

Dirección  
General de  
Aguas

# PLANES ESTRATÉGICOS DE GESTIÓN HÍDRICA

Gestión Integrada del Agua a nivel de Cuencas



Ministerio de  
Obras  
Públicas

Gobierno  
de Chile

**@MauricioLORCA**

Jefe de División de Estudios y Planificación  
Dirección General de Aguas  
Santiago - Chile, 16-Abr.-2021

# 101 CUENCAS AL TÉRMINO DE LA DECADA.

Dirección General de Aguas (DGA) inició a principios de esta década la elaboración de “Planes Estratégicos de Gestión Hídrica (PEGH)” para las cuencas del país.

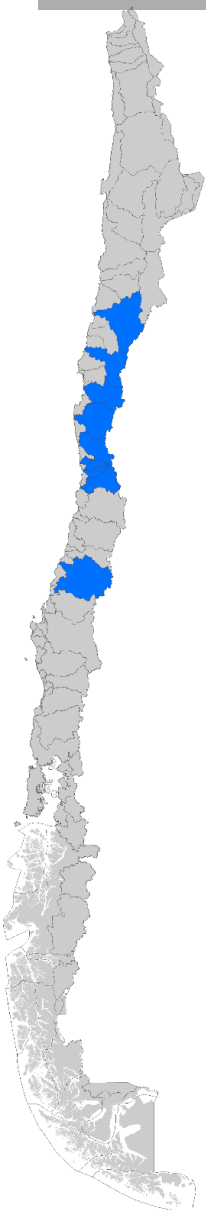
Con un criterio de urgencia en la necesidad de información para apoyar una gestión sustentable del agua, se inició este camino en las cuencas con un alta presión de uso y ubicadas en las zonas más afectadas por la crisis climática global y nuestra sequía.

**< 10 cuencas por año**

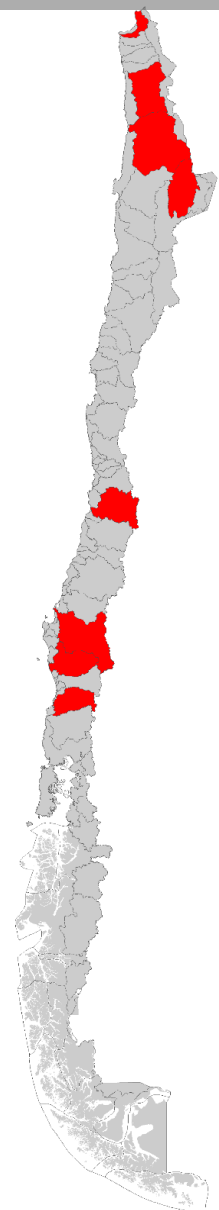
**< GCC + Sequia**



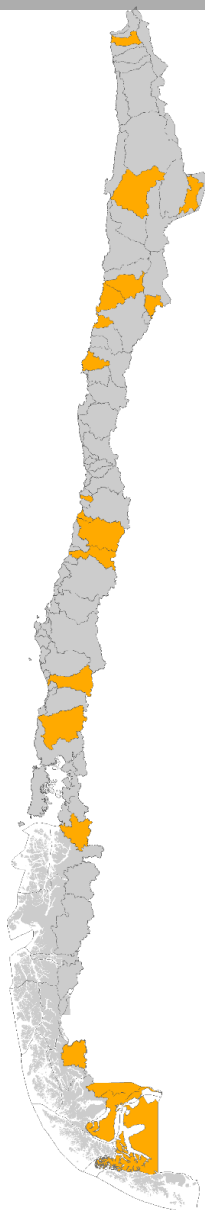
# PEGH :: COBERTURA TERRITORIAL 20-21



DICIEMBRE 2020		
CUENCAS	Km <sup>2</sup>	%
Río Copiapó; Río Huasco	28.516	3,8
Río Elqui; Río Limari; Río Choapa	29.174	3,9
Río Quilimari, Río Petorca, Río Ligua	4.752	0,6
Río Aconcagua	7.334	1,0
Río Maule	21.052	2,8
<b>TOTAL</b>	<b>90.828</b>	<b>12</b>

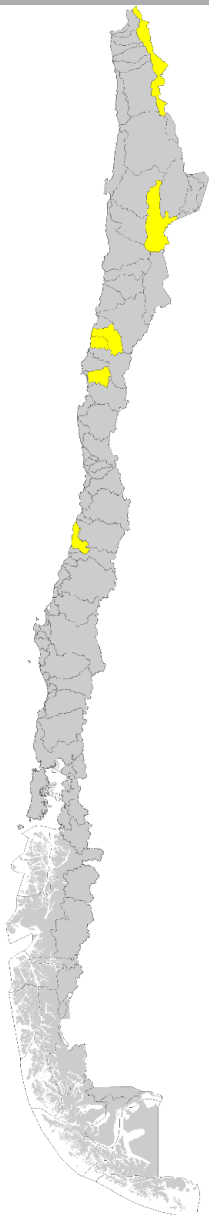


JUNIO 2021		
CUENCAS	Km <sup>2</sup>	%
Río Lluta; Pampa del Tamarugal	20.790	2,7
Río Loa	33.081	4,4
Salar de Atacama	15.576	2,1
Río Maipo	15.273	2,0
Río Biobío	24.369	3,2
Río Imperial, Río Valdivia	22.912	3,0
<b>TOTAL</b>	<b>132.001</b>	<b>17,4</b>

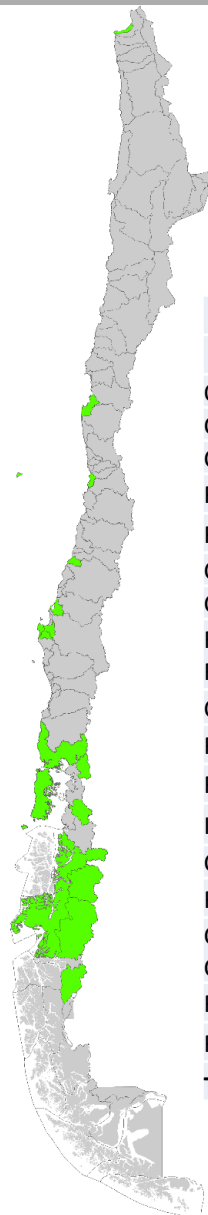


DICIEMBRE 2021		
CUENCAS	Km <sup>2</sup>	%
Río San José (Azapa)	3.194	0,4
Quebrada Caracoles	18.295	2,4
Endorreica entre Fronterizas y Salar Atacama	5.308	0,7
Río Salado	7.528	1,0
Costeras e Islas R. Salado - R. Copiapó	5.824	0,8
Salar de Maricunga	3.146	0,4
Costeras entre R. Copiapo y Q. Totoral	2.046	0,3
Costeras e Islas entre R. Huasco y Cuarta Región	3.952	0,5
Estero Casablanca	695	0,1
Costeras entre Río Maipo y Río Rapel	1.072	0,1
Río Rapel; Río Mataquito	20.098	2,7
Río Toltén; Río Bueno	23.814	3,1
Río Palena y Costeras Limite Decima Región	7.732	1,0
Río Serrano	6.733	0,9
Cuencas Punta Arenas; Cuencas Vertiente del Atlántico	18.644	2,5
Cuencas Tierra del Fuego	29.002	3,8
<b>TOTAL</b>	<b>157.083</b>	<b>20,8</b>

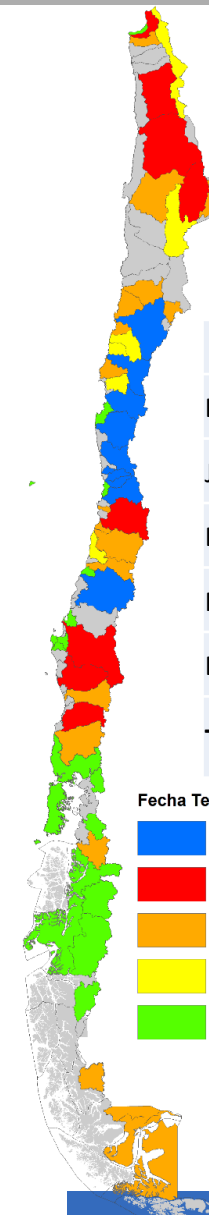
# PEGH :: COBERTURA TERRITORIAL 22



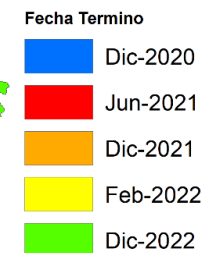
FEBRERO 2022		
CUENCAS	Km <sup>2</sup>	%
Cuencas Altiplanicas	11.369	1,5
Cuencas Endorreicas Salar Atacama - Vertiente Pacifico	14.473	1,9
Q.Totoral y Costeras hasta Q.Carrizal; Quebrada Carrizal	8.359	1,1
Río los Choros	3.838	0,5
Costeras entre Río Rapel y Estero Nilahue	3.397	0,4
<b>TOTAL</b>	<b>41.435</b>	<b>5,5</b>



DICIEMBRE 2022		
CUENCAS	Km <sup>2</sup>	%
Quebrada de la Concordia	785	0,1
Costeras entre Río Elqui y Río Limari	2.299	0,3
Costeras entre Río Ligua y Río Aconcagua	850	0,1
Rapa Nui Fase 1	182	0,0
Rapa Nui Fase 2	182	0,0
Costeras entre Río Mataquito y Río Maule	1.088	0,1
Costeras e Islas entre Río Itata y Río BioBio	1.503	0,2
Río Carampangue; Costeras Carampangue-Lebu; Río Lebu	2.744	0,4
Costeras e Islas entre Río Bueno y Río Puelo	13.139	1,7
Río Puelo	3.094	0,4
Río Yelcho	4.084	0,5
Islas Chiloe y Circundantes	9.291	1,2
Costeras e Islas entre Río Palena y Río Aysen	12.845	1,7
Río Aysen	11.456	1,5
Costeras e Islas entre Río Aysen y Río Baker y Canal General Martinez	25.633	3,4
Río Baker	20.945	2,8
Río Pascua	7.590	1,0
<b>TOTAL</b>	<b>117.528</b>	<b>15,6</b>



FECHA TERMINO	Km <sup>2</sup>	%
Diciembre 2020	90.828,4	12
Junio 2021	132.001,4	17,4
Diciembre 2021	157.082,5	20,8
Febrero 2022	41.435	5,5
Diciembre 2022	117.528	15,6
<b>TOTAL</b>	<b>538.875,3</b>	<b>71,2</b>





# HERRAMIENTAS E INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL AGUA

## NOVEDADES

Actualización de información y data del agua de la cuenca (wet&paper water)

Modelos numéricos hidrológicos acoplados superficiales-subterráneos a escala de cuenca

Cartera de iniciativas priorizadas por los agentes relevantes de la cuenca

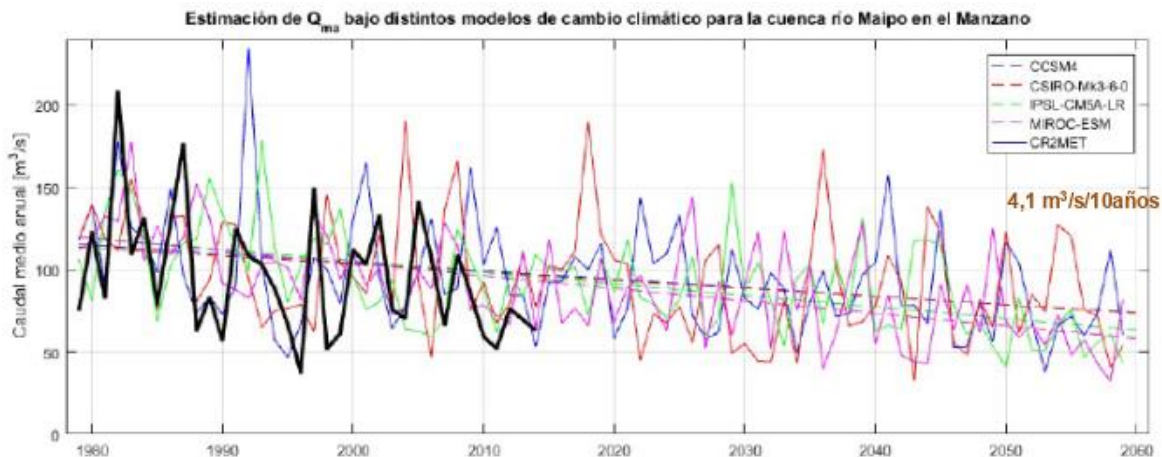
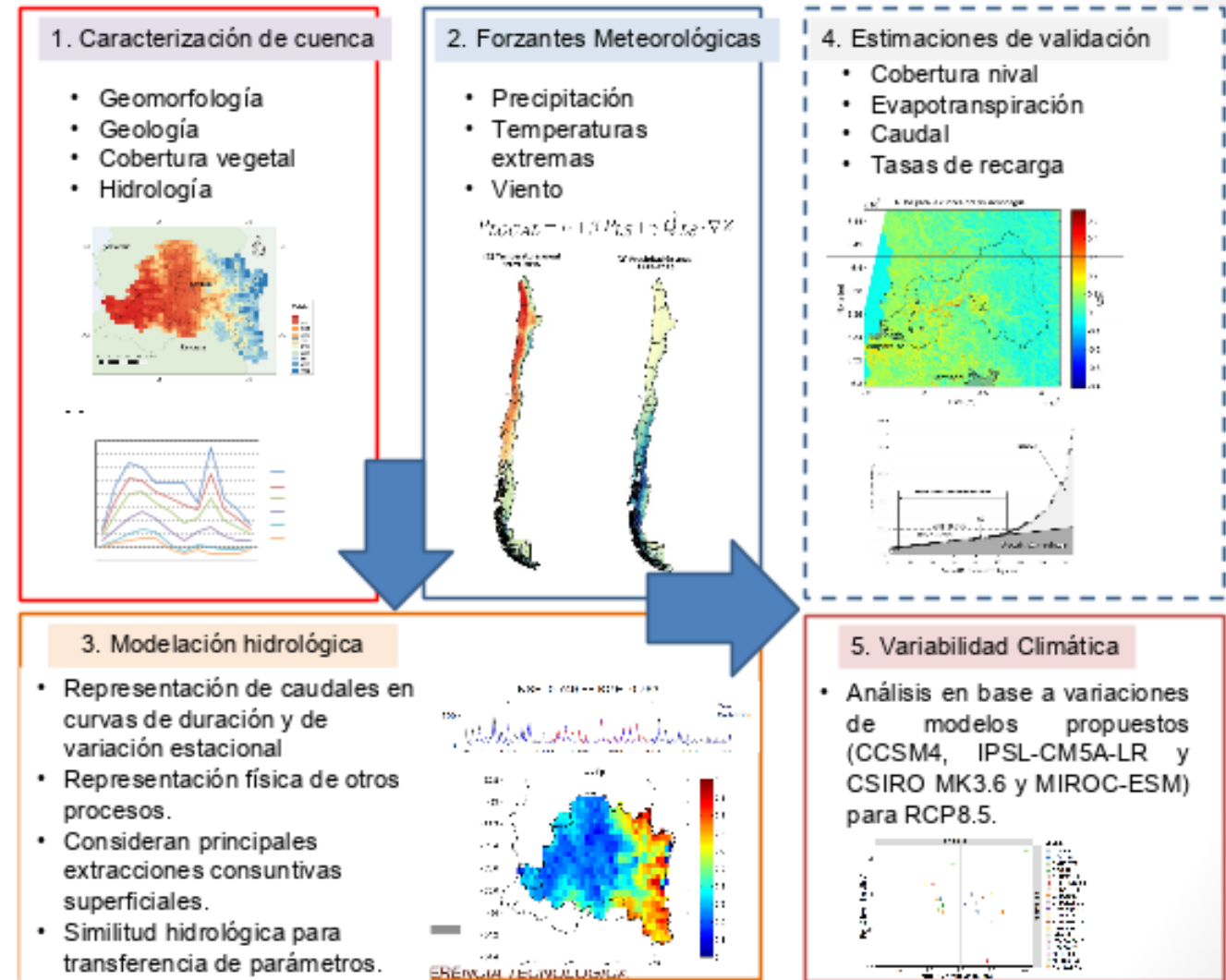
< **Oferta – Demanda**

< **Balance - Escenarios**

< **Roadmap**

# ACTUALIZACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO

- A través de 4 estudios (BH1..BH4) se ha cubierto todo el territorio nacional.
  - Los BH1 a BH3 están concluidos.
  - El BH4, recién concluido para la zona austral continental e Isla de Pascua.



6.7  $m^3/s/10años$



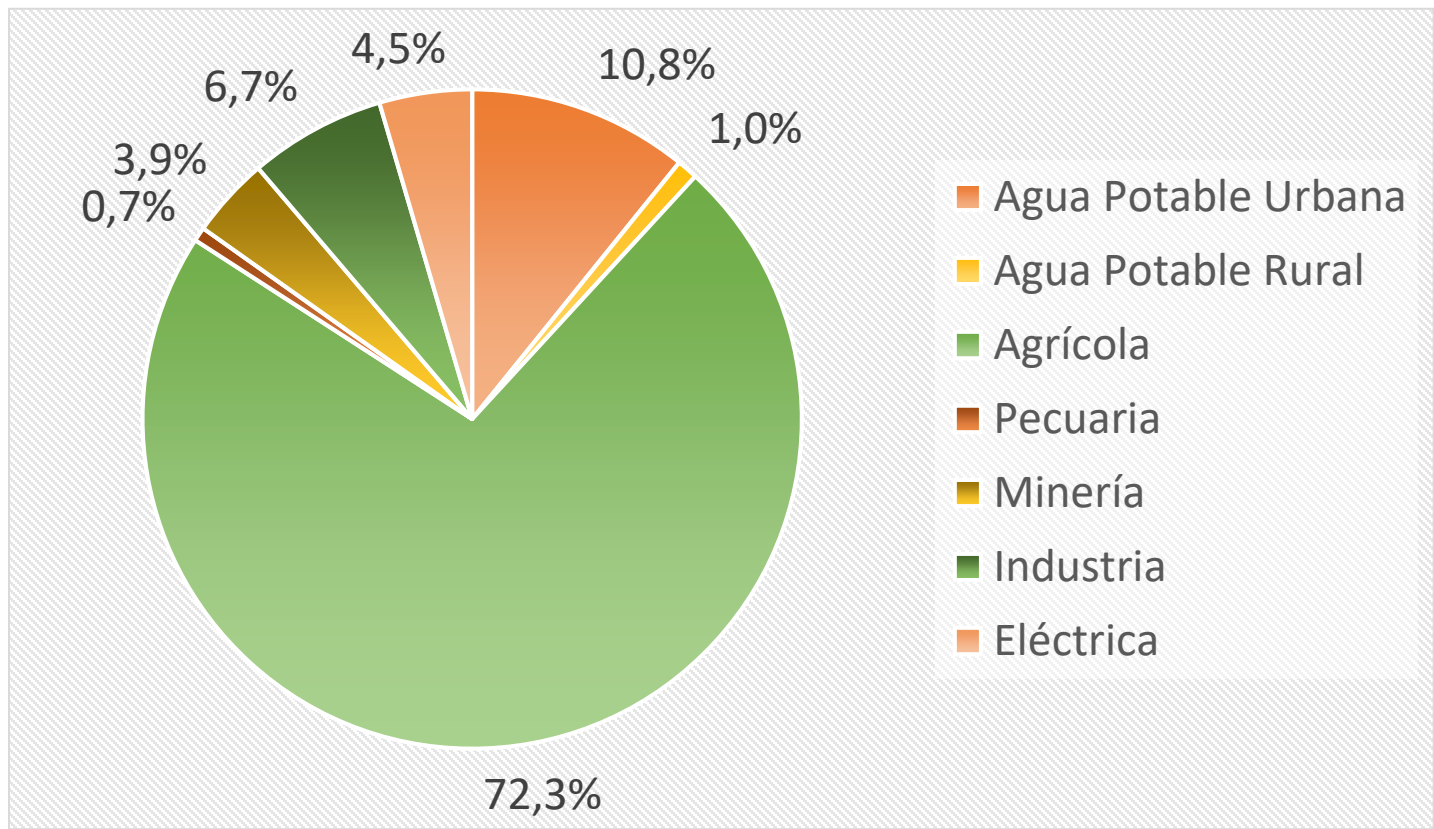
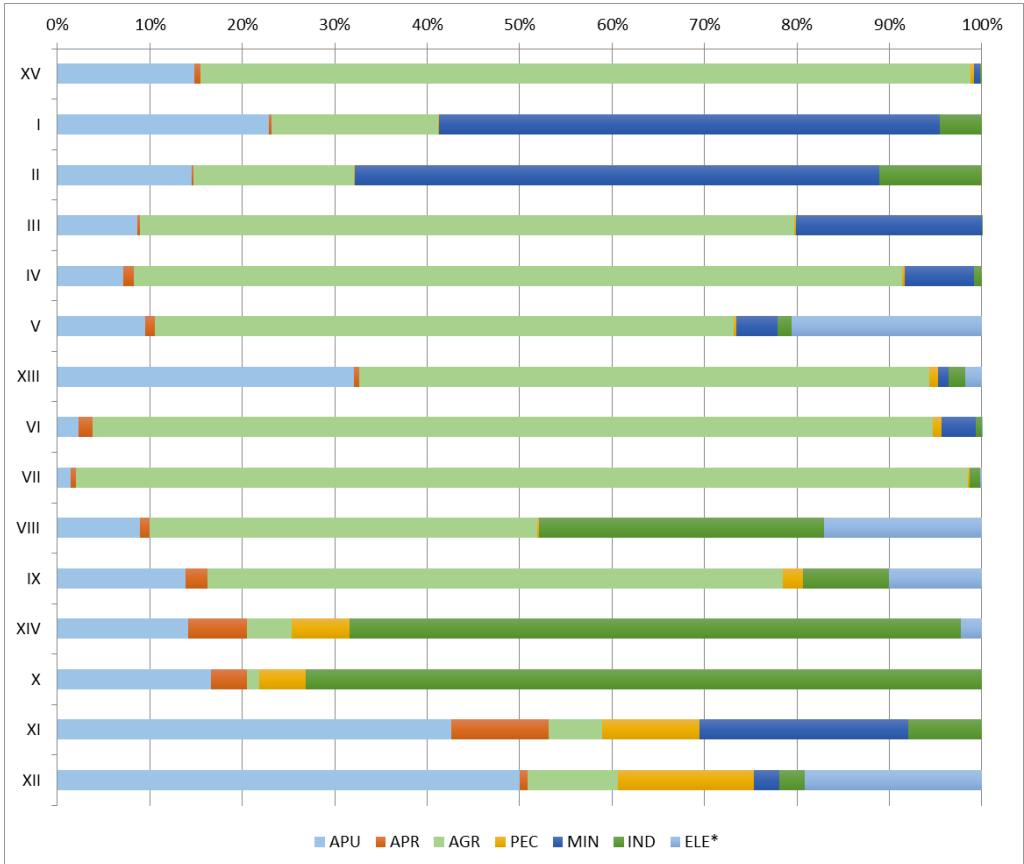
# Demanda Actual (2015) y Proyectada (2030/40) del Agua

## Uso consuntivo

- Uso agrícola es casi 8 veces la demanda de agua potable urbano y este un 60% superior al industrial.

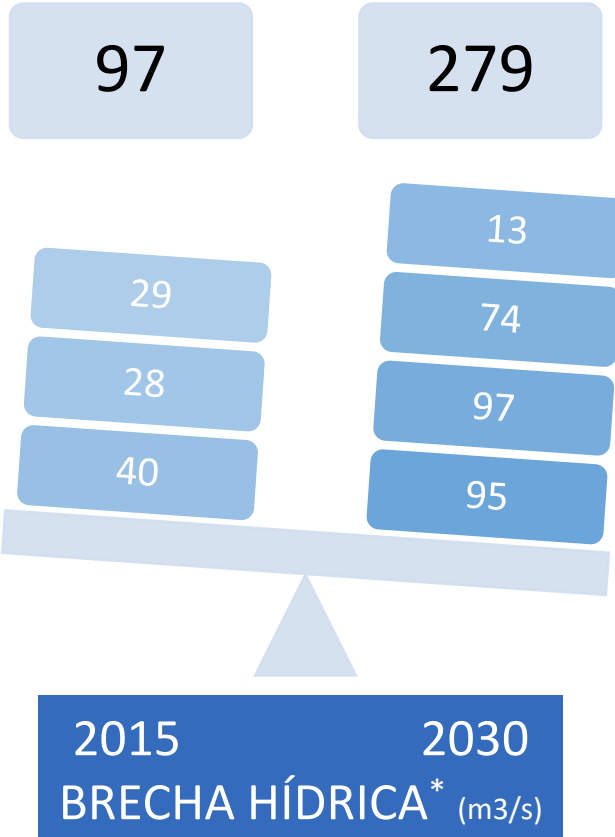
Demanda consuntiva de agua actual y proyección al 2030 y 2040

	2015	2030	2040
Demanda consuntiva de agua	10.909	11.404	11.969
(Millones de m <sup>3</sup> /año)			





# BALANCE HÍDRICO REGIONAL



**2015**      **2030**  
**BRECHA HÍDRICA\*** (m<sup>3</sup>/s)

\* Brecha hídrica es de 82,6 m<sup>3</sup> /s (149 m<sup>3</sup> /s al 2030) - Política Nacional para los Recursos Hídricos (2015)

Oferta y Demanda Hídrica Regional	Valores en m <sup>3</sup> /s					
	Promedio anual del periodo 1985-2015			Cambio Climático* Proyección al 2030		
	Oferta	Demanda	Balanza	Oferta	Demanda	Balanza
Arica y Parinacota	67	38	30	63	33	30
Tarapacá	63	91	-29	50	124	-74
Antofagasta	147	175	-28	116	213	-97
Atacama	116	54	62	98	62	36
Coquimbo	265	305	-40	230	325	-95
Valparaíso	168	156	12	161	174	-13
Metropolitana	243	139	104	217	165	52
O'Higgins	321	230	91	275	270	5
Maule	858	551	307	685	646	39
BíoBío+Ñuble	1.640	733	907	1.193	844	349
Araucanía	1.654	620	1.035	1.432	705	727
Los Ríos	1.364	481	883	1.228	547	680
Los Lagos	3.883	909	2.973	3.505	1.038	2.467
Aysen	8.194	874	7.320	7.695	1.010	6.685
Magallanes	En estudio					

Fuentes:(ordenadas por año de publicación):

DGA (1987). BALANCE HIDRICO DE CHILE. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas. Santiago, Chile.

DGA (2017). ACTUALIZACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO NACIONAL, SIT N° 417, Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, División de Estudios y Planificación, Santiago, Chile, Realizado por: Universidad de Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile.

DGA. (2017). ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA ACTUAL, PROYECCIONES FUTURAS Y CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN CHILE. S.I.T. N° 419. Realizado por. Unión temporal de proveedores Hídrica Consultores spa y Aquaterra Ingenieros Ltda. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, División de Estudios Planificación, Santiago, Chile.

DGA (2018). APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ACTUALIZACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO NACIONAL EN LAS CUENCAS DE LAS MACROZONAS NORTE Y CENTRO, SIT N° 435. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, División de Estudios Planificación, Santiago, Chile. Realizado por Fundación para la Transferencia Tecnológica y Pontificia Universidad Católica de Chile.

DGA (2019). APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ACTUALIZACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO NACIONAL EN LA MACROZONA SUR Y PARTE NORTE DE LA MACROZONA AUSTRAL, SIT N° 441. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, División de Estudios y Planificación, Santiago, Chile. Elaborado por: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.

\*Modelación Cambio Climático:

-Escenario RCP 8.5

-Modelos combinados:

GCMs CCSM4, CSIRO Mk3.6.0, IPSL-CM5A-LR y MIROC-ESM.





# PLANES ESTRATÉGICOS DE GESTIÓN HÍDRICA

SUPLIR LA DEMANDA DE AGUA Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN CANTIDAD Y CALIDAD

Diagnosticar el estado de información, infraestructura e instituciones que toman decisiones respecto al recurso hídrico,

Conocer la oferta y demanda actual de agua

Establecer balance hídrico y sus proyecciones a los años 2030 y 2050

Proponer una cartera de acciones de la DGA y de terceros público-privados

< **Coordinación y actualización**

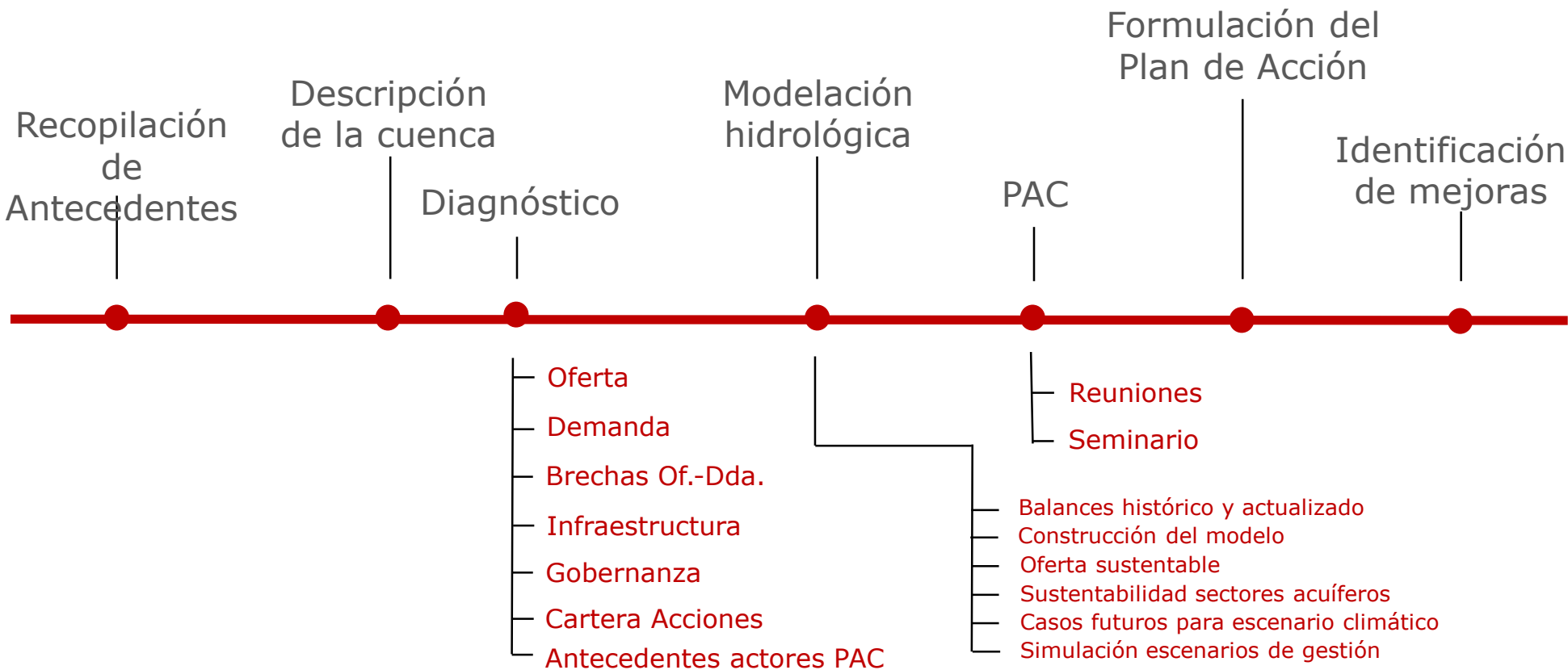
< **Fuentes de datos al día**

< **Modelo Numérico vivo**

< **Roadmap**



# Hoja de Trabajo Planes Estratégicos de Cuencas



Componente 1

CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA

Componente 2

DEMANDA FÍSICA Y LEGAL

Componente 3

OFERTA HÍDRICA

Componente 4

BALANCE DE AGUA - MODELACIÓN

Componente 5

ACCIONES

Componente 6

CARTERA DE INICIATIVAS

Componente 7

IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN

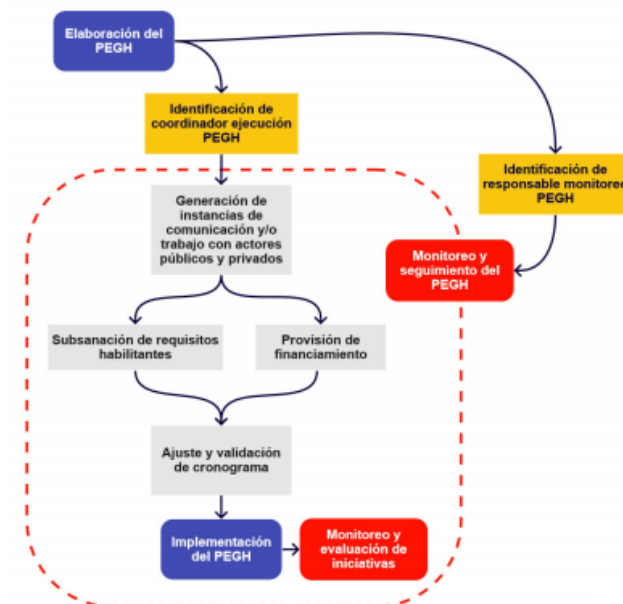
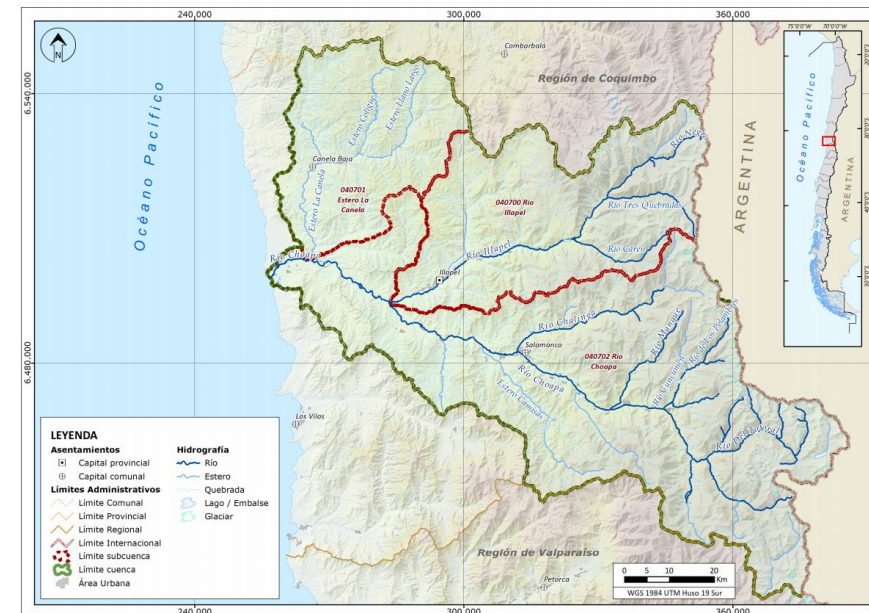
Componente 8

MONITOREO Y EVALUACIÓN PLAN

# Plan Estratégico de Gestión Hídrica

## PRODUCTOS RELEVANTES DEL PLAN

- Oferta Hídrica actualizada según Balance Nacional
- Demanda proyectada
- Brechas de coordinación e información
- Escenarios de gestión:
  - Balance de agua actual y proyectado bajo escenario de cambio climático
  - Oferta Hídrica Sustentable Superficial
  - Sustentabilidad de Sectores Acuíferos DGA
    - Diagnóstico y medidas de acción en caso de sobreexplotación
  - Escenarios de gestión específicos
    - Escenario de recarga en la zona de interés – Bajo impacto de la medida
    - Escenario de construcción del embalse– Alto impacto en el nivel de satisfacción de riego en la zona de impacto
- Cartera de iniciativas, evaluadas económicamente
  - Diferenciación entre acciones DGA y acciones de otras instituciones
  - Evaluación económica de las medidas
  - Distribución de costos por actores
  - Modelo acoplado y calibrado
  - Capacitación y transferencia del modelo a servicio e institutos técnicos locales

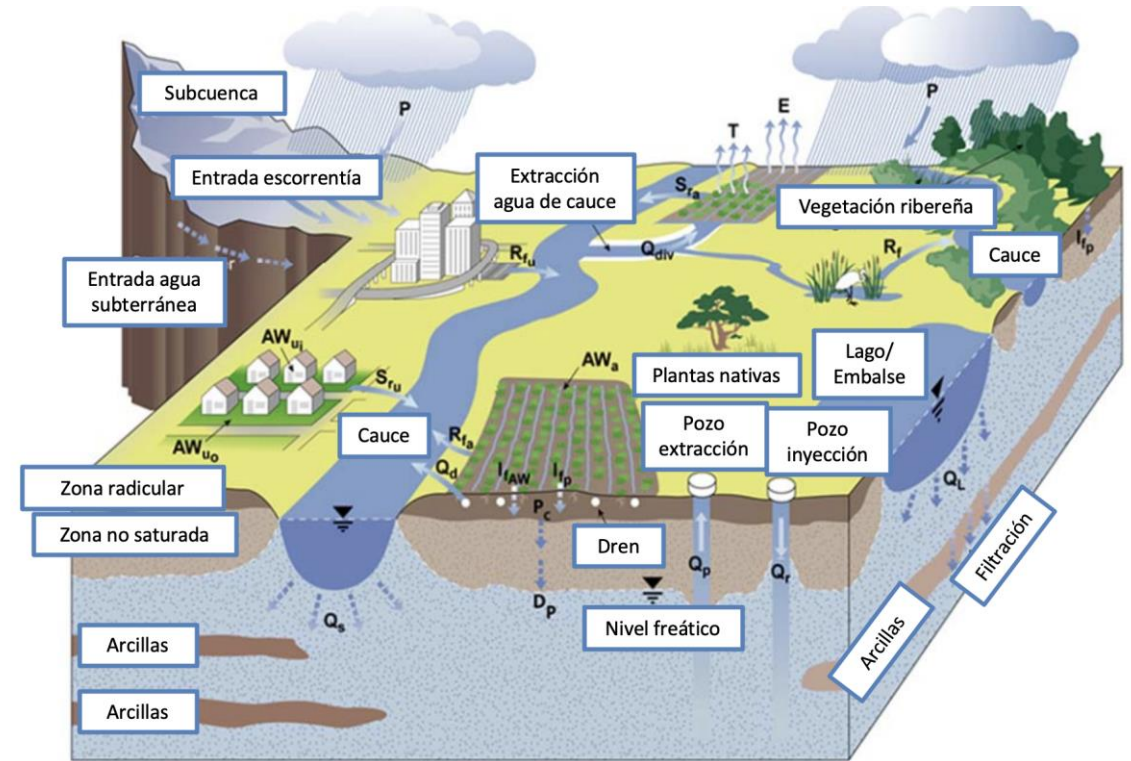




# Modelación Hidrológica en PEGH

- Enfoque: Integración de hidrología superficial y subterránea en una sólo plataforma de cálculo, lo cual permite:

- ✓ La mejor representación física del ciclo hidrológico y usos de agua hasta la fecha, para diagnosticar y planificar el desarrollo hídrico de cuencas.
- ✓ Rapidéz en la obtención de información, una vez contruido y calibrado el modelo.
- ✓ Flexibilidad de operación y procesamiento de resultados, e.g. estimar la brecha hídrica o potencial de recarga de agua subterránea.
- ✓ Generación de escenarios bajo múltiples usos de agua, para analizar sus efectos en la hidrología superficial y subterránea de forma conjunta, y minimizar la brecha hídrica.

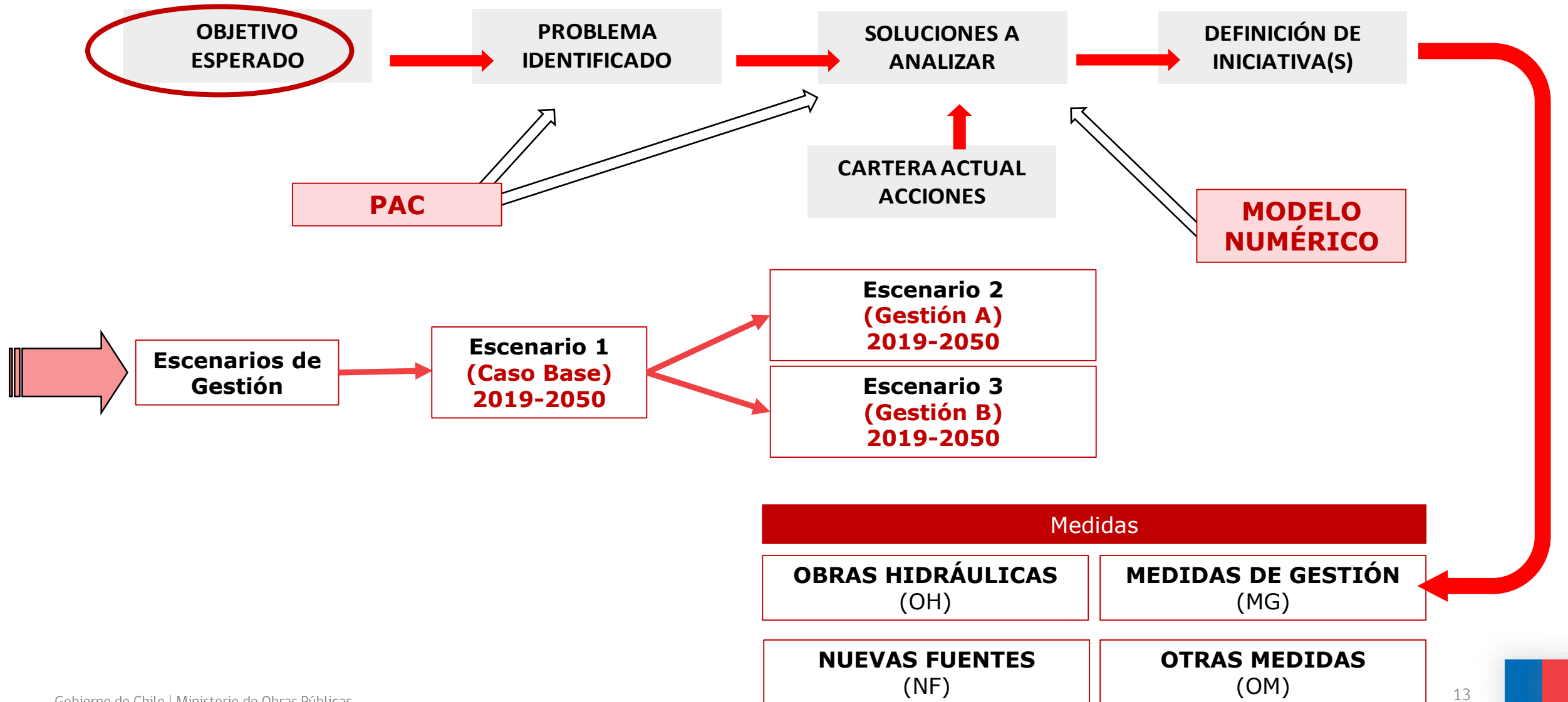


Procesos hidrológicos en modelación integrada

P... Precipitación	If <sub>AW</sub> ... Infiltración por agua aplicada	P <sub>C</sub> ... Percolación de agua hacia zona no saturada
AW <sub>a</sub> ... Agua aplicada a tierras agrícolas	Q <sub>div</sub> ... Extracción agua desde cauces	D <sub>p</sub> ... Percolación profunda al agua subterránea
AW <sub>ui</sub> ... Agua aplicada en patios	S <sub>ra</sub> ... Escorrentía en área agrícolas	Q <sub>p</sub> ... Extracción agua subterránea por bombeo
AW <sub>uo</sub> ... Agua aplicada en parques	S <sub>ru</sub> ... Escorrentía en área urbanas	Q <sub>r</sub> ... Recarga agua subterránea por inyección
E... Evaporación	R <sub>f</sub> ... Volumen de retorno	Q <sub>s</sub> ... Interacción aguas subterráneas y superficiales
T... Transpiración	R <sub>fa</sub> ... Volumen de retorno agricultura	Q <sub>L</sub> ... Interacción lagos/embalses con agua subterránea
If <sub>p</sub> ... Infiltración por precipitación	R <sub>ru</sub> ... Volumen de retorno urbano	Q <sub>D</sub> ... Flujo drenes



# 1. Metodología General: Formulación del Plan de Acción



# PROPUESTA DE PORTAFOLIO DE INICIATIVAS

ACUERDO PRIORIZADO DE LOS  
ACTORES DE LA CUENCA

Iniciativas de rápida o larga  
implementación

Consulta experta para priorización

Iniciativas público – privadas

< **Gobernanza**

< **Hídrica**

< **de Cuenca**

## 2. Plan de Acción: Medidas de gestión

	Corto Plazo (0 a 5 años)	Mediano Plazo (6 a 10 años)	Largo Plazo (11 años o más)	Responsable	Financiadora
MEDIDAS DE GESTIÓN	Sistemas de Información				
	MG-01 Protocolo monitoreo red hidrométrica DGA EF			DGA	DGA
	MG-02 Protocolo monitoreo red hidrométrica DGA NP			DGA	DGA
	MG-03 Monitoreo microbiológico red hidrométrica DGA			DGA	DGA
	MG-06 Plataforma información hídrica			DGA	CORFO
	Tecnologías habilitantes				
	MG-07 Telemetría y automatización de compuertas Illapel y Chalinga			CNR	CNR – JV

**MG-01** Actualización del protocolo de monitoreo de estaciones superficiales de calidad de la Red Hidrométrica de la DGA en la cuenca del río Choapa.

Diagnóstico: calidad aguas superficiales ( $\text{SO}_4^{2-}$ , As, Cu).  
Aumento frecuencia monitoreo.

**MG-02** Actualización del protocolo de monitoreo de estaciones subterráneas de calidad de aguas de la Red Hidrométrica de la DGA en la cuenca del río Choapa.

Diagnóstico: n° muestreos y pozos reducido (APR nueva incorporación).  
Aumento frecuencia monitoreo.

**MG-03** Inclusión de parámetros microbiológicos en la Red Hidrométrica de la DGA de monitoreo de calidad de aguas superficiales y subterráneas de la cuenca del río Choapa.

Diagnóstico: calidad ag. subterráneas microbiológica (presencia *E. coli*); información SISS

**MG-07** Proyecto de telemetría y automatización de compuertas en las subcuenas río Illapel y río Chalinga.

Diagnóstico: infraestructura; *data*.

# Evaluación Económica Iniciativas (Choapa) – Medidas de Gestión

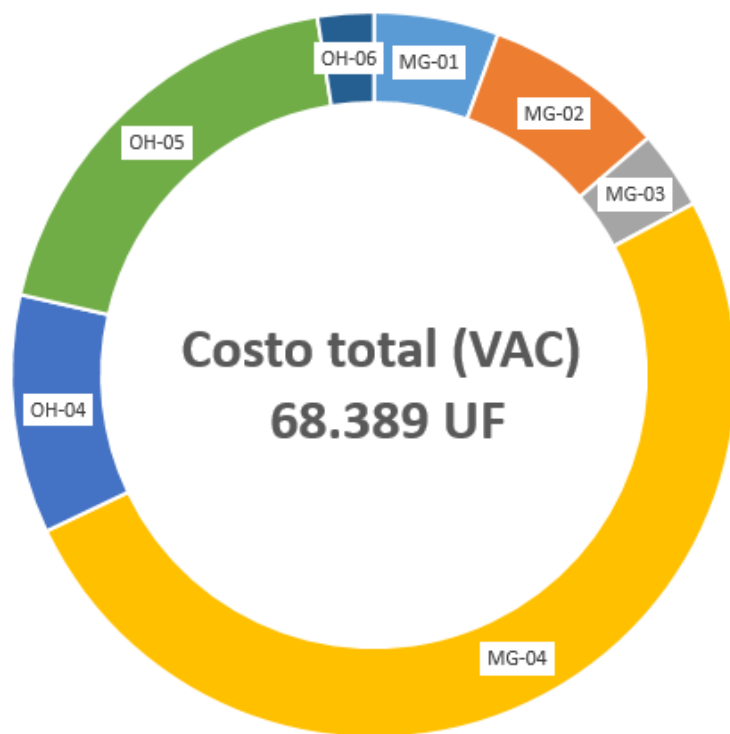
ID	Acción	Institución Responsable	Institución Financiadora	VAC [UF]	CAE [UF]	Obj. Acción
MG-04	Proyecto para la creación del "Servicio de Apoyo a la Facilitación" a las buenas prácticas de gobernanza en la cuenca del río Choapa.	DGA	DGA	34.712,8	3.486,6	Facilitadores para guiar la toma de decisiones conjunta de la cuenca
MG-05	Programa de capacitación para la conformación de Comunidades de Aguas Subterráneas en la cuenca del río Choapa.	DGA	DGA	8.716,1	2.910,0	Capacitar a futuros directores, saneamiento y regularización de inc. CBR y de las 5 comunidades de agua
MG-01	Actualización del protocolo de monitoreo de estaciones superficiales de calidad de la Red Hidrométrica de la DGA en la cuenca del río Choapa.	DGA	DGA	3.803,0	382,0	Incrementar la periodicidad de la medición de calidad en 6 estaciones (de 9)
MG-02	Actualización del protocolo de monitoreo de estaciones subterráneas de calidad de aguas de la Red Hidrométrica de la DGA en la cuenca del río Choapa.	DGA	DGA	5.539,2	556,4	Incrementar la periodicidad de la medición de calidad en 11 estaciones (de 33)
MG-03	Inclusión de parámetros microbiológicos en la Red Hidrométrica de monitoreo de calidad de aguas superficiales y subterráneas de la cuenca del río Choapa.	DGA	DGA	2.397,6	240,8	Incluir parámetros E. coli en 5 estaciones
MG-06	Proyecto para la creación de una "Plataforma de Información Hídrica" de la cuenca del río Choapa.	DGA	CORFO	7.818,7	655,0	Incluir información en tiempo real de estaciones sup. y subterráneas, calidad de agua, y fluviométrica
MG-07	Proyecto de telemetría y automatización de compuertas en las subcuencas río Illapel y río Chalinga.	CNR	CNR-Juntas de Vigilancia	120.540,5	12.107,2	Medición automática de caudal y automatización de compuertas, a priorizar por las JV



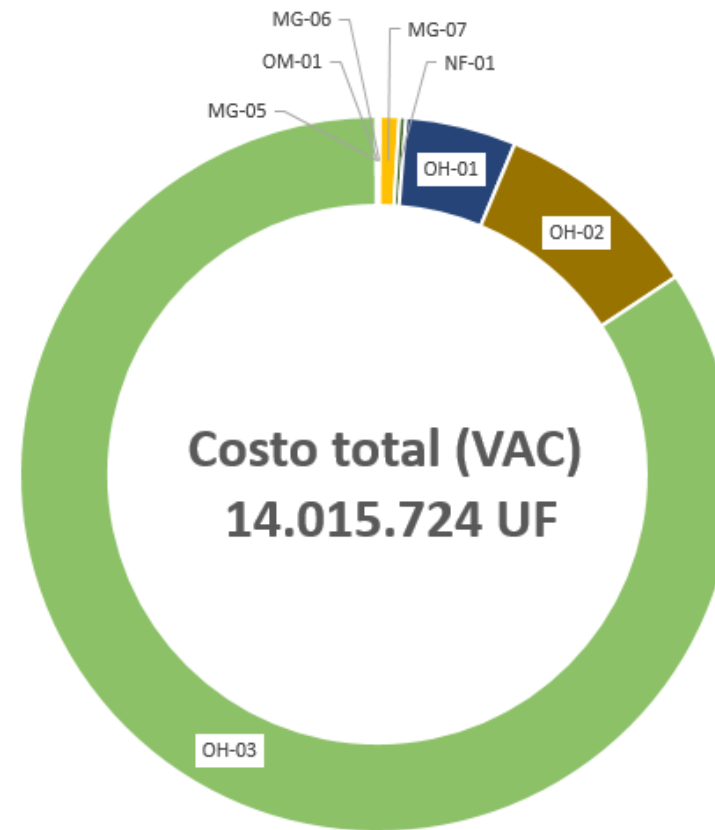
## 2. Plan de Acción: Costos de las Iniciativas

15  
Iniciativas

DGA



Otras instituciones



VAC: Valor Actual de Costos

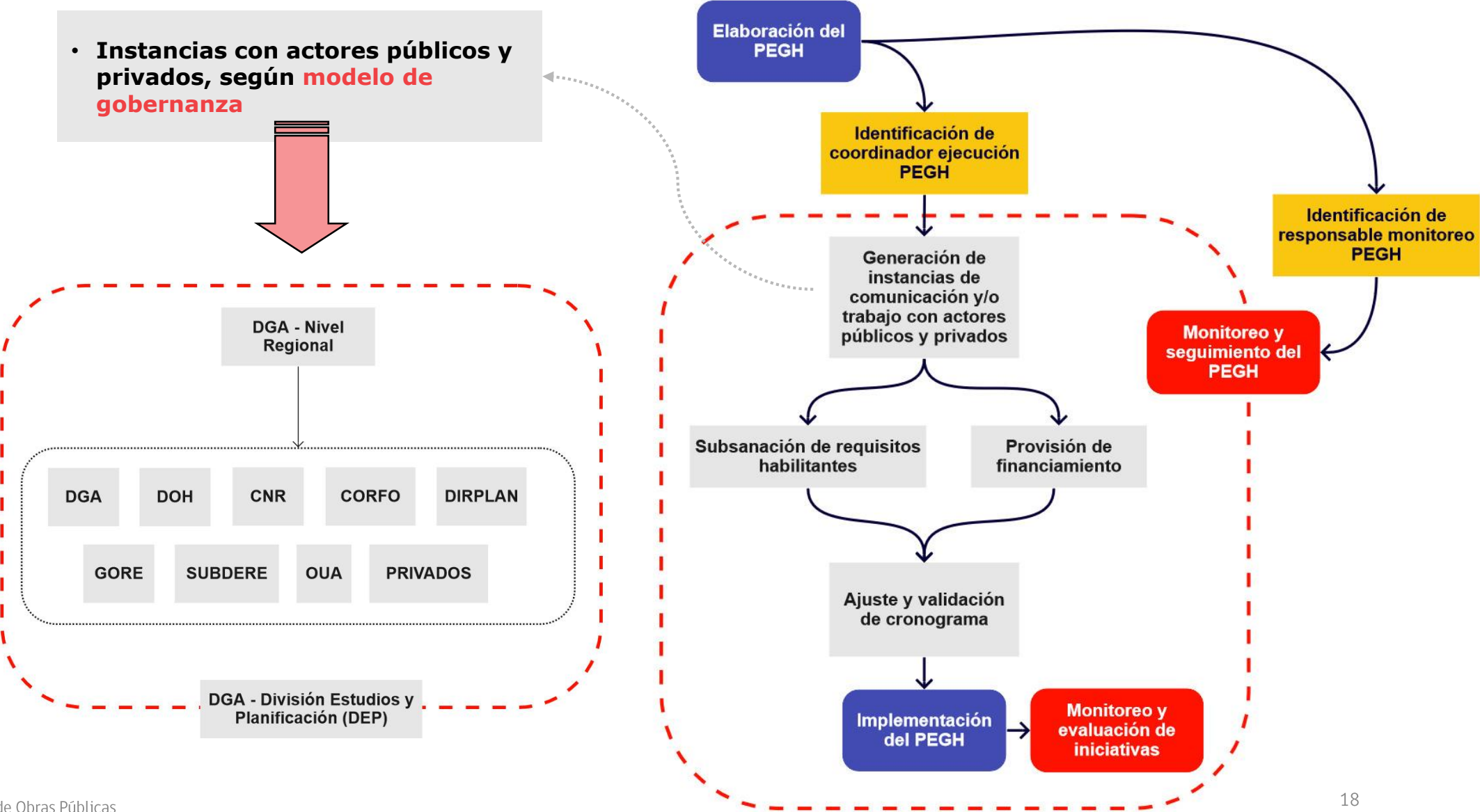
# 4. Plan de Acción: Implementación y seguimiento

• Instancias con actores públicos y privados, según modelo de gobernanza

Nivel Coordinación: Ejecución PEGH

Nivel Técnico: Implementación Acciones

Nivel Técnico: Monitoreo y Seguimiento





**CHILE LO  
HACEMOS  
TODOS**