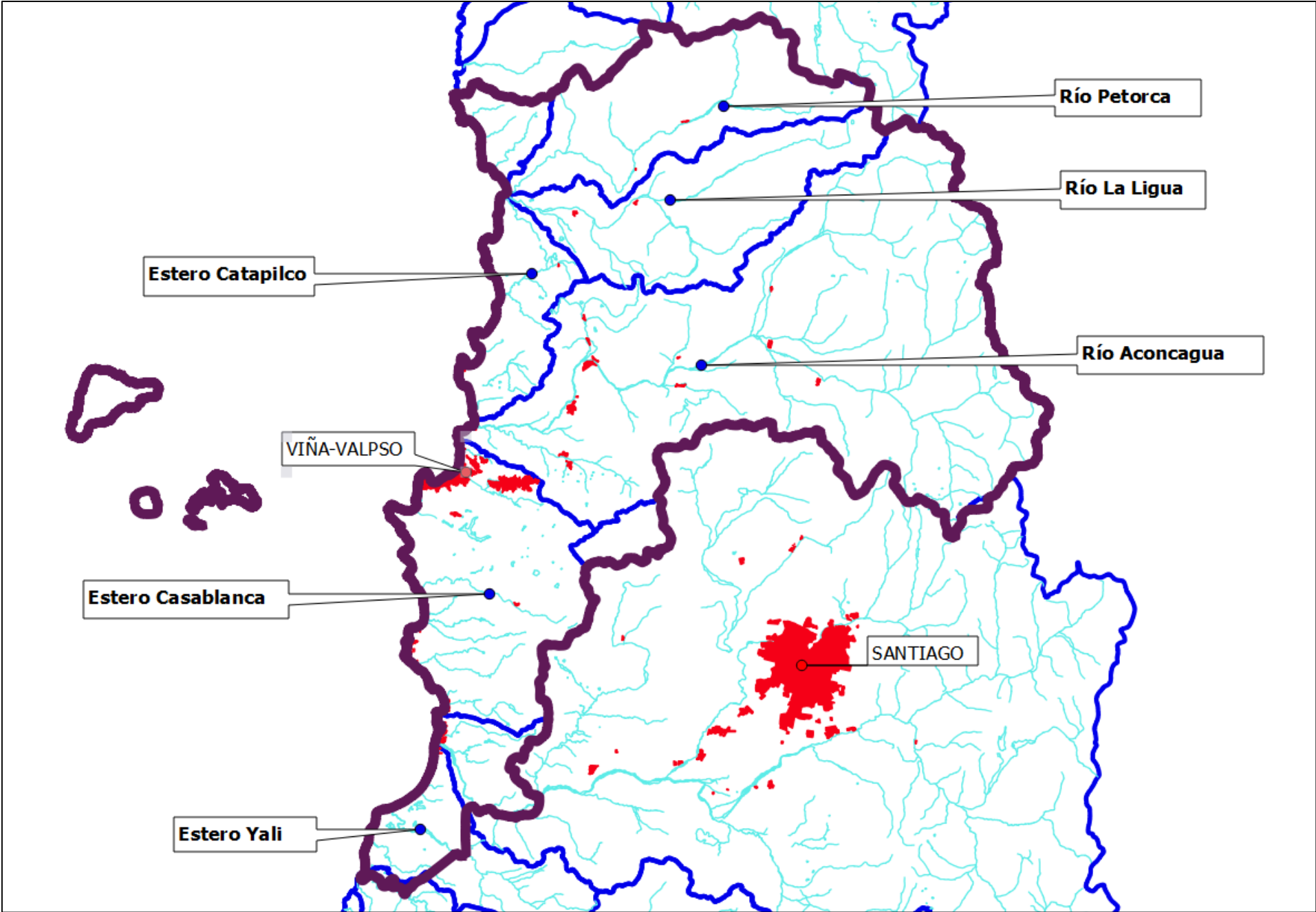


**SEMINARIO**  
**NUEVAS FUENTES DE AGUA**  
**PARA LA AGRICULTURA**  
**DE LA REGIÓN DE VALPARAÍSO**

**¿ SE JUSTIFICA UNA PDAM EN MI CUENCA ?**

**Damaris Orphanópoulos Stehr**  
**Ingeniero Civil MBA**  
**RODHOS Asesorías y Proyectos SpA.**

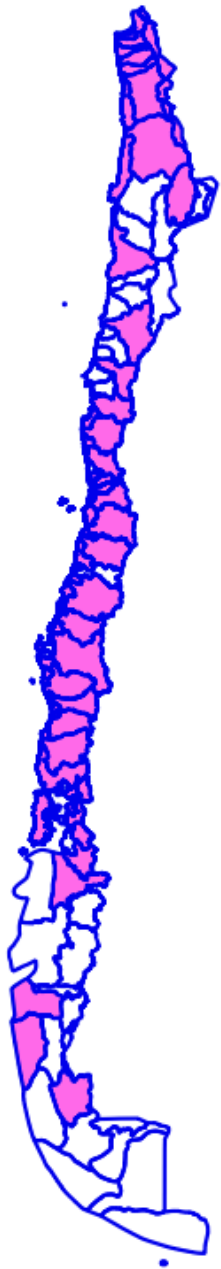


# **1. Fuentes de información**

- **Plan Hídrico Nacional MOP 2020 – 2050 (2021)**
  - MOP (DGOP, DGA, DOH Obras, DOH SSR, DIRPLAN, DGC, SISS)
  - INH
  - MINAGRI (CNR)
  - RODHOS
  
- **Modelo hidro-económico para la revisión y actualización del Plan Hídrico Nacional (2022)**
  - RODHOS para DOH/DGOP : Aconcagua, Choapa, Huasco
  
- **Antecedentes generales sobre desalinización en Chile**
  - Estudio por publicar INIA/RODHOS para CNR

## **2. Cartera Plan Hídrico Nacional 2020-2050**

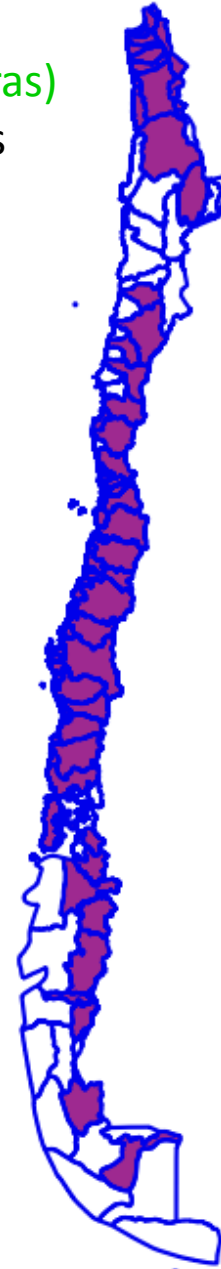
# 1902 iniciativas



715 iniciativas  
básicas (APR)  
en 58 cuencas



243 iniciativas  
generadoras (obras)  
en 33 cuencas



917 iniciativas  
habilitantes  
en 51 cuencas



27 iniciativas  
innovadoras  
en 12 cuencas

Plan de Inversión en Iniciativas Hídricas PIH 2020 – 2050  
 Iniciativas **generadoras** Región de Valparaíso

Cuenca	Obra generadora
Rio Petorca	Estudio de Factibilidad y Diseño Proy. Embalse Sobrante 6 Mill m3 Provincia de Petorca
Rio Ligua	Embalse La Chupalla. 56 Hm3
Rio Ligua	Embalse Los Ángeles 30 Hm3
Rio Ligua	Riego valle de La Ligua. Obras de distribución.
Rio Aconcagua	Ampliación Embalse Aromos 35 Hm3 a 60 Hm3
Rio Aconcagua	Embalse Juncal 30 -150 Hm3 incl plan embalses
Rio Aconcagua	Embalse Catemu 180 Hm3
Rio Aconcagua	Embalse Pocuro Alto ( 100 Hm3)
Rio Aconcagua	Construcción Sistema de regulación Valle de Aconcagua (alternativo a Catemu)
Rio Aconcagua	Desarrollo del Agua Subterránea. Pozos para Riego (290 pozos)
Rio Aconcagua	Prefactibilidad estudio alternativas embalses cuenca media Aconcagua CNR
Rio Aconcagua	Construcción Tranques de Acumulación Nocturna

Plan de Inversión en Iniciativas Hídricas PIH 2020 – 2050  
 Iniciativas **innovadoras** Región de Valparaíso

Río Petorca	Aducción río Petorca para 9 sistema de Agua Potable rural de las comunas de Petorca y Cabildo.
Costeras entre Aconcagua y Maipo	Impulsar reúso de aguas servidas tratadas - Conurbación Viña del Mar-Valparaíso
Costeras entre Aconcagua y Maipo	Impulsar reúso de aguas servidas tratadas - Ciudad de San Antonio
Costeras entre Aconcagua y Maipo	Proyecto reúso aguas residuales Esva - AngloAmerican
Río Aconcagua	Proyecto recarga artificial del acuífero
Vía marina Aquatacama	Proyecto traslado de agua a gran distancia bajo el mar
Otras vías hídricas terrestres	Proyecto traslado de agua a gran distancia por el territorio



### **3. Sentido hídrico de las obras propuestas**

# Análisis Oferta – Demanda

## Curva de oferta de la cuenca:

### Estudios en cuencas

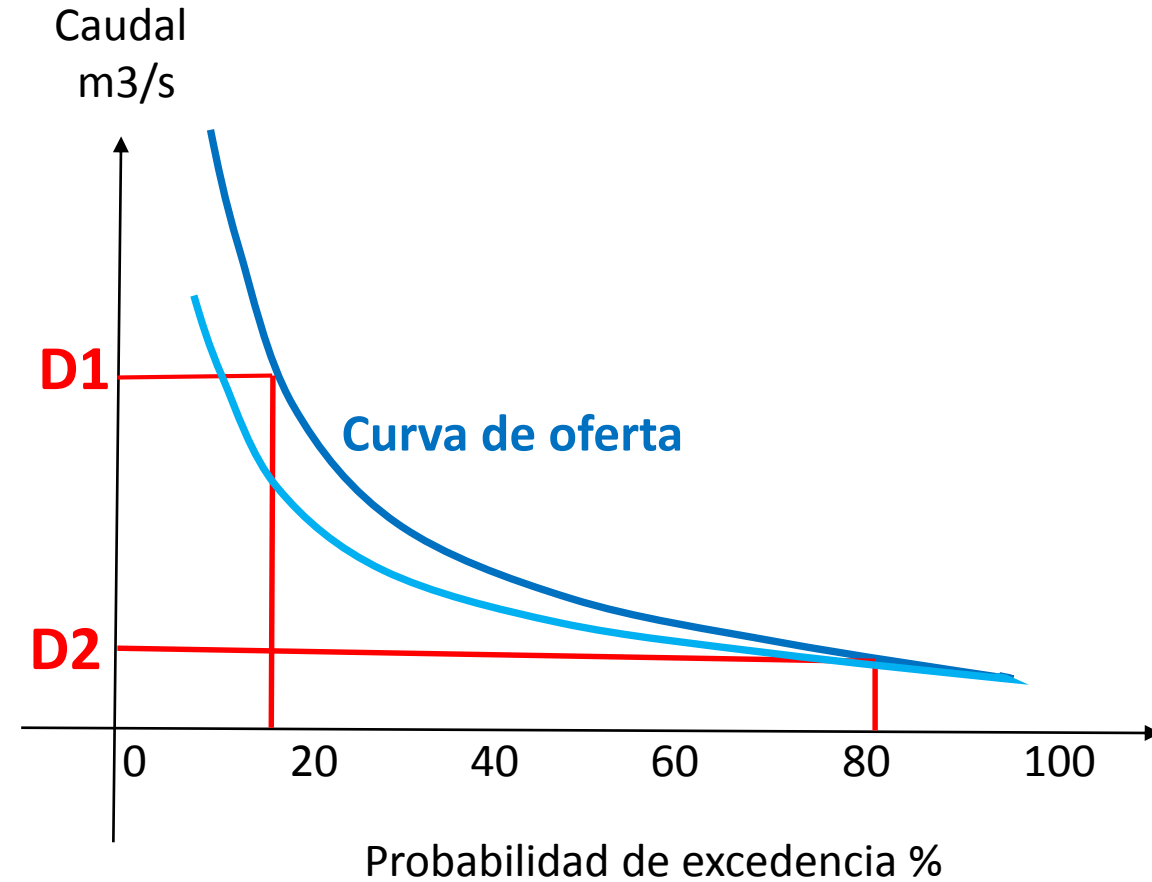
- Hidrología histórica
- Hidrología cambio climático

## Demanda de la cuenca:

### Estudio de demandas, DGA 2017

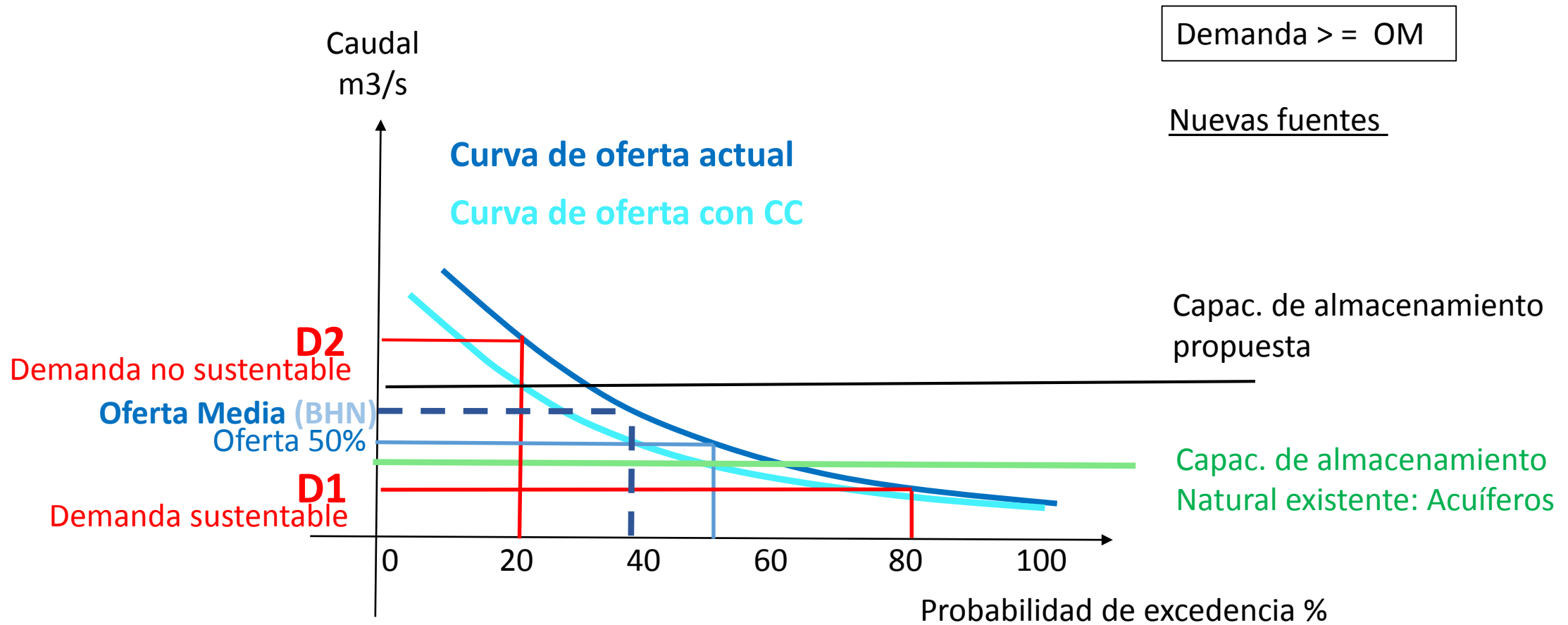
- Demandas actuales
- Demandas futuras a 2050

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

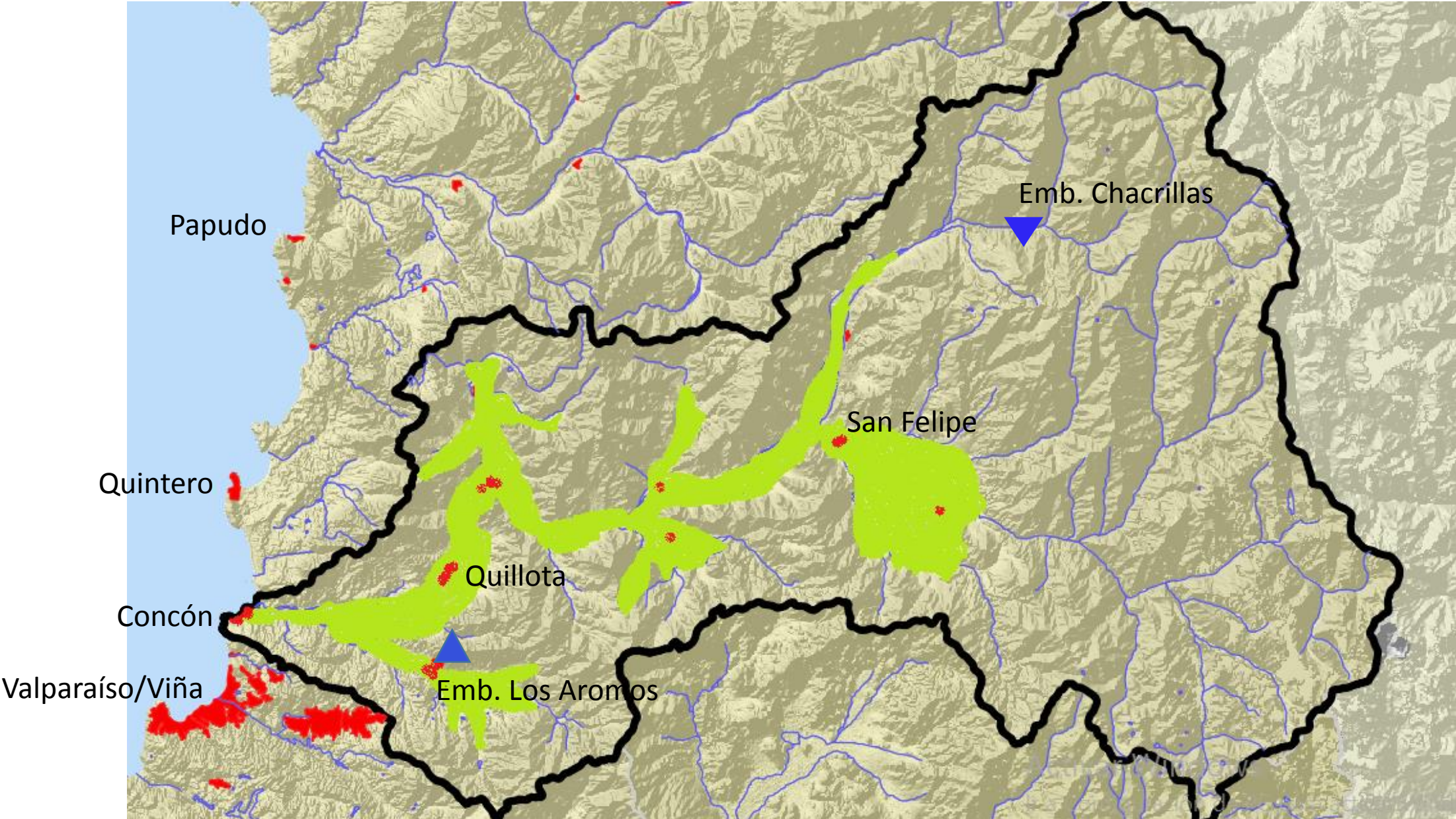


# Análisis Oferta – Demanda

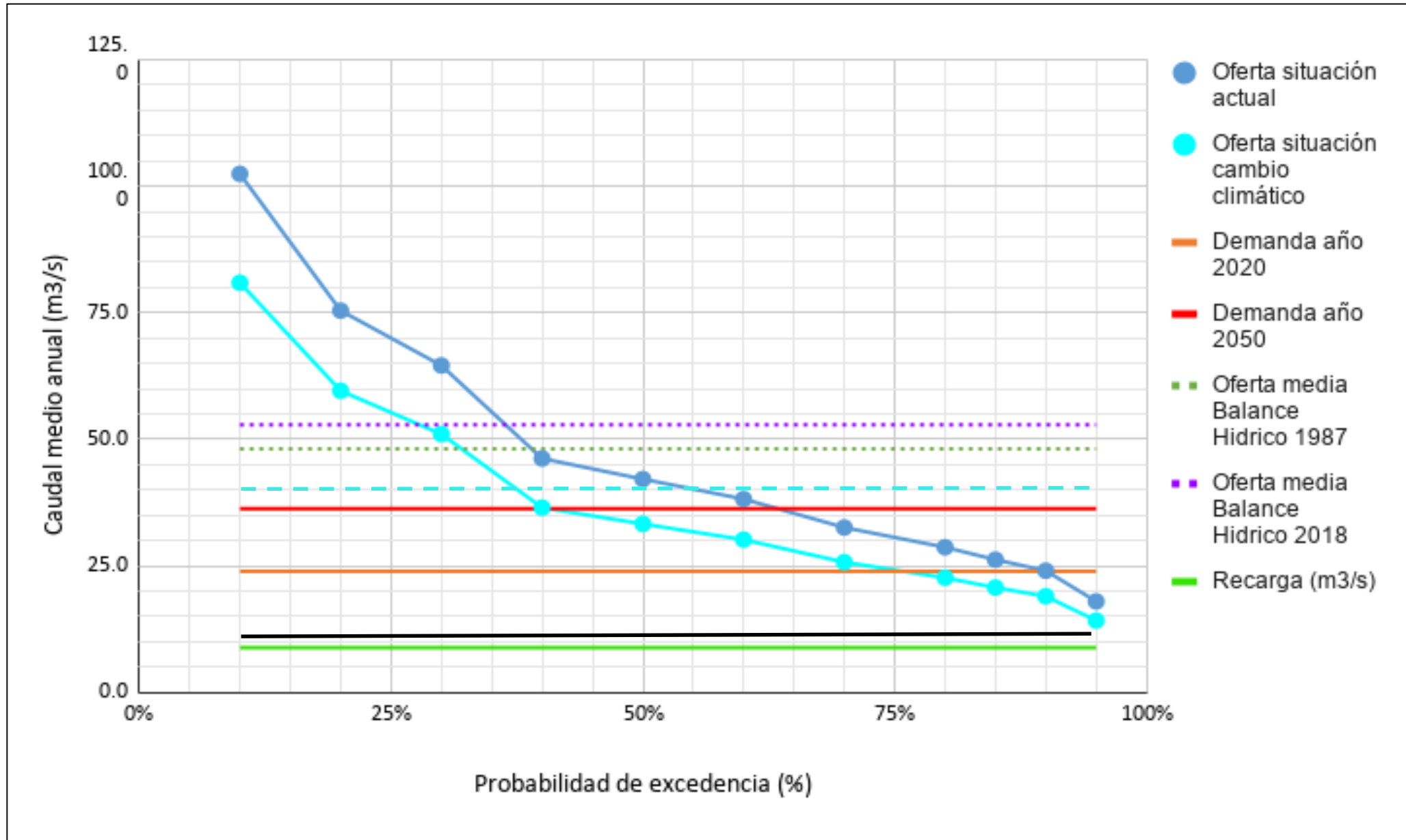
## Ubicación de la demanda sobre la curva de oferta



# Cuenca Aconcagua

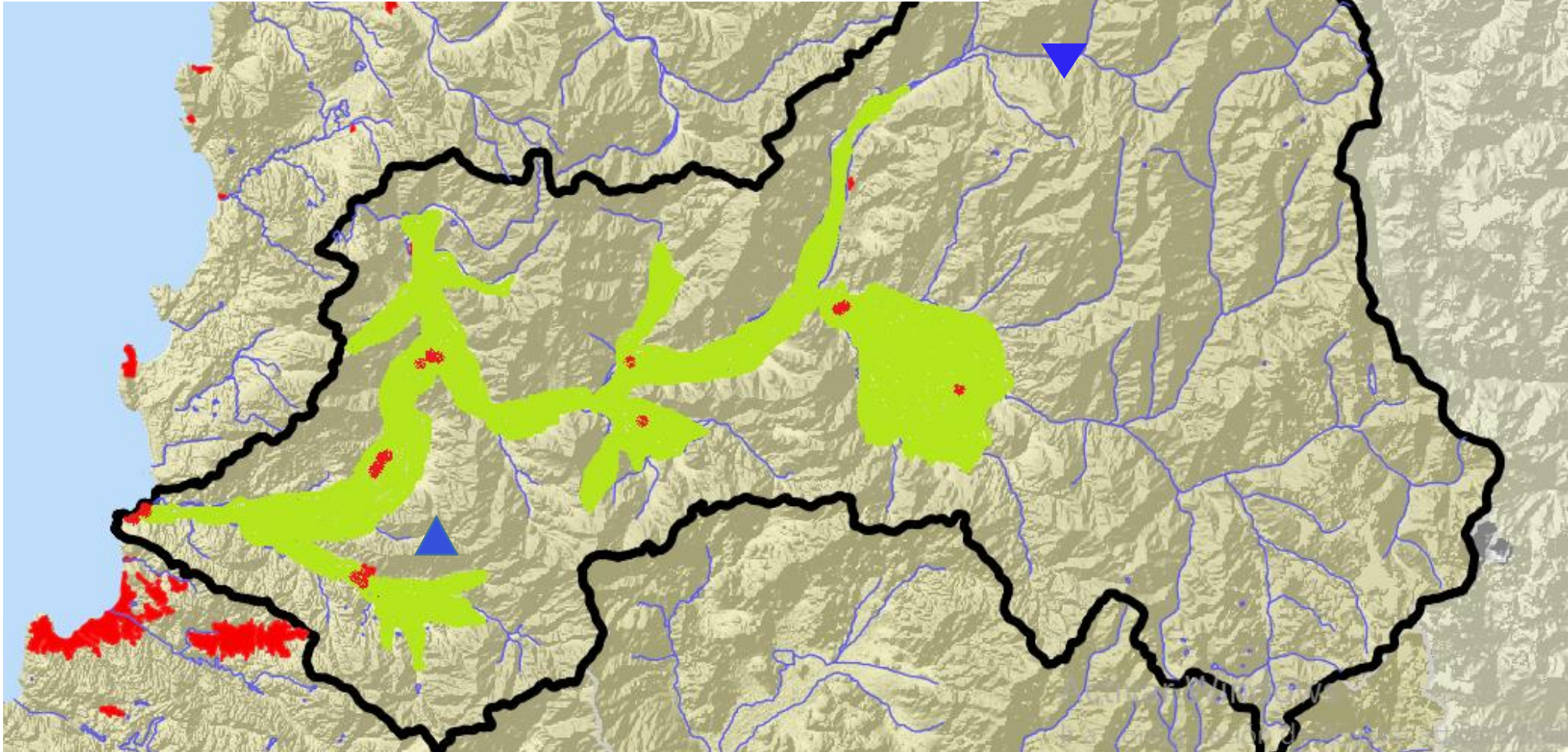


# Cuenca Aconcagua



## Propuesta cuenca Aconcagua

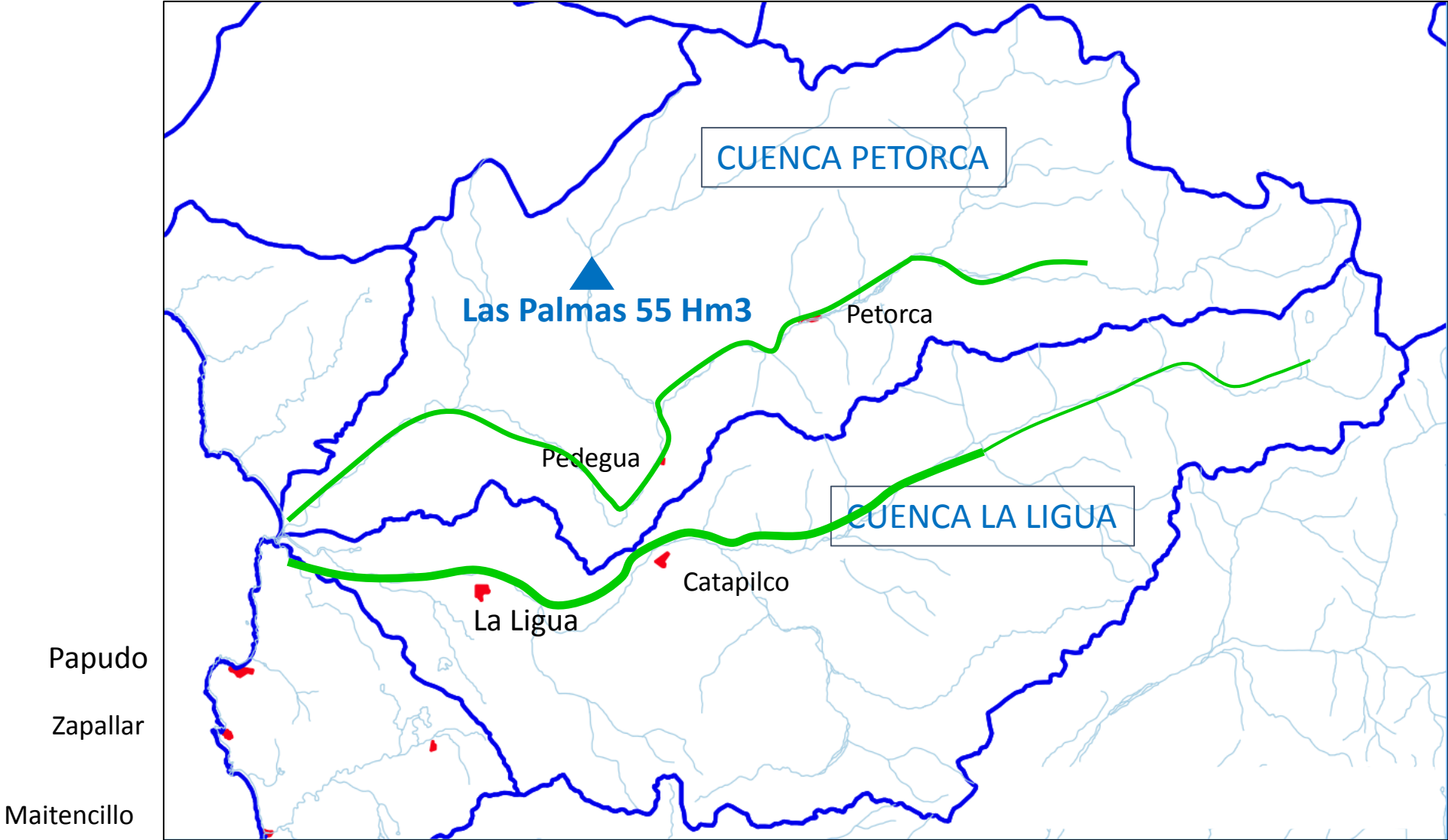
- Avanzar con la gestión de los acuíferos.
- Avanzar con embalses superficiales.
- En caso nueva fuente: Aguas Servidas Tratadas



# Cuencas Petorca y La Ligua

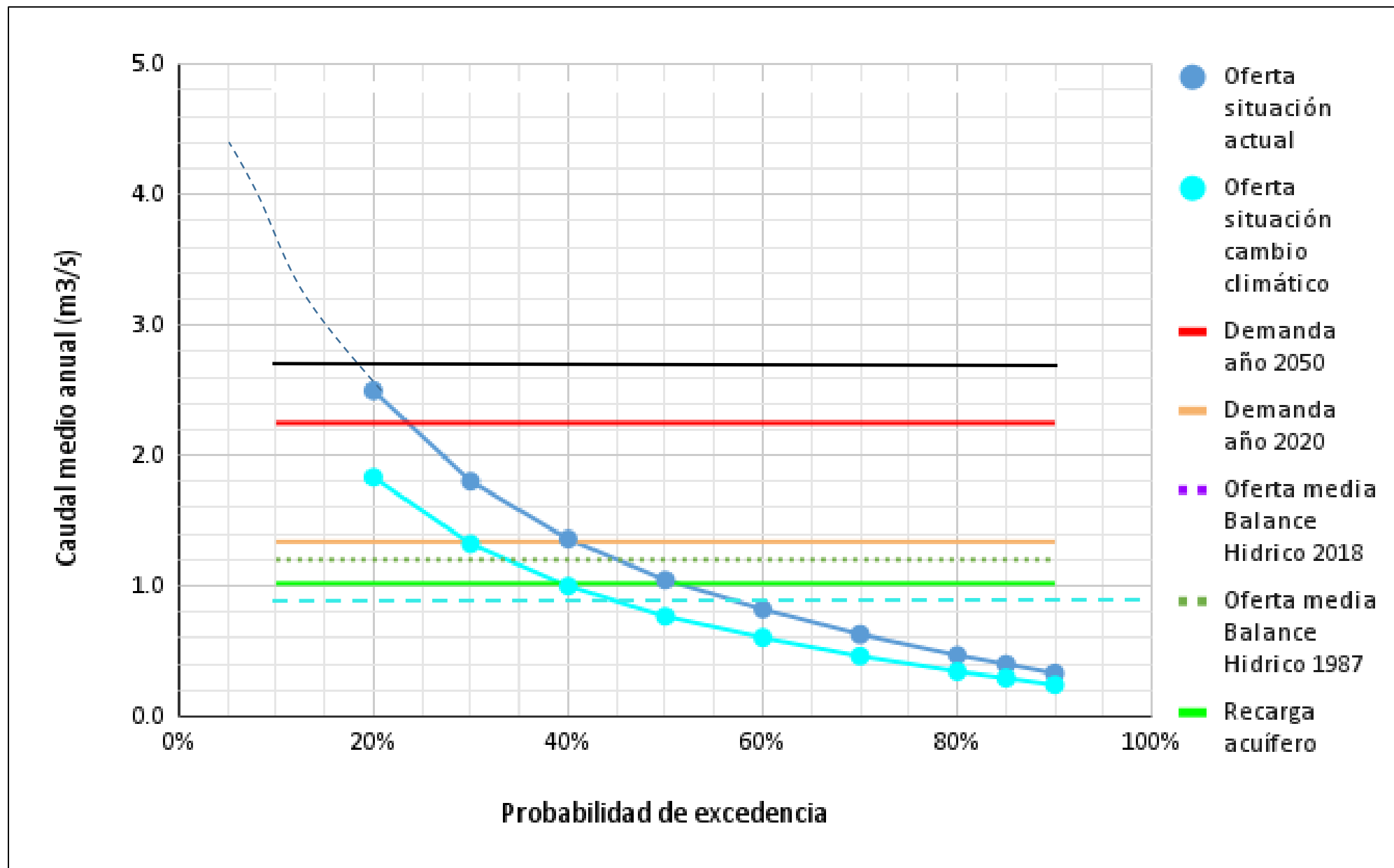


# Cuencas Petorca y La Ligua





# Cuenca Petorca

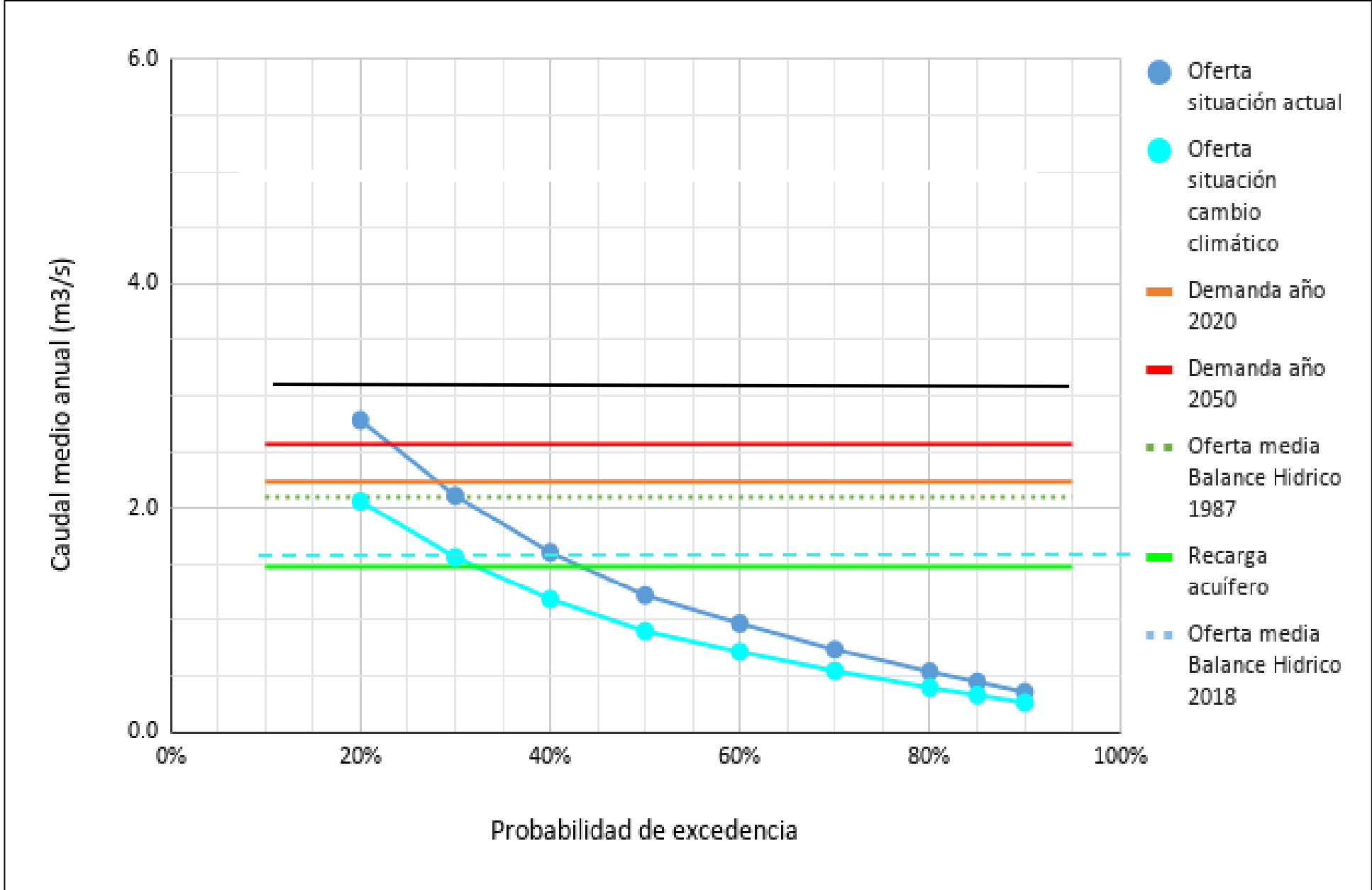


## Propuesta cuenca Petorca:

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



# Cuenca La Ligua



## Propuesta cuenca La Ligua:

- Embalse La Chupalla 56 Hm<sup>3</sup>, no hay Aguas Servidas al mar → Nueva fuente: PDAM



## Análisis sentido hídrico: ¿Se justifica una nueva fuente para uso agrícola en mi cuenca?

- 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.
- 3. En la cuenca de Aconcagua:**  
Aunque hoy estemos en una gran sequía, no se justifica una PDAM para la agricultura.  
Avanzar con la gestión de los acuíferos, y con embalses superficiales.  
En todo caso, habría que pensar en el reúso de las AST.
- 4. En la cuenca de Petorca,** después del embalse Las Palmas, sí se justificaría una PDAM para la agricultura.  
No hay más aguas, ni aguas servidas vertidas al mar.
- 5. En la cuenca de La Ligua,** después del embalse La Chupalla (¿?), se justificaría una PDAM para la agricultura. No hay más aguas, ni aguas servidas vertidas al mar.

## **4. Sentido económico de las obras generadoras propuestas**

# Metodologías aplicadas

- VAN, TIR (local)
- Impacto sobre el PIB (global)

## Resultados:

### VAN, TIR

#### Rentables:

- Embalse Nuevo Catemu 180 Hm3
- Cabecera (Juncal o equivalente)

#### No rentables:

- Ampliación embalse Los Aromos (límite)
- Embalse Pocuro Alto 100 Hm3
- Embalse La Chupalla (La Ligua)

### Impacto en el PIB:

#### Alto:

- Embalse Nuevo Catemu 180 Hm3
- Embalse Pocuro Alto 100 Hm3
- Cabecera (Juncal o equivalente)

#### Bajo:

- Embalse La Chupalla (La Ligua)
- Ampliación embalse Los Aromos



## **5. Análisis iniciativas innovadoras**

## 5.1 Fuentes de las iniciativas: (Total 92)

- Servicios públicos, en especial de planificación
- Entidades académicas - científicas
- Centros tecnológicos

## 5.2 Tipos de iniciativas: 9

### Clasificación de Innovación

Contrato de opción

Desalación+Energía Renovable No Conv...

Embalses subterráneos

Impulsión+Energía Renovable No Conv...

Infiltración de cauces y recarga de acuíf...

Interconexión de Sistemas de Agua Pota...

Reúso de aguas servidas tratadas y agua...

Trasvase entre cuencas

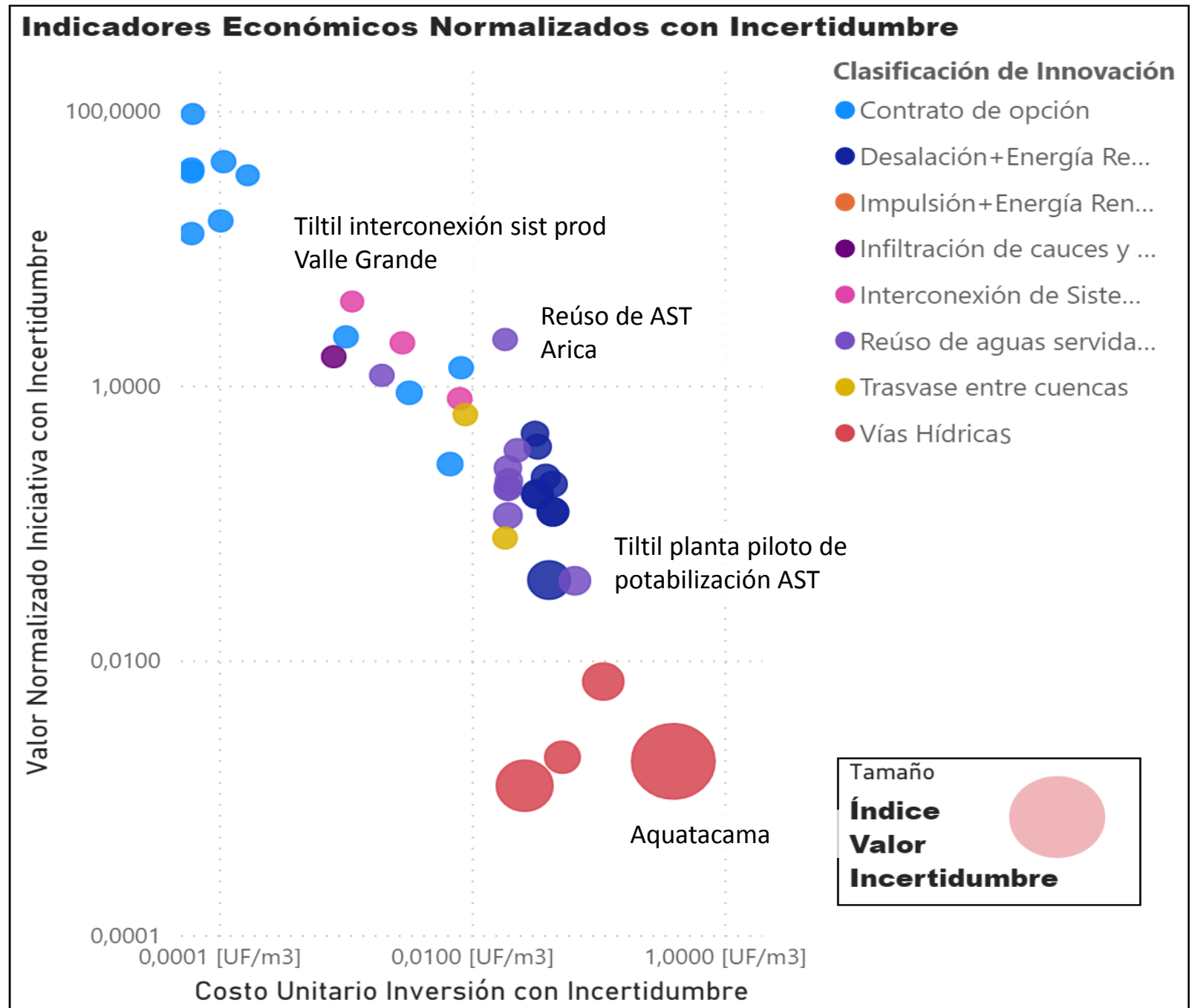
Vías Hídricas

### **5.3 Categorías analizadas: 7**

Demanda  
Oferta  
Infraestructura  
Tecnología  
Energía  
Medio Ambiente  
Legal/Permisos

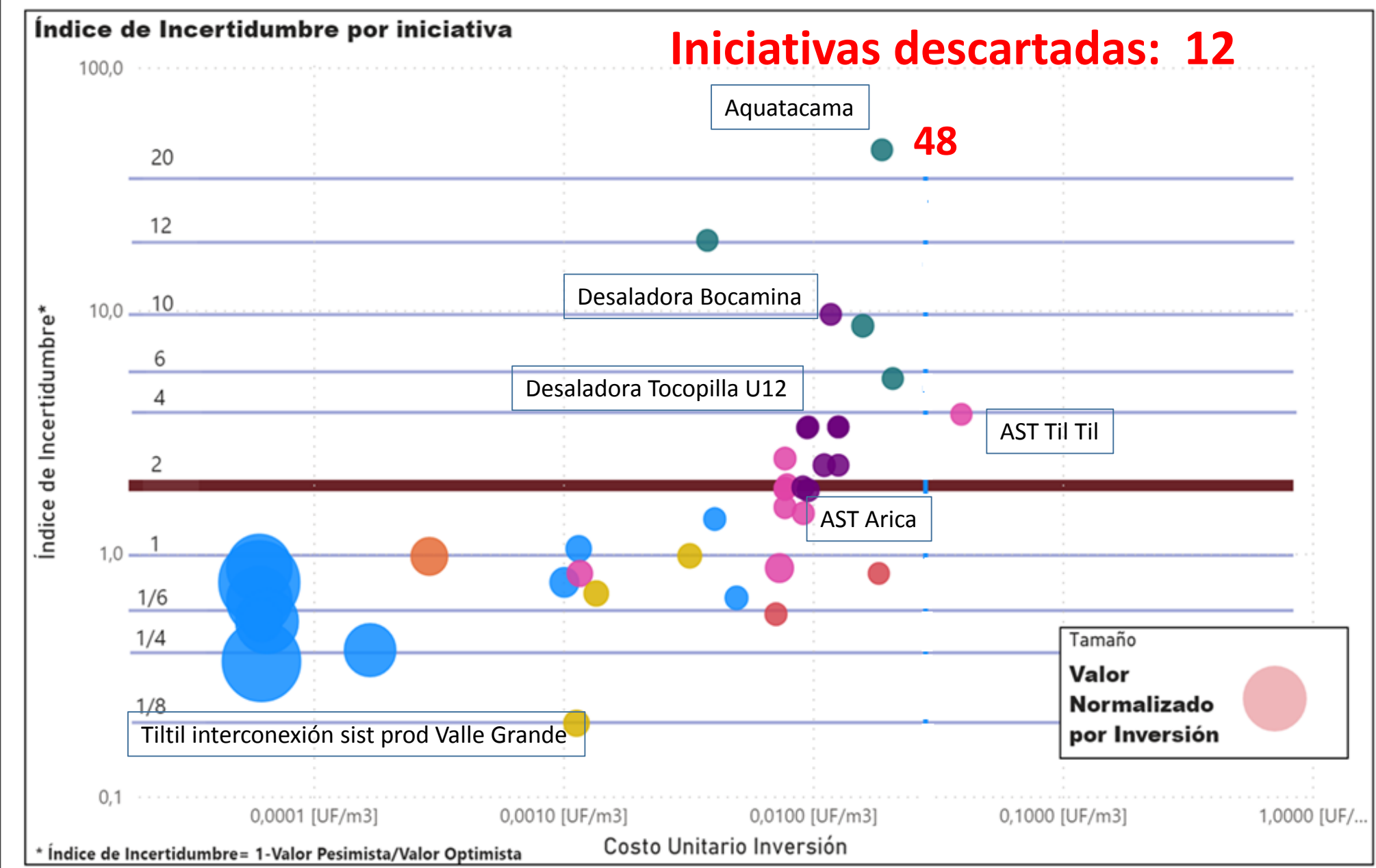
### **5.4 Iniciativas evaluadas: 39**

## 5.5 Ajuste del valor por incerteza



# 5.6 Índice de incertidumbre

$$\frac{\text{Valor corr x incertezas}}{\text{Valor nominal}}$$



Plan de Inversión en Iniciativas Hídricas PIH 2020 – 2050  
 Iniciativas **innovadoras** Región de Valparaíso

Cuenca	Iniciativa innovadora	Índice de incert.
Río Petorca	Aducción río Petorca para 9 sistema de Agua Potable rural de las comunas de Petorca y Cabildo.	0.56
Costeras entre Aconcagua y Maipo	Impulsar reúso de aguas servidas tratadas - Conurbación Viña del Mar-Valparaíso	1.84
Costeras entre Aconcagua y Maipo	Impulsar reúso de aguas servidas tratadas - Ciudad de San Antonio	1.84
Costeras entre Aconcagua y Maipo	Proyecto reúso aguas residuales Esval - AngloAmerican	1.91
Río Aconcagua	Proyecto recarga artificial del acuífero	no evaluable
Vía marina Aquatacama	Proyecto traslado de agua a gran distancia bajo el mar	<b>48</b>
Otras vías hídricas terrestres	Proyecto traslado de agua a gran distancia por el territorio	4-12
Aconcagua	Tubería reversible alimentación Embalse Los Aromos 1.95 m <sup>3</sup> /s	0

## **6. Resultados estudio de modelación hídrica y económica**

## Para la cuenca del Aconcagua:

1. Primera opción: aumentar la explotación en algunos acuíferos que aún tienen disponibilidad: Panquehue, Catemu, Llayllay, Quillota.
2. Eficiencia y unificación de bocatomas. Con la observación de que la tecnificación excesiva afecta los acuíferos de San Felipe, Putaendo, Nogales, Limache y desembocadura.
3. Embalse Catemu de 30 Hm<sup>3</sup>, multiusuario (agricultura, agua potable, turismo regulado)
4. Embalse Catemu de 180 Hm<sup>3</sup> no resulta rentable.
5. Embalse Pocuro Alto de 100 Hm<sup>3</sup> no resulta rentable.
6. Embalse Juncal no tiene suficientes antecedentes como para modelarlo adecuadamente.
7. **Con la construcción de la tubería reversible por parte de ESVAL, la ampliación del embalse Los Aromos pierde sentido, no resulta rentable.**



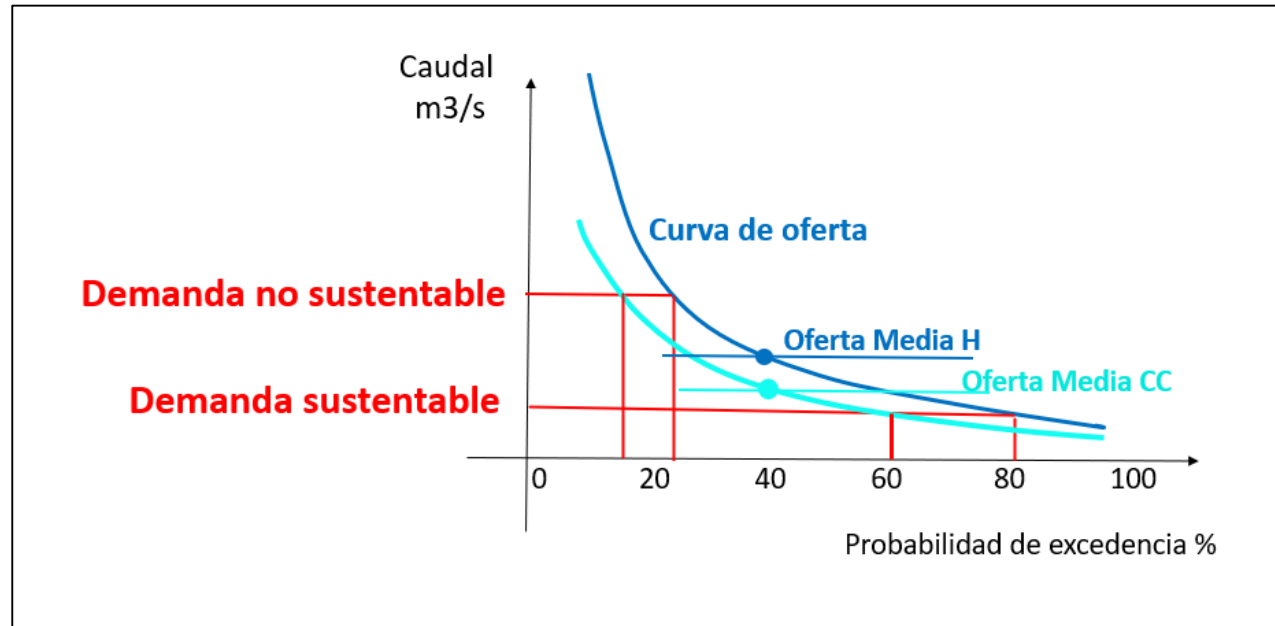
## **6. Ruta lógica para la instalación de una PDAM**

# Preguntas:

## 6.1 ¿Se justifica una PDAM en esta cuenca?

Petorca, La Ligua, sí se justificaría.

- Demanda supera la Oferta Media.
- No hay aguas servidas al mar para reutilizar.



## 6.2 ¿Qué autorizaciones necesitamos para comenzar?

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

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

Criterios de ubicación

- a) Cerca de los usuarios
- b) Alejado de otra planta
- c) Fuera de concesiones marítimas vigentes o solicitadas
- d) Acceso a energía (factibilidad del proveedor)
- e) Terreno sin restricciones ambientales
- f) Terreno sin restricciones municipales
- g) Costa sin restricciones de otro tipo
- h) Más de 20 msnm
- i) Terreno propio

Sitios protegidos SNASPE

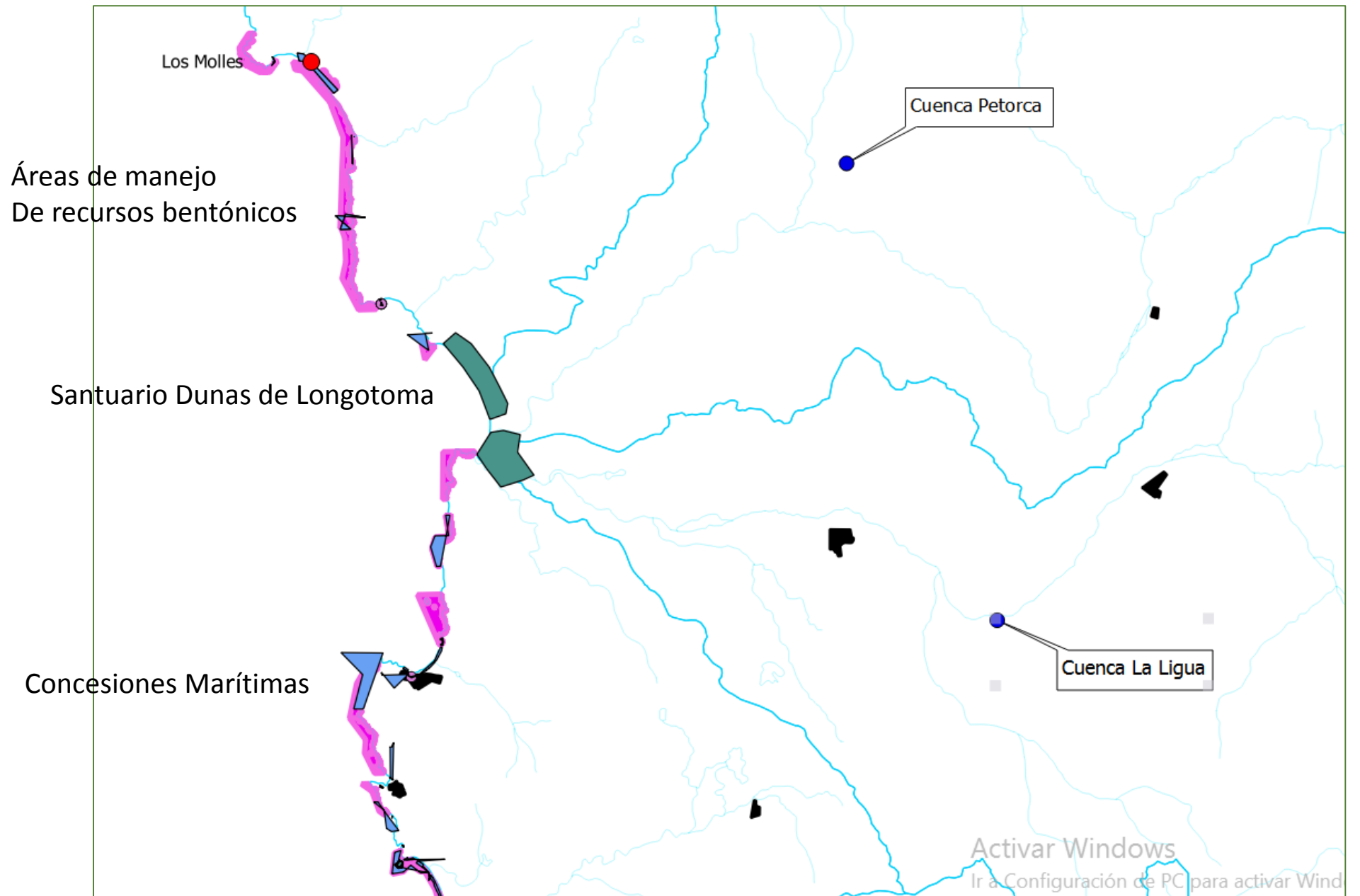
- Parque Nacional
- Reserva Nacional
- Reserva Forestal
- Monumento Natural
- Reserva Región Virgen
- Área Marina Costera Protegida
- Parque Marino
- Reserva Marina
- Santuario de la Naturaleza

PREMVAL, PREMVAL SBCN

SERNAPESCA

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

# En resumen:





## 6.4 ¿Cuánto cuesta el agua de una PDAM?

### Costo total

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

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

## 6.5 ¿Cuánto puede pagar la agricultura por el agua?

Agricultores de Petorca- La Ligua

**Hasta 0,6 - 0,8 US\$/m<sup>3</sup>**

## **7. Conclusiones**

1. Antes de pensar en una PDAM, hay que evaluar la demanda en relación con el **régimen hídrico u oferta** de la cuenca. Posiblemente se encuentren **alternativas más convenientes** como embalses superficiales o reúso de AST.
2. La desalinización **no es solución para las APR**. Dado los muy bajos caudales requeridos, para este uso deben privilegiarse las aguas continentales, por costo y calidad. Se requiere gestión: acuerdo, negociación, compra, expropiación de los litros necesarios.
3. Para la instalación de una PDAM, en general mandan las **restricciones del terreno, concesiones marítimas y restricciones ambientales**. Las características de corrientes y mareas condicionan el diseño de las obras de toma y devolución.
4. Para optimizar el uso de plantas desalinizadoras, se requieren algunas **modificaciones legales funcionales**, especialmente respecto de las servidumbres de paso.
5. Para su uso en agricultura, **se requiere un proyecto complementario, y apoyo para que el proyecto resulte rentable**. Este puede provenir de Ley 1123, Decreto 900, Central Hidráulica de Bombeo, etc.
6. Iniciativas **alternativas innovadoras** deben ser cuidadosamente analizadas. **Mega vías hídricas NO son solución.**

*Muchas gracias por su atención*