



Desalinización: Una perspectiva costera

Damaris Orphanópoulos Stehr
Ing. Civil MBA
RODHOS Asesorías y Proyectos SpA

Índice

- 1. Fuentes de información**
- 2. Contexto global y nacional**
- 3. ¿Se justifica una PDAM en mi cuenca?**
- 4. Ruta lógica para instalar una PDAM**
- 5. Alternativas costeras a la PDAM**
- 6. Conclusiones**

1. Fuentes de información

- **Plan Hídrico Nacional MOP 2020 – 2050 (2021)**
 - MOP (DGOP, DGA, DOH Obras, DOH SSR, DIRPLAN, DGC, SISS)
 - INH
 - MINAGRI (CNR)
 - RODHOS

- **Antecedentes levantados para INIA – CNR, PDAM para la agricultura**
 - Registro PDAM 2021 del SEA
 - Catastro MOP 2019
 - SEA: Condiciones para RCA
 - Catastro Concesiones marítima, destinaciones, permisos y autorizaciones
 - Uso del borde costero Subsecretaría de Pesca y SERNAPESCA
 - Experiencia piloto PDAM Atacama para AP, de Econssa Chile S.A.

- **Antecedentes preliminares PTAS-R Antofagasta para minería, de Econssa Chile S.A.**
 - Experiencia piloto de reúso de aguas servidas tratadas

2. Contexto global y nacional

2.1 Algunos datos curiosos:

Para usos domésticos e industriales

- Más de 100 países
- Más de 18.000 plantas
- Uso de E Eléctrica: 200 millones de kWh / día
Consumo Unifamiliar: 6-9 kWh / día => 22-33 millones de familias => 90-130 millones de personas => población de México
- 98% del consumo doméstico de Dubai
- 80% del consumo doméstico de Israel
- 7,6 m³/s la más grande del mundo, Sorek II, Tel Aviv, Israel.
- 2,6 m³/s proyecto planta desalinizadora más grande de LATAM, ENAPAC

Para uso agrícola

- En LATAM: Incipiente / excepcional (225 l/s en México, Baja California)
- Egipto: 19 plantas pequeñas de tipo container
- España: 20% del agua desalinizada se destina a la agricultura. También aguas servidas tratadas.
- En Israel: preponderantemente AP. Para riego: problema del Boro.
- En Chile: no hay plantas desalinizadoras destinadas al uso agrícola. Solo plantas pequeñas, en general de apoyo a la calidad.

2.2 Revisión antecedentes SEA 2020

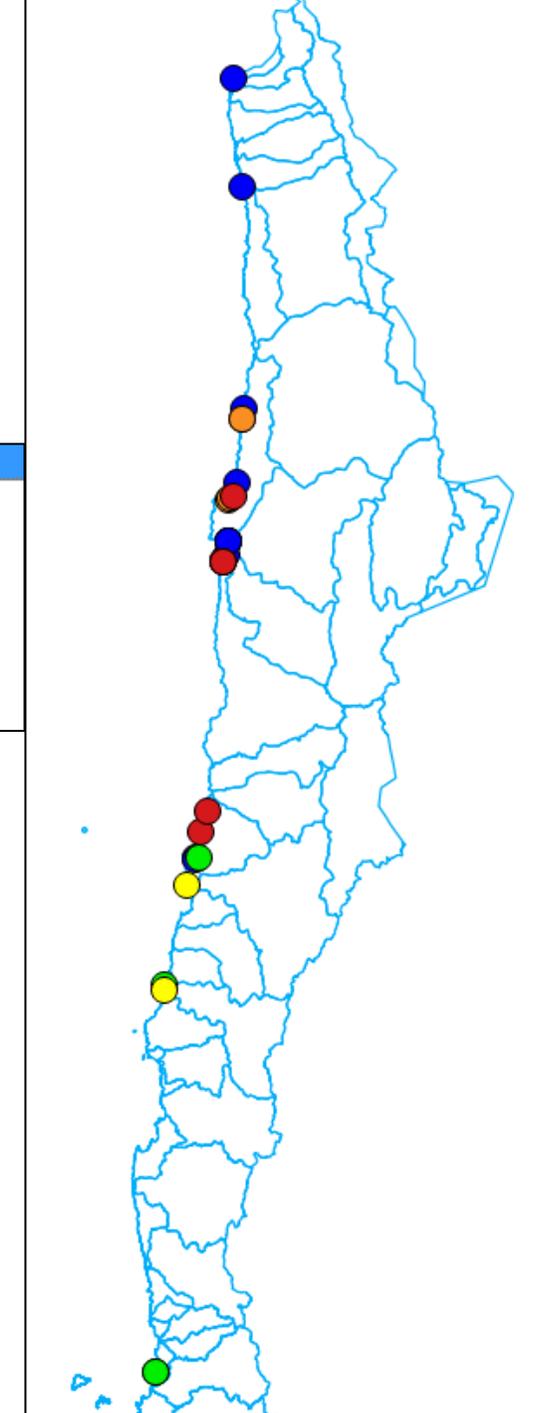
30 proyectos

14 plantas
integrantes de
otros proyectos



Tipos de plantas

Desaladoras SEIA 2021	
Uso	
X	● Agua Potable
X	● Agua Potable, Industrial y minera
X	● Industrial
X	● Minería
X	● Diferentes usos
X	● Minería, Agua Potable y Agricultura



2.3 Catastro MOP 2019

40 plantas

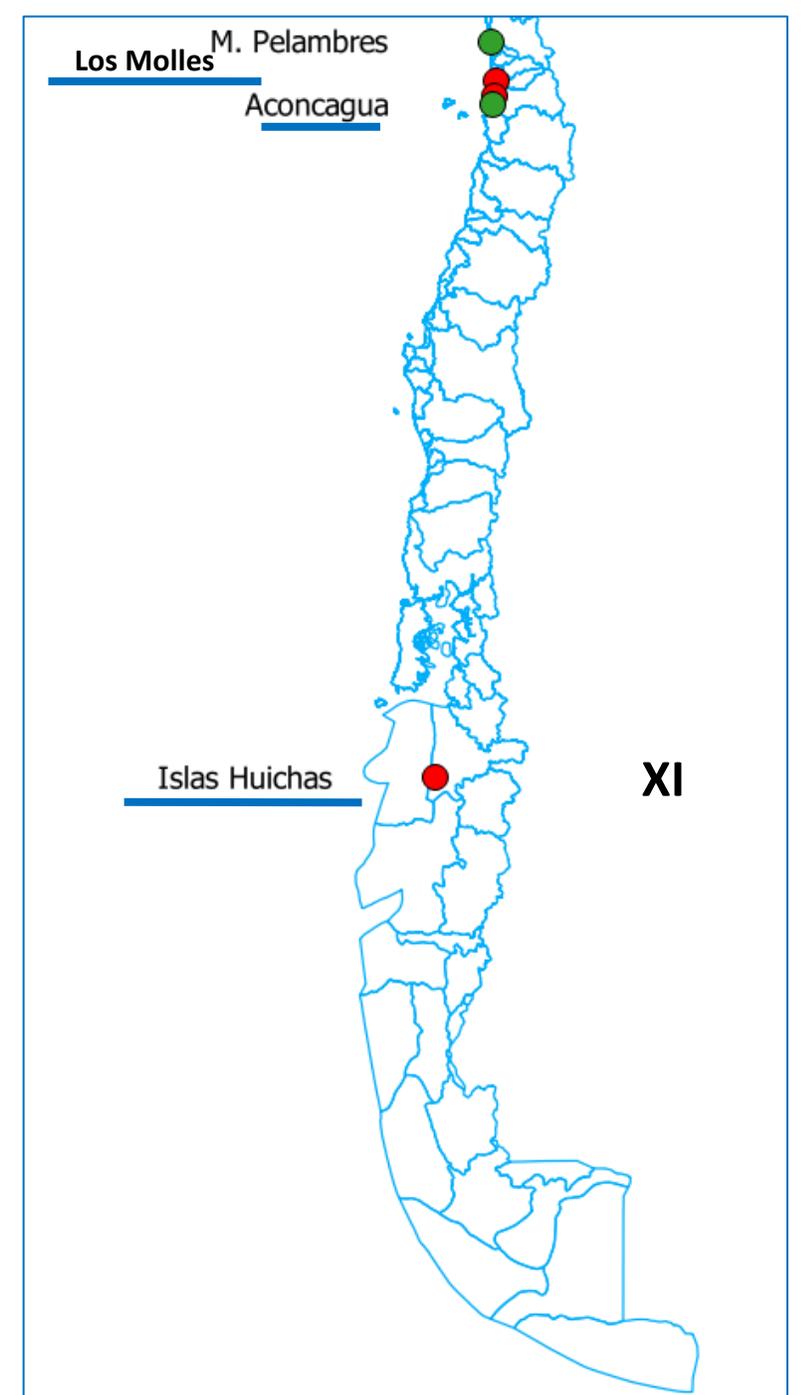
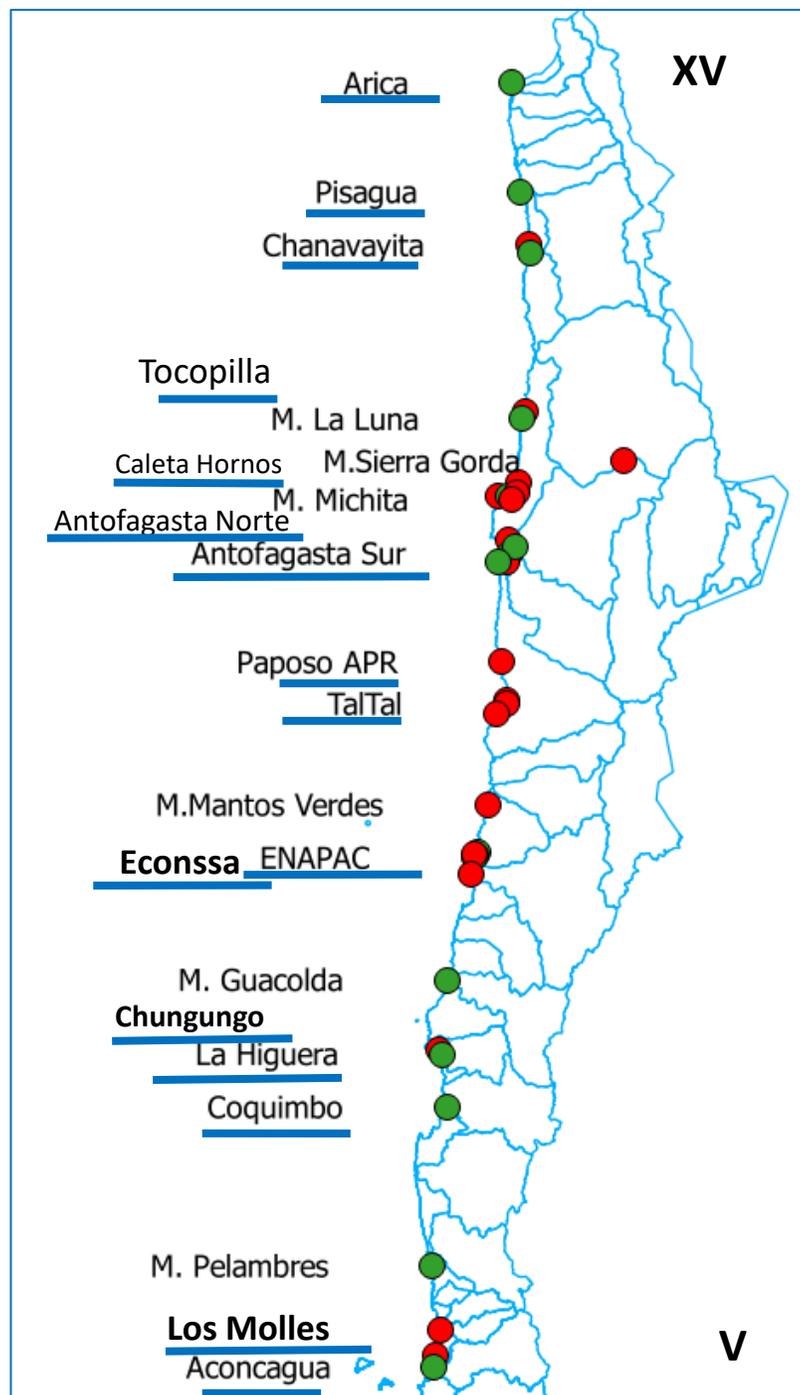
Plantas en operación	20	●
Proyectos	20	●

<u>Agua Potable</u>	17
---------------------	----

En operación grandes:	3
-----------------------	---

En operación pequeñas:	7
------------------------	---

En proyecto:	7
--------------	---



3. ¿ Se justifica una PDAM en mi cuenca ?

Análisis Oferta – Demanda

Obras con sentido hídrico

Curva de oferta de la cuenca:

Estudios en cuencas

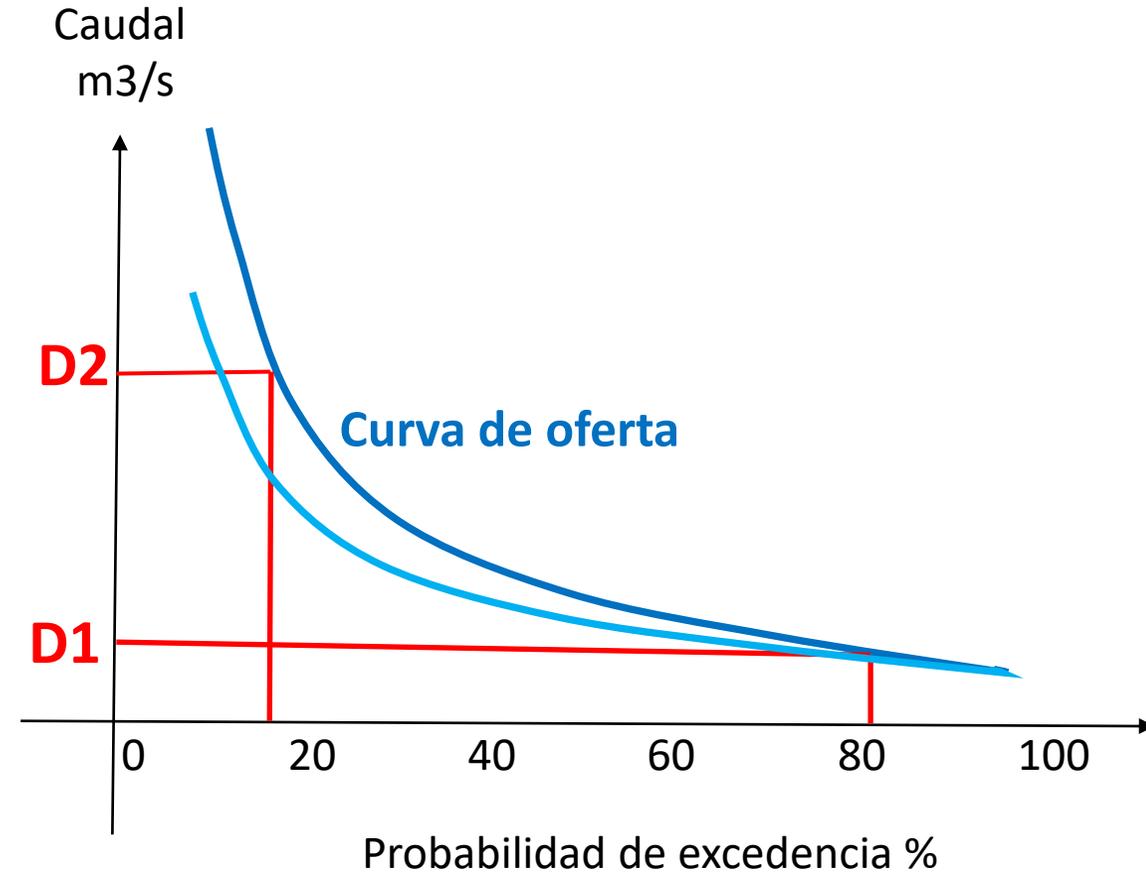
- Hidrología histórica
- Hidrología cambio climático

Demanda de la cuenca:

Estudio de demandas, DGA 2017

- Demandas actuales
- Demandas futuras a 2050

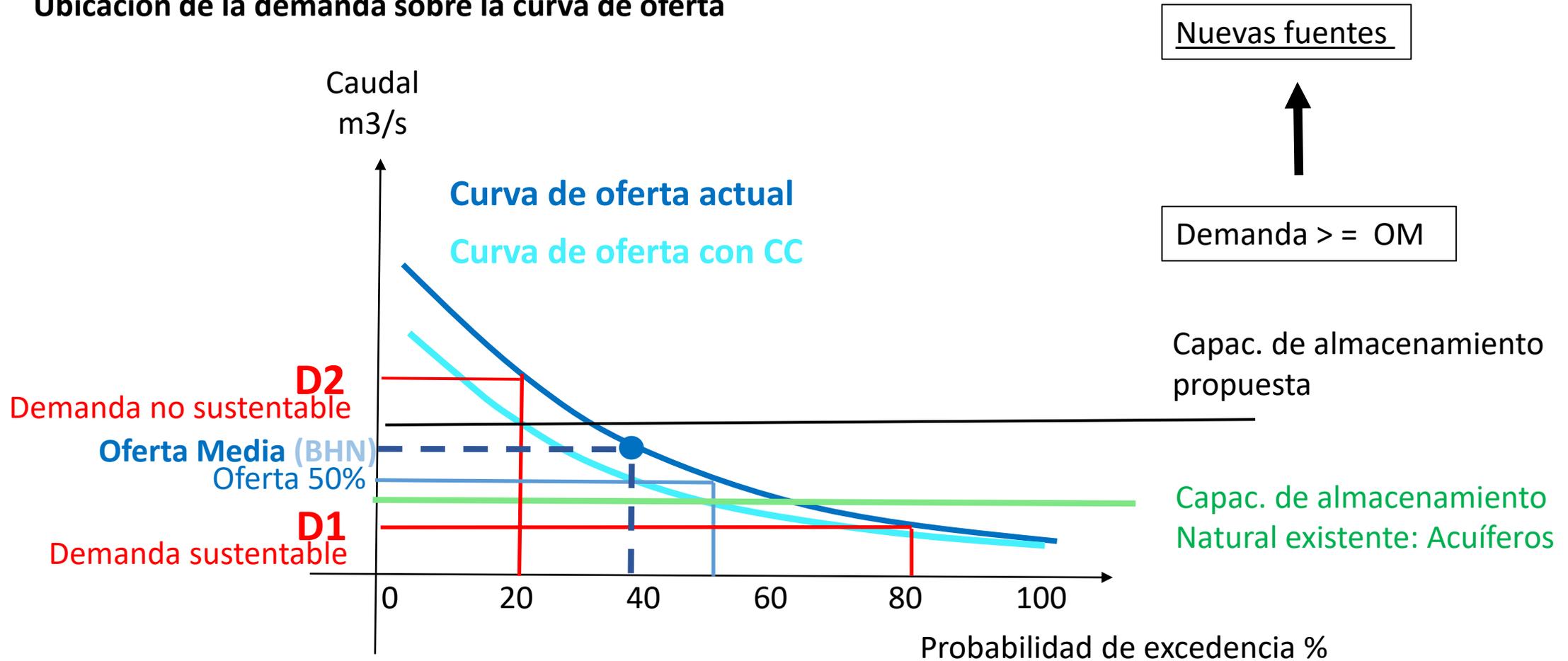
La cuenca tiene un régimen hídrico, lo cual hemos olvidado o ya no creemos.



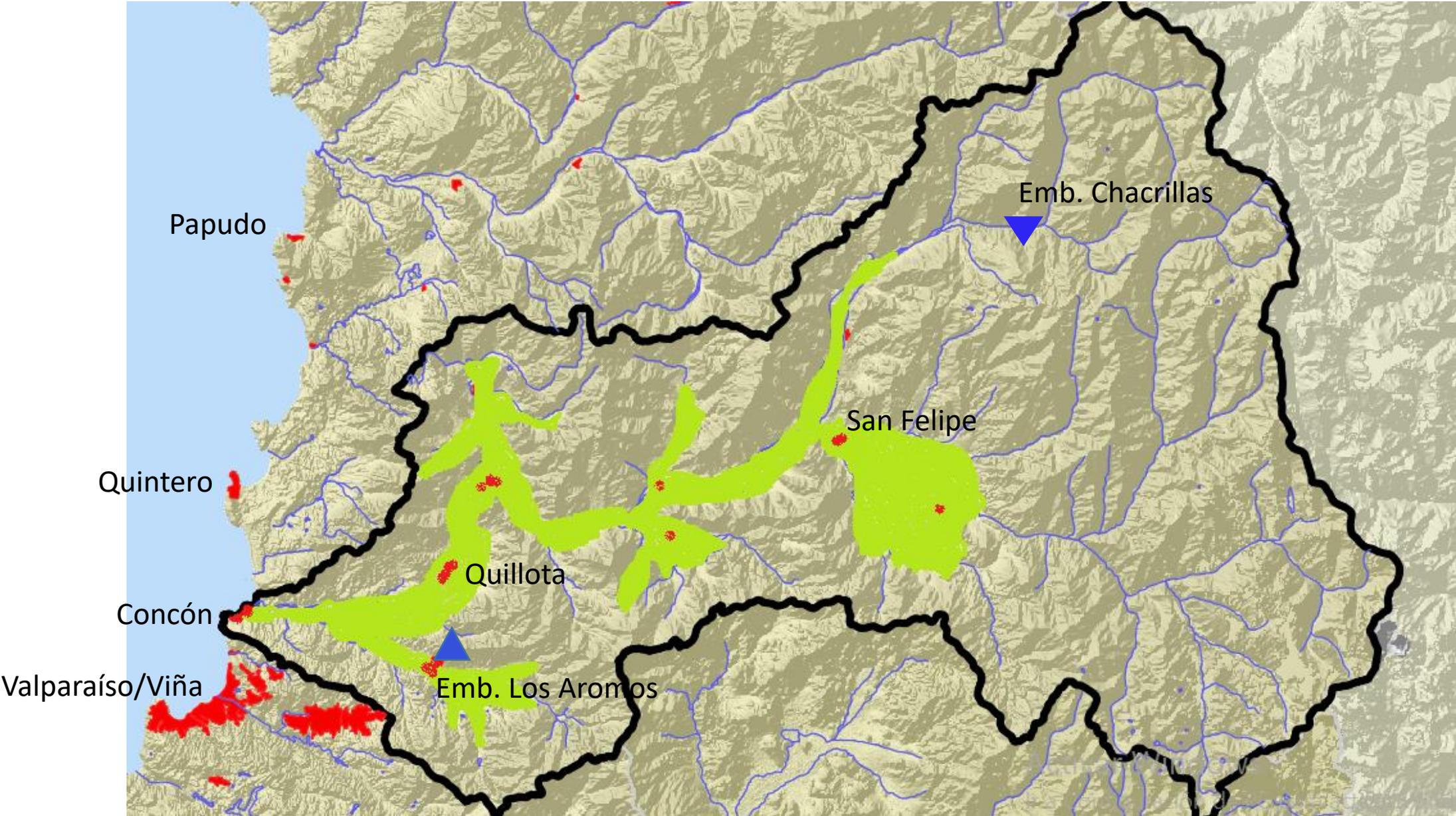
Análisis Oferta – Demanda

Obras con sentido hídrico

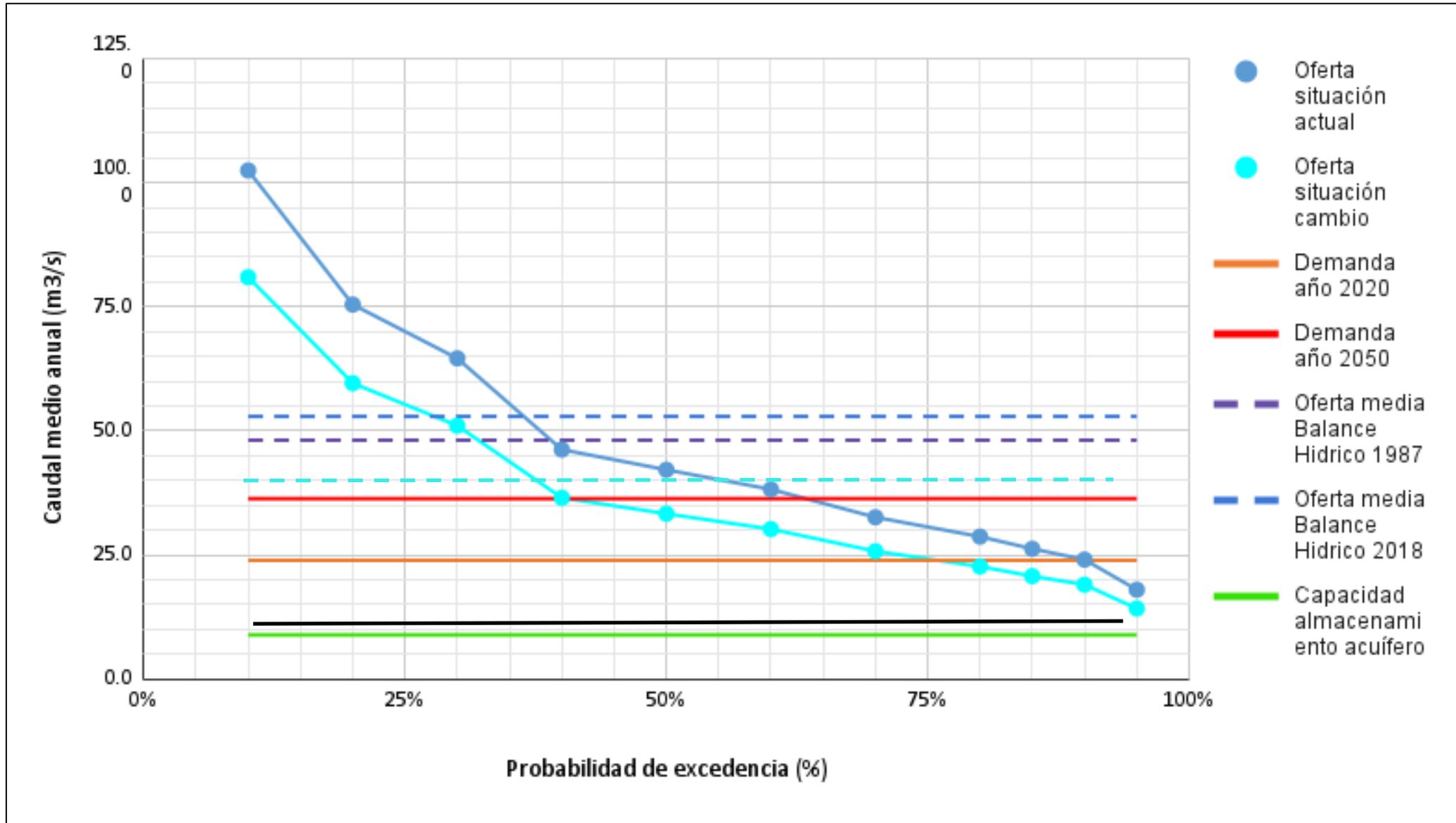
Ubicación de la demanda sobre la curva de oferta



Cuenca Aconcagua

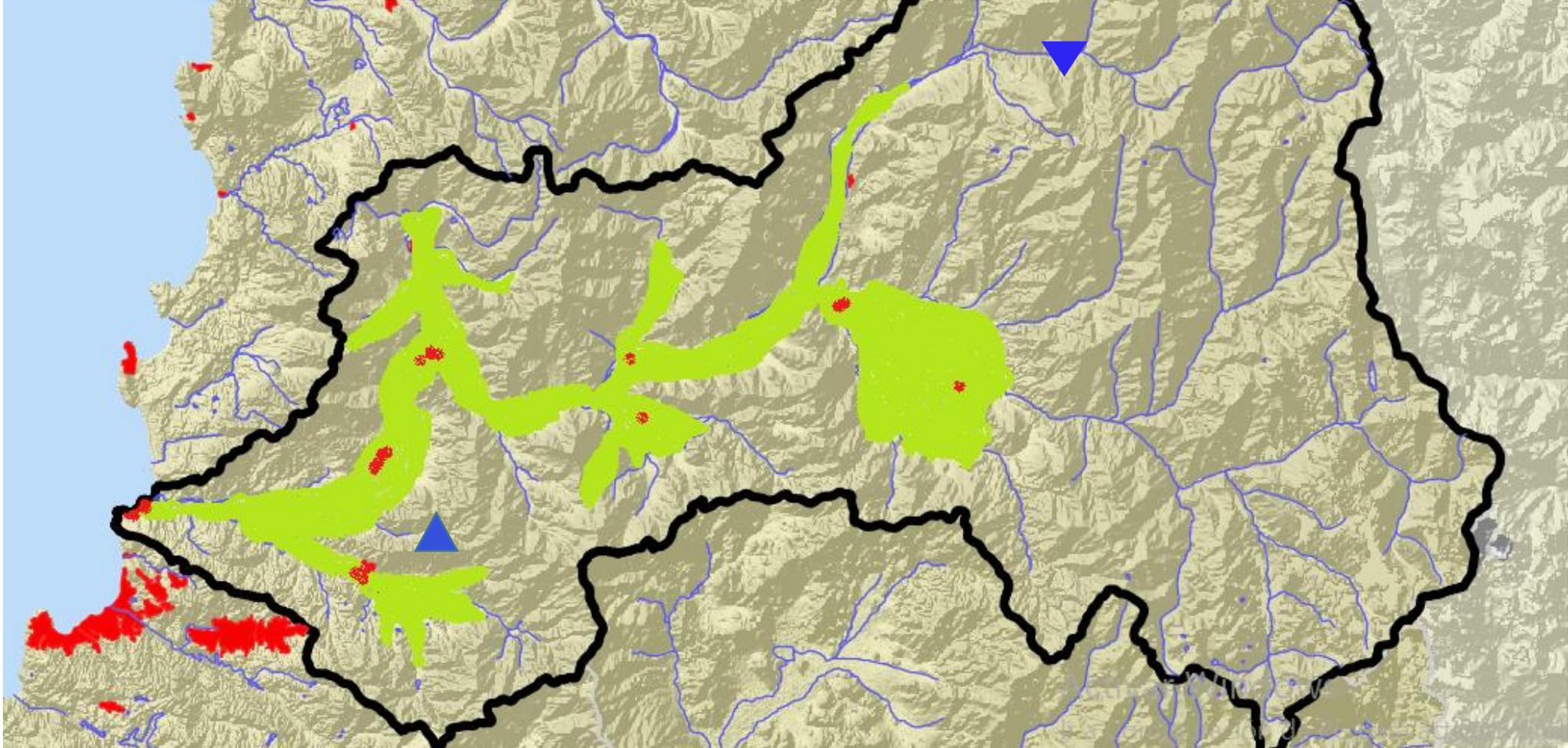


Cuenca Aconcagua



Propuesta cuenca Aconcagua

- Avanzar con la gestión de los acuíferos.
- Avanzar con embalses superficiales.
- En caso nueva fuente: Aguas Servidas Tratadas



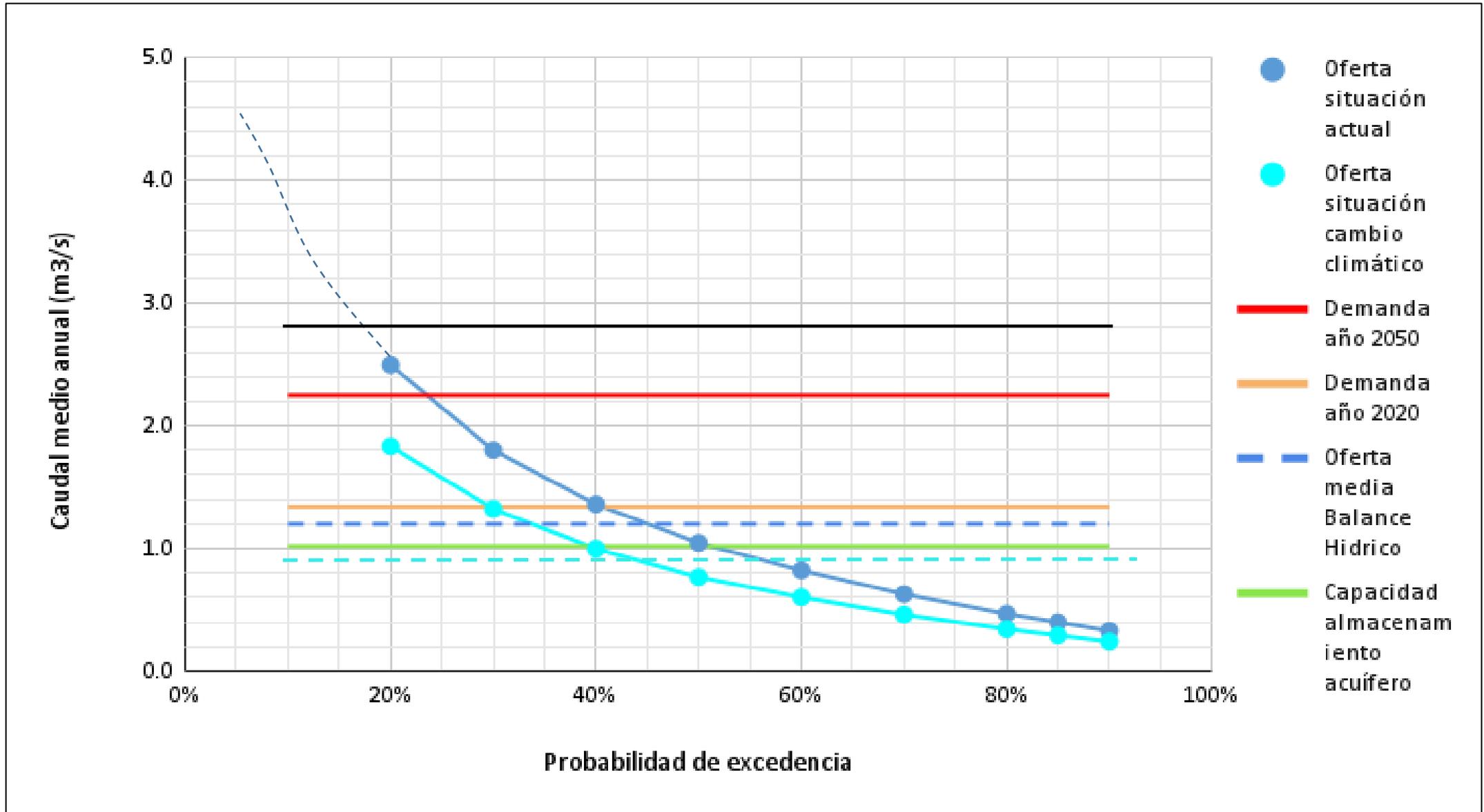
Cuencas Petorca y La Ligua



Cuencas Petorca y La Ligua



Cuenca Petorca

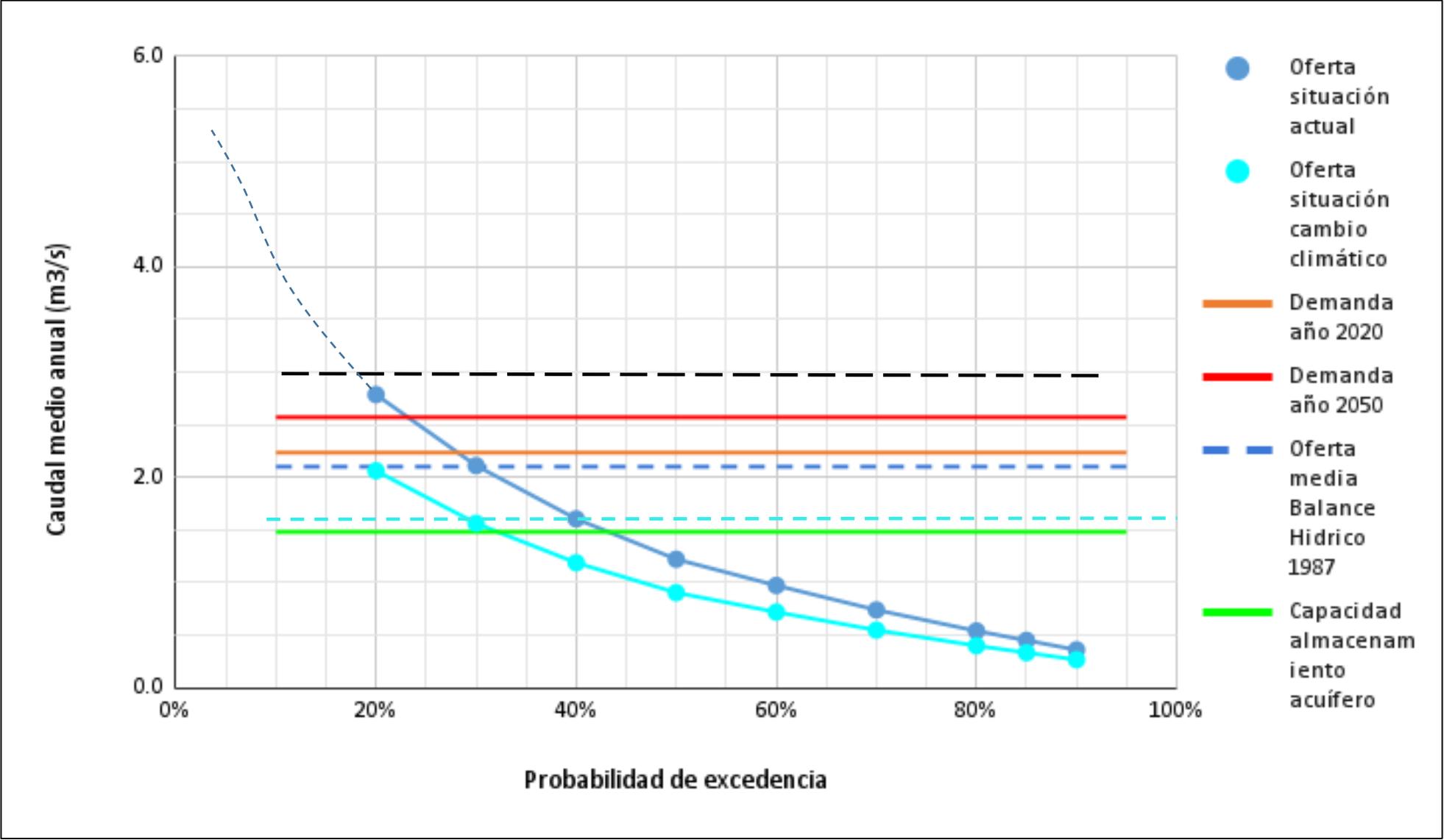


Propuesta cuenca Petorca:

- Ya hay embalse, no hay Aguas Servidas al mar → Nueva fuente: PDAM



Cuenca La Ligua



Propuesta cuenca La Ligua:

- Embalse La Chupalla 56 Hm³, no hay Aguas Servidas al mar → Nueva fuente: PDAM



¿Se justifica una PDAM en mi cuenca? ¿Tiene sentido hídrico?

- 1. Depende** de la relación Demanda – Oferta Media de la cuenca.
Si la $D < OM$, se justifica mejorar el aprovechamiento de las aguas propias.
Si la $D > OM$, se justifica **una nueva fuente**.
- 2. Qué nueva fuente:**
Antes de pensar en una PDAM, verificar si hay aguas servidas al mar, en cantidad significativa, que se pudieran tratar y reutilizar.
 - **En la cuenca de Aconcagua: $D < OM$**
Aunque hoy estemos en una gran sequía, no se justifica una PDAM.
Avanzar con la gestión de los acuíferos, y con embalses superficiales.
En caso de nueva fuente, primero habría que pensar en el reúso de las AST (3 m³/s).
 - **En la cuenca de Petorca: $D > OM$**
No hay más aguas continentales, ni aguas servidas vertidas al mar. Se justifica una PDAM.
 - **En la cuenca de La Ligua: $D > OM$**
No hay más aguas continentales, ni aguas servidas vertidas al mar. Se justifica una PDAM.

4. Ruta lógica para instalar una PDAM

4.1 ¿Dónde ubicamos la PDAM Petorca-Ligua? Selección del terreno

Criterios de ubicación

- a) Cerca de los usuarios
- b) Alejado de otras plantas
- c) Fuera de concesiones marítimas vigentes o en trámite
- d) Terreno sin restricciones ambientales
- e) Terreno sin restricciones municipales
- f) Costa sin restricciones de otro tipo
- g) Más de 20 msnm
- h) Terreno propio
- i) Acceso a energía

Sitios protegidos SNASPE

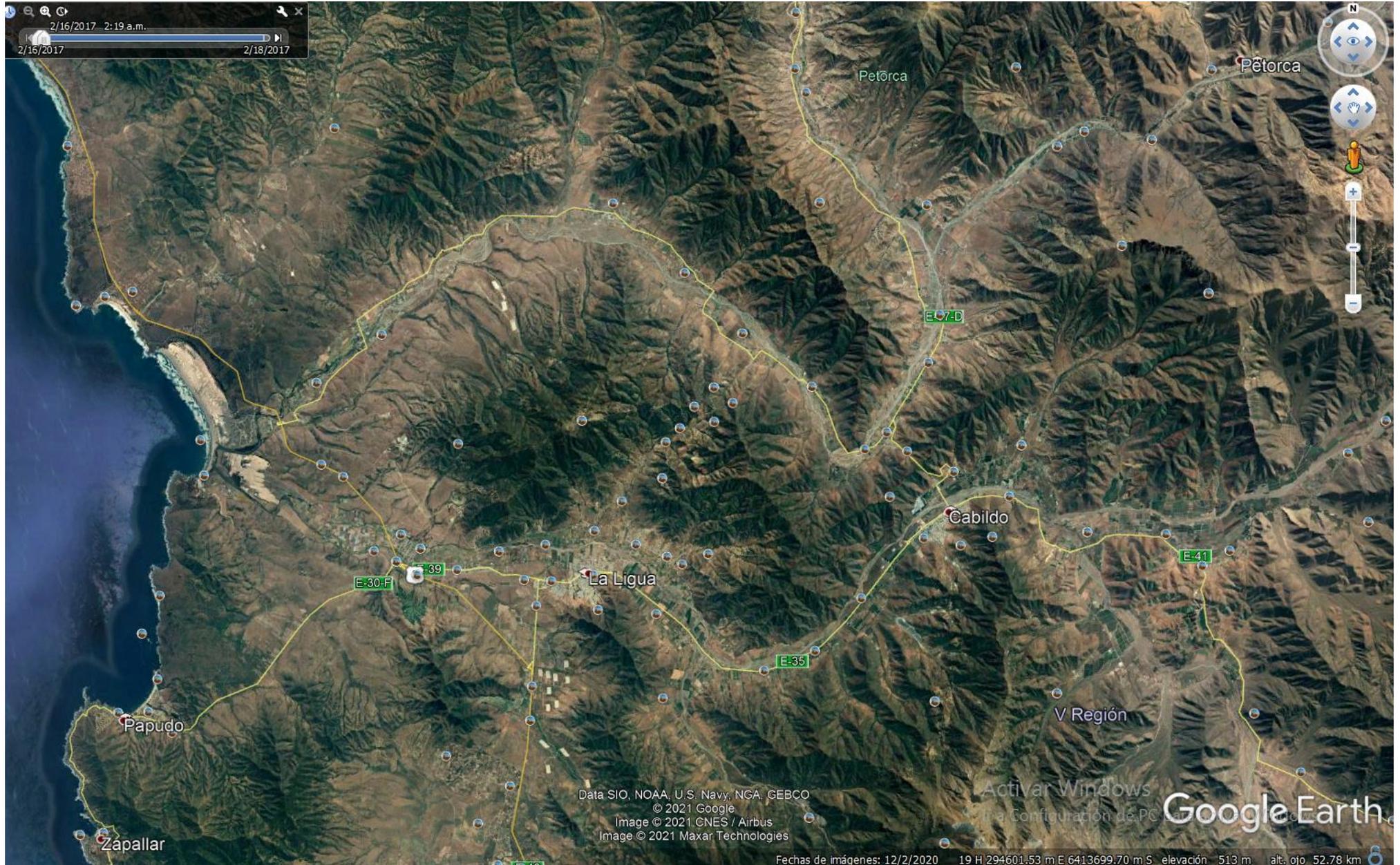
- Parque Nacional
- Reserva Nacional
- Reserva Forestal
- Monumento Natural
- Reserva Región Virgen
- Área Marina Costera Protegida
- Parque Marino
- Reserva Marina
- Santuario de la Naturaleza

PREMVAL, PREMVAL SBCN

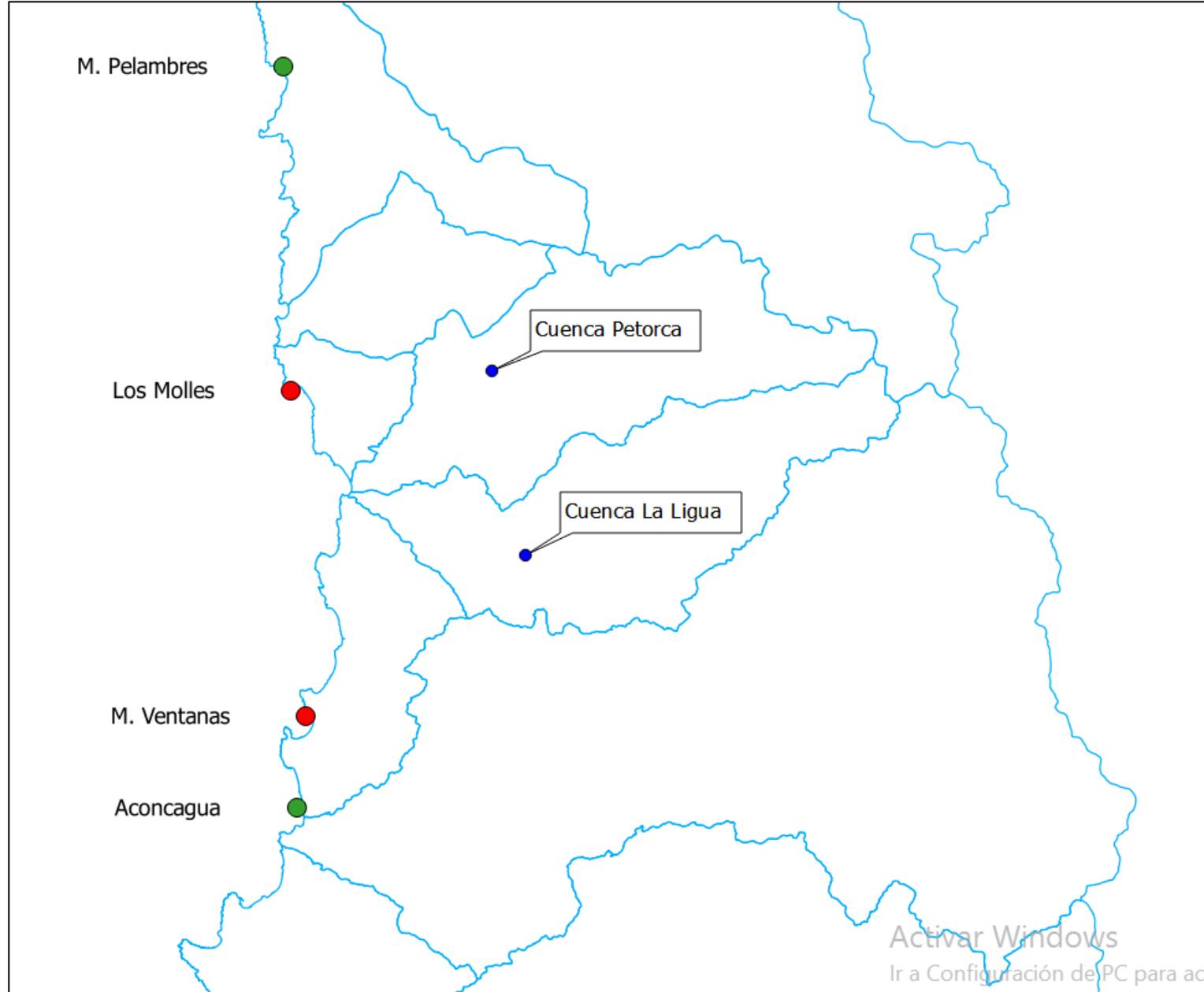
SERNAPESCA

- Áreas de Manejo de Recursos Bentónicos (AMERB)
- Caletas Pesqueras Decretadas
- Piscicultura Nacional

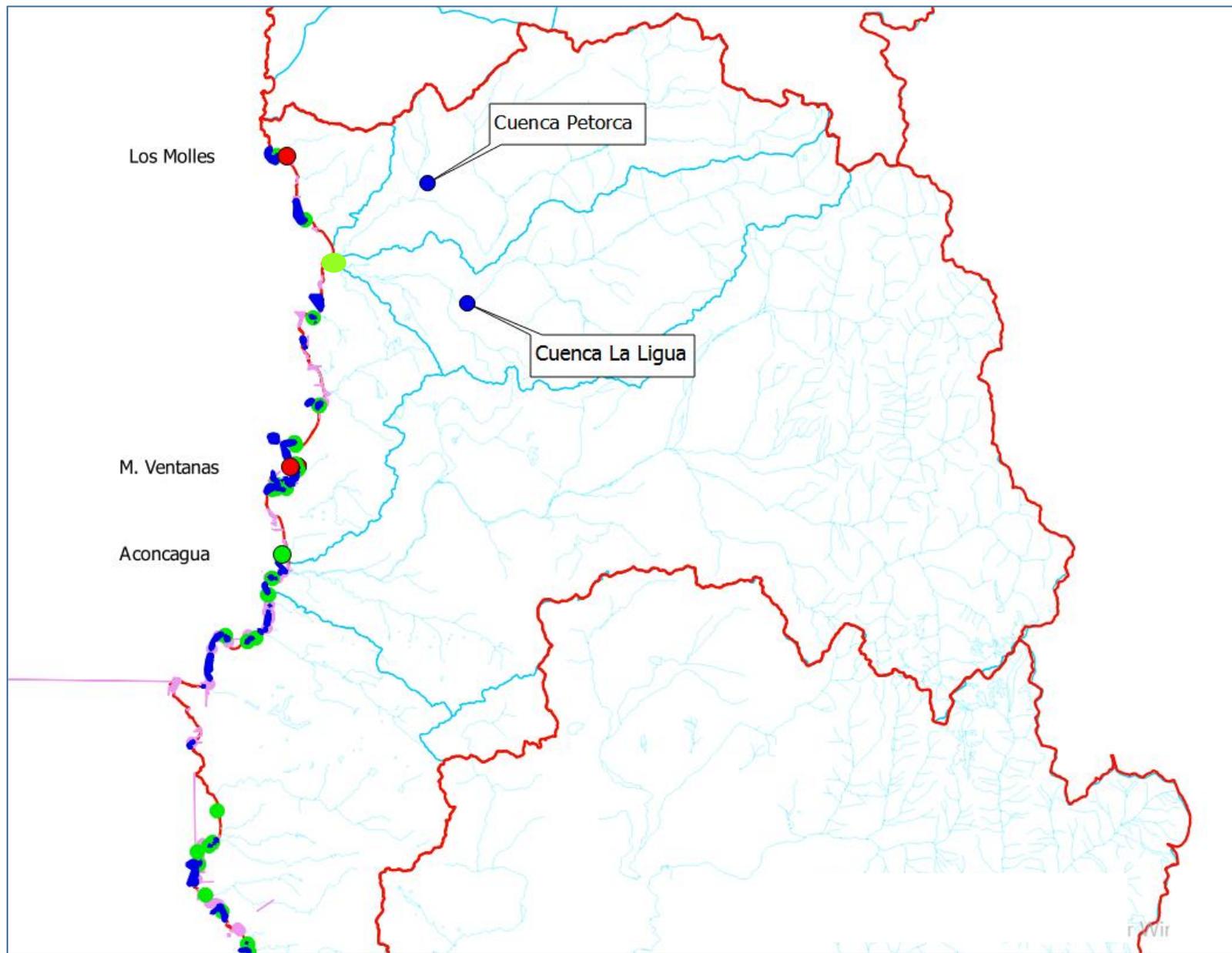
a) Cerca de los usuarios



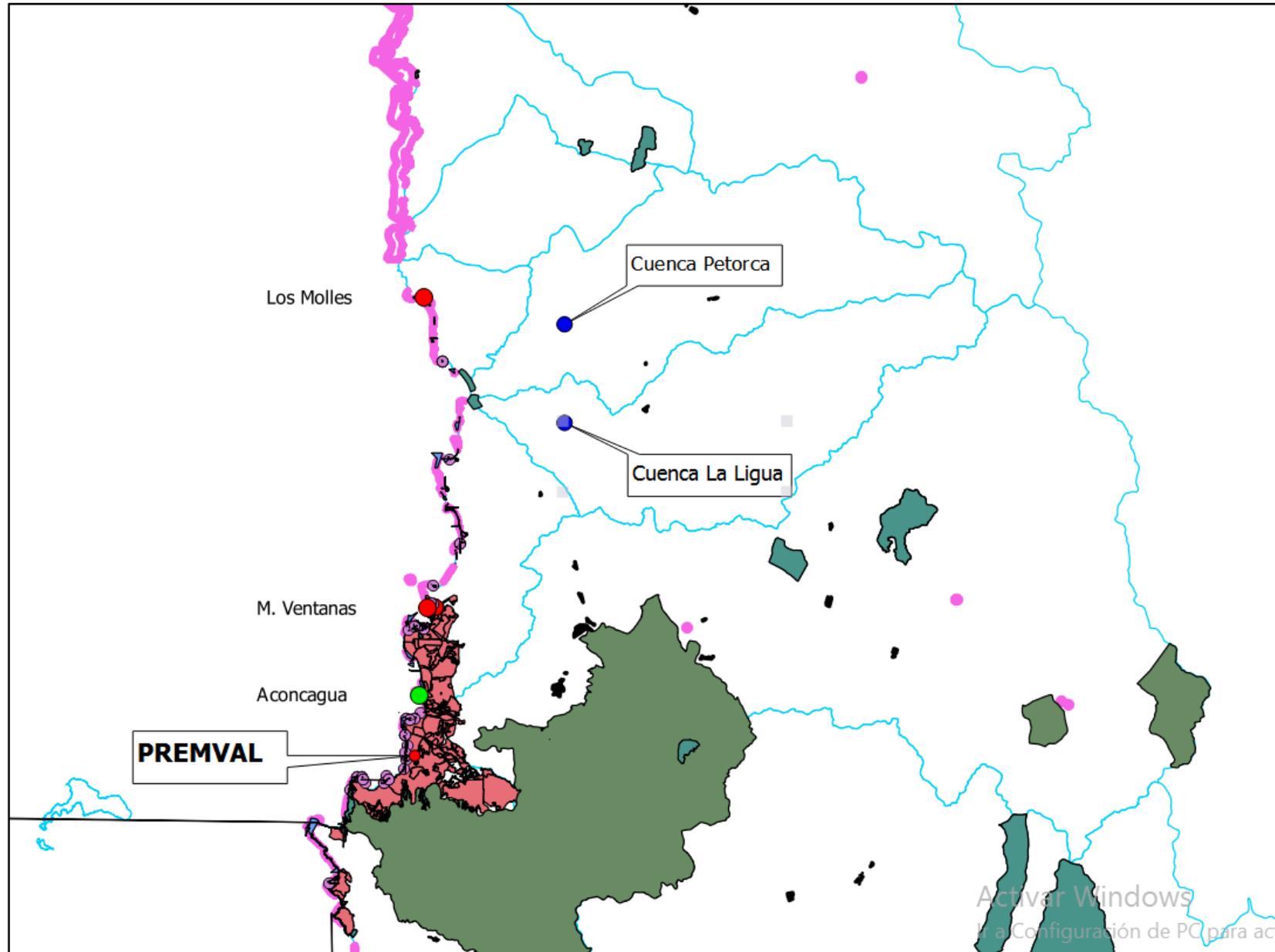
b) Alejado de otras plantas



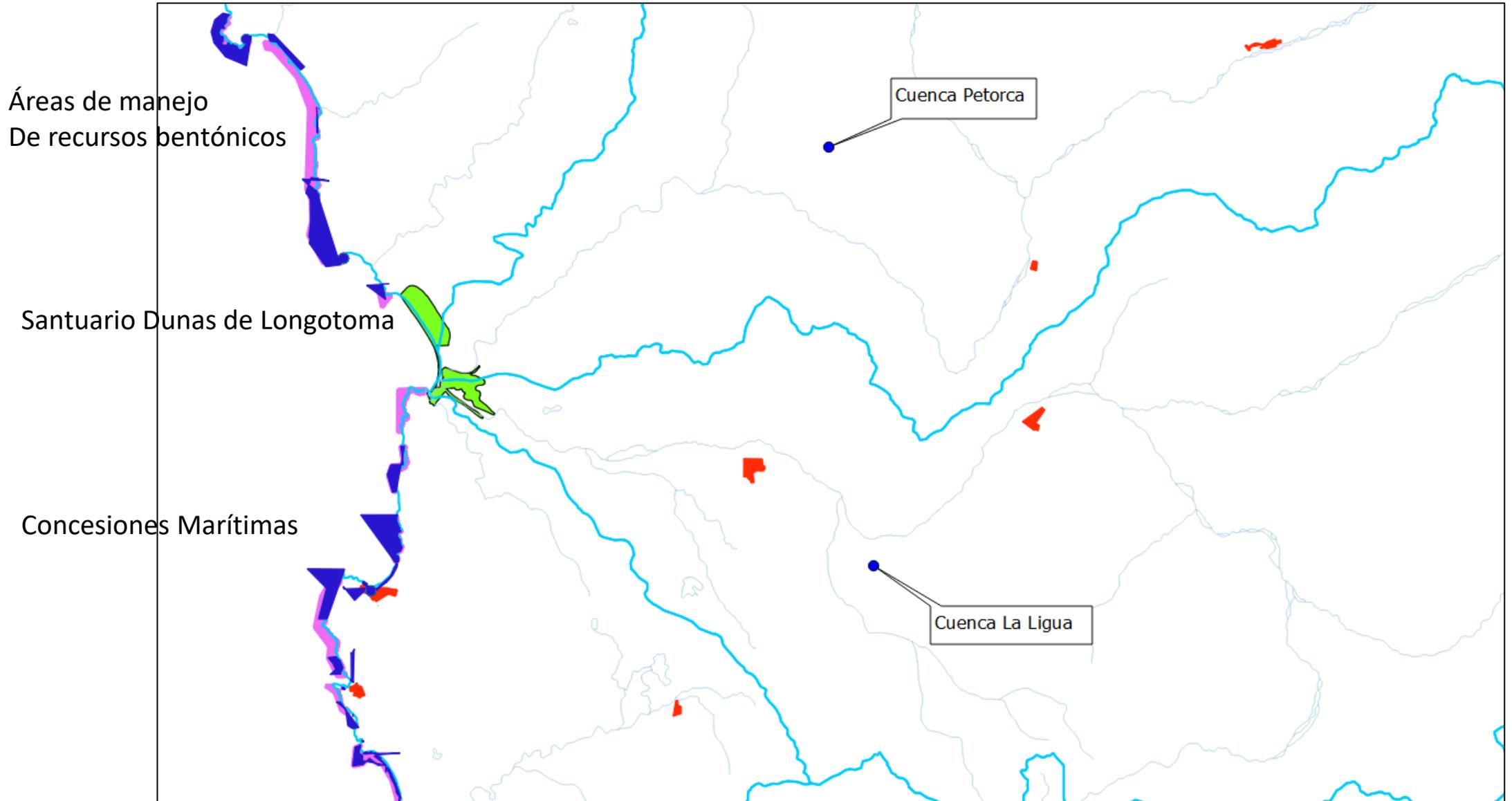
c, f) Fuera de concesiones marítimas vigentes, en trámite, caletas pesqueras



d, e) Terreno sin restricciones ambientales terrestres o marítimas, ni restricciones municipales



Resumen restricciones costeras



g, h) Más de 20 metros sobre el nivel del mar, terreno propio



Desembocadura
Petorca - La Ligua



4.2 ¿Qué autorizaciones necesitamos para comenzar?

Autorizaciones:

- a) Resolución de Calificación Ambiental (SEA)
- b) Concesión Marítima (DIRECTEMAR)
- c) Servidumbres de paso hasta el usuario (.....)

a) Resolución de Calificación Ambiental (SEA)

- Anteproyecto completo de la planta, alimentación eléctrica, conducciones, destino del Agua Producto
- Estudio preliminar de los elementos impactados para decidir si requiere DIA o EIA
Elementos impactados: medio físico (tierra, agua, aire)
medio biológico (flora, fauna. Actual e histórico)
medio humano (actual e histórico)
- Desarrollo de la DIA o del EIA y presentación al SEA
- Recepción del ICSARA 1 (Inf. Consol. de Solicitud de Aclaraciones, Rectificaciones y Ampliaciones) → PAS
- Generar Addenda 1
- Recepción ICSARA 2
- Generar Addenda 2
- Obtener ICE (Inf. Consol. Evaluación), y con ello la RCA favorable → PAS

b) Concesión Marítima (DIRINMAR de DIRECTEMAR)

Dirección de Intereses Marítimos y Medio Ambiente Acuático

Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante

Solicitud debe incluir:

- 1. Descripción del proyecto**
- 2. Determinación y Justificación del Área de Influencia Directa del Proyecto**
- 3. Línea de Base**
 - a. Columna de agua Suelo marino:
 - b. Suelo marino
 - c. Ubicación estaciones de referencia
 - d. Aspectos oceanográficos
 - e. Ecosistemas
- 4. Evaluación de Impacto**
 - a. Modelos Dilución y Dispersión
 - b. Modelación campo cercano
 - c. Modelación campo lejano
 - d. Impactos en la columna de agua
 - e. Impactos en el suelo marino
 - f. Ecosistema
- 5. Condiciones de diseño de la descarga**
 - a. Caracterización de la descarga de salmuera
 - b. Descripción de punto de descarga
 - c. Requerimientos diseño planta y emisario
 - d. Requerimientos de succión / aducción
 - e. Análisis a la norma de emisión
 - f. Análisis con criterios y normas secundarias de calidad ambiental
- 6. Plan de seguimiento ambiental**
 - a. Construcción
 - b. Operación
- 7. Plan de cumplimiento de la legislación**

c) Servidumbres de paso hasta el usuario

- Hechos:
 - Algunas industrias deben independizarse de factores meteorológicos, debido a:
 - * la variabilidad de esos factores
 - * sus requerimientos intensivos de uso de agua
 - El Código de Aguas contiene la obligación de servidumbre para las aguas terrestres, no marítimas
No existe obligación de dar servidumbre de paso a tuberías que portan aguas desalinizadas.
 - Para compañías mineras, el Código Minero contempla obligación de servidumbre de paso.
- Situación actual:
 - El desarrollador debe negociar uno a uno las servidumbres de paso para la conducción.
- Propuesta:
 - Regular las servidumbres que amparen los acueductos.
 - Establecer normas que permitan un uso racional de este tipo de infraestructura.

4.3 ¿Cuánto cuesta el agua de una PDAM?

Costo total planta 300 l/s, basado en costos reales PDAM Atacama

Total CAPEX PDAM:	0,46 US\$/m ³
Total OPEX PDAM:	0,40 US\$/m ³
Total CAPEX Conducción:	0,23 US\$/m ³
Total OPEX Conducción:	0,08 US\$/m ³
<hr/>	
TOTAL	1,17 US\$/m³

Este valor se tendría que asumir como un compromiso de largo plazo.

4.4 ¿Con qué ingresos cuenta, por ejemplo, la agricultura?

Ingresos tales que puedan pagar por el agua hasta 0,6 a 0,8 US\$/m³

Endeudamiento por 15-20 años



Se requiere subsidio.

4.5 ¿Cómo se financia la planta?

- a) Directo (Minería)
- b) Tarifas (agua potable)
- c) Subsidio (agricultura)
 - Subsidio cruzado (proyecto privado)
 - Subsidio Ley 1123 (obras de riego construidas por el Estado)
 - Subsidio Decreto 900 (Concesiones): subsidios y tarifas son factores de evaluación
- d) Modelo de negocio de proyectos ensamblados: PDAM con CHAB (Central Hidráulica de Bombeo)

5. Alternativas costeras a la PDAM

5.1 PTAS-R: Planta de Tratamiento de Aguas Servidas para Reúso

Situación actual

40,1 m³/s aguas servidas en todo Chile

31.3 m³/s aguas servidas continentales con reúso asegurado

8.8 m³/s aguas servidas al mar, disponibles para planificar reúso

3.0 m³/s frente a Concón, Viña y Valparaíso

Usos posibles

AST cualquier uso, **salvo agua potable como reúso directo.**
Esto ni siquiera está permitido en Israel.

Por ejemplo agricultura:

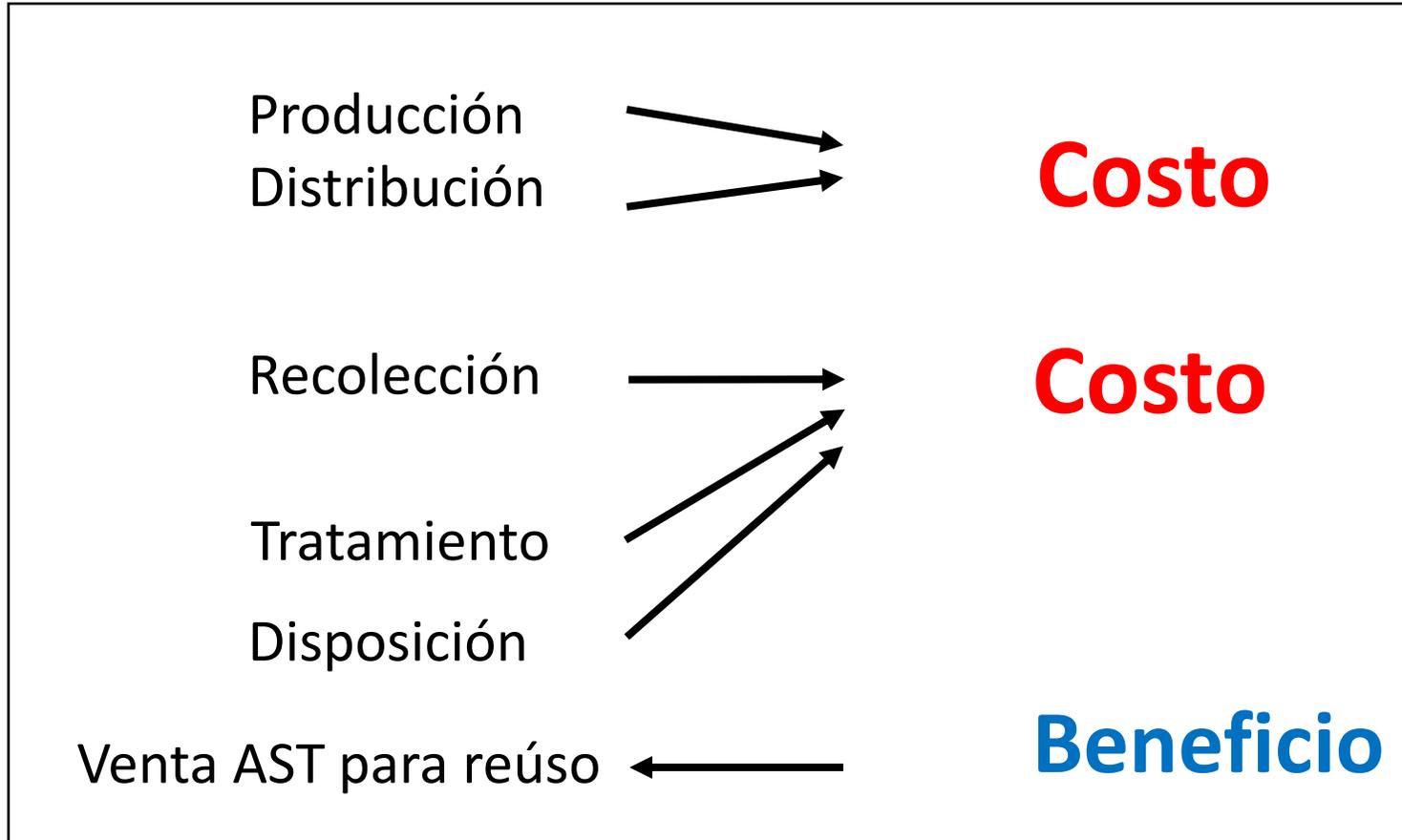
8.8 m³/s => 8.000 m³/ha/año => 35.000 ha de riego

Para el reúso NO se requiere normativa adicional

Es mejor
la situación con reúso
que sin reúso

- Existe normativa para cada tipo de uso
- Cada cliente deberá ver cómo se adapta a la normativa de calidad para su propio uso
- La PTAS-R adapta el tratamiento al uso del cliente

Venta de AST: Etapa del sistema sanitario



6ª etapa natural

Modelo de negocio: compartido

Usuarios de agua potable (lo exige la SISS)

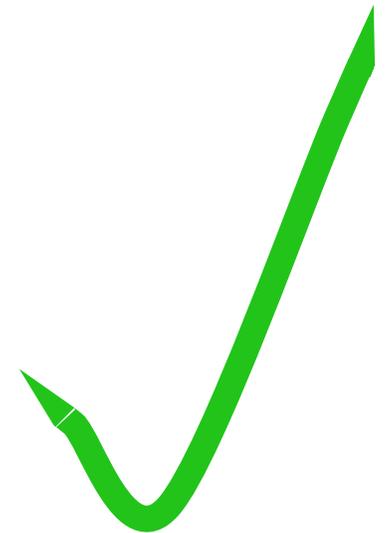
Empresa Sanitaria

Cliente del agua servida tratada

Empresa Concesionaria PTAS-R

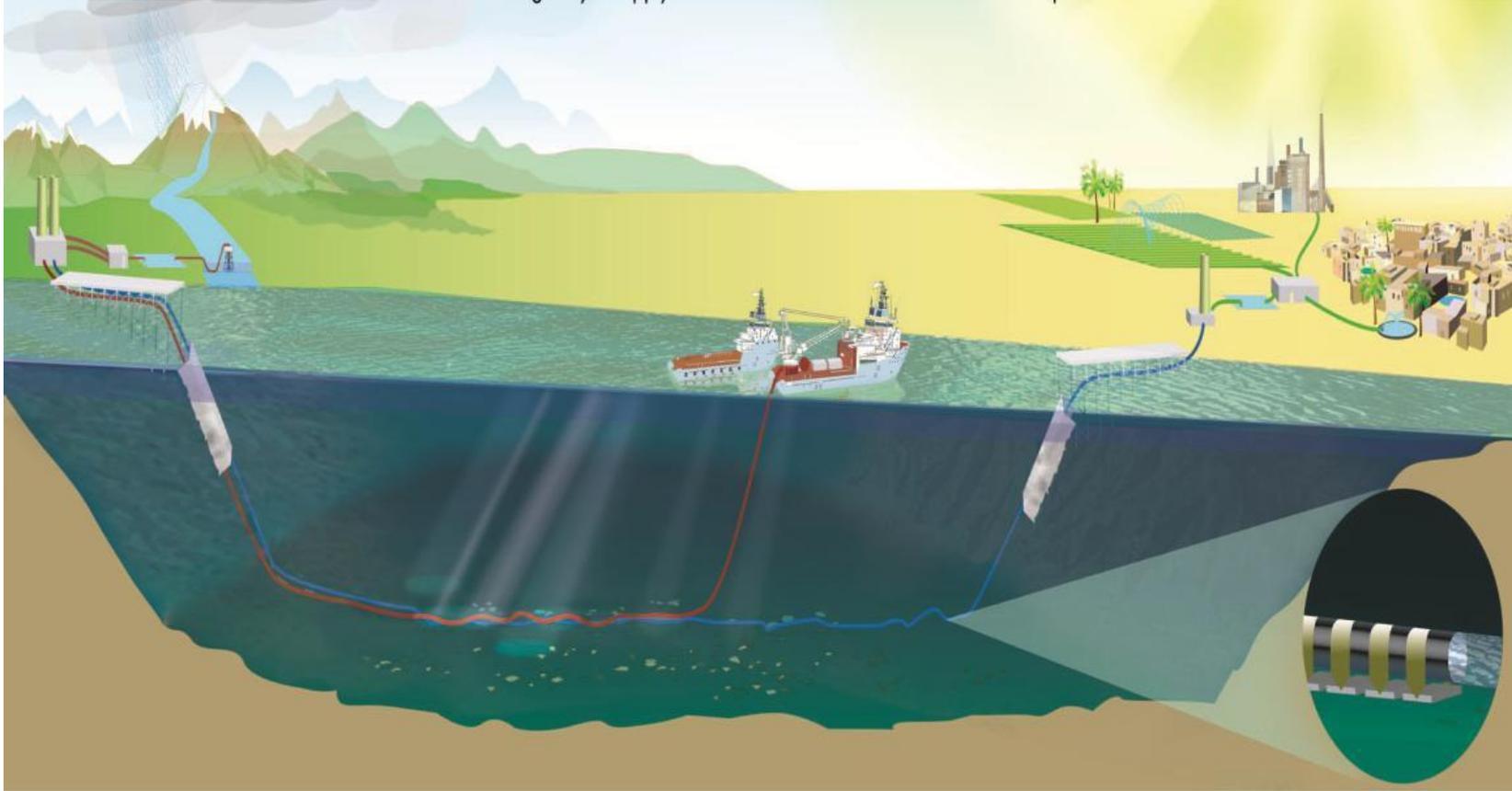
Medio Ambiente

WIN - WIN - WIN - WIN - WIN



5.2 Vía Marina: Aquatacama

Megaproyecto que traslada aguas por 1500 kilómetros por el fondo del mar, desde BíoBío hasta Antofagasta



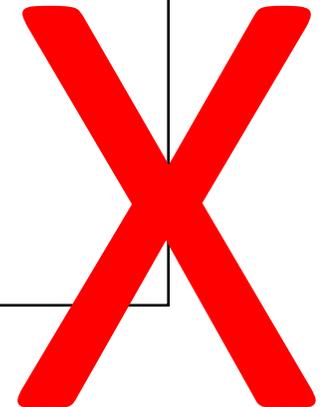
Megaproyecto que traslada aguas por 1500 kilómetros por el fondo del mar, desde BíoBío hasta Antofagasta

- Sin precedentes en el mundo
- En ocho años no ha avanzado en este sentido
- Incertidumbre de tipo de material
- Incertidumbre de comportamiento del material al fondo del mar
- Incertidumbre sobre características del fondo del mar en 1500 km
- Incertidumbre sobre fabricación de los tubos
- Incertidumbre sobre traslado de los tubos
- Incertidumbre sobre la unión de los tubos
- Incertidumbre sobre requerimientos de mantenimiento: una flota de 5 barcos
- Ambientalmente inaceptable hoy.

En resumen: valor inicial 200.000.000 UF = US\$ 8.000 millones

X 48 (factor de incertidumbre)

= US\$ 384.000 millones



4. Conclusiones

1. Antes de pensar en una PDAM, hay que evaluar la demanda en relación con el **régimen hídrico** de la cuenca. Si la demanda NO supera la oferta media, probablemente se pueden encontrar **alternativas más convenientes** a partir de aguas continentales.
2. Si la demanda supera la oferta media, antes de pensar en una PDAM hay que analizar **otras nuevas fuentes** (como reúso de AST) que pueden resultar más convenientes.
3. La materialización de una PDAM toma **años**. Sería conveniente agilizar procesos del SEA y Concesiones Marítimas.
4. Para optimizar el uso de plantas desalinizadoras, se requieren algunas **modificaciones legales funcionales**, especialmente respecto de las servidumbres de paso.
5. Para la instalación de la PDAM, en general mandan las **restricciones del terreno y costeras**. Las características **marítimas** de corrientes y mareas condicionan el diseño de las obras de toma y devolución.
6. La desalinización **no debiera ser solución para las APR continentales**. Dado lo muy bajo de los caudales requeridos, para este uso deben privilegiarse las aguas continentales, por el costo y la calidad. Vía acuerdo, negociación, compra, expropiación o SWAP.
7. Mito a derribar: **el daño de la salmuera**.
8. Mito a derribar: **propiedad del agua servida** que es emitida al mar
9. Para su uso en agricultura, **se requiere un apoyo** vía subsidio o proyecto complementario.
10. Iniciativas **alternativas innovadoras** deben ser cuidadosamente analizadas. **Mega proyectos NO son solución**.

Muchas gracias por su atención