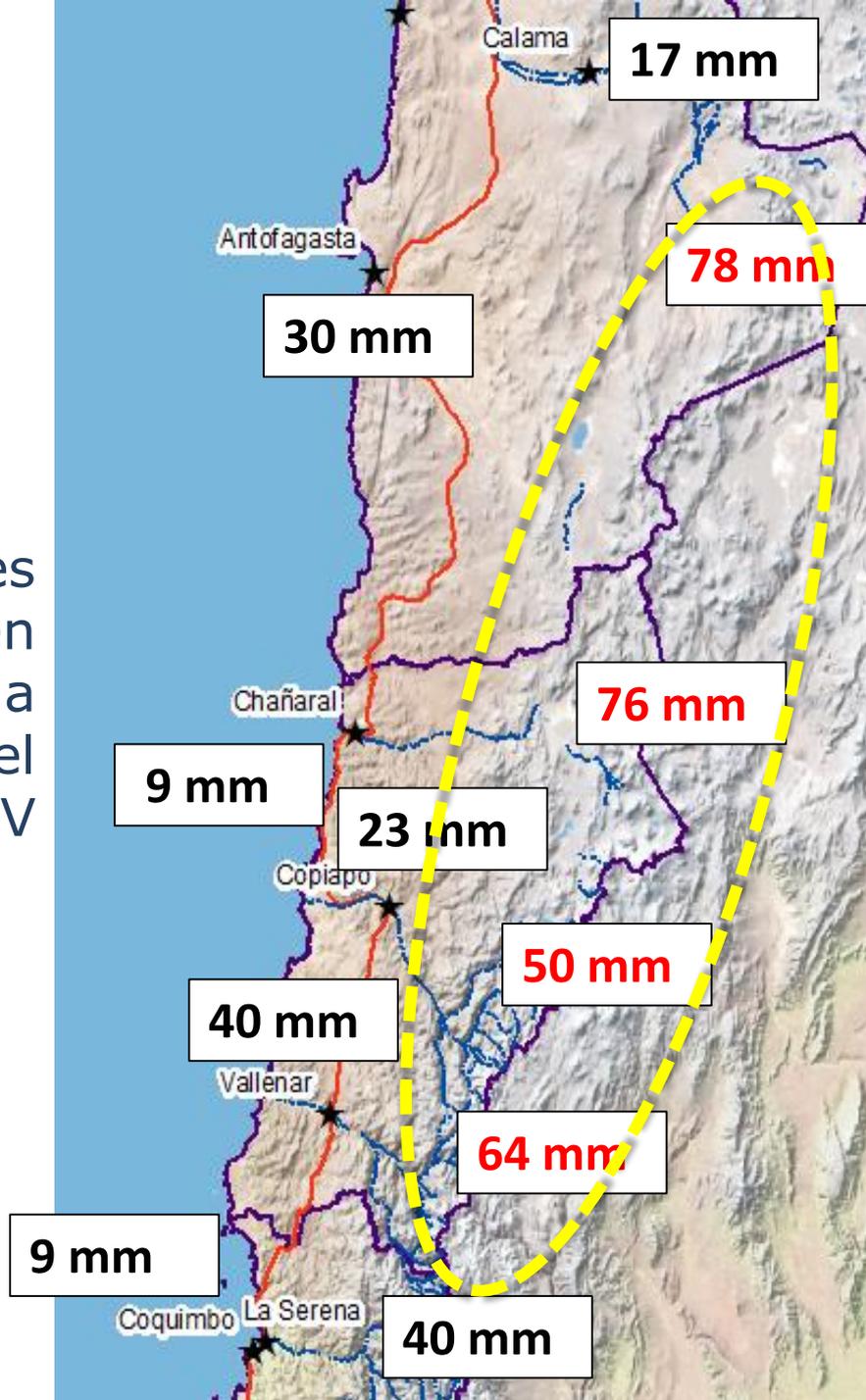
Antofagasta

c. Obras de control aluvional afectadas Norte de Chile



PRECIPITACIÓN CAIDA

Se observa que las mayores precipitaciones ocurrieron en la zona cordillerana, desde la mitad de la II región, hasta el extremo norte de la IV región.



MARZO 2015



MARZO 2015



TRABAJOS DE EMERGENCIA



Limpeza pozas aluvionales en quebrada de Taltal

10. SÍNTESIS

- La situación de escasez hídrica que enfrenta el país desde hace cinco temporadas, requiere **nuevas inversiones** en obras.
- La **innovación técnica** nos ayudará a encontrar nuevas fuentes de recurso hídrico.
- **Desalar** agua será posible si se resuelve la ecuación de costos.
- La **infiltración en los acuíferos** es una apuesta que ayudaría a mejorar la disponibilidad de recursos.
- Para las Regiones hay programas de: **Grandes Embalses**, Obras de **Control Aluvional**, **Pequeños Embalses**, **Obras Fluviales** y Proyectos de **Agua Potable Rural**.



7. Agua Potable Rural (APR)

- a. Lineamientos del programa
- b. Programa de Inversiones
- c. Análisis de Calidad de las Aguas



a. Lineamientos Estratégicos

Dotar de Agua Potable las localidades rurales, asesorar los Comité y Cooperativas de APR, en administración, operación y mantenimiento.



- Desde 1964, el Programa ha desarrollado 1.663 sistemas, administrados por los propios usuarios.
- En el 2001, se incorporó el programa a la DOH.
- Su ejecución es mediante convenios con empresas sanitarias en cada región, con excepción de Antofagasta y Atacama que lo ejecuta directamente la DOH.

b. Programa de Inversiones

- ❑ **Localidades Concentradas:** con un promedio mayor a 15 viviendas por km de red y 150 habitantes.
- ❑ **Localidades Semiconcentradas:** con un promedio mayor a 8 viviendas por km de red y 80 habitantes.

LOCALIDADES	SISTEMAS N°	POBLACIÓN (HAB.)	COBERTURA (%)
Concentradas	1.577	1.561.876	100,0
Semiconcentradas	86	38.302	17,4
TOTAL	1.663	1.600.178	

Nota: Cobertura medida sobre la población objetivo

Análisis de la Calidad de las Aguas

- ✓ Parámetros de medición de calidad de agua potable NCh 409/1 de 2005
- ✓ Muestreo y análisis en APR
- ✓ Estudio de Caso: Región de O'Higgins
- ✓ Conclusiones



Muestreo y análisis en APR

- El DS 735 de 1969. establece condiciones de servicio de agua para consumo humano. En 2007 se actualizó mediante el DS 131, adoptando los parámetros de medición y los máximos valores permitidos de la NCh 409 de 2005.
- La frecuencia de análisis de parámetros de calidad de agua son dados por la Resolución Sanitaria de cada Sistema, de acuerdo a los establecido por el MINSAL.
- También, para los diversos análisis puede existir flexibilización por parte del MINSAL, dadas las características del agua y del suelo del sector, su ubicación geográfica, el tipo de fuente.
- Esta flexibilización puede ser tanto para la frecuencia de muestreo, los parámetros a incluir en los distintos análisis, como también permitir algunos valores excedan la norma.

Muestreo y análisis en APR



Los APR realizan los siguientes análisis y con la siguiente frecuencia, en general, de acuerdo a resolución sanitaria de cada uno de ellos:

- ❑ Análisis de cloro residual: diariamente
- ❑ Análisis bacteriológico y organoléptico: 2 muestras cada 2 meses
- ❑ Análisis químico y de turbiedad: 1 anual si la fuente es superficial, 1 cada 2-3 años si la fuente es subterránea. (La mayor parte de los APR tienen fuente subterránea)

Muestreo y análisis en APR



Dentro del análisis químico, generalmente, los sistemas APR realizan muestreos para determinar el nivel de los parámetros de:

- ❑ Tabla 1: Elementos esenciales
- ❑ Tabla 2: Elementos o sustancias no esenciales.

En algunas regiones, se solicita a los APR medir los parámetros de la Tabla N°4: Plaguicidas. (Arica y Parinacota, Atacama y Biobío). Sin embargo, en ninguno de ellos se ha encontrado alguna vez presencia de estos parámetros.

Parámetros de medición de calidad de agua potable NCh 409/1 of 2005



- Tipo I: Parámetros microbiológicos y de turbiedad
 - Coliformes totales y escherichia coli
 - Turbiedad
- Tipo II: Elementos o sustancias químicas de importancia para la salud
 - Tabla 1: Elementos esenciales
 - Tabla 2: Elementos o sustancias no esenciales
 - Tabla 3: Sustancias orgánicas
 - Tabla 4: Plaguicidas
 - Tabla 5: Productos secundarios de la desinfección
- Tipo III: Elementos radioactivos
 - Tabla 6: Límites máximos para elementos radioactivos
- Tipo IV: Parámetros relativos a las características organolépticas
 - Tabla 7: Parámetros relativos a características organolépticas
- Tipo V: Parámetros de desinfección
 - Cloro residual



Parámetros de medición de calidad de agua potable NCh 409/1 of 2005



Tabla 1 - Elementos esenciales

Elemento	Expresado como elementos totales	Límite máximo mg/L
Cobre	<i>Cu</i>	2,0
Cromo total	<i>Cr</i>	0,05
Fluoruro	<i>F⁻</i>	1,5
Hierro	<i>Fe</i>	0,3
Manganeso	<i>Mn</i>	0,1
Magnesio	<i>Mg</i>	125,0
Selenio	<i>Se</i>	0,01
Zinc	<i>Zn</i>	3,0



Parámetros de medición de calidad de agua potable NCh 409/1 of 2005

Tabla 2 - Elementos o sustancias no esenciales

Elemento o sustancia	Expresado como elementos o sustancias totales	Límite máximo mg/L
Arsénico	<i>As</i>	0,01 ¹⁾
Cadmio	<i>Cd</i>	0,01
Cianuro	<i>CN⁻</i>	0,05
Mercurio	<i>Hg</i>	0,001
Nitrato	<i>NO₃⁻</i>	50
Nitrito	<i>NO₂⁻</i>	3
Razón nitrato + nitrito	²⁾	1
Plomo	<i>Pb</i>	0,05

Parámetros de medición de calidad de agua potable NCh 409/1 of 2005



Tabla 3 - Sustancias orgánicas

Sustancia	Límite máximo $\mu\text{g/L}$
Tetracloroetano	40
Benceno	10
Tolueno	700
Xilenos	500

Tabla 4 - Plaguicidas

Plaguicida	Límite máximo $\mu\text{g/L}$
DDT + DDD + DDE	2
2,4 - D	30
Lindano	2
Metoxicloro	20
Pentaclorofenol	9



Parámetros de medición de calidad de agua potable NCh 409/1 of 2005



Tabla 5 - Productos secundarios de la desinfección

Producto	Límite máximo mg/L
Monocloroamina	3
Dibromoclorometano	0,1
Bromodichlorometano	0,06
Tribromometano	0,1
Triclorometano	0,2
Trihalometanos	1 ^{*)}

Tabla 6 - Límites máximos para elementos radiactivos

Elemento	Límite máximo Bq/L
Estroncio 90	0,37
Radio 226	0,11
Actividad base total (excluyendo Sr-90, Ra-226 y otros emisores alfa)	37
Actividad beta total (incluyendo Sr-90, corregida para el K-40 y otros radioemisores naturales)	1,9
Actividad alfa total (incluyendo Ra-226 y otros emisores alfa)	0,55



Parámetros de medición de calidad de agua potable NCh 409/1 of 2005



Tabla 7 - Parámetros relativos a características organolépticas

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo
Físicos:			
Color verdadero	-	Unidad Pt-Co	20
Olor	-	-	inodora
Sabor	-	-	insípida
Inorgánicos:			
Amoníaco	NH_3	mg/L	1,5
Cloruro	Cl^-	mg/L	400 ¹⁾
pH	-	-	6,5 < pH < 8,5
Sulfato	SO_4^{-2}	mg/L	500 ¹⁾
Sólidos disueltos totales	-	mg/L	1 500
Orgánicos:			
Compuestos fenólicos	Fenol	µg/L	2

1) La Autoridad Competente, de acuerdo con las instrucciones impartidas por el Ministerio de Salud, podrá autorizar valores superiores a los límites máximos señalados en esta tabla, conforme a la reglamentación sanitaria vigente.



Estudio de Caso: Región de O'Higgins

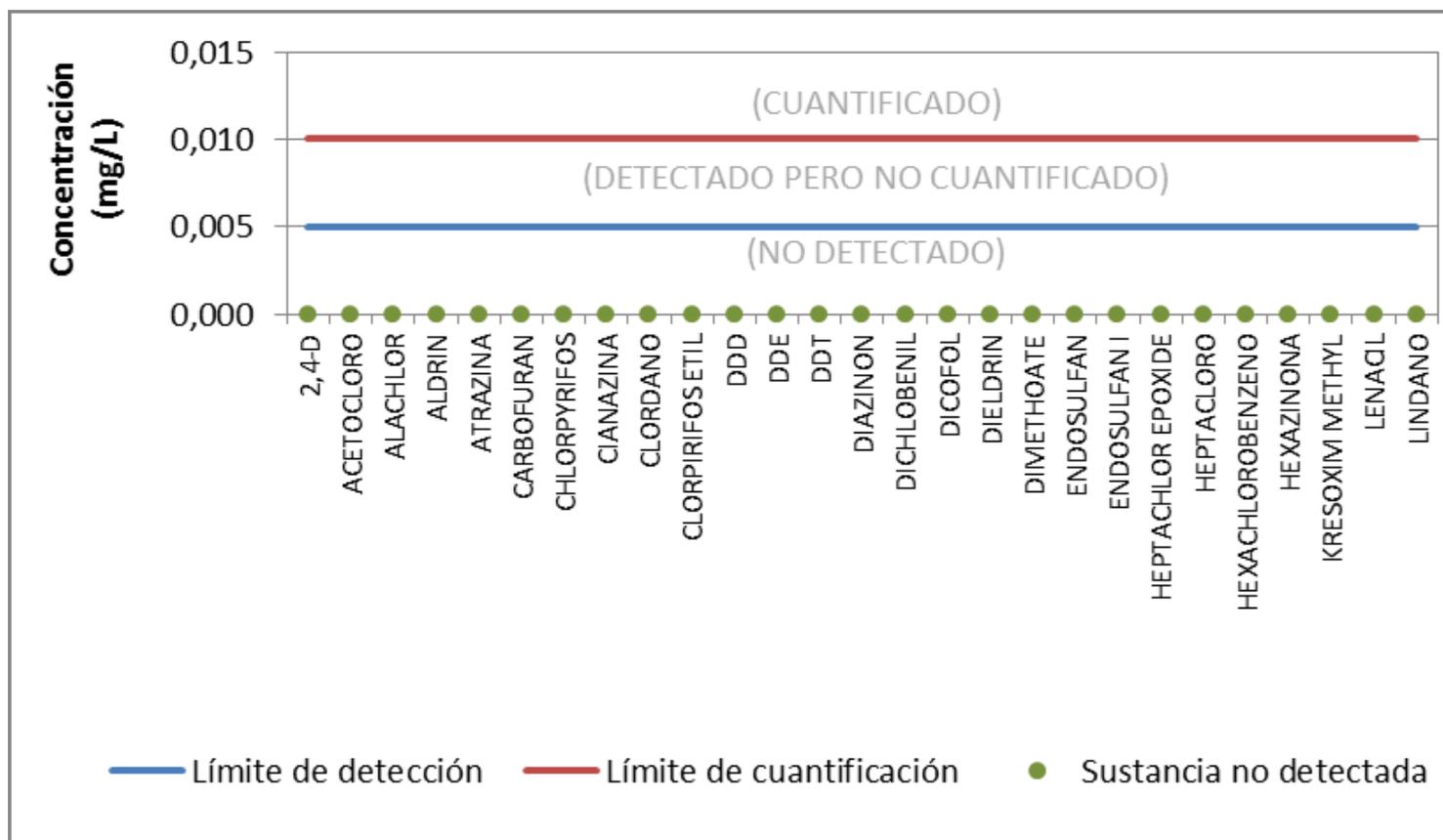


- En Mayo de 2015, la DGA publicó estudio denominado: "Diagnóstico de la Calidad de las Aguas Subterráneas en la Región del Libertador Bernardo O'Higgins".
- El objetivo era conocer la condición actual de la calidad de las aguas subterráneas de la Región, ya que de acuerdo con antecedentes del SAG sobre el total de ventas de plaguicidas en el año 2008, la VI Región ocupa el primer lugar en ventas (40% del total nacional).
- Se seleccionaron 70 pozos de APR, priorizando acuíferos con limitación de explotación, pozos con profundidad menor o igual a 40 m. y distribución de pozos en la región.
- En los parámetros se consideraron plaguicidas, que incluían todos los señalados en la Tabla N°4 de la NCH409.
- La fecha de muestreo considero periodo de aplicación de la mayoría de los pesticidas.

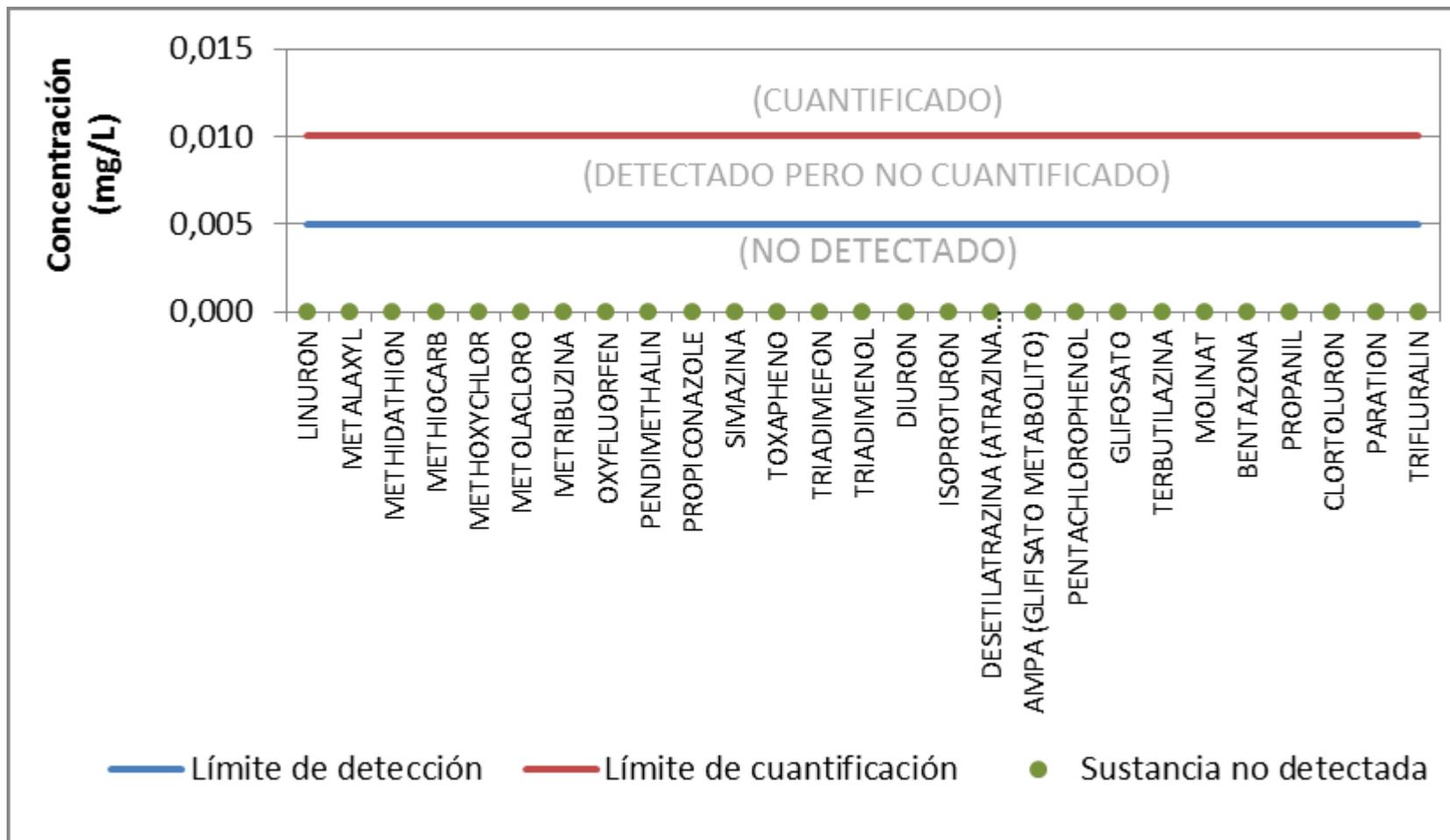


Estudio de Caso: Región de O'Higgins

- Se seleccionaron y analizaron 54 tipos de pesticidas en aguas subterráneas, incluidos los normados para Agua Potable.
- Las técnicas analíticas utilizadas fueron cromatografía gaseosa y líquida.



Estudio de Caso: Región de O'Higgins



- Resultados de análisis de 54 pesticidas en aguas subterráneas de la Región de O'Higgins. Todos los análisis concluyeron la **NO DETECCIÓN** de las sustancias analizadas. (Límite de detección = 0.005 mg/L; Límite de cuantificación = 0.010 mg/L).

Conclusiones

- Independiente de que no se tengan análisis de parámetros de plaguicidas de la NCh409 en la mayor parte de las regiones, con los resultados del estudio y de las 3 regiones que hacen este control, podemos inferir que los sistemas de APR, dado que la fuente para la mayor parte de ellos es de tipo subterránea, no se ven afectados por este tipo de contaminantes.

GRACIAS

Dirección de Obras Hidráulicas: CHILE



Ministerio de
Obras Públicas



