

SOLUCIONES INTELIGENTES DE SUMINISTRO HÍDRICO EN ZONAS MINERAS

MSc Giovana Garcia Cuevas

18 de abril del 2024

Contenido

- SMIICEChile
- Contexto global en recursos hídricos
- Contexto local en recursos hídricos
- Contexto minero en recursos hídricos
- Proyecto: Sistemas interconectados

Sustainable Minerals Institute (SMI)

Desarrollando **soluciones basadas en conocimiento** para abordar los **desafíos globales de sostenibilidad** de la industria y la sociedad.

- Capacitando a la nueva generación de líderes de la industria y comunidades
- Investigación, iniciativas globales y consorcios
- Colaboración con la industria y otros socios, creando impacto a través de investigación

Líneas de Investigación



Procesamiento: energía, agua y emisiones

Contribuir con la industria minera para lograr una producción que supla la creciente demanda de metales de manera responsable.



Desempeño social y Gobernanza de Recursos

Influir positivamente en una distribución más justa de riesgos, impactos y beneficios relacionados con las industrias extractivas.



Rehabilitación ambiental y dinámicas ecosistémicas

Desarrollar herramientas y técnicas para la industria y la sociedad que apoyen una mejor comprensión y gestión de los ecosistemas vulnerable.



Seguridad Integral y Salud de las Personas

Lograr una cultura de gestión de seguridad resiliente en la industria minera.

Programas de Investigación



**Relaves y
residuos mineros**



**Cierre sostenible
de minas**



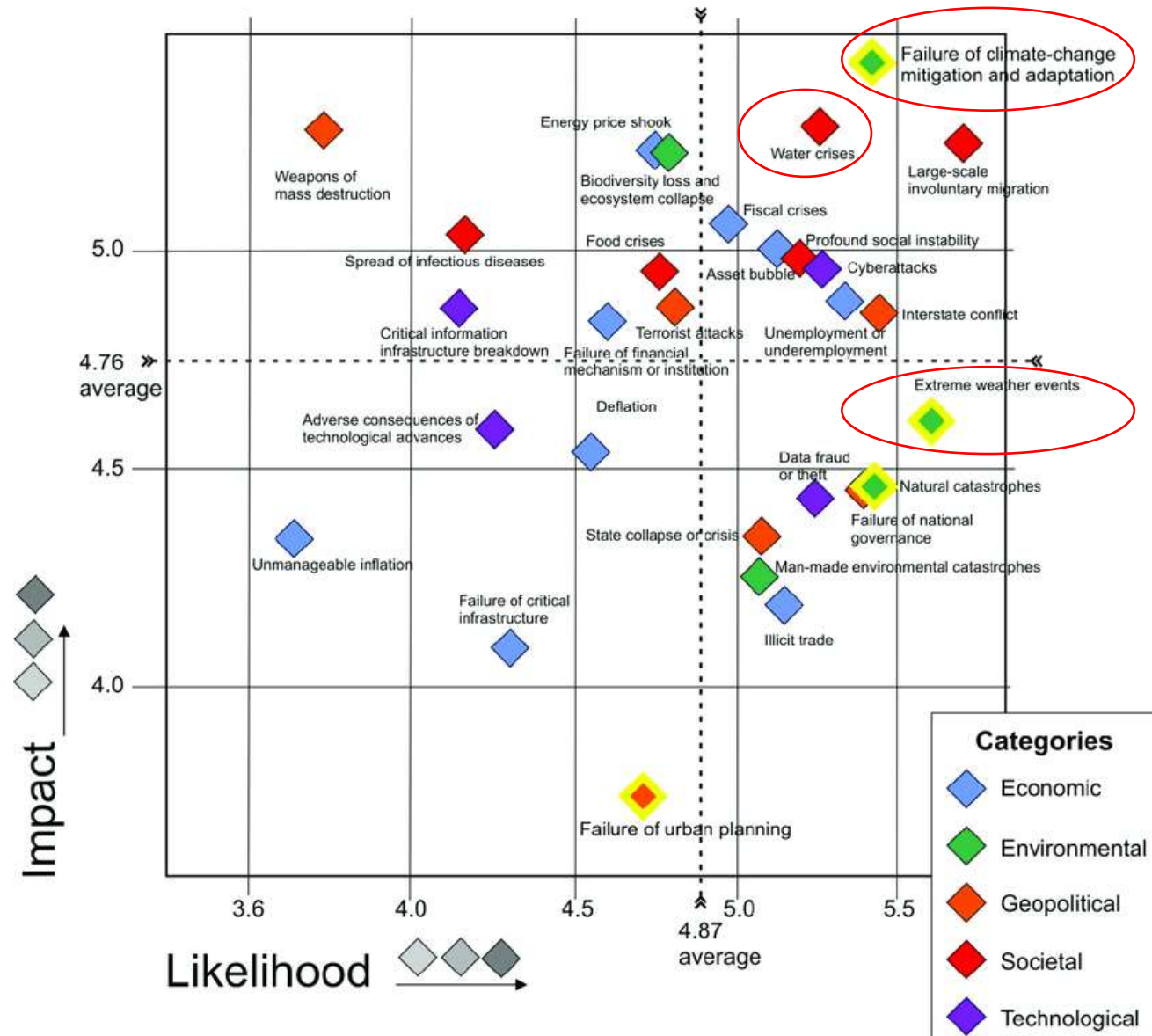
**Manejo de material
particulado**



**Cambio climático:
mitigación y adaptación**



**Minería artesanal y
de pequeña escala**



Top 5 Global Risks in Terms of Likelihood

| | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|---|--------------------------|---------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| 1 | Infrastructure breakdown | Blow up in asset prices | Asset price collapse | Asset price collapse |
| 2 | Chronic disease | Middle East instability | Slowing Chinese economy | China economic slowdown |
| 3 | Oil price shock | Failed and falling states | Chronic disease | Chronic disease |
| 4 | China hard landing | Oil price shock | Global governance gaps | Fiscal crises |
| 5 | Blow up in asset prices | Chronic disease | Retrenchment from globalization | Global governance gaps |

Top 5 Global Risks in Terms of Impact

| | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|---|---------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| 1 | Blow up in asset prices | Blow up in asset prices | Asset price collapse | Asset price collapse |
| 2 | Deglobalization | Deglobalization (developed) | Retrenchment from globalization | Deglobalization (developed) |
| 3 | Interstate and civil wars | China hard landing | Oil and gas price spike | Oil and gas price spike |
| 4 | Pandemics | Oil price shock | Chronic disease | Chronic disease |
| 5 | Pandemics | Pandemics | Fiscal crises | Fiscal crises |

Categories:

| | | |
|----------|---------------|---------------|
| Economic | Environmental | Geopolitical |
| | Societal | Technological |

Source:

Global Risk reports 2013-2020 World Economic Forum



Top 5 Global Risks in Terms of Likelihood

| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---|--------------------------------------|---|---|---|
| 1 | Extreme weather events | Extreme weather events | Extreme weather events | Extreme weather events |
| 2 | Large-scale involuntary migration | Natural disasters | Failure of climate change mitigation and adaptation | Failure of climate change mitigation and adaptation |
| 3 | Major natural disasters | Cyber attacks | Natural disasters | Natural disasters |
| 4 | Large scale terror attacks | Data fraud or theft | Data fraud or theft | Biodiversity loss |
| 5 | Massive incident of data fraud/theft | Failure of climate change mitigation and adaptation | Cyber attacks | Human-made environmental disasters |

Top 5 Global Risks in Terms of Impact

| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Weapons of mass destruction | Weapons of mass destruction | Weapons of mass destruction | Failure of climate change mitigation and adaptation |
| 2 | Extreme weather events | Extreme weather events | Failure of climate change mitigation and adaptation | Weapons of mass destruction |
| 3 | Water crises | Natural disasters | Extreme weather events | Biodiversity loss |
| 4 | Major natural disasters | Failure of climate change mitigation and adaptation | Water crises | Extreme weather events |
| 5 | Failure of climate change mitigation and adaptation | Water crises | Natural disasters | Water crises |

Categories:

| | | |
|----------|---------------|---------------|
| Economic | Environmental | Geopolitical |
| | Societal | Technological |

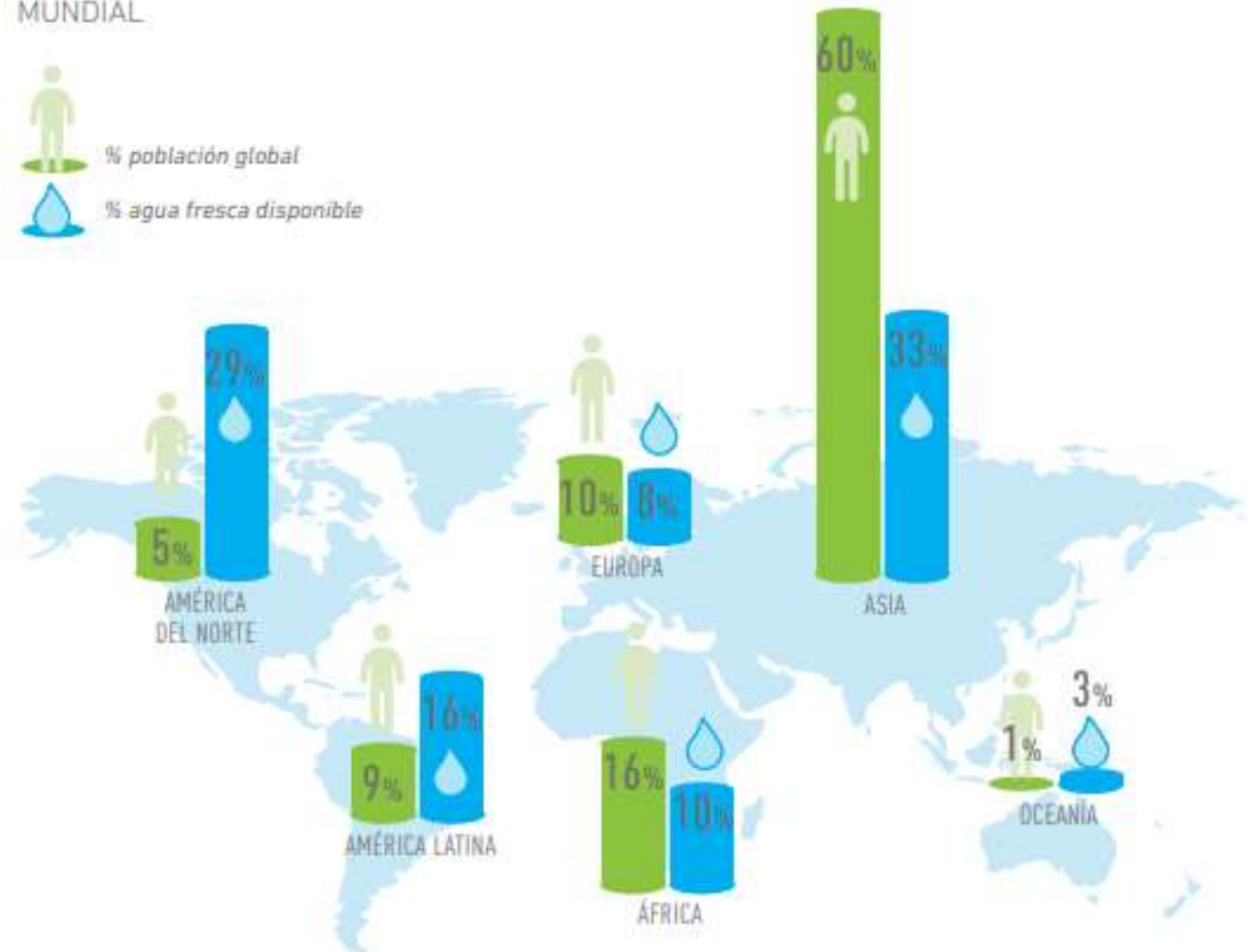
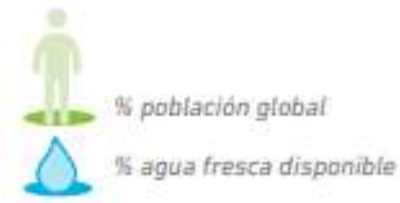
Source:

Global Risk reports 2013-2020 World Economic Forum

Contexto Global

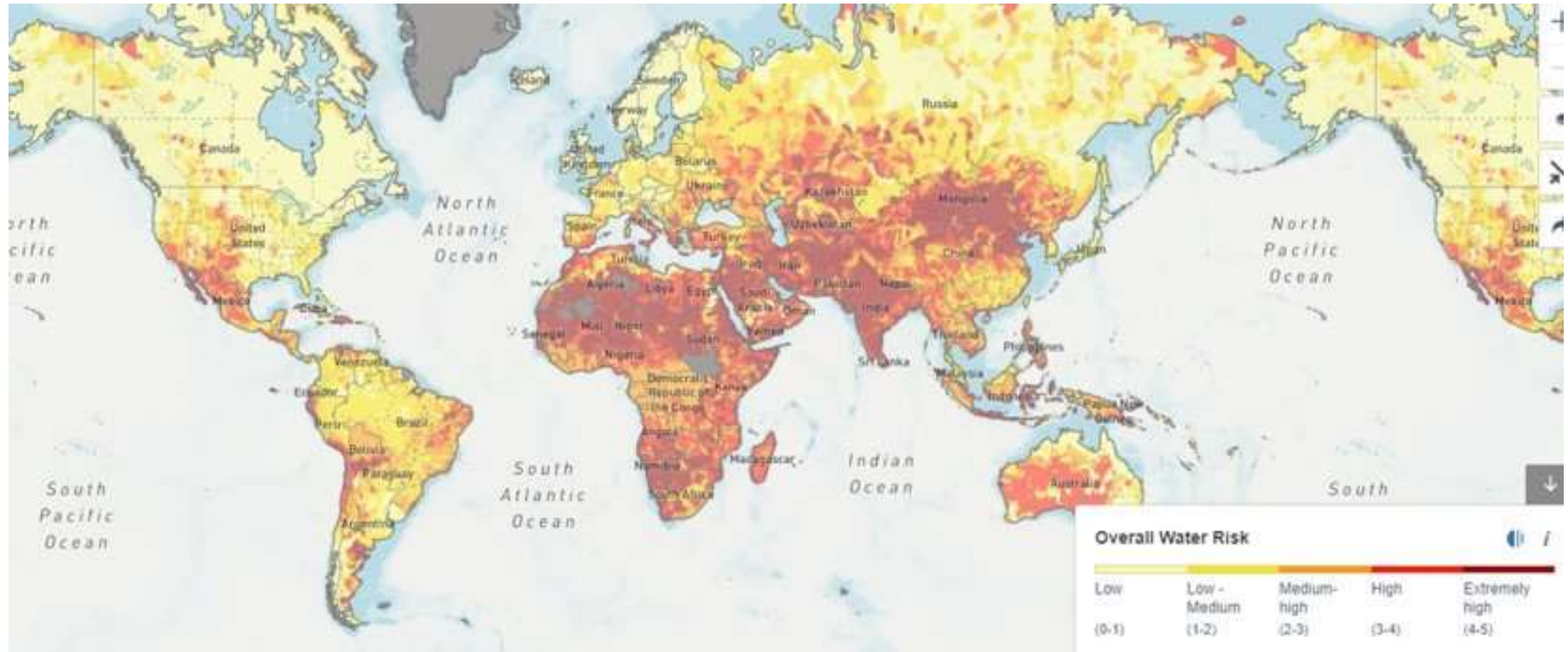
“En todo el mundo, 2.000 millones de personas (el 26% de la población) no disponen de agua potable y 3.600 millones (el 46%) carecen de acceso a un saneamiento gestionado de forma segura” (UNESCO, 2023)

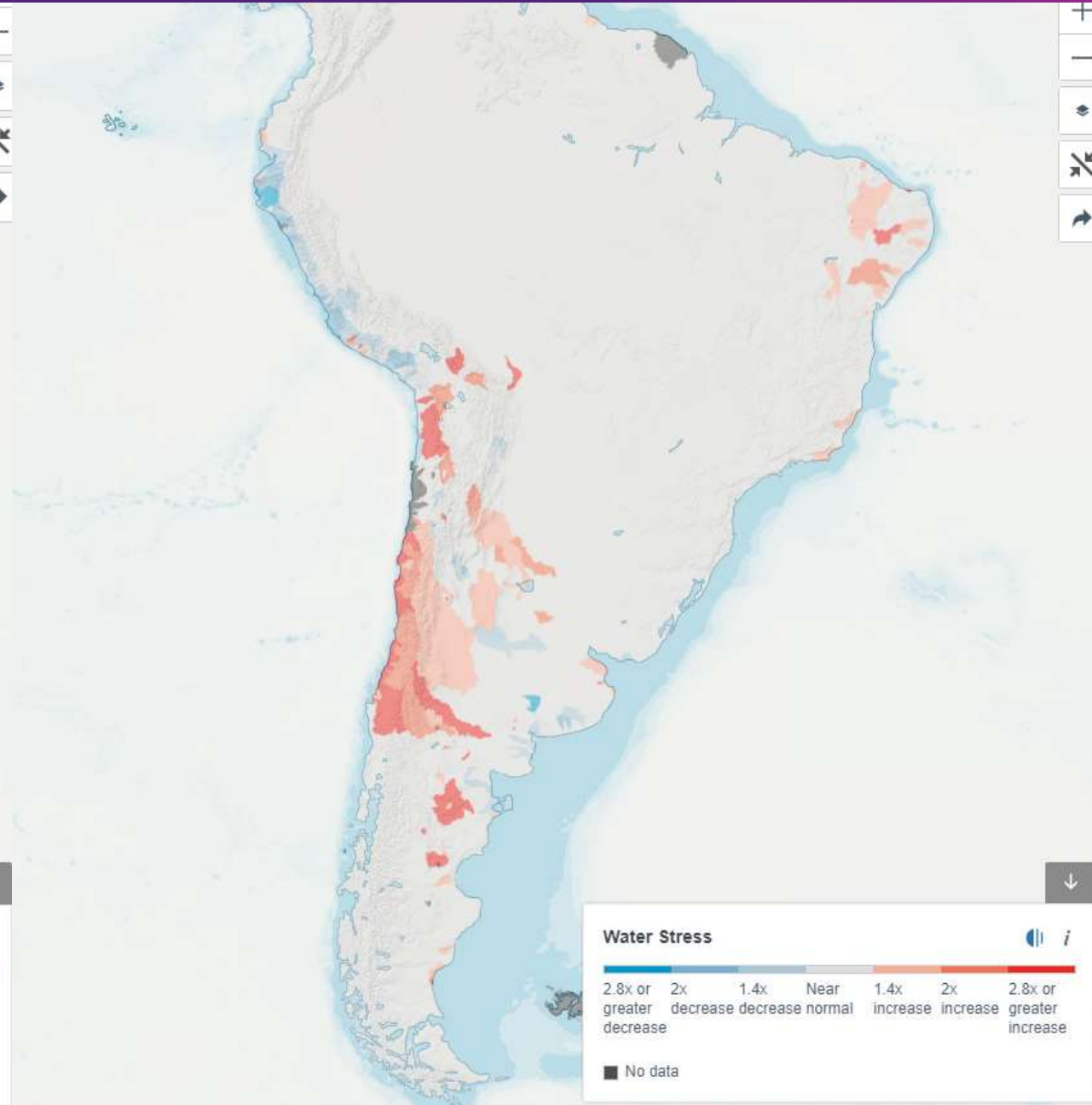
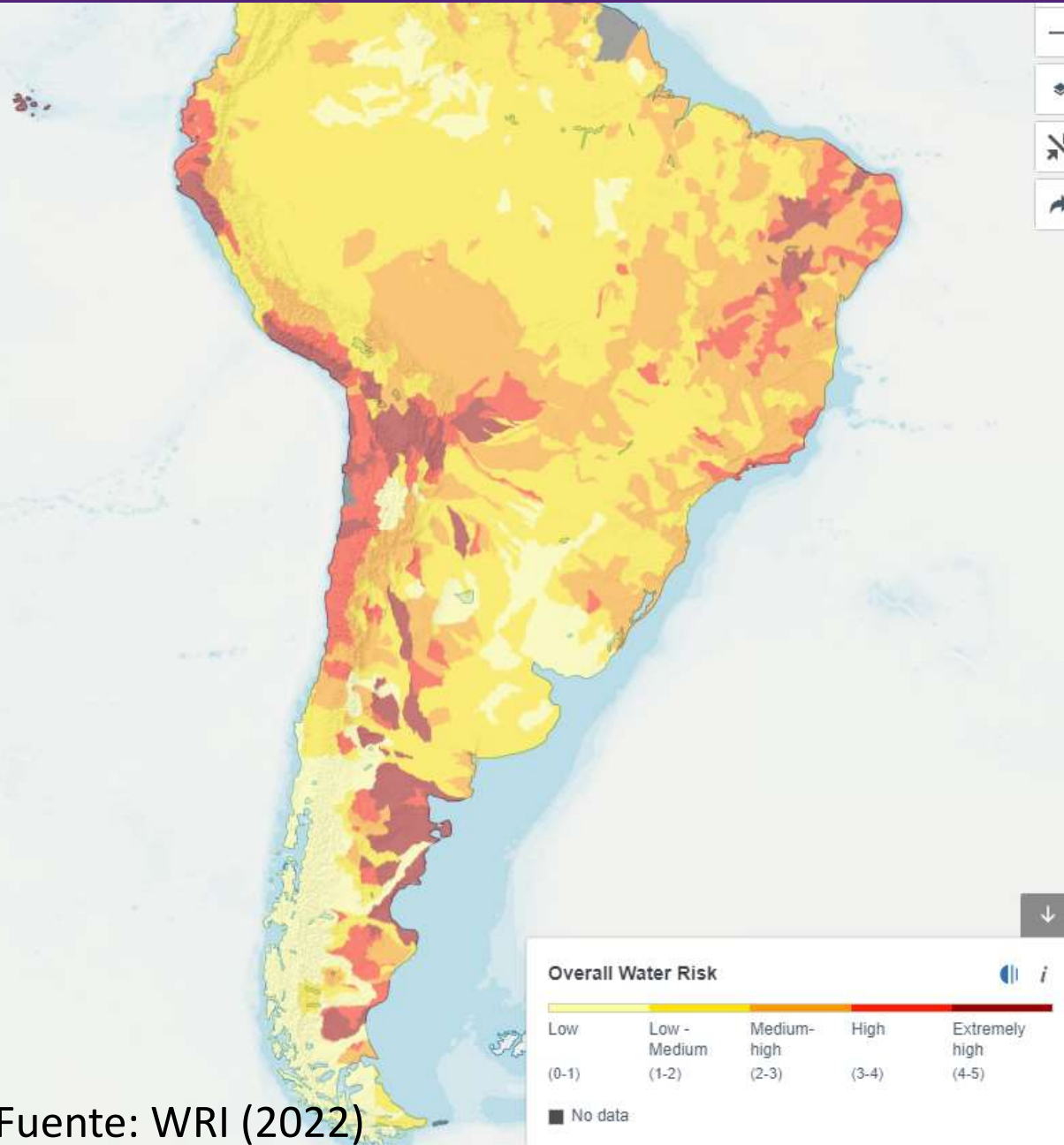
DISTRIBUCIÓN DEL AGUA Y POBLACIÓN A NIVEL MUNDIAL



Fuente: Citi Research (Tarras, 2017).

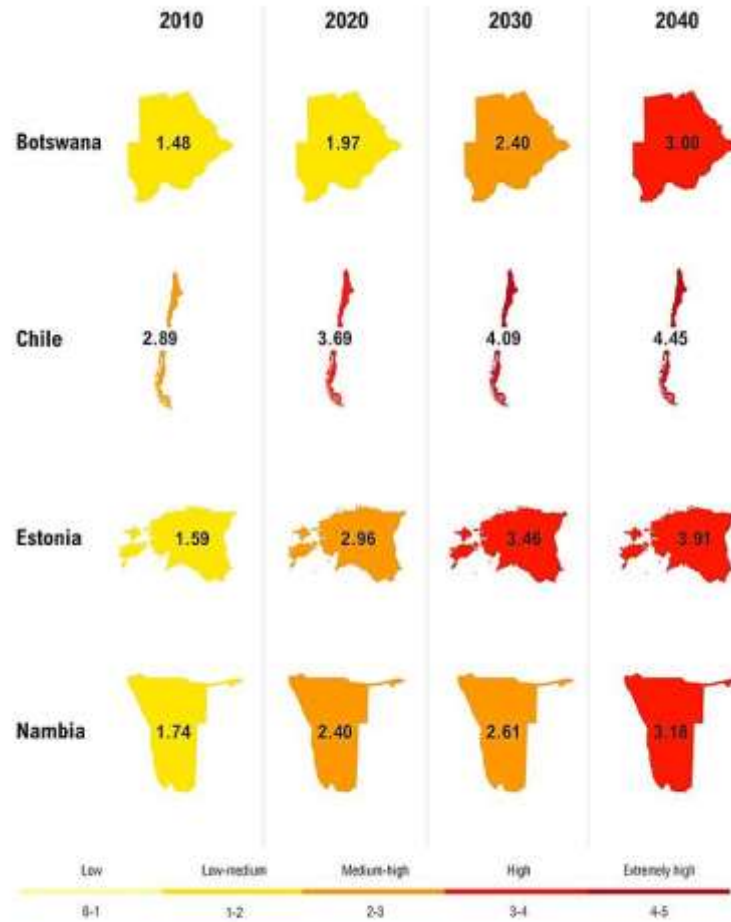
Contexto Global





Fuente: WRI (2022)

Water Stress from 2010 to 2040



NOTE: Baseline water stress measures competition for surface water, calculated as the ratio of local water withdrawals over renewable supply. Projections are based on a business-as-usual scenario using SSP2 and RCP3.5.

Read more: [wri.org/our-work/our-reports](https://www.wri.org/our-work/our-reports)

WORLD RESOURCES INSTITUTE

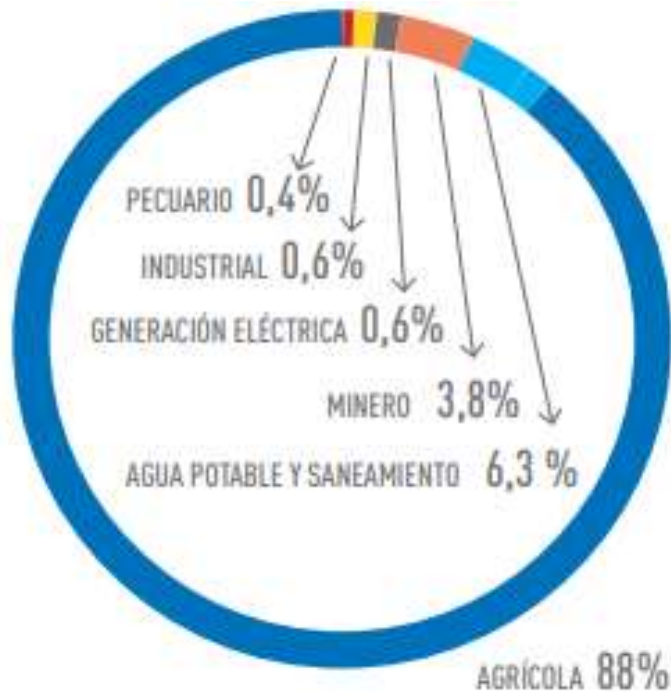
Contexto local

¿Qué % del total de agua continental utilizada en el país, corresponde al **sector minero**?

¿Qué % del total de agua continental utilizada en el país, corresponde al **sector agrícola**?



Contexto local



Fuente: radiografía del agua, 2019

IDENTIFICACIÓN DE LAS CAUSAS A LOS PROBLEMAS DE BRECHA Y RIESGO HÍDRICO EN LAS CUENCAS



- Falta de:**
- Información.
 - Coordinación/ institucionalidad.
 - Fiscalización.
 - Marco normativo adecuado para GIRH.



- Baja de precipitaciones.
- Retroceso glaciares.
- Sobreexplotación de acuíferos.



- Aumento actividad productiva.
- Sobre otorgamiento DAA.



- Degradación de ecosistemas hídricos.
- Falta de medidas de conservación.
- Cambio uso de suelo.



- Uso de productos agroquímicos.
- Pasivos mineros.
- Falta de saneamiento rural.
- Concentración de contaminantes.



- Incremento de eventos extremos.
- Asentamiento en zonas de aluviones e inundaciones.



- Aumento costo de energía, obras eléctricas.

Fuente: "Transición hídrica: el futuro del agua en Chile"

Contexto minero



Fuente: SONAMI, 2021.



Desafíos de la industria

- Bajar su consumo de agua (costo, impactos ambientales, conflictos, confiabilidad)
- Mejorar su gestión (flujos, cantidad, calidad, suficiente para todos) a nivel cuenca en conjunto con otros actores
- Buscar fuentes de agua lo más sostenibles posible



El Proyecto: Sistemas interconectados





Planta desaladora Coloso
Minera Escondida - Chile

DESALINATION PLANTS IN PROJECT STAGE

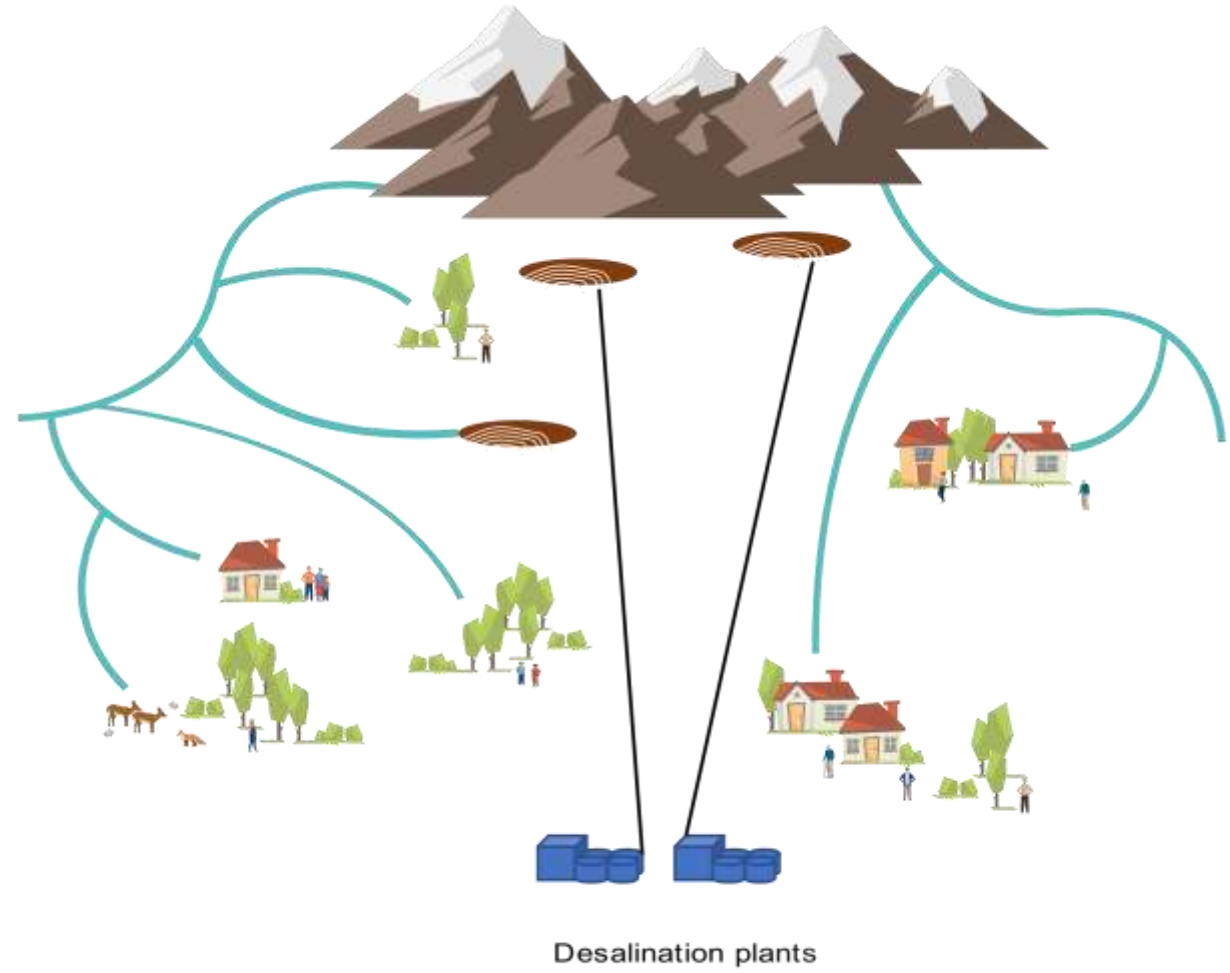
1. Arica
2. Piscoque
3. Quebrada Blanca
4. Tocopilla
5. Radomiro Tomic
6. Minera Spence Growth
7. Distrito Minero Centinela
8. Sur Antofagasta
9. Tocopilla
10. Sistema de Impulsión de agua de mar y planta desalinizadora Santo Domingo
11. Ampliación Hanto Verde
12. Atacama
13. Ampliación Candelaria
14. Bahía Caldera
15. ECOMISA
16. Enapeo
17. Guacolda
18. La Higuera
19. Planta desalinizadora Región de Coquimbo
20. Minera Los Pelambres
21. Ampliación módulos desalación ventanas
22. Planta desalinizadora proyecto Aconcagua

DESALINATION PLANTS OPERATING FOR THE MINING AND INDUSTRIAL SECTOR

1. Mantos de la Luna
2. Minera Antucoya
3. Minera Sierra Gorda
4. Distrito Centinela
5. Mina Algorite
6. Moly Cop
7. Planta Michilla
8. Planta desalinizadora central termoelectrica Angamos
9. Puerto Coloso, minera escondida
10. Escondido Water Supply
11. J.A. Moreno
12. Las Centzas
13. Manto Verde
14. Cerro Negro Norte
15. Minera Candelaria
16. Desalación Ventares

DESALINATION PLANTS OPERATING FOR POTABLE WATER

1. Sistema APR Chanavaytta
2. Planta Caleta Hornos
3. Planta desalinizadora Norte
4. Sistema APR Paposo
5. Planta Taltal
6. Comité APR Chungungo
7. Planta La Ligua
8. Comité APR Islas Huichas

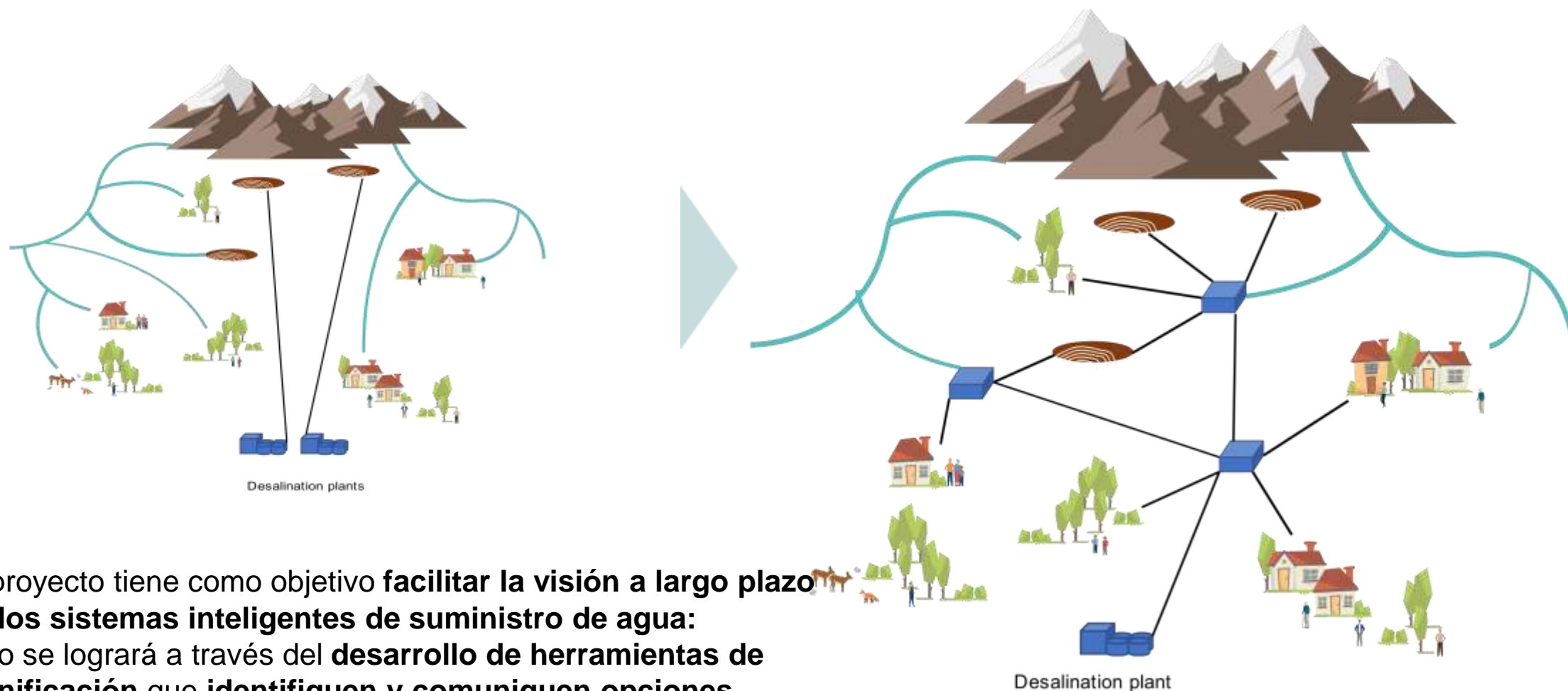


Desalination plants

Figure 8: Desalination plants in operation and at project stage in Chile. Data Source: Emul (2020)

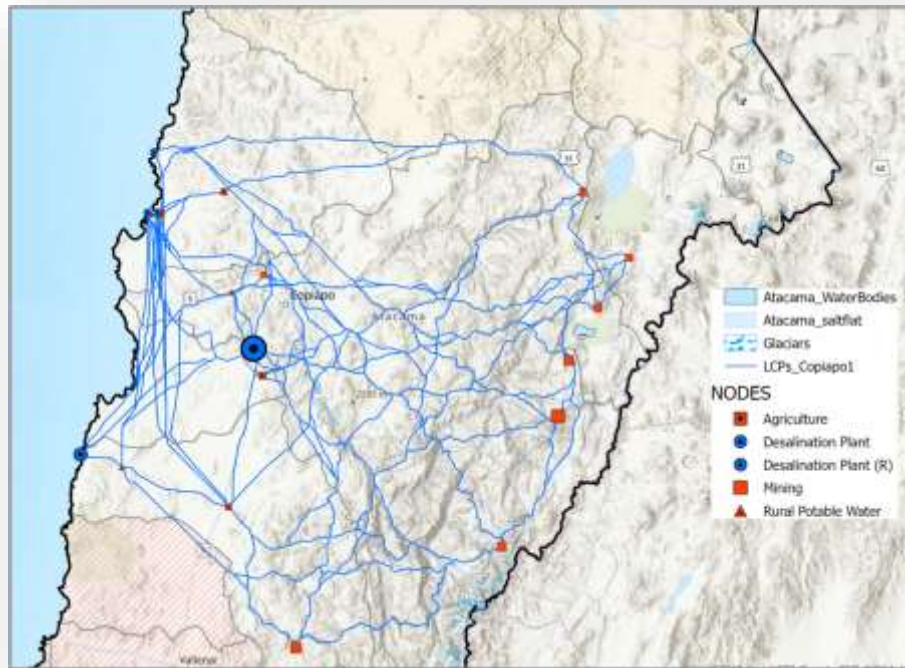
M.C.Inversiones Limitada

una subsidiaria de Mitsubishi Corporation



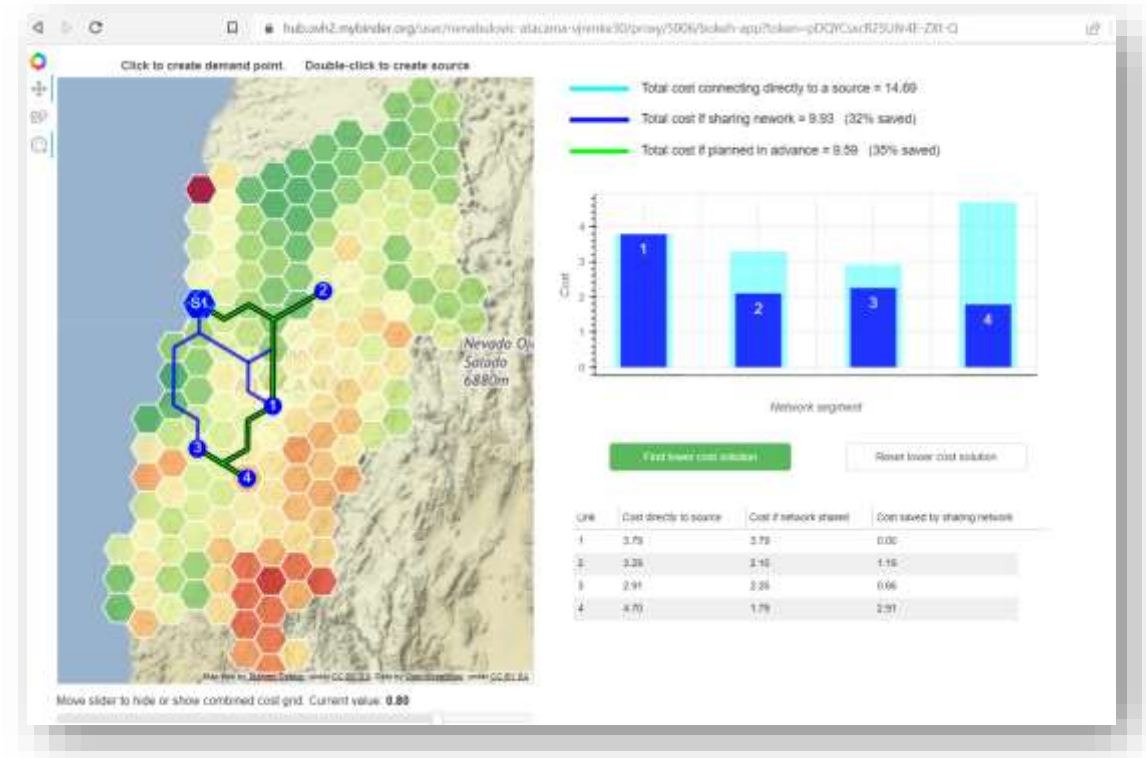
El proyecto tiene como objetivo **facilitar la visión a largo plazo de los sistemas inteligentes de suministro de agua:** Esto se logrará a través del **desarrollo de herramientas de planificación que identifiquen y comuniquen opciones inteligentes** de infraestructura y gestión de suministro de agua.

LAS HERRAMIENTAS



HERRAMIENTA DE PLANIFICACIÓN

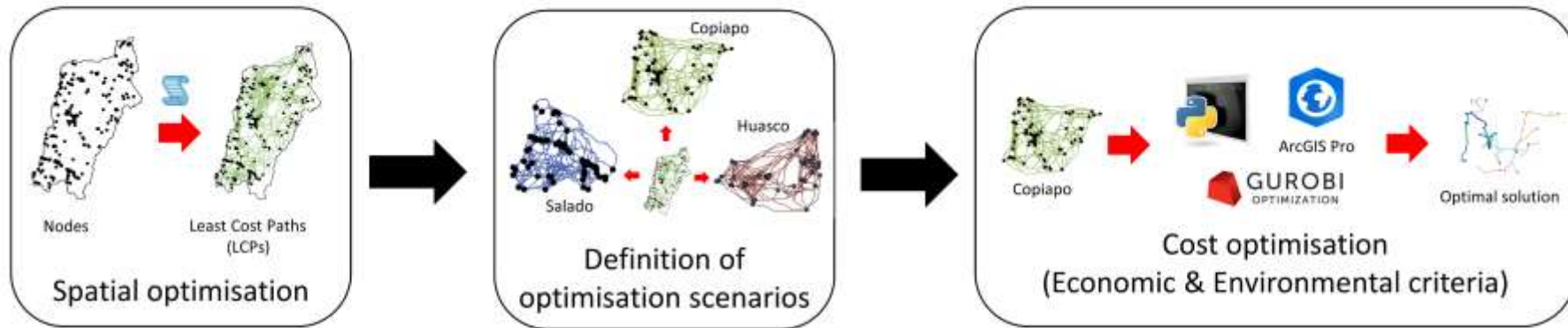
Facilitar el diálogo entre todas las partes interesadas y contribuir a una planificación de infraestructura hídrica más informada, justa, consentida, a largo plazo y sostenible que contribuya al desarrollo regional.



HERRAMIENTA SIMPLIFICADA

Demostrar y educar acerca de la planificación regional de infraestructura hídrica.

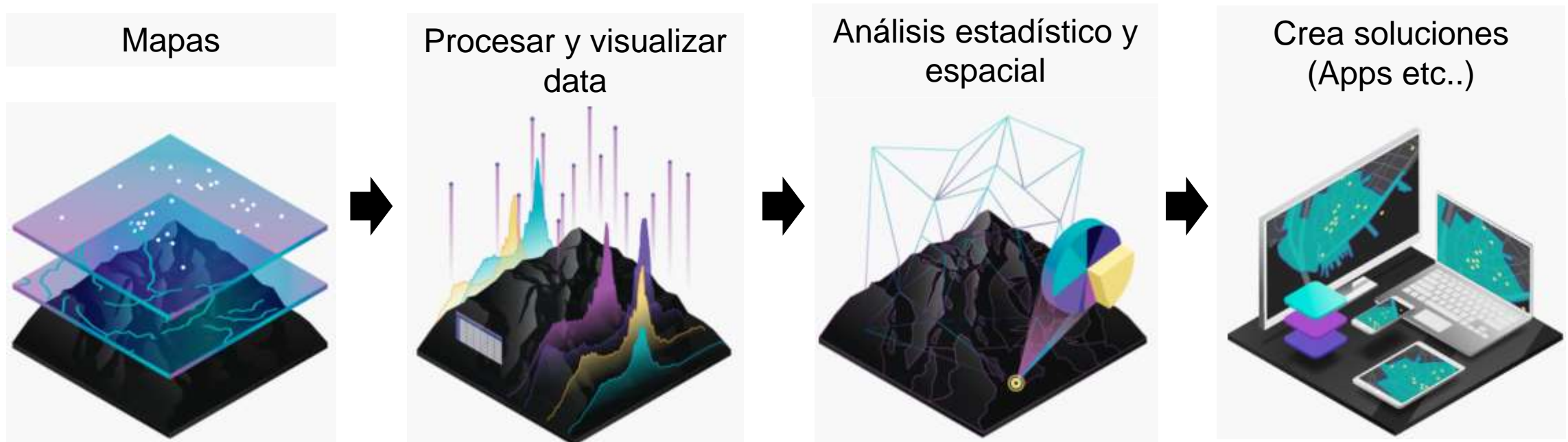
IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA



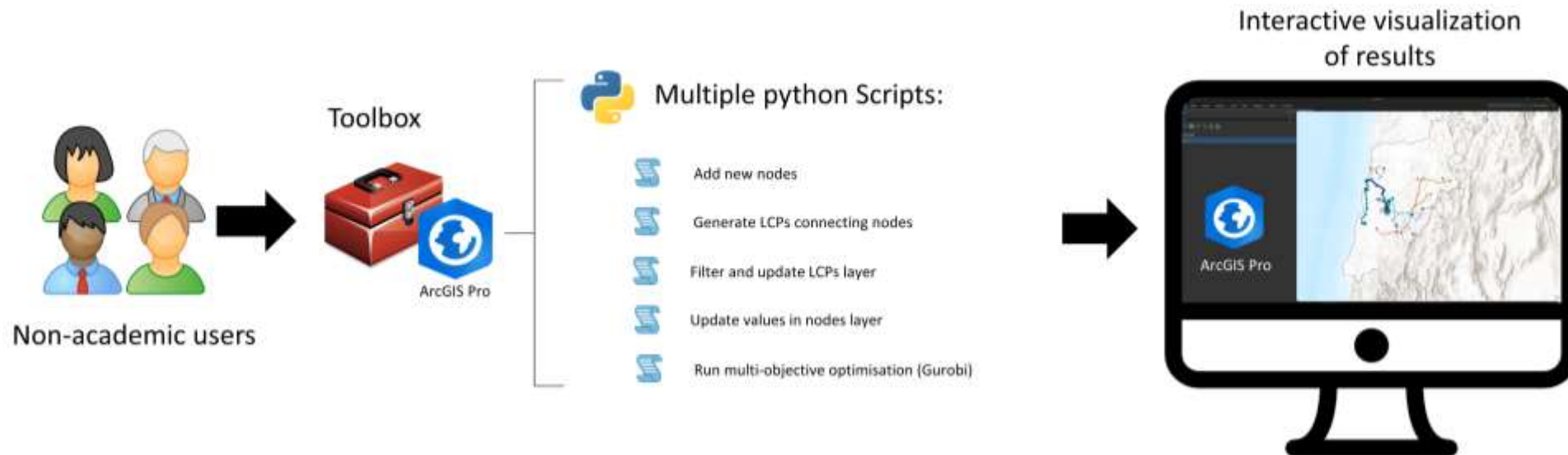
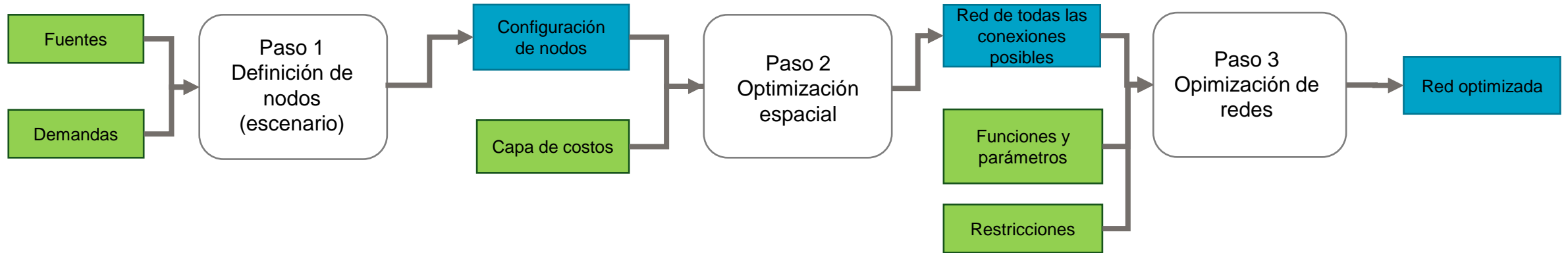
HERRAMIENTA DE PLANIFICACIÓN - ArcGIS

Que es SIG (GIS)

Un sistema de información geográfica (SIG) es un marco para recopilar, administrar y analizar datos. Arraigado en la ciencia de la geografía, SIG integra muchos tipos de datos. Analiza la ubicación espacial y organiza capas de información en visualizaciones usando mapas y escenas 3D. Con esta capacidad única, SIG revela información más profunda sobre los datos, como patrones, relaciones y situaciones, lo que ayuda a los usuarios a tomar decisiones más inteligentes



HERRAMIENTA DE PLANIFICACIÓN



DESARROLLO Y APLICACIÓN: REGIÓN DE ATACAMA

- Área naturalmente árida, afectada por la sequía
- Minería, agricultura y comunidades compiten por los escasos recursos hídricos
- Fuentes de agua continentales están sobre explotadas
- La industria minera ha invertido en desalación de agua de mar, pero lo ha hecho individualmente
- Hay mucho interés en nuevas fuentes de agua, plantas desalinizadoras
- La topografía de la región presenta desafíos para el transporte de agua

La región tiene mucho potencial para crecimiento socio-económico pero la escasez de recursos hídricos puede ser una barrera importante que necesita una solución

ETAPA 1: BASE DE DATOS - NODOS

Agua Superficial

- Subcuenca
- Modelo VIC, 5th percentil descarga anual
- A 80% área drenaje
- 36 nodos

Agua subterránea

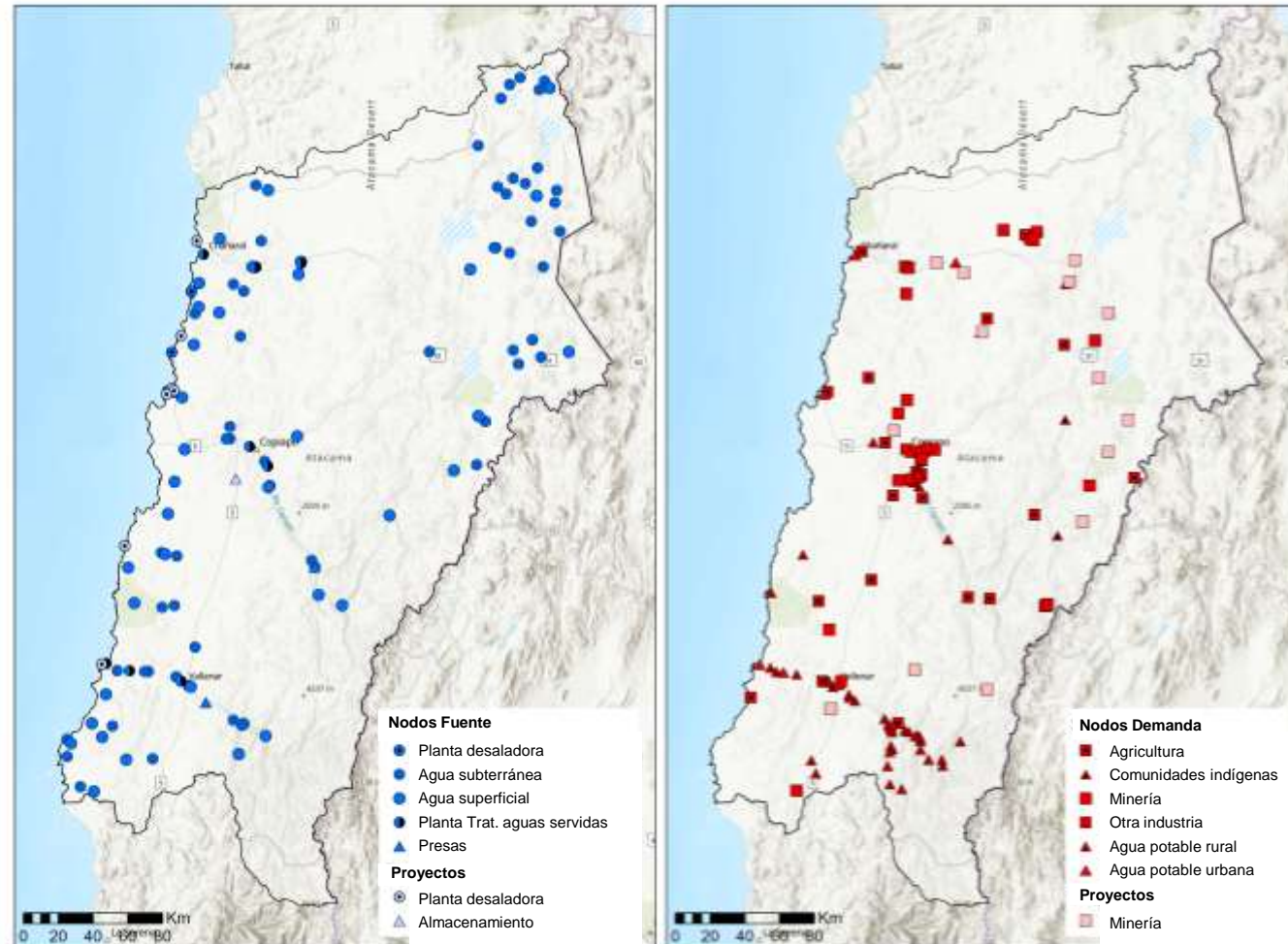
- Sector acuífero
- % uso recarga estimada DGA
- Densidad de pozos
- 58 nodos

Plantas desaladoras

- Ubicación plantas
- DGA y EIAs
- 11 nodos (3 activas, 8 proyectos)

Planta de tratamiento de aguas servidas

- Ubicación plantas
- SISS
- 9 nodos



Agricultura

- Sectores de riego
- Estimación DGA
- Densidad de área irrigada
- 19 nodos

Comunidades indígenas

- Centroide de área indígena
- Estimada (censos)
- 3 nodos

Minería

- Ubicación planta procesos
- Estimación (DGA, reportes mineros)
- 46 nodos (32 activas, 14 proyectos)

Otra industria

- Ubicación planta
- Estimación (Reportes)
- 2 nodos

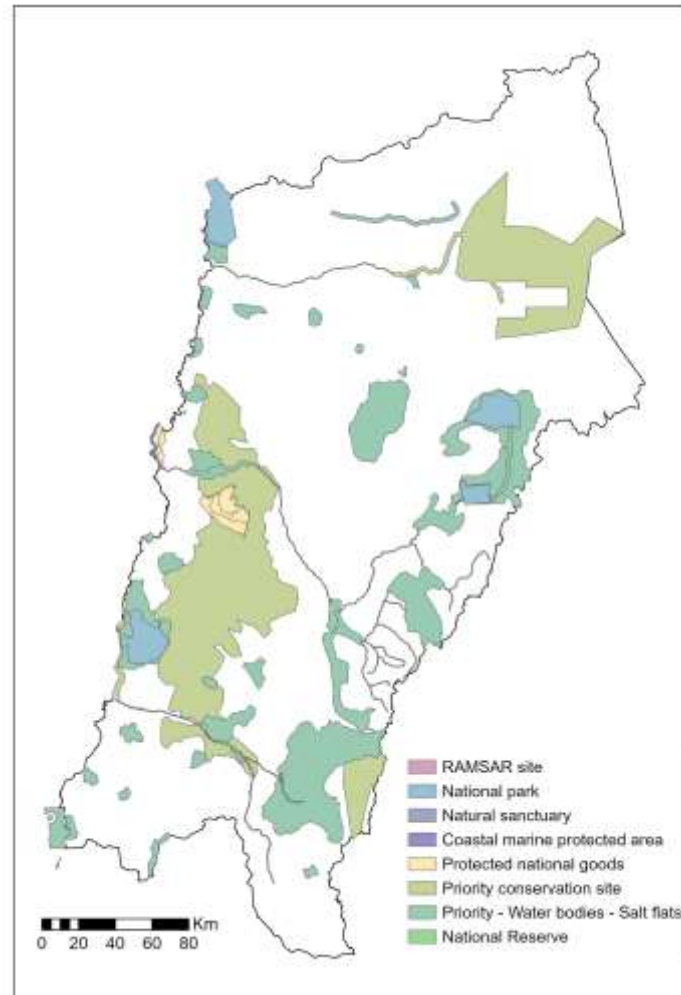
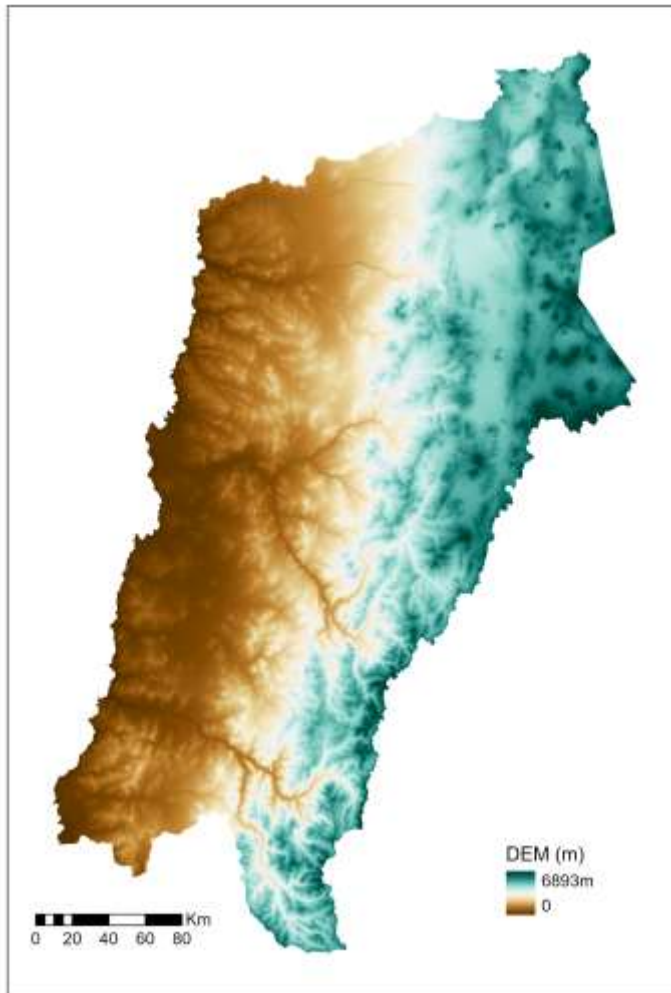
Agua potable rural

- Comunidades
- Estimación (censo)
- 36 nodos

Agua potable urbana

- Centroide ciudades
- Estimación (censo)
- 10 nodos

ETAPA 1: BASE DE DATOS – COSTOS & RESTRICCIONES



Costos

- Topografía
- Sitios protegidos

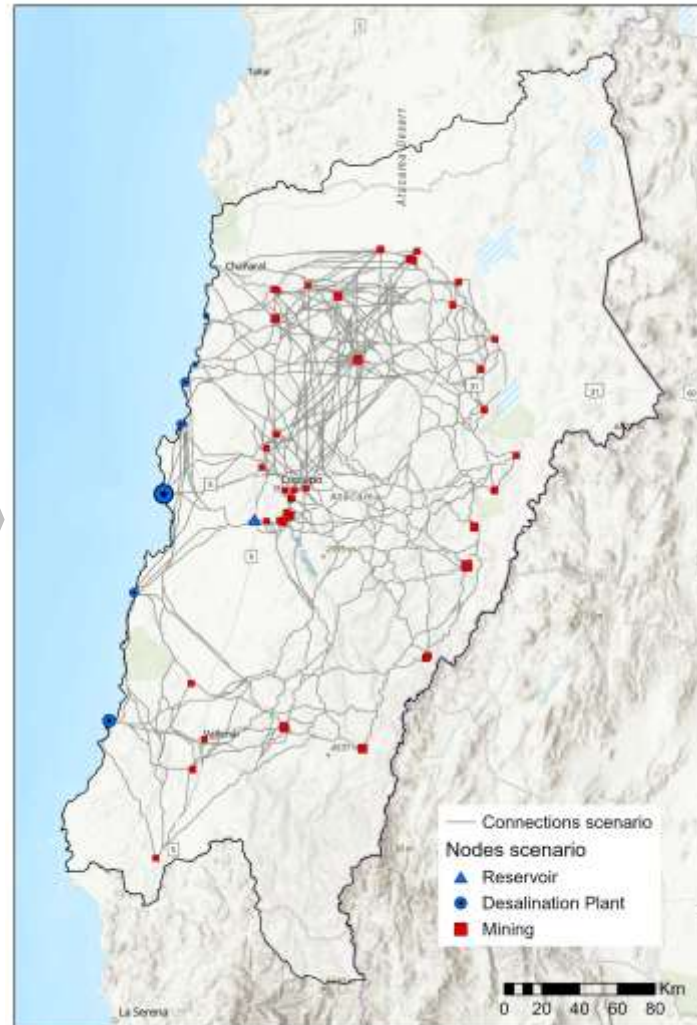
Restricciones:

- Disponibilidad de agua
- Demanda de agua

ETAPA 2: HERRAMIENTA DE PLANIFICACIÓN - RESULTADOS



Algoritmos de optimización especial (SIG)



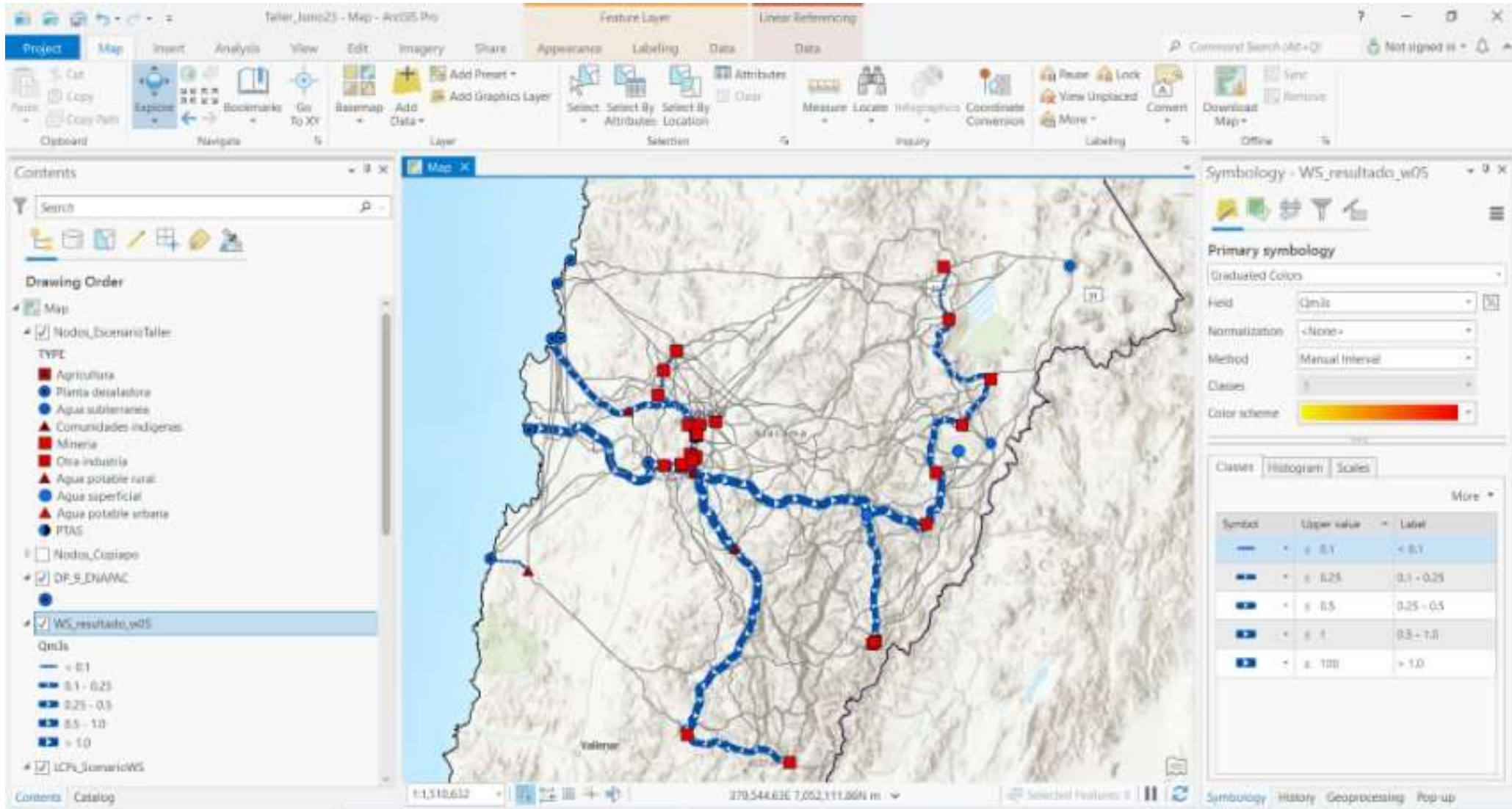
Restricciones
Disponibilidad y demanda de agua

Optimización de redes

Función de costo

$$\min \sum (w Ec.cost + (1-w) Env.cost)$$

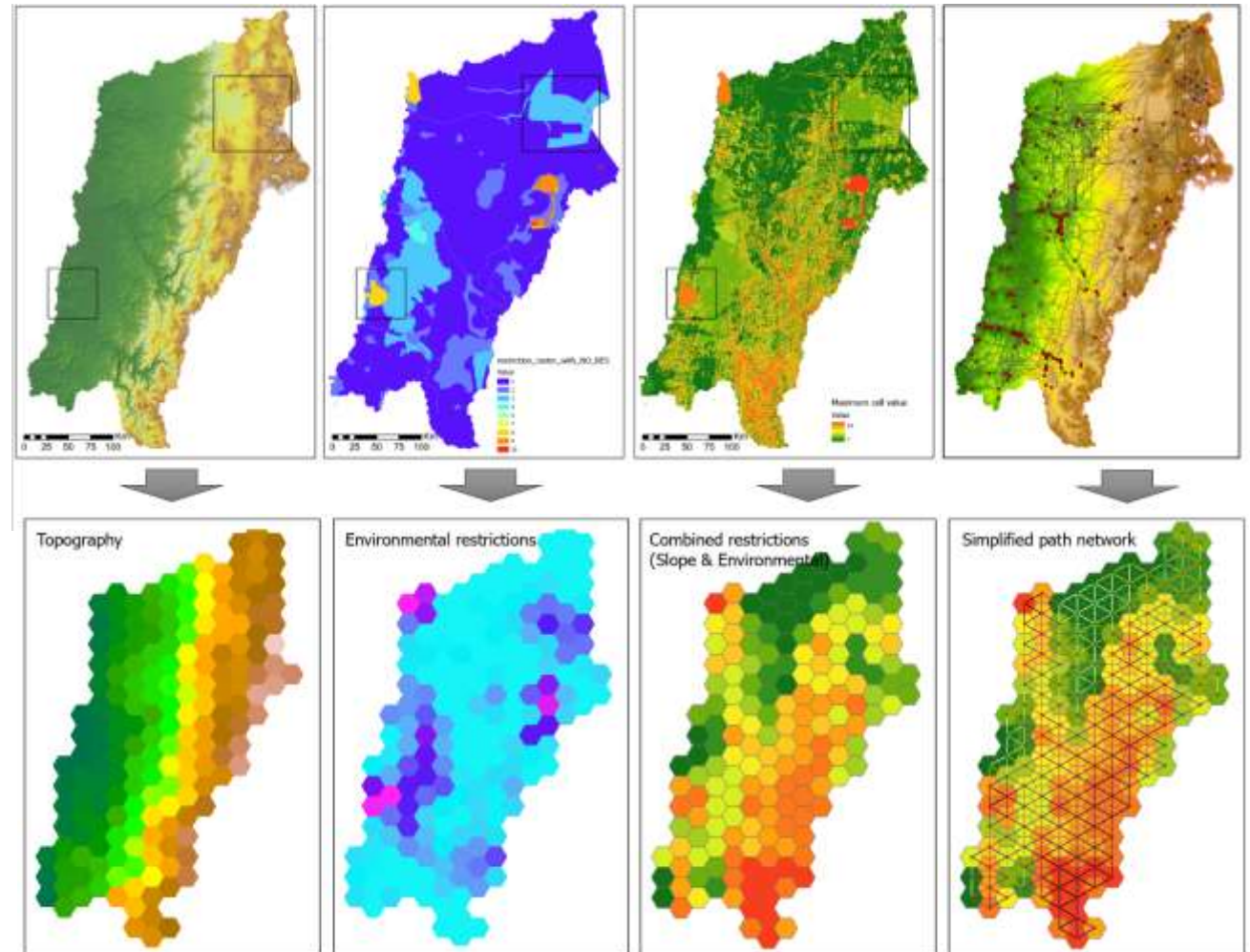




HERRAMIENTA SIMPLIFICADA

CARACTERÍSTICAS

- Demostrar el concepto – colaboración y planeamiento es mejor
- Herramienta interactiva
- Interfaz de usuario de respuesta rápida
- Base de datos precargada
- Versión reducida (1,4 GB a 30 KB)
- Entorno de programación Python



HERRAMIENTA SIMPLIFICADA



RELACIONAMIENTO PROFUNDO CON LOS ACTORES LOCALES





RED DE SOCIOS

AGRICULTURA



PÚBLICO



MINERÍA



EDUCACIÓN

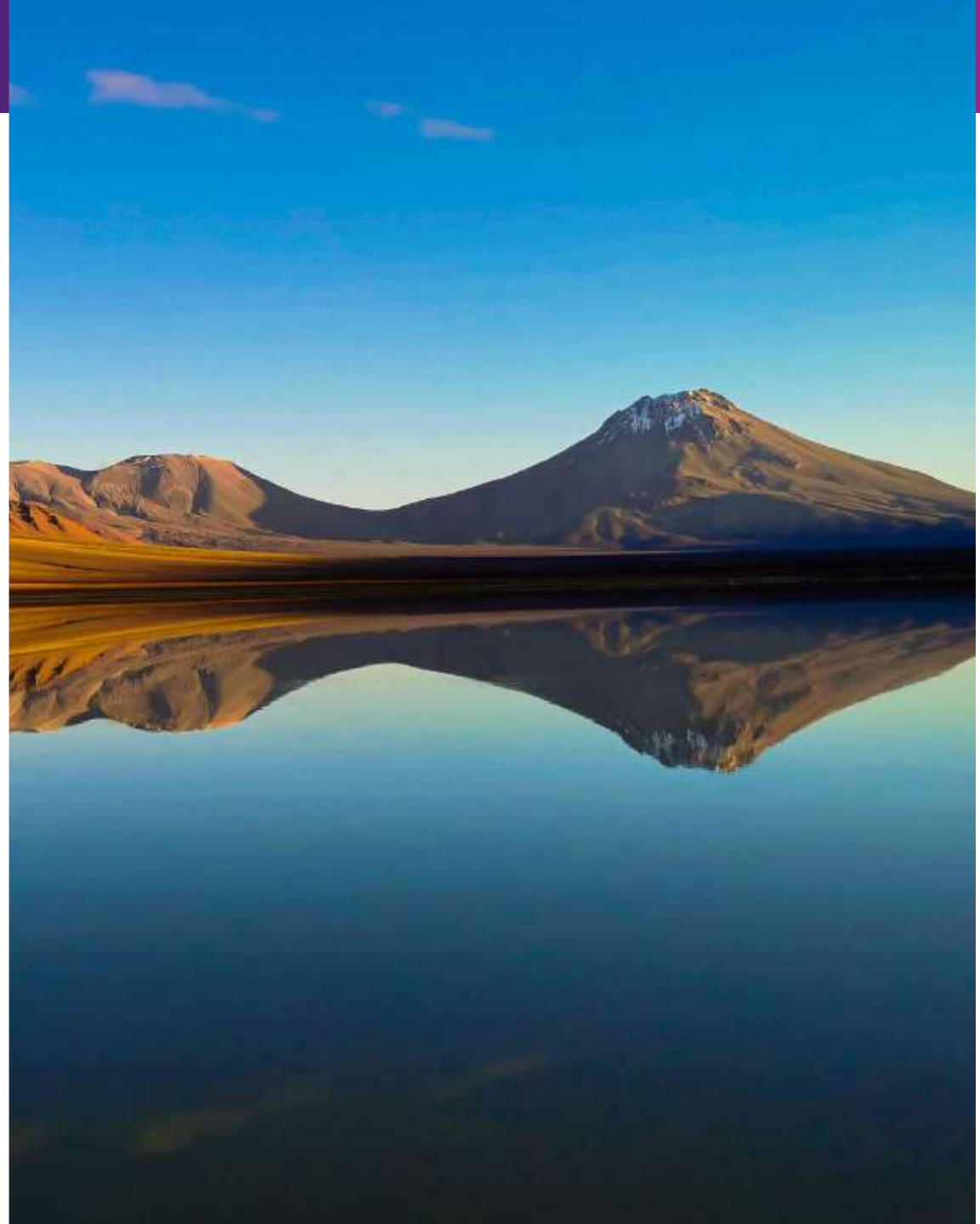


A landscape photograph featuring a large, dark mountain with a snow-capped peak. A white dashed line with circular markers traces a path from the foreground across a flat plain towards the mountain. The sky is a soft, warm yellow, and the foreground is a dark, reflective surface. The text "DESAFÍOS DEL CONCEPTO" is centered in white.

DESAFÍOS DEL CONCEPTO

Gobernanza y colaboración

- Una falta de visión a nivel nacional, regional y de cuenca
- Ausencia del Estado en liderazgo y coordinación
- Desconexión entre planes a nivel nacional y regional
- Falta de alineamiento de todos los sectores en torno una visión común – agua es un tópico muy sensible
- Falta una agencia o grupo tomando liderazgo del concepto
- Falta de información confiable
- Poca cooperación entre naciones para coordinar y aprender





Políticas públicas y legislación

Falta políticas para:

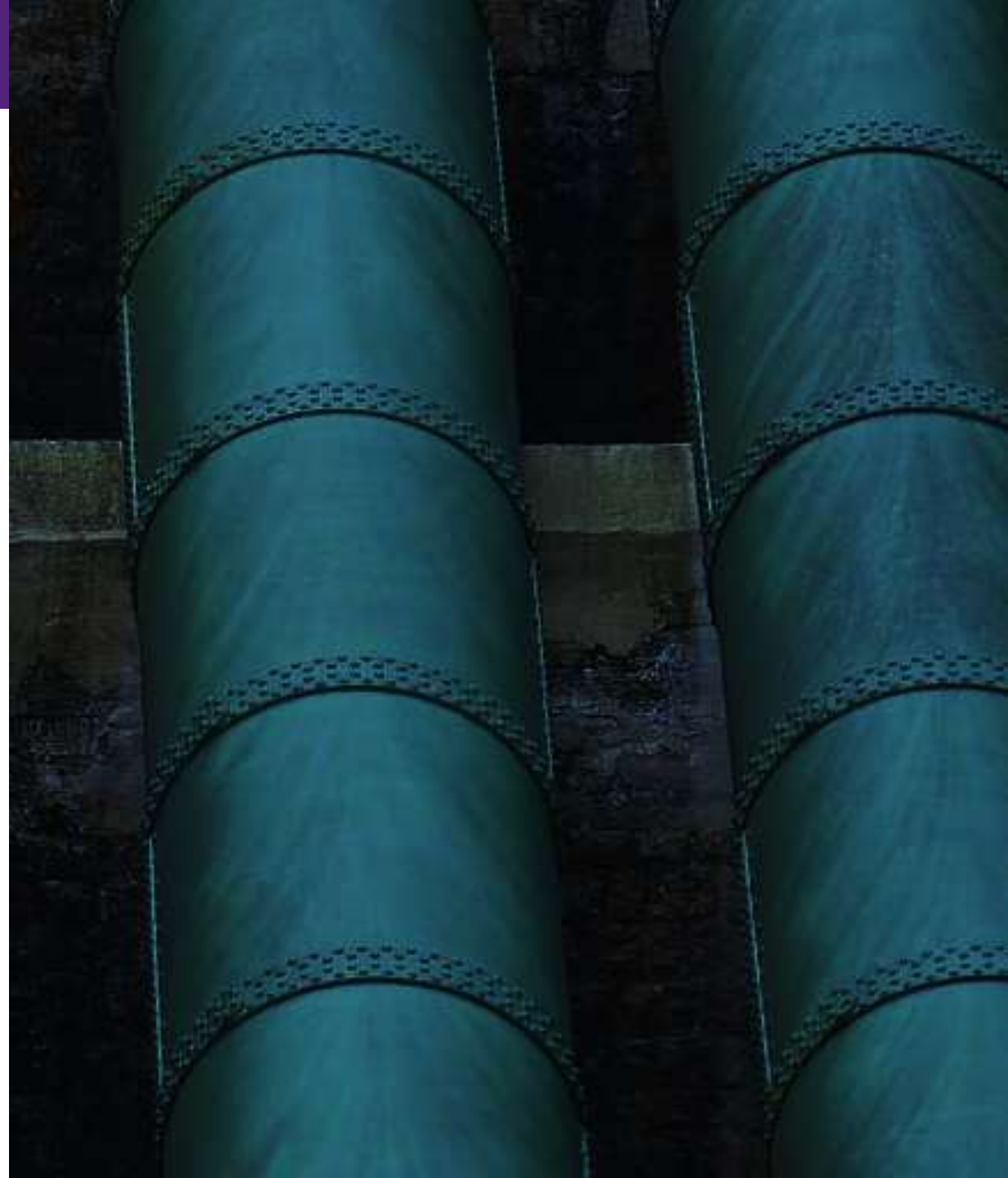
- Incentivar infraestructura hídrica compartida
- Planificación para territorios costeros
- Facilitar intercambios de agua
- Empoderar una agencia nacional para facilitar el concepto
- Promover eficiencia en el consumo de agua

Falta de regulación sobre:

- Propiedad de agua de mar desalinizada
- Áreas vulnerables de la costa
- Intercambios de agua
- Gestión integrada a nivel cuenca
- Tarifas de agua en sistemas integrados

Financiamiento

- El costo de capital es muy alto y hay un riesgo financiero para la inversión
- Tener incentivos financieros para desarrollar sistemas integrados
- Acceso a financiamiento para desarrollar proyectos
- Tener alianzas públicas-privadas
- Organismos financieros a nivel cuenca



A landscape photograph featuring a large, dark mountain with a snow-capped peak. A white dashed line with circular markers traces a path across the mountain's slope and down into a valley. The foreground shows a body of water reflecting the sky and the mountain. The sky is a mix of blue and yellow, suggesting a sunset or sunrise.

OPORTUNIDADES Y CONTINUACIÓN

Implementación y posibles proyectos

- Proyectos mineros necesitan nuevas fuentes de agua
- Grupos de usuarios de agua pueden aprovechar este concepto
- Proveedores de agua que quieren desarrollar sistemas multi-usuario
- Proyecto de piloto con el involucramiento de distintos sectores
- Proyectos en otros países



Avanzar en la política pública

- ¿Cuáles son las prioridades?
- ¿Qué actores son clave para avanzar?
- ¿Qué decisiones hay que tomar?
- ¿Qué acciones específicas podemos tomar?



Coordinación a nivel nacional

¿Qué podemos hacer para conectar grupos interesados?

¿Quiénes son los actores clave para la coordinación del concepto?

¿Qué responsabilidad debe tener cada actor?

¿Qué acciones específicas podemos hacer para avanzar con una mejor coordinación?





**OPORTUNIDAD FONDO CORFO
CREA Y VALIDA**

Muchas gracias