



Mesa Multiactor
SALAR DE ATACAMA

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Mesa Técnica Unidad Técnica Hídrica N°7 (UTH7) Mesa Multiactor Salar de Atacama

Enero 2023

Recordemos...

El espacio de la Mesa Técnica Hídrica busca generar **UNA COMPRENSIÓN COMÚN** de la Cuenca del Salar de Atacama.

El rol de Secretaría Técnica (GIZ) es solo habilitar y facilitar estos espacios de diálogo.

NO toma parte de ninguna posición

NO busca obtener ningún dato ni ninguna información de los participantes

Tiene entre sus principios la neutralidad y la transparencia.

La **MESA TÉCNICA** son todos los aquí presentes siendo un espacio abierto y voluntario para todos aquellos que quieran sumarse a este proceso

El Proyecto se organiza dialogando y analizando la Cuenca en su conjunto y reconociendo **Unidades Técnicas Hídricas** (UTH), considerando así **dos escalas** para definir acciones: unas que sean para toda la cuenca y otras que son pertinentes solo con ciertas zonas.



Mesa Multiactor
SALAR DE ATACAMA

Toda opinión y consulta es aceptable en un **clima de respeto** – No hay preguntas obvias



La experiencia de cada una/uno de su vivencia o conocimiento en torno al agua y a la Cuenca del Salar es importante – El conocimiento técnico y tradicional son **COMPLEMENTARIOS**

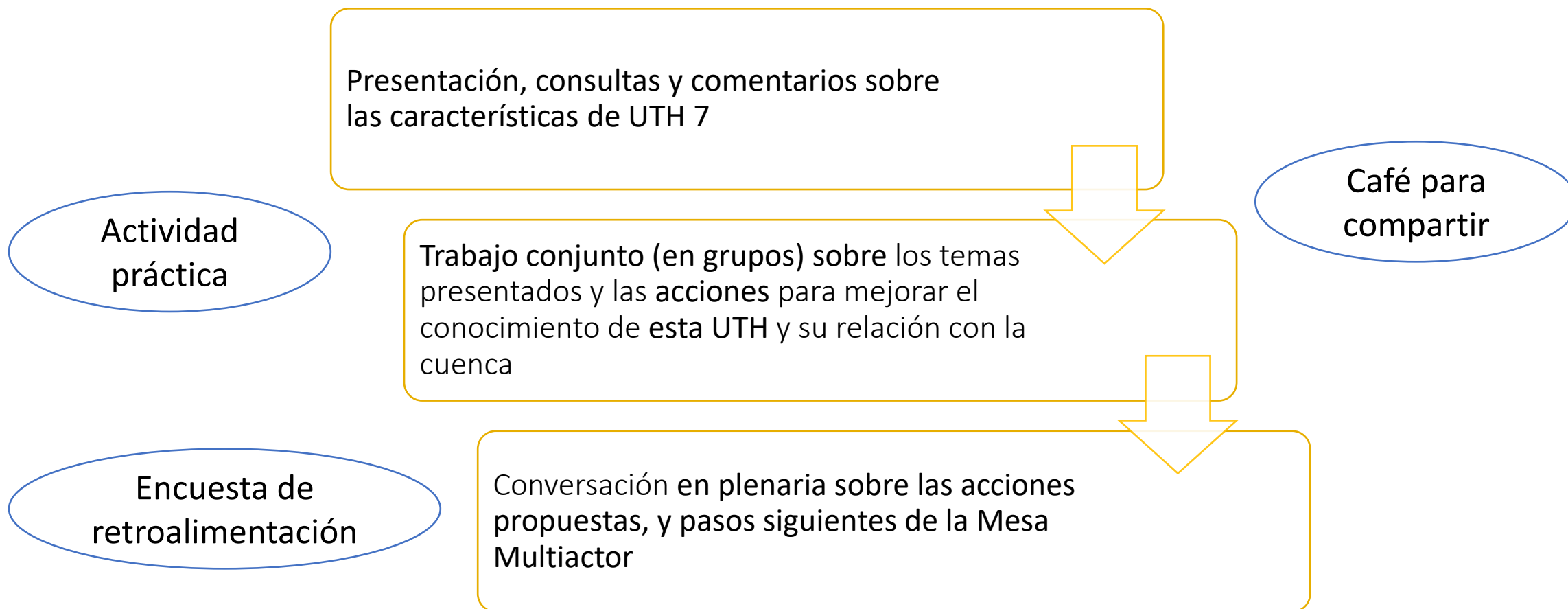


El diálogo es relevante aunque no genere acuerdos. Distinguir las diferencias es importante para reconocer en qué puntos se puede avanzar y en cuáles se requiere mayor tiempo



Mesa Multiactor
SALAR DE ATACAMA

¿Cómo trabajaremos hoy?



Introducción

- Durante las actividades de la Mesa Amplia del mes de octubre del 2022, se levantaron preguntas que los participantes tienen respecto de la UTH-7, con el objeto de orientar el trabajo a desarrollar en la Mesa Técnica sobre esta UTH, durante el mes de enero 2023.
- La Secretaría Técnica de la Mesa Multiactor realizó un análisis con las preguntas presentadas por los participantes y los diálogos generados en la actividad de la Mesa Amplia, de modo de dar respuesta a estas inquietudes en la Mesa Técnica.
- Así, se procedió a agrupar estas preguntas en 5 temáticas para abordar en la Mesa Técnica, las que serán la “hoja de ruta” sobre el trabajo a realizar por la MT respecto al núcleo del Salar de Atacama que se efectuará entre este encuentro y uno próximo en marzo.

Temáticas principales

- ***Funcionamiento de la cuenca***
- ***Dinámica de los acuíferos: interconexiones, relación con las aguas superficiales y relación entre salmuera y aguas subterráneas***
- ***Vegas, lagunas y usos culturales***
- ***Información, confiabilidad de los datos y fiscalización***
- ***Producción de Litio***

Temas a abordar el día de Hoy

- ***Funcionamiento de la cuenca***

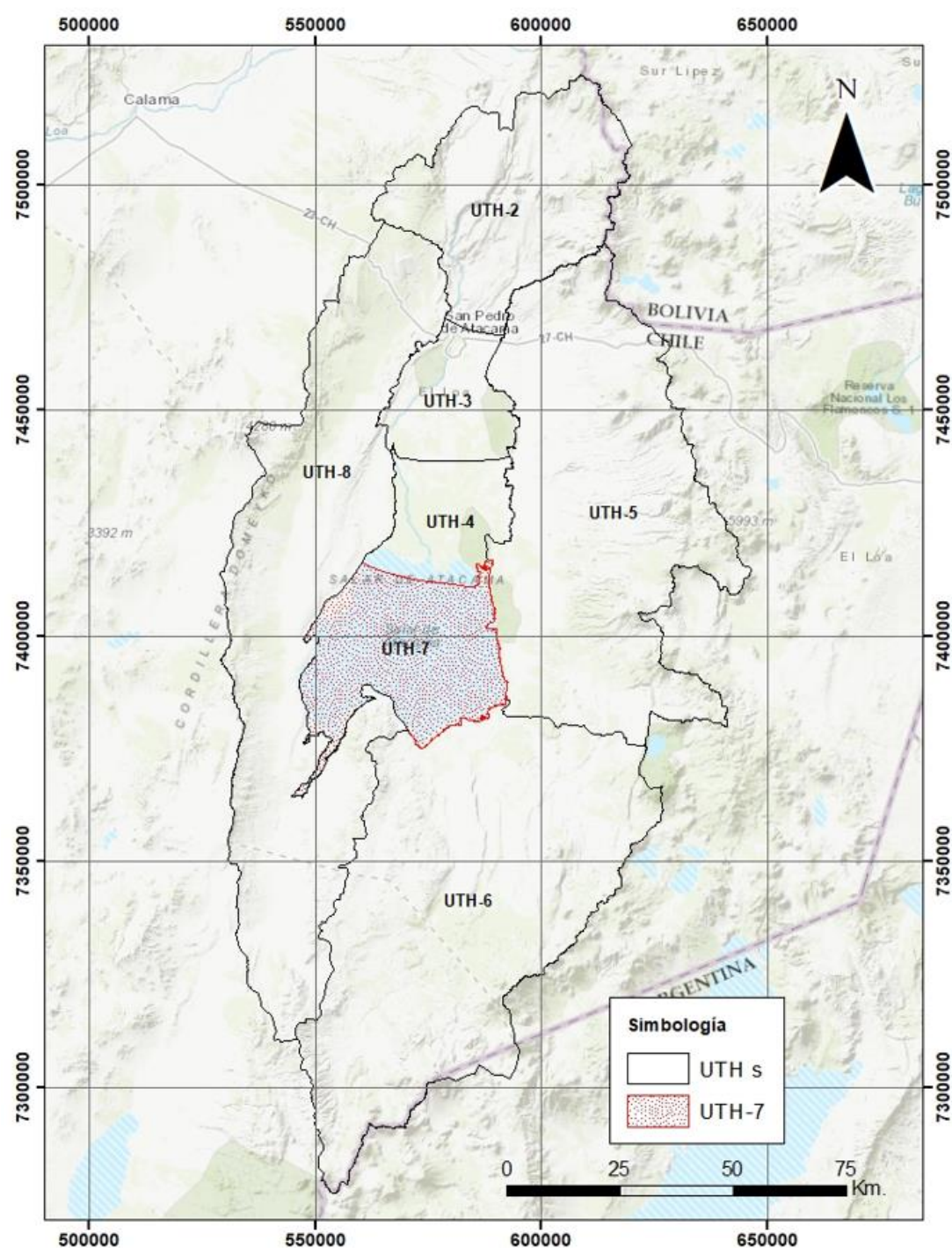
¿Cuál es el funcionamiento de la cuenca (entradas, salidas, balances y flujos subterráneos); ¿cuáles son sus características? Responder esta inquietud permite comprender mejor las interacciones entre las actividades que se desarrollan en la cuenca y en particular las que se desarrollan en el núcleo del Salar.

- ***Dinámica de los acuíferos: interconexiones, relación con las aguas superficiales y relación entre salmuera y aguas subterráneas***

¿Cómo se relaciona de la extracción de salmuera en el núcleo del salar (UTH-7) con los acuíferos circundantes (el resto de UTH)?

Ubicación y Características

- La UTH-7 corresponde a la unidad técnica que esta conformada por el núcleo del Salar de Atacama. Abarca una superficie aproximada de 1.400 Km² aproximadamente.
- El núcleo del Salar de Atacama corresponde a una costra de halita (Sal) que se encuentra saturado por salmuera, rica en diversas sales comercializables.
- Dentro de esta, se encuentran diversas propiedades mineras, de las cuales dos se encuentran actualmente en explotación.



Temas a abordar el día de Hoy

- ***Funcionamiento de la cuenca***

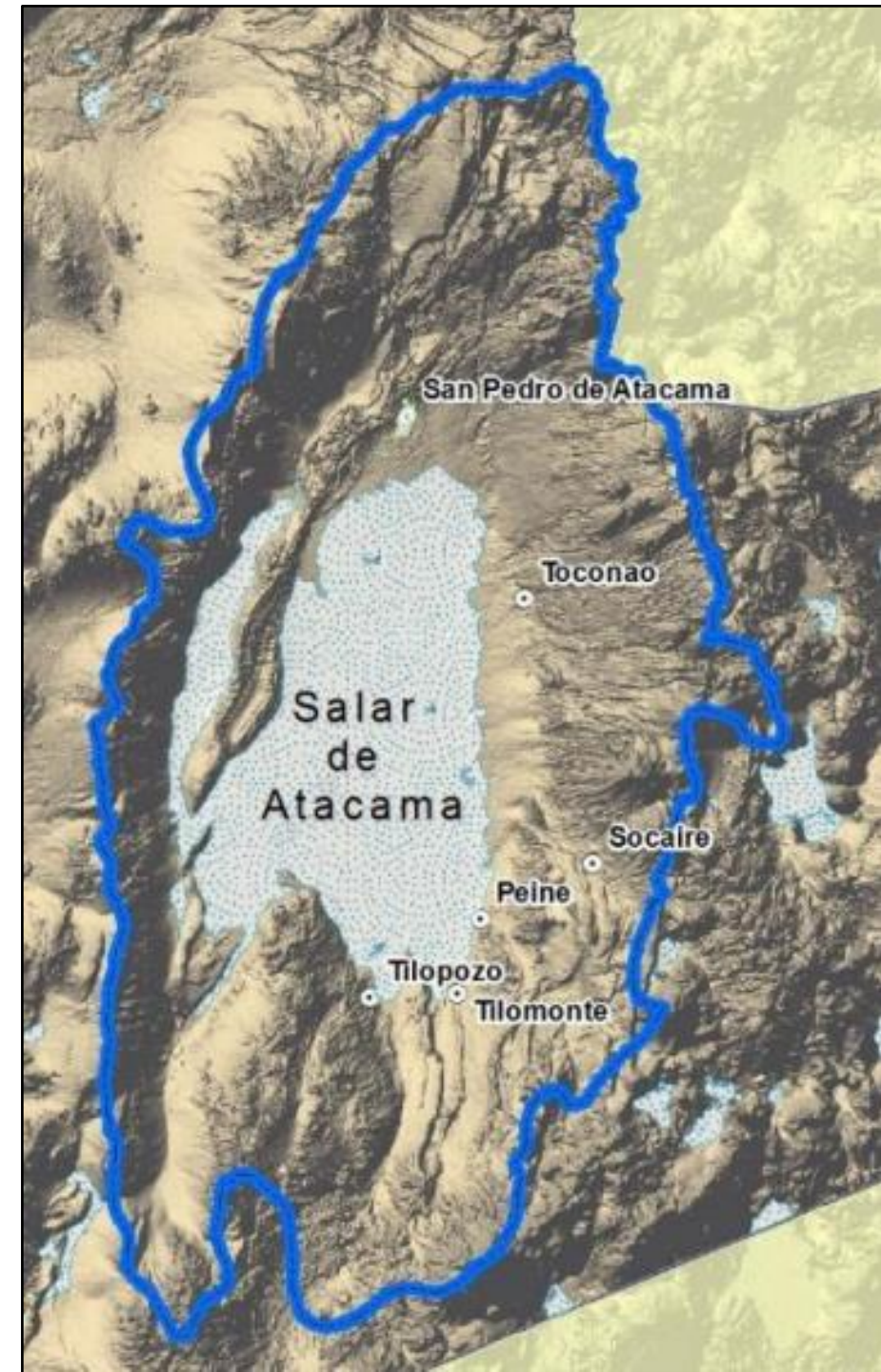
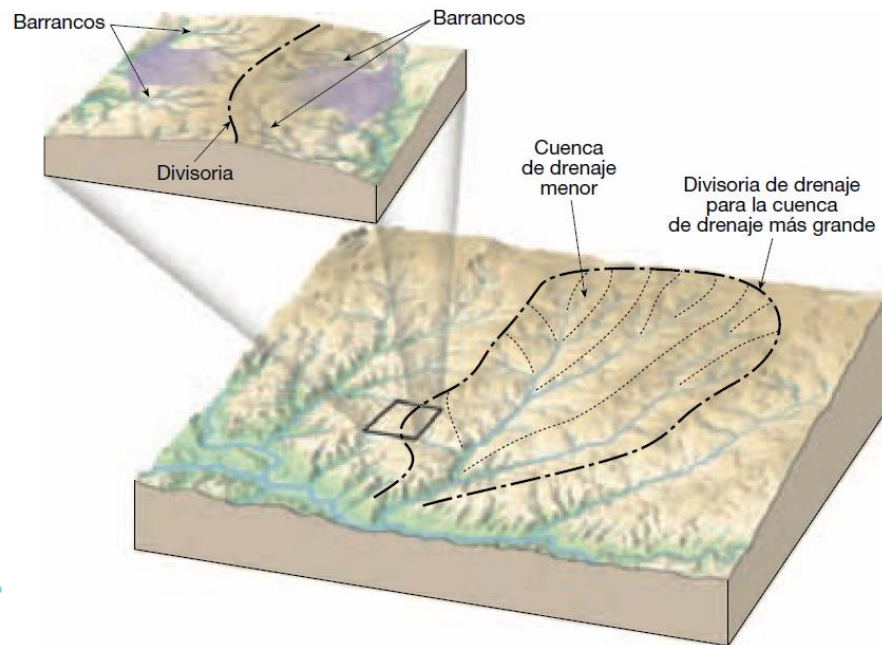
¿Cuál es el funcionamiento de la cuenca (entradas, salidas, balances y flujos subterráneos); ¿cuáles son sus características? Responder esta inquietud permite comprender mejor las interacciones entre las actividades que se desarrollan en la cuenca y en particular las que se desarrollan en el núcleo del Salar.

- ***Dinámica de los acuíferos: interconexiones, relación con las aguas superficiales y relación entre salmuera y aguas subterráneas***

¿Cómo se relaciona de la extracción de salmuera en el núcleo del salar (UTH-7) con los acuíferos circundantes (el resto de UTH)?

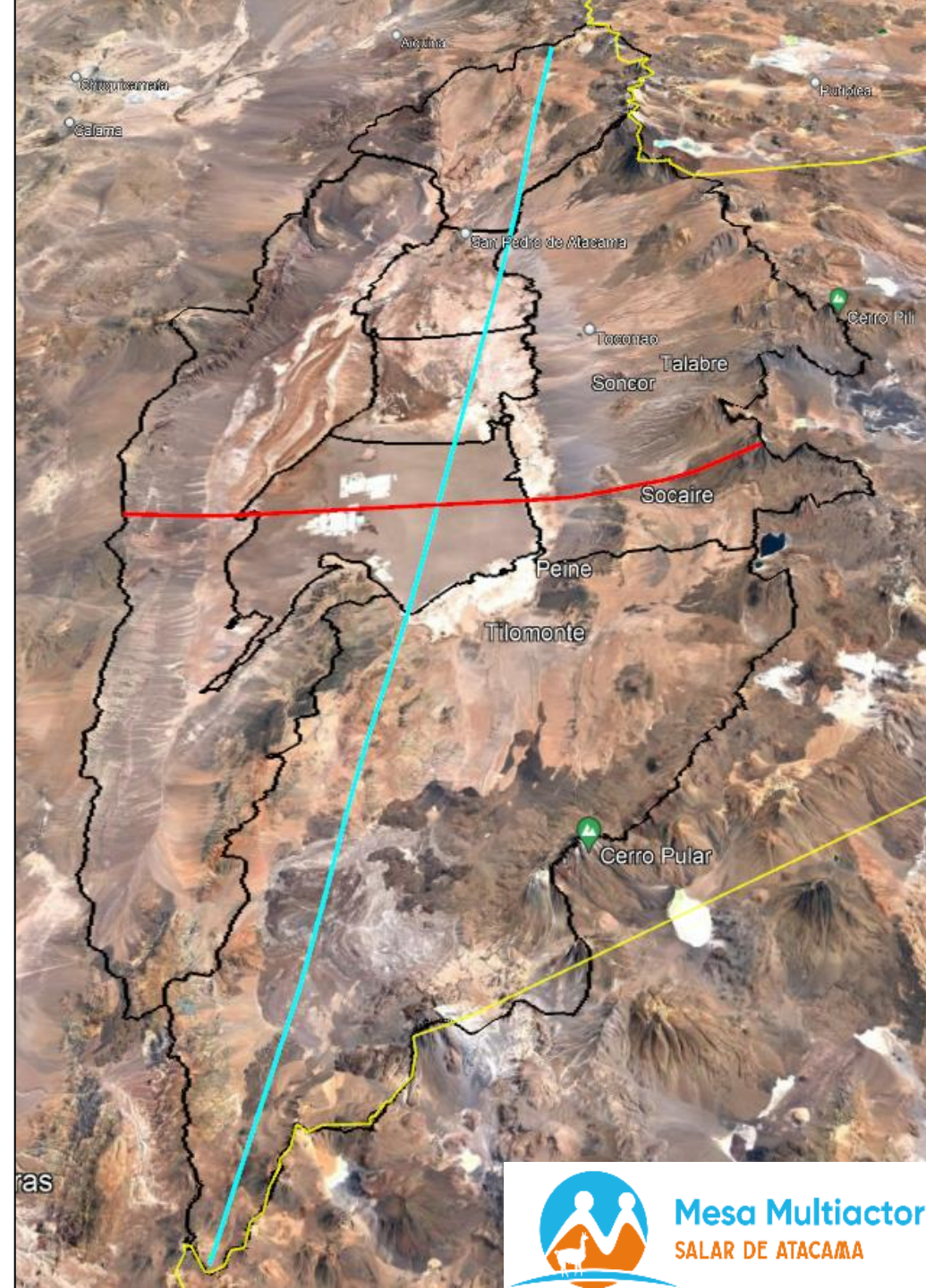
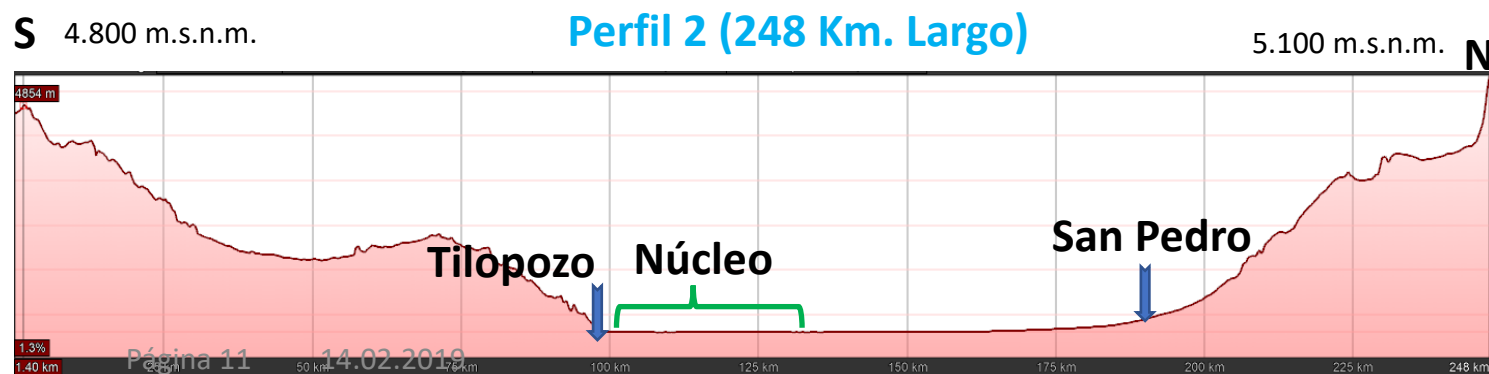
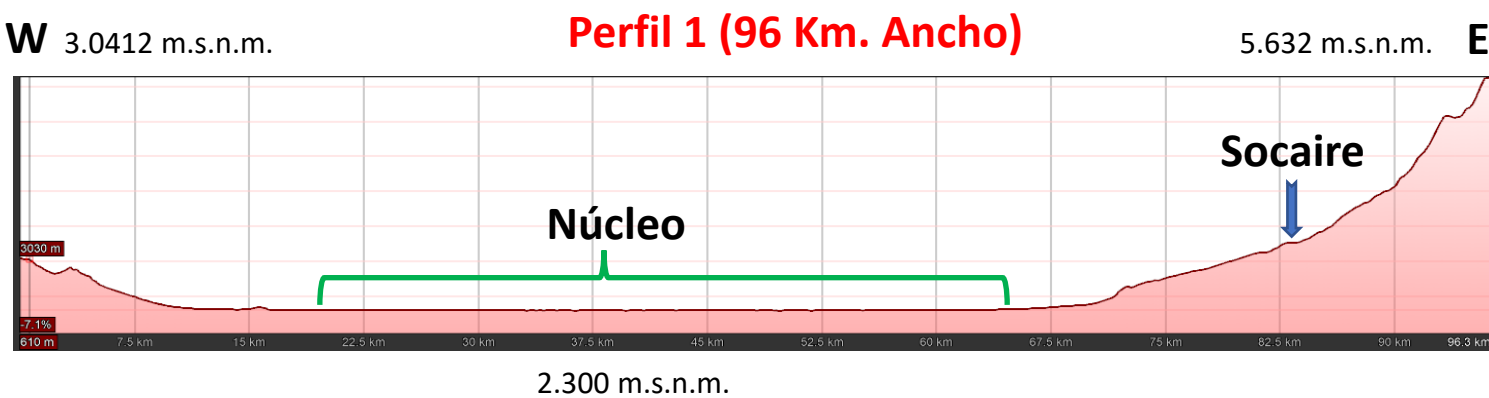
FUNCIONAMIENTO DE LA CUENCA

- La cuenca del Salar de Atacama es una **cuenca de tipo Endorreica**.
- **¿Que es una cuenca?** Es es una porción del territorio, que en el caso hipotético de ser impermeable, frente a una precipitación todas estas gotas se dirigirían hacia un punto común. La cuenca está delimitada por la línea de altas cumbres que se encuentran en el territorio.
- **Cuenca Endorreica:** Cuenca que no tiene salida, al mar, pero su flujo principal se dirige a la parte más baja de esta (depocentro) formando lagos, lagunas o salares. (Cuenca Salar de Atacama)



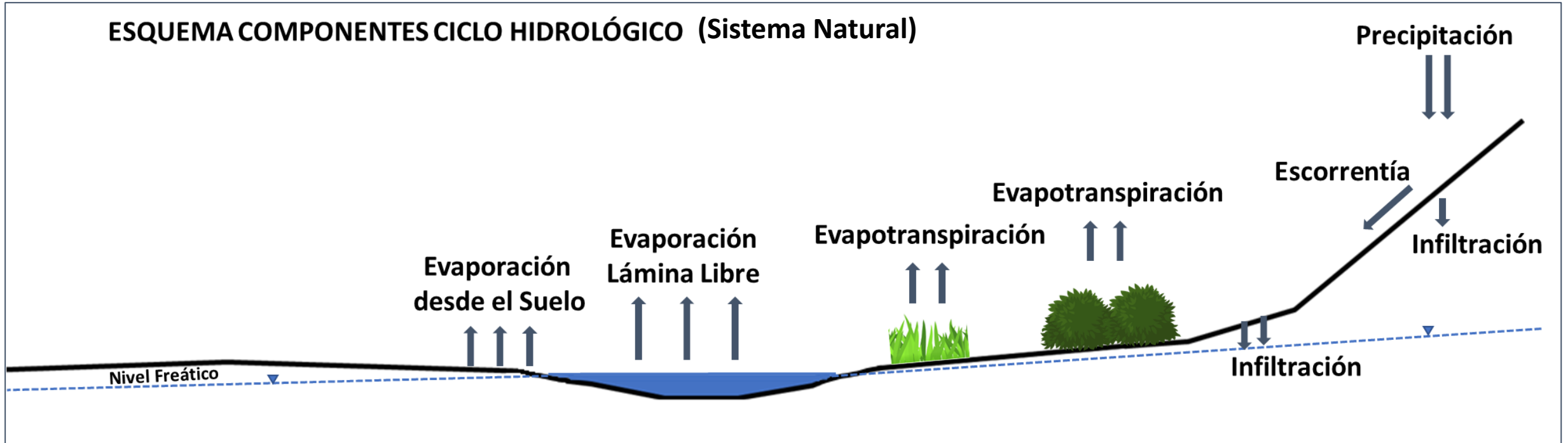
FUNCIONAMIENTO DE LA CUENCA

- Las características físicas de la cuenca y las condiciones climáticas del entorno determinan en gran medida el funcionamiento de ésta. Condicionando; la precipitación, dirección de flujos a nivel de cuenca, disposición de material sedimentario, entre otros aspectos relevantes.



FUNCIONAMIENTO DE LA CUENCA

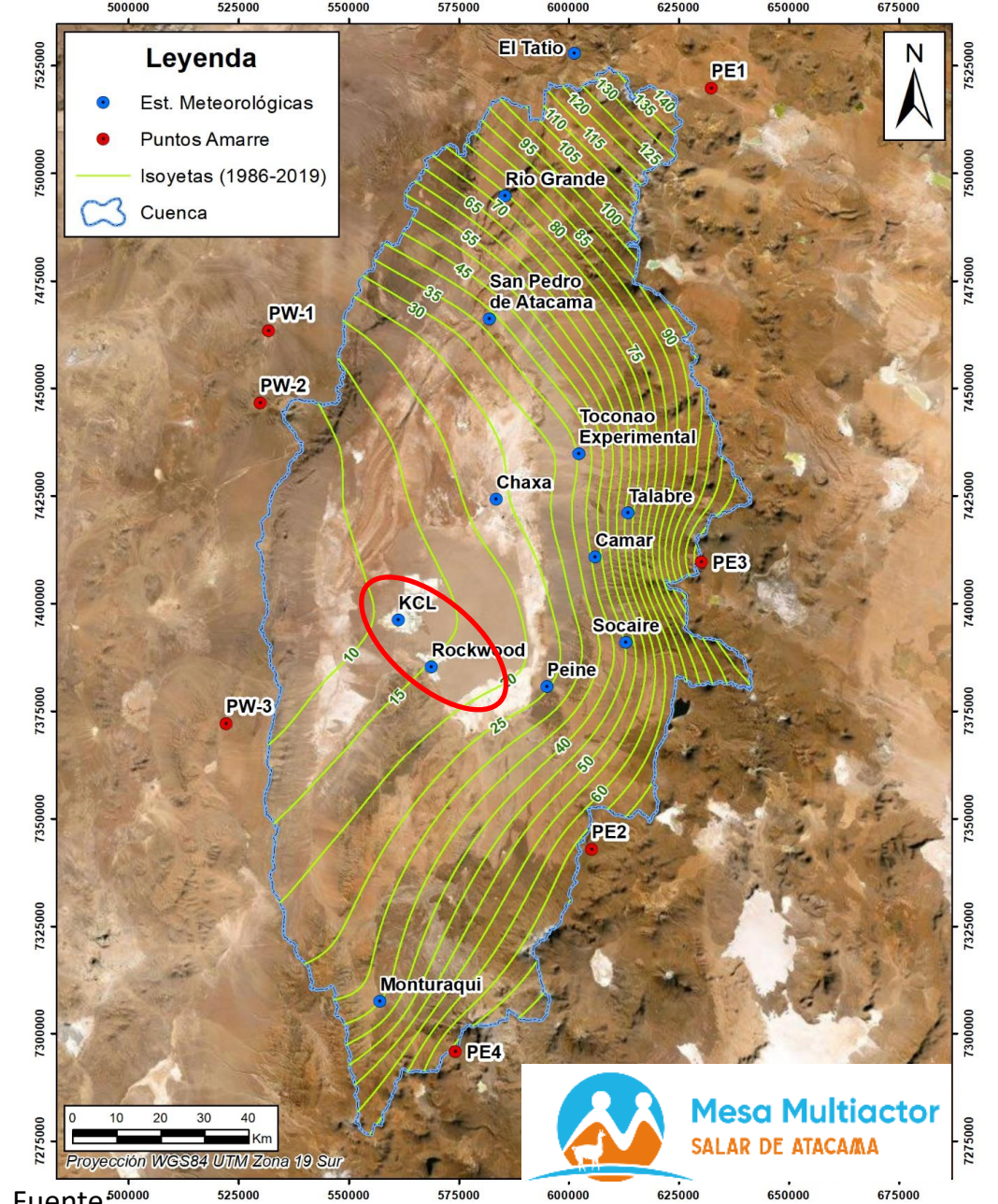
- Los elementos del clima que determinan el balance hídrico junto con las características geológicas son los que condicionan, la existencia del salar en esta cuenca.



- Es importante mencionar que los flujos de agua provenientes de ríos y quebradas que se originan en el norte y en el este principalmente no llegan en un 100% a la parte baja de la cuenca.
- En su trayecto estos flujos, son ocupados para el desarrollo de la agricultura y su excedente se infiltra para ser parte del flujo subterráneo y así prestar servicios ecosistémicos en la zona marginal.

FUNCIONAMIENTO DE LA CUENCA: Precipitación

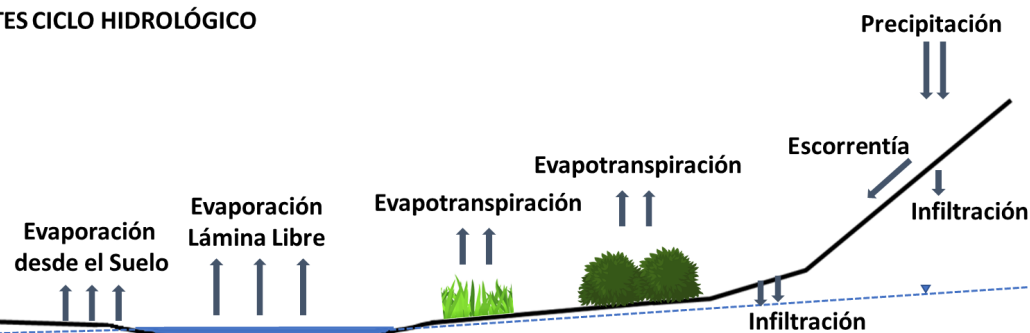
- Las precipitaciones (lluvia) en la cuenca del Salar se generan principalmente por el fenómeno de Invierno Altiplánico (entre dic - mar), presentando mayor cantidad de agua caída en las zonas altas de la cuenca y una disminución en las partes más bajas.
- Durante el invierno se producen eventos de precipitación, (lluvia y nieve) pero de menor magnitud y menor ocurrencia.
- En la zona del núcleo (UTH-7) las precipitaciones medias anuales son bajas, entre 5 y 20 mm.
- Se estima que precipitan sobre la cuenca alrededor de 29.000 L/s por precipitación (CORFO 2018).



Fuente:

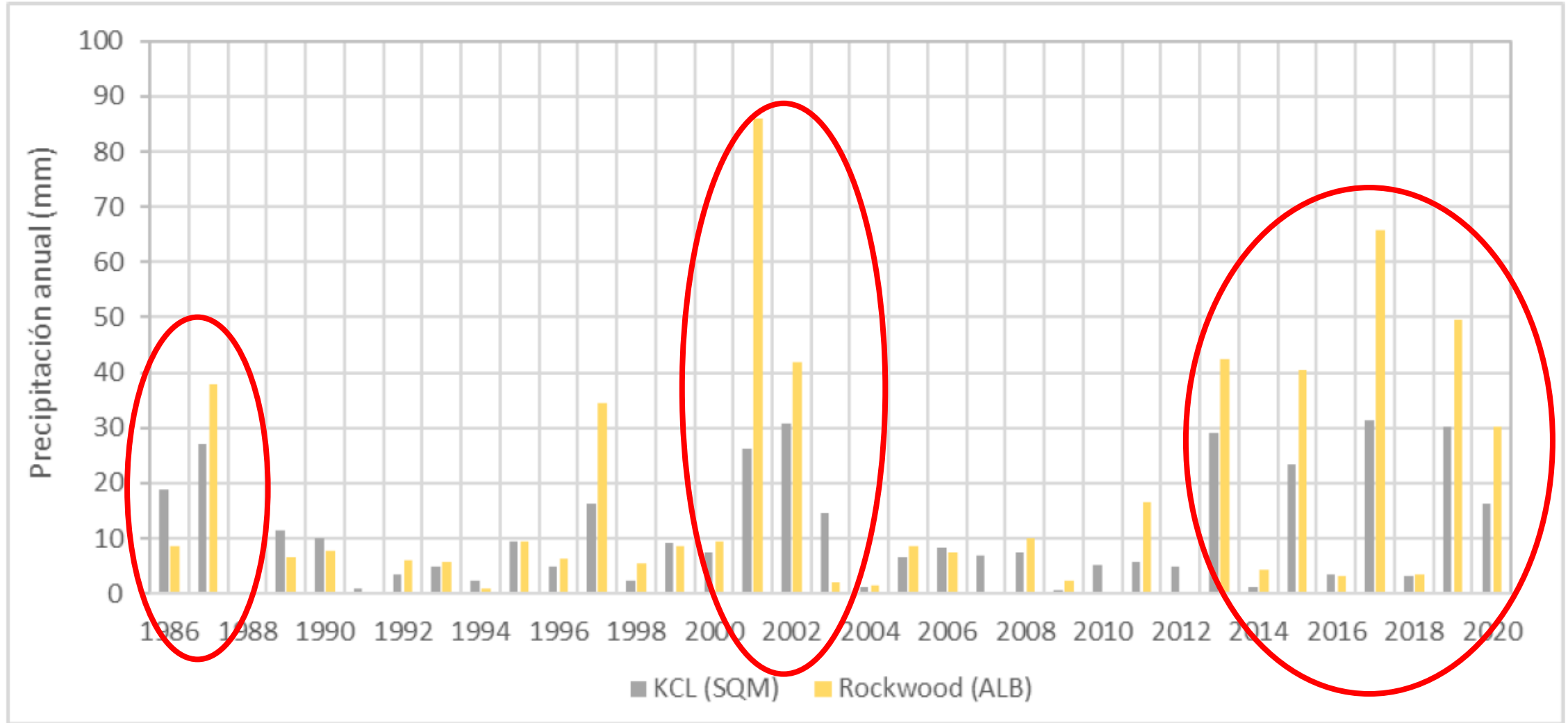
(<https://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyectoAction.php?nombre=plan%20de%20reduccion%20de%20extracciones%20en%20el%20Salar%20de%200Atacama>)

ESQUEMA COMPONENTES CICLO HIDROLÓGICO



FUNCIONAMIENTO DE LA CUENCA

- Las precipitaciones (lluvia), al interior del área que conforma la UTH 7 no son iguales.

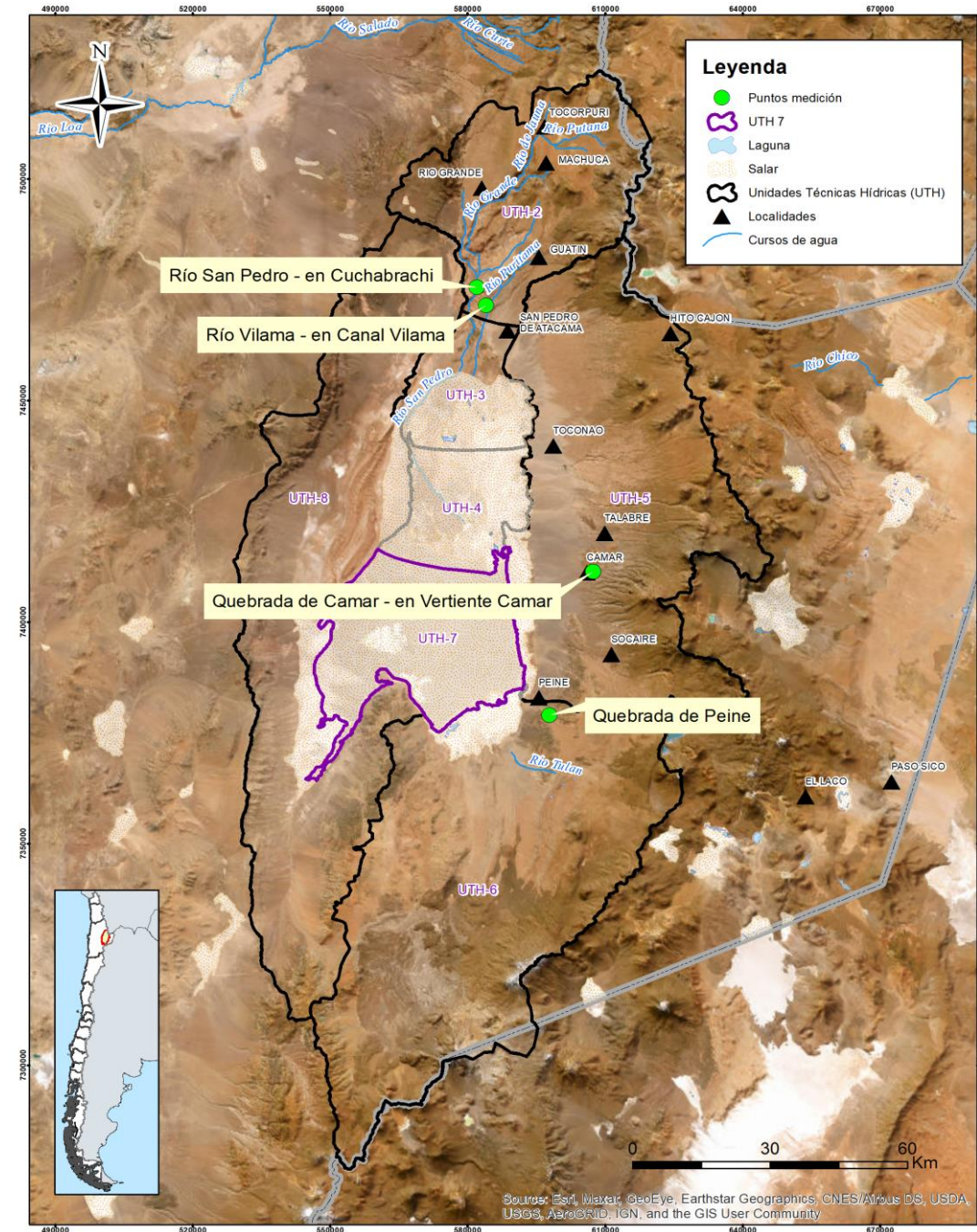
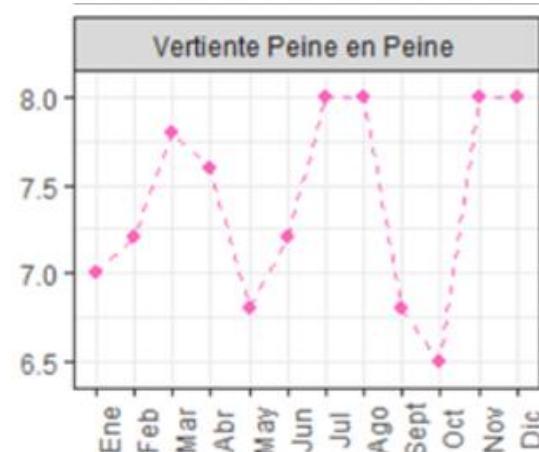
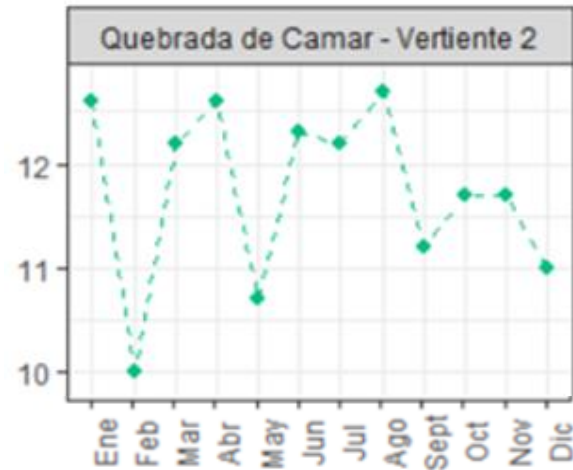
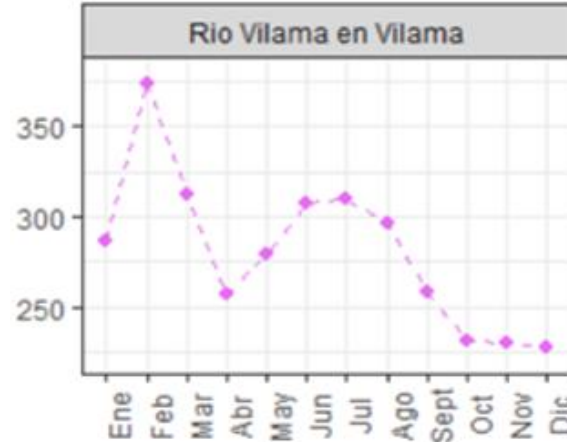
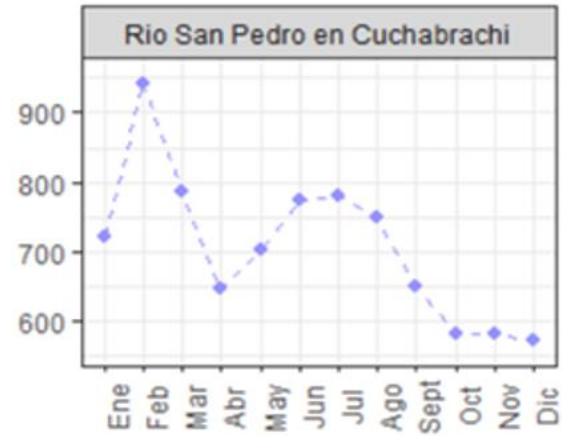


Fuente: Modificado de

(<https://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyectoAction.php?nombre=plan%20de%20reduccion%20de%20extracciones%20en%20el%20Salar%20de%20Atacama>)

FUNCIONAMIENTO DE LA CUENCA: Esgurrimiento superficial

- La distribución de las precipitaciones y las características de la geología de la cuenca condicionan la generación de quebradas y ríos.
- La distribución de los esgurrimientos superficiales, son diferenciados dependiendo del sector de la cuenca.

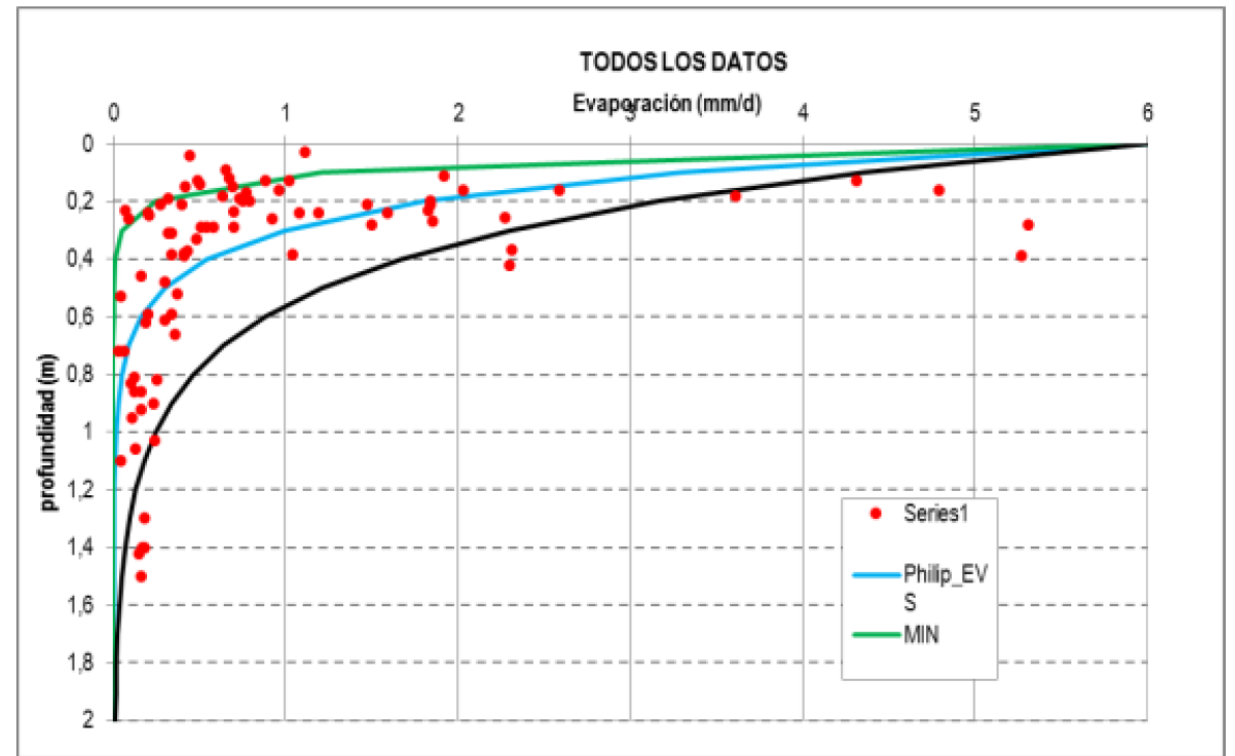


Fuente: Modificado de

(<https://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyectoAction.php?nombre=plan%20de%20reduccion%20de%20extracciones%20en%20el%20Salar%20de%20Atacama>)

FUNCIONAMIENTO DE LA CUENCA: Evaporación

- Las elevadas tasas de evaporación y evapotranspiración conforman las salidas naturales de agua, más importantes dentro de la cuenca.
- Dentro de la evaporación, está la que se produce por lámina libre, es decir la superficie lagunar (área cubierta por lagunas) y la que se produce desde el suelo cuando el nivel freático se encuentra somero (cercano a la superficie).
- Dentro de la estimación de la evapotranspiración (transpiración de las plantas) se consideran los cultivos, como también la que genera la vegetación nativa.
- **Se estima que del total de agua que precipita en la cuenca, se evapora alrededor del 77%. (CORFO 2018).**

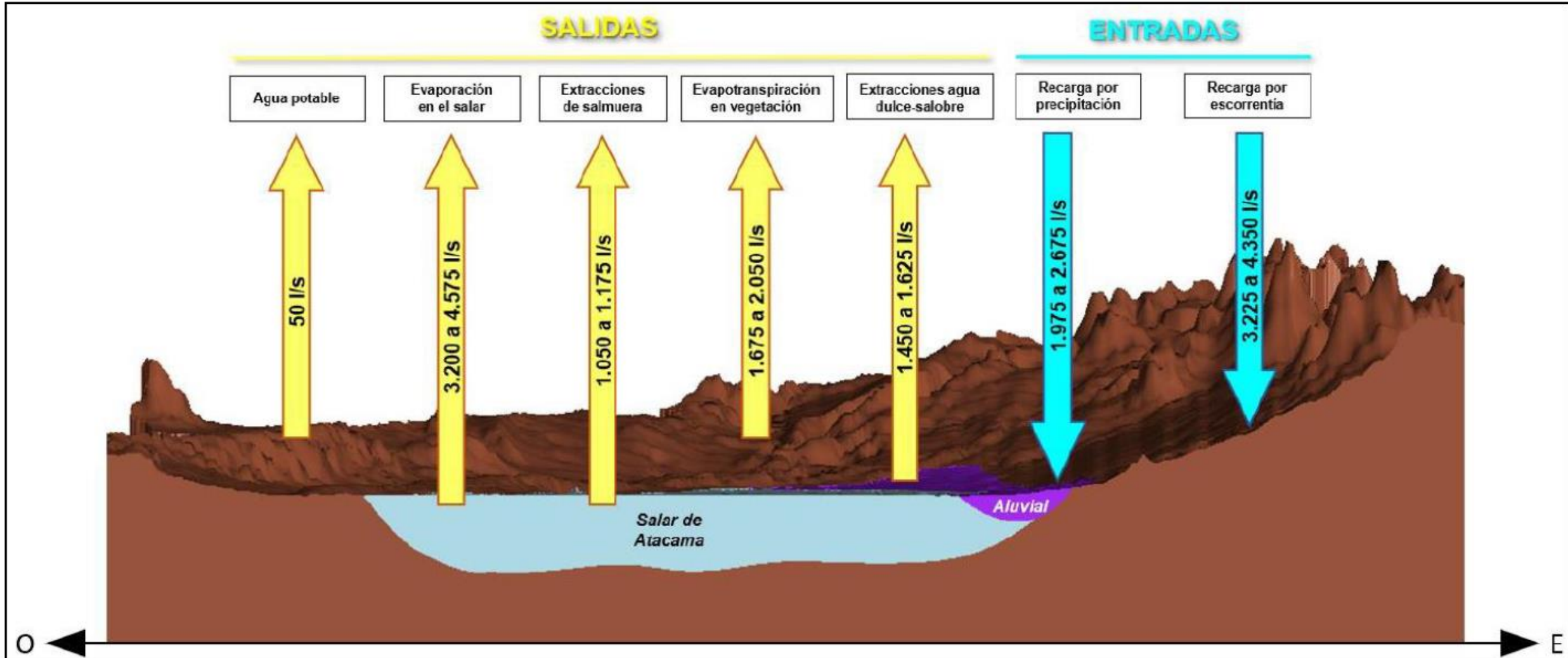


Fuente: Modificado de

<https://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyectoAction.php?nombre=plan%20de%20reduccion%20de%20extracciones%20en%20el%20Salar%20de%20Atacama>

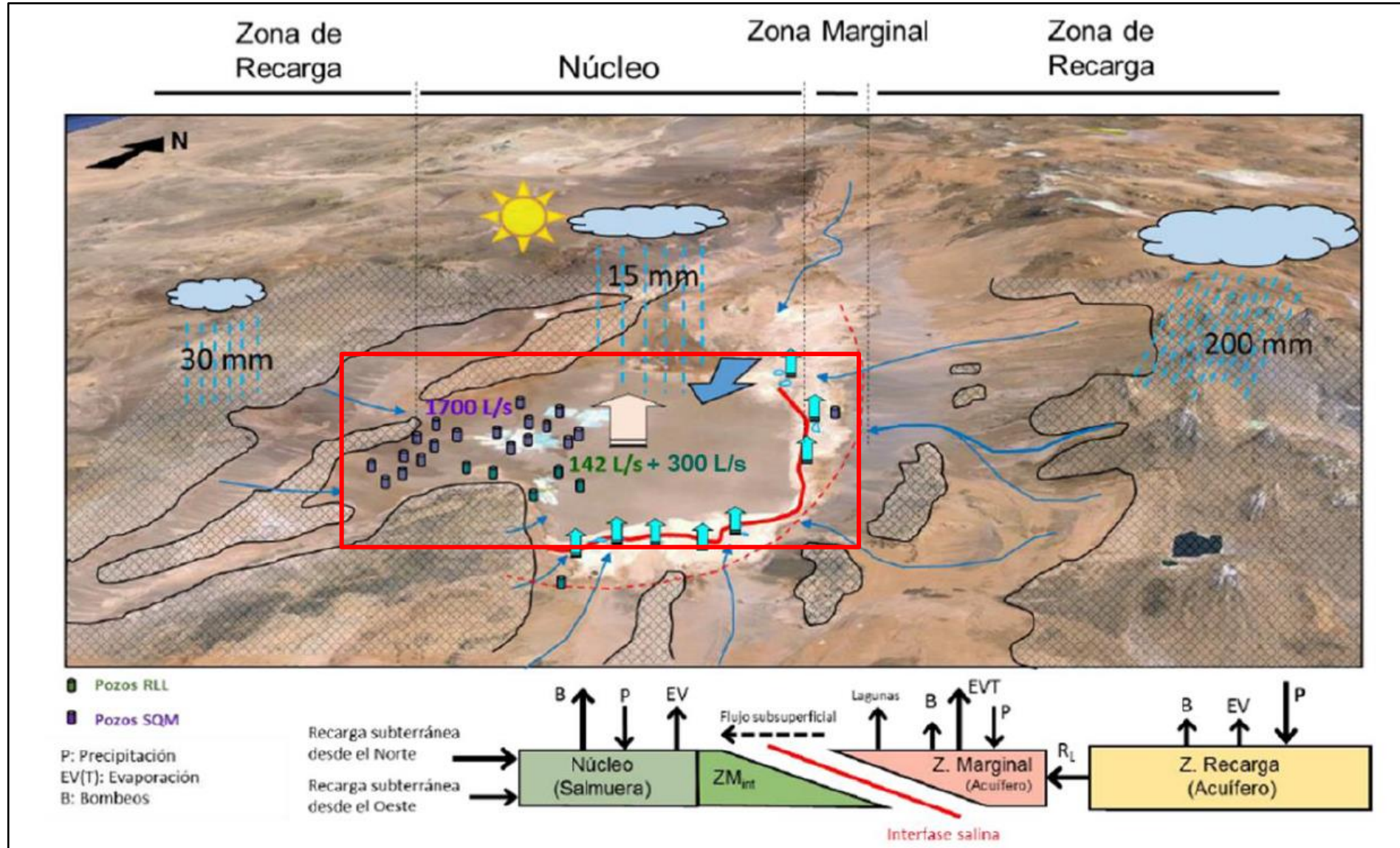
FUNCIONAMIENTO DE LA CUENCA: Órdenes de magnitud de flujos (periodo 2000-2019)

- Es necesario mencionar que la realización de un Balance Hídrico requiere de hipótesis o supuestos que asume el modelo conceptual.



FUNCIONAMIENTO DE LA CUENCA

- Este es un esquema simplificado de los componentes más importantes del balance hídrico en el sector de la UTH-7.



FUNCIONAMIENTO DE LA CUENCA

Zona Subcuencas

Esta zona se caracteriza por ser receptora de las precipitaciones. En el norte y en el borde oeste se caracteriza por estar compuesta de materiales volcánicos de mayor compactación lo que permite la generación es escurrimientos superficiales.

Zona Aluvial

Esta compuesta por materiales sedimentarios que han sido arrastrados por quebradas y otros agentes. Por lo general es en esta zona donde se infiltran las quebradas en tiempos de crecidas.

Zona Marginal

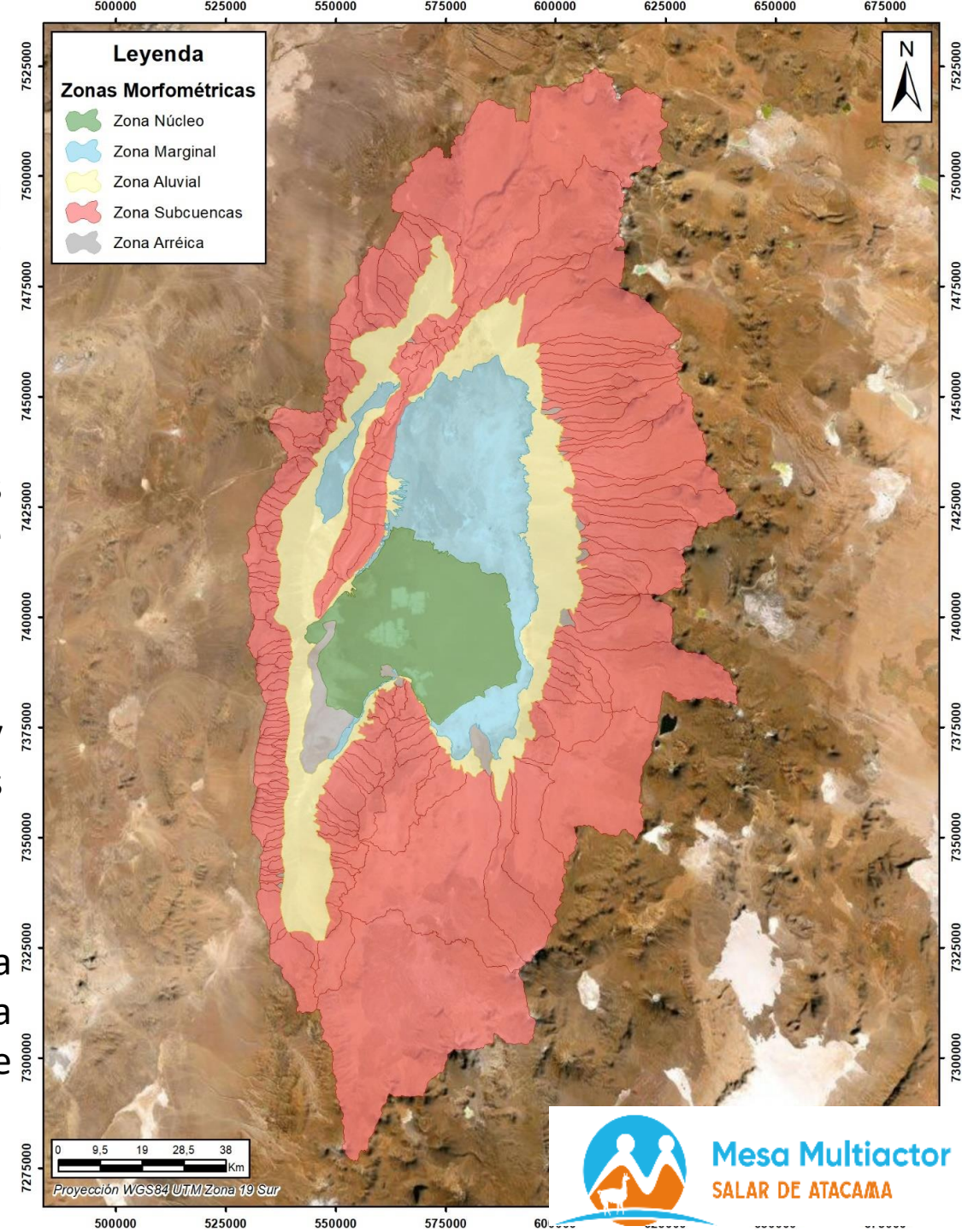
Esta compuesta por intercalación materiales sedimentarios y evaporíticos. En superficie encontramos distintas sales precipitadas (Salar).

Zona Núcleo

Corresponde a la UTH-7, esta conformado por Halita y yesos, con un a textura granular con distintos niveles de compactación. Su característica principal es que se encuentra saturada en salmuera económicamente explotable.

Fuente: Modificado de

<https://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyectoAction.php?nombre=plan%20de%20reduccion%20de%20extracciones%20en%20el%20Salar%20de%20Atacama>

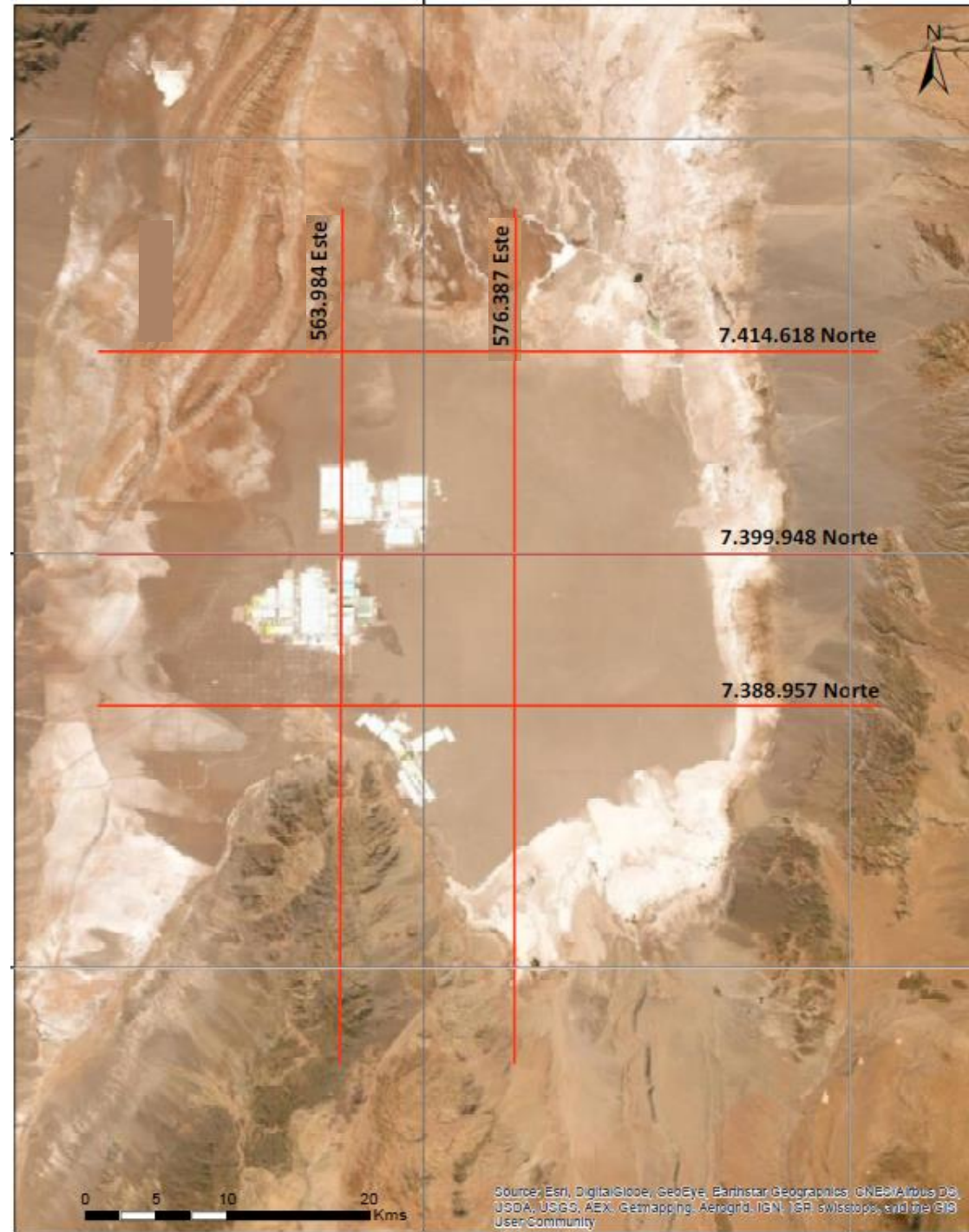


FUNCIONAMIENTO DE LA CUENCA

Características físicas de la UTH7

- Los sondeos permiten, entre otras cosas identificar los materiales que existen bajo el subsuelo.
- Técnicas no invasivas como la geofísica, permiten interpretar que materiales existen bajo el terreno (subsuelo) sin necesidad de perforar.
- Los materiales geológicos que se encuentran bajo la superficie de la parte mas baja de la cuenca tienen diferentes características, que están determinadas por el origen de estos materiales o depósitos.
- Una de las características mas importantes es la **permeabilidad**.

Fuente
<https://snifa.sma.gob.cl/SeguimientoAmbiental/Ficha/112801>



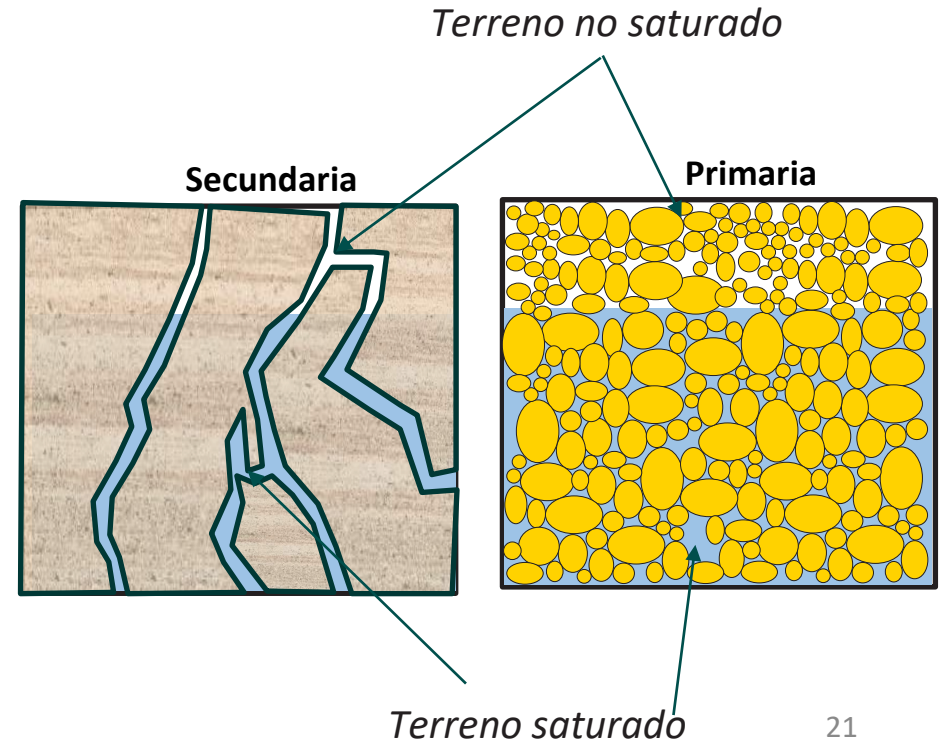
FUNCIONAMIENTO DE LA CUENCA

- Permeabilidad ¿Qué es?

La permeabilidad es la resistencia, o facilidad que tiene el suelo o un material geológico para que el agua o fluido pueda circular a través de él.

La Permeabilidad se relaciona directamente con la porosidad de los materiales

En general se expresa como una distancia determinada en función de un tiempo determinado. En hidrogeología las expresiones de permeabilidad más comunes son en metros en un día (m/d) o en metros por segundo (m/s).



FUNCIONAMIENTO DE LA CUENCA

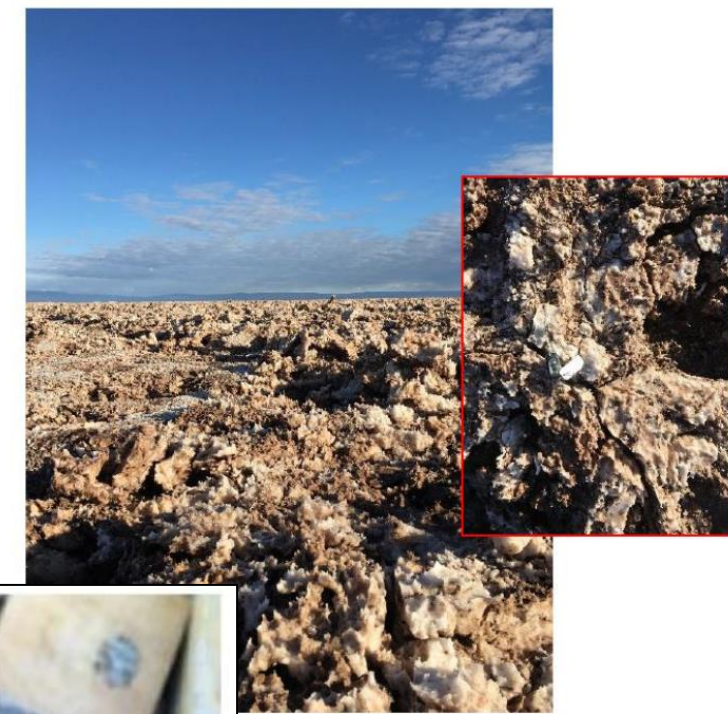
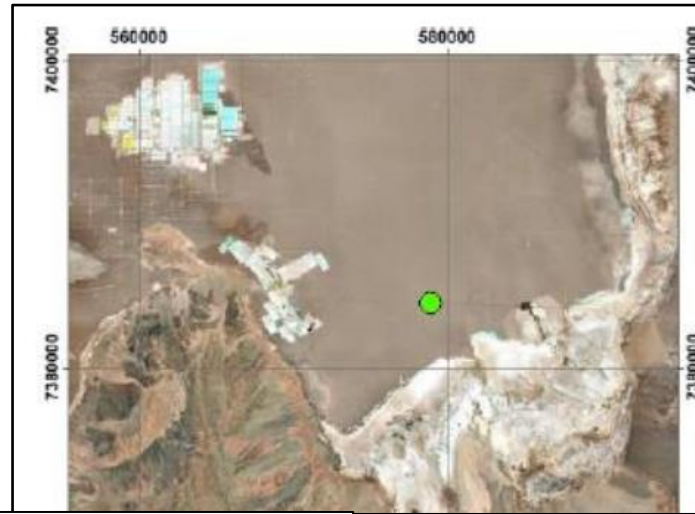
- Características físicas de la UTH7



24 a 28 m.



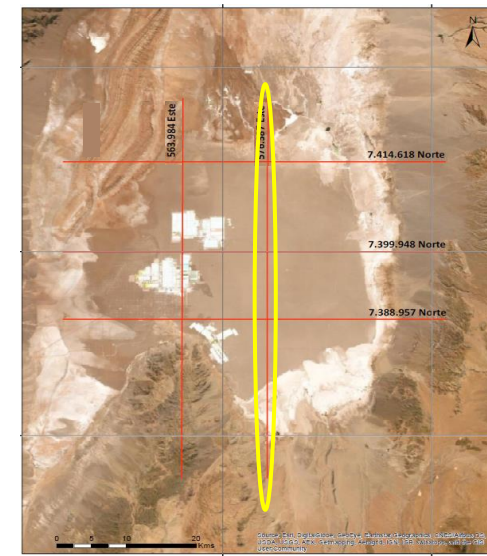
28 a 32 m.










32 a 37 m.

FUNCIONAMIENTO DE LA CUENCA

- La composición de los distintos materiales y su permeabilidad condiciona los flujos subterráneos al interior de la UTH-7

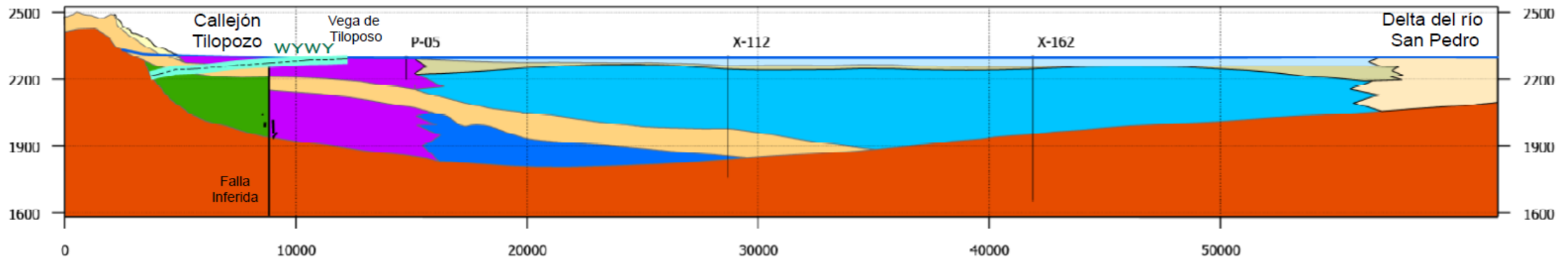


Leyenda

 Halita Superior	 Halita Inferior	 Delta San Pedro
 Limos arcillosos evaporíticos	 Marginal o Transición	 Basamento
 Halita Intermedia	 Sedimentaria Borde Este	
 Volcanosedimentaria	 Aluvial	

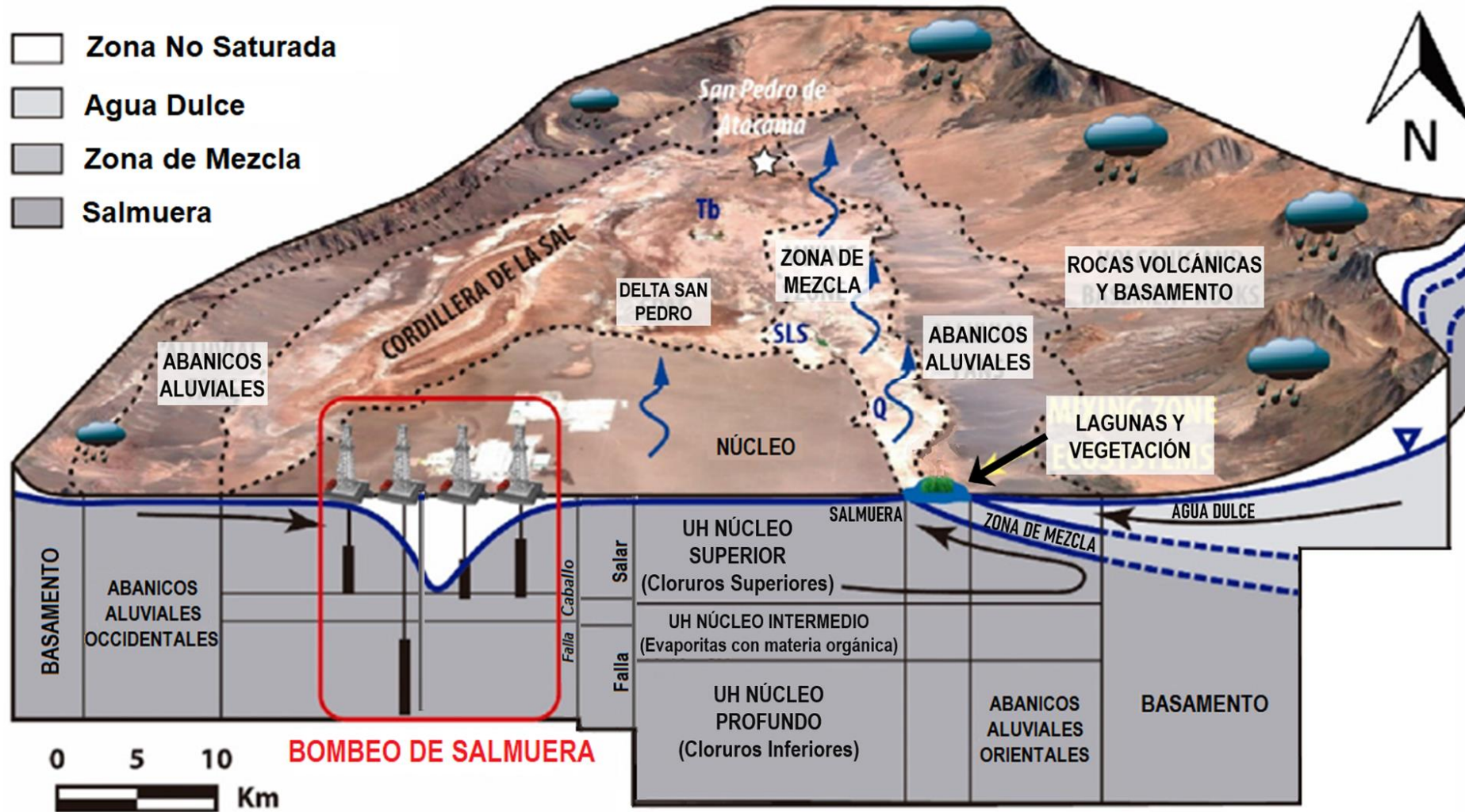
S

N



Fuente: Modificado de (<https://snifa.sma.gob.cl/SeguimientoAmbiental/Ficha/112801>)

FUNCIONAMIENTO DE LA CUENCA



Fuente: modificado de Marazuela et al. (2020)



Actividad participativa grupal



Mesa Multiactor
SALAR DE ATACAMA

Temas a abordar el día de Hoy

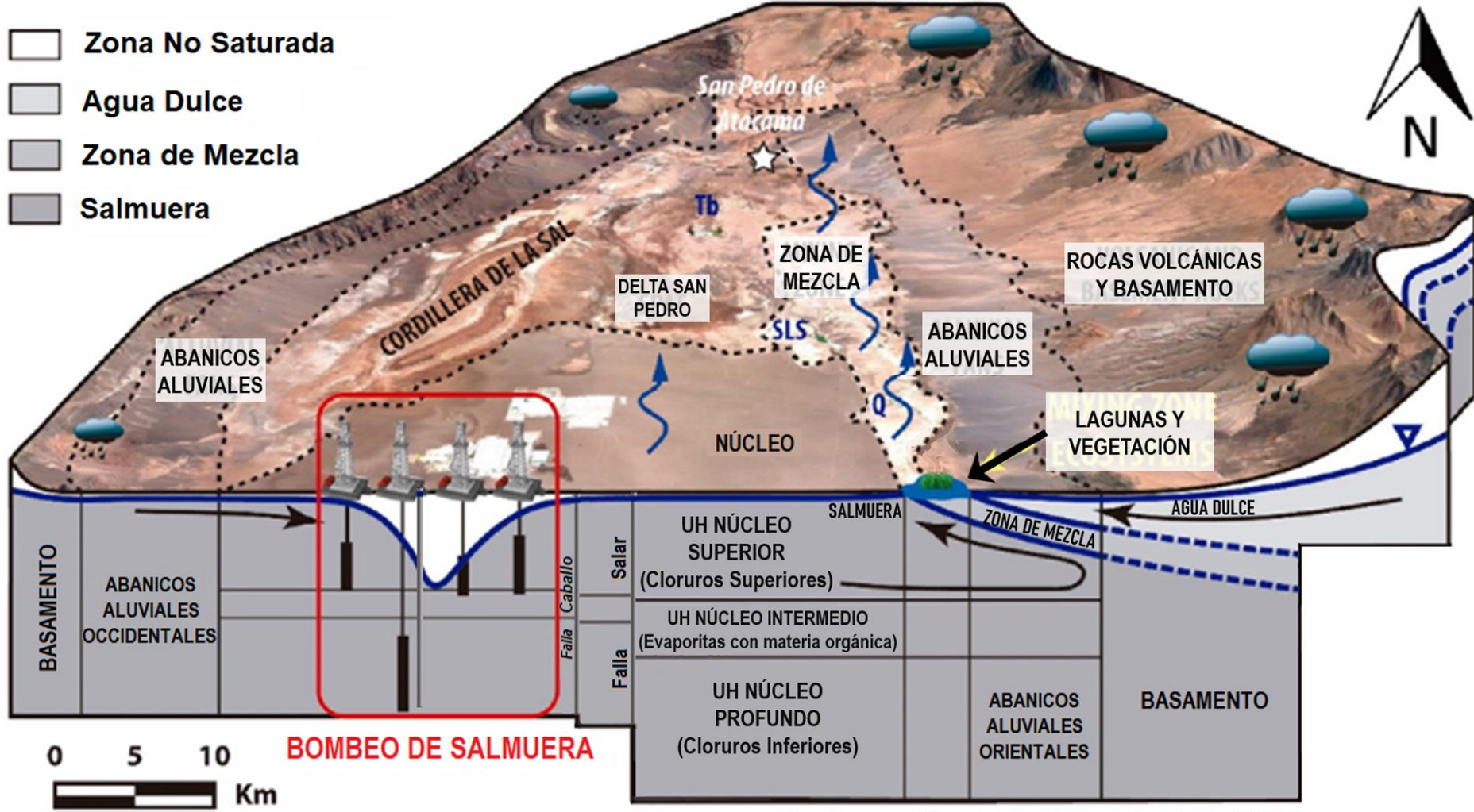
- ***Funcionamiento de la cuenca***

¿Cuál es el funcionamiento de la cuenca (entradas, salidas, balances y flujos subterráneos); ¿cuáles son sus características? Responder esta inquietud permite comprender mejor las interacciones entre las actividades que se desarrollan en la cuenca y en particular las que se desarrollan en el núcleo del Salar.

- ***Dinámica de los acuíferos: interconexiones, relación con las aguas superficiales y relación entre salmuera y aguas subterráneas***

¿Cómo se relaciona de la extracción de salmuera en el núcleo del salar (UTH-7) con los acuíferos circundantes (el resto de UTH)?

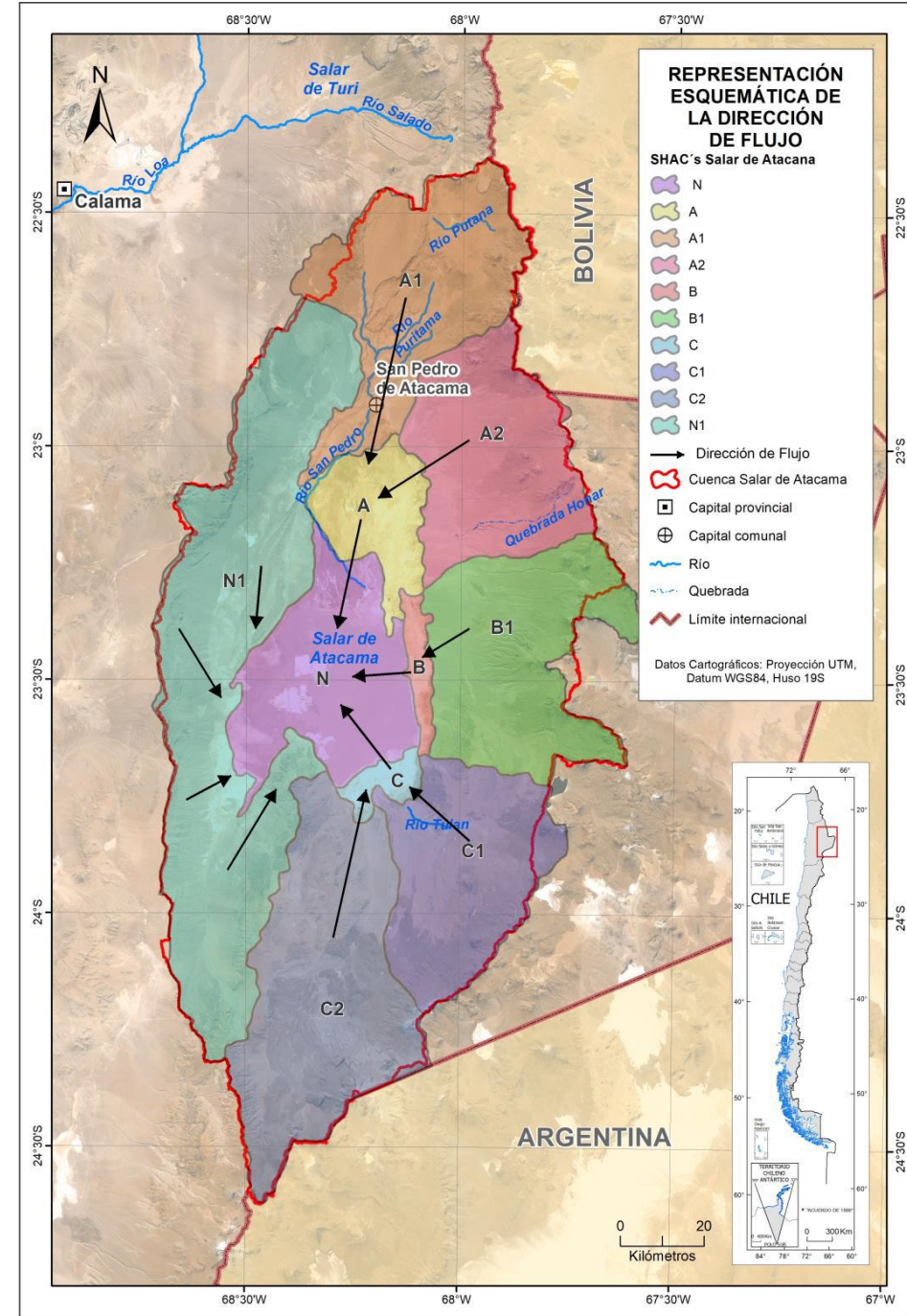
DINÁMICAS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS ACUIFEROS.



Fuente: modificado de Marazuela et al. (2020)

DINÁMICAS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS ACUIFEROS.

- Desde el punto de vista administrativo la Dirección General de Aguas ha definido los Sectores Hidrogeológicos de Aprovechamiento Común, (SHAC).
- La DGA ha definido a los SHAC como: *acuífero o parte de un acuífero cuyas características hidrológicas espaciales y temporales permiten una delimitación para efectos de su evaluación hidrogeológica o gestión en forma independiente.*
- La interacción de estos flujos está condicionada por las composiciones físico químicas de estos, como también por la permeabilidad y composición de los materiales geológicos que deben atravesar. (entre otras variables).

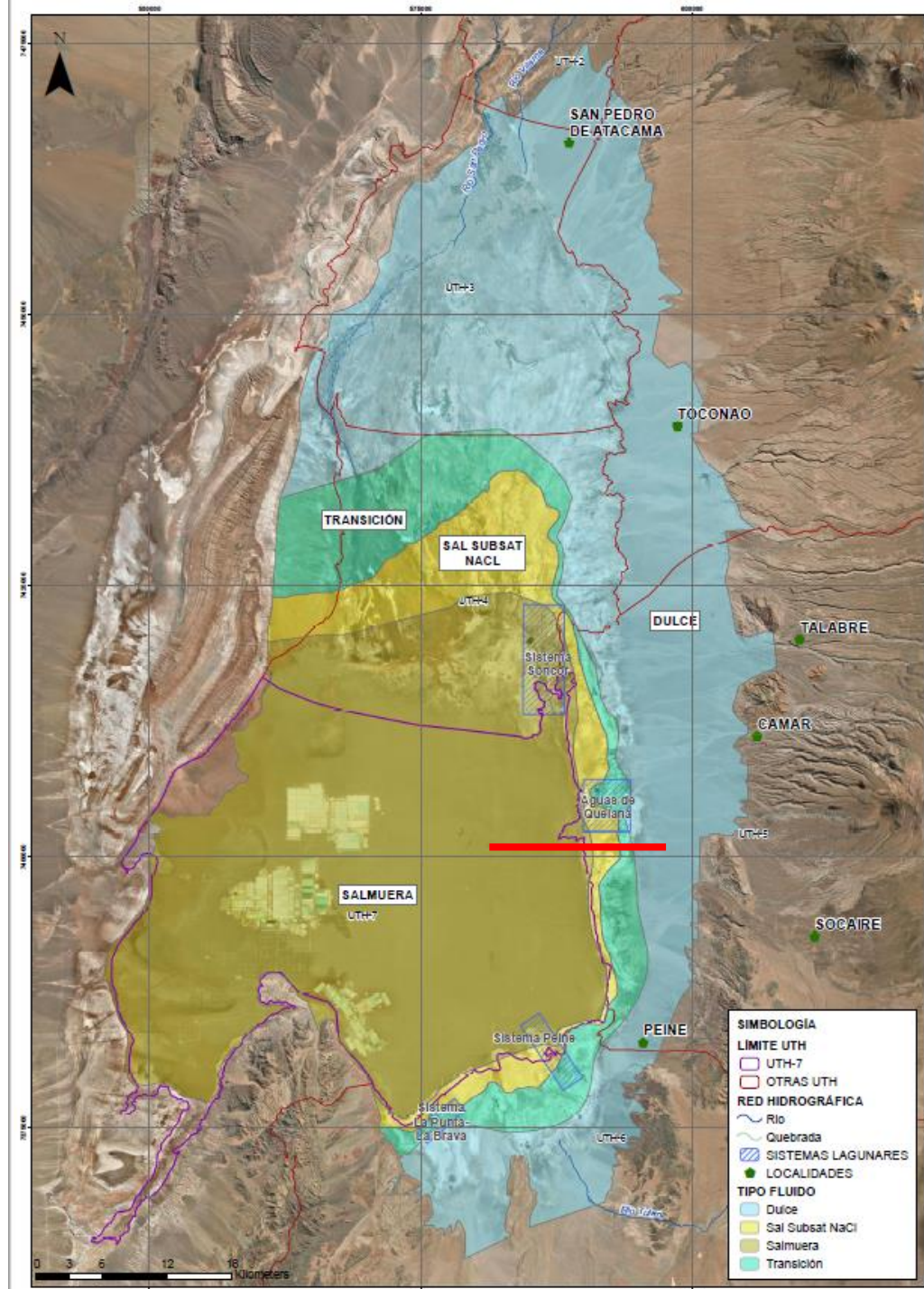


Fuente: Plan Estratégico de Gestión Hídrica, cuenca del Salar de Atacama, DGA 2022.

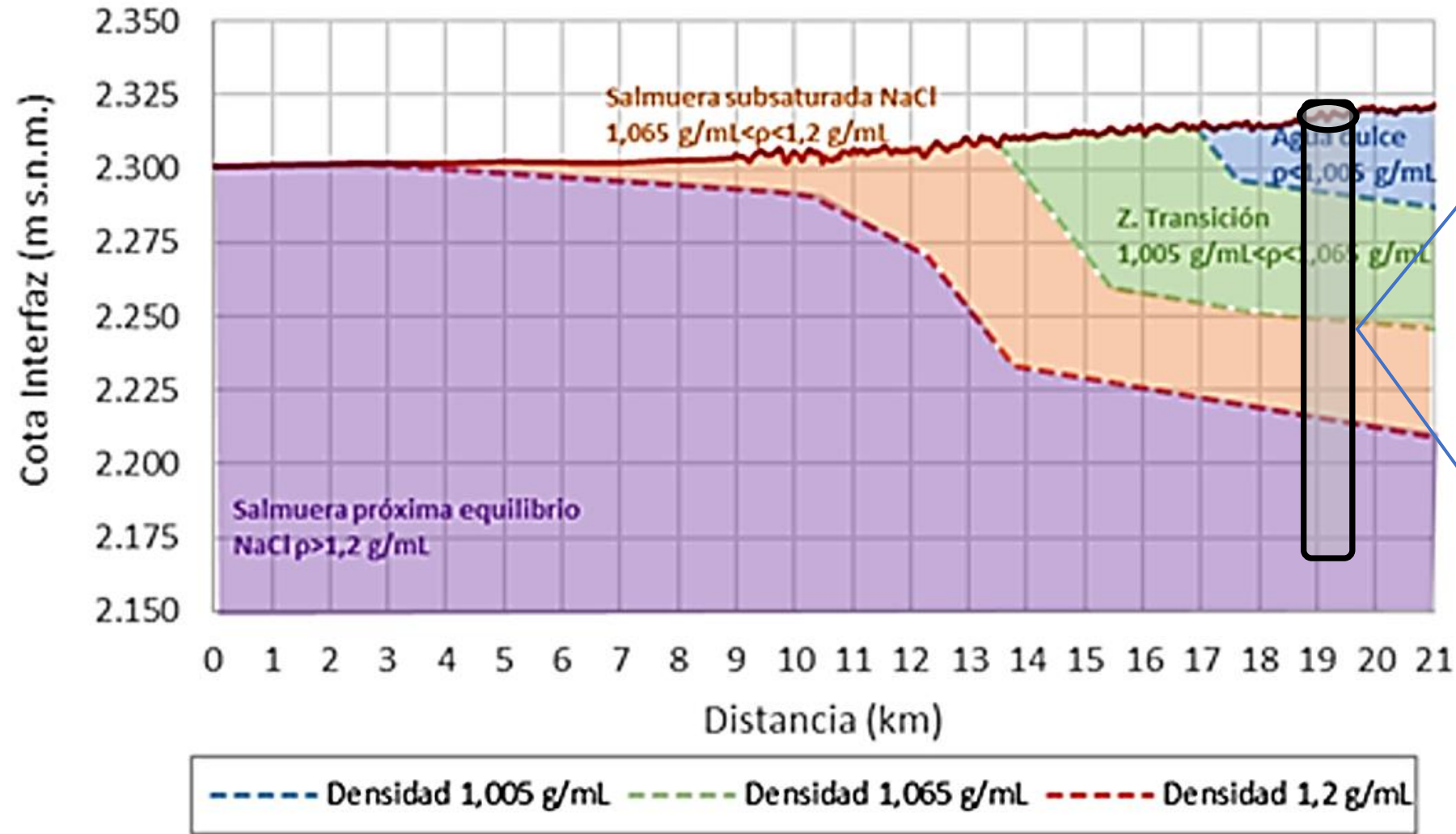
DINÁMICAS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS ACUIFEROS.

- El agua a medida que avanza, atraviesa diferentes materiales geológicos, disolviendo (lixiviando) los minerales contenidos en ellos.
- Al tener más iones en disolución, que son aportados por los minerales, el agua va aumentando su conductividad eléctrica.(capacidad de un fluido para transmitir la corriente). Se expresa en $\mu\text{S}/\text{cm}$ o mS/cm .
- En esta zona, por su composición y las condiciones ambientales, sufre constantes procesos de evaporación que modifican sus características, entre ellas la densidad.
- La salmuera se caracteriza por tener una conductividad mayor a $200.000 \mu\text{S}/\text{cm}$ o $200 \text{mS}/\text{cm}$. Y una densidad mayor a $1,2 \text{gr}/\text{cc}$.
- Los cambios mencionados modifican parámetros importantes del agua como lo son la conductividad eléctrica y la densidad (gr/cc).

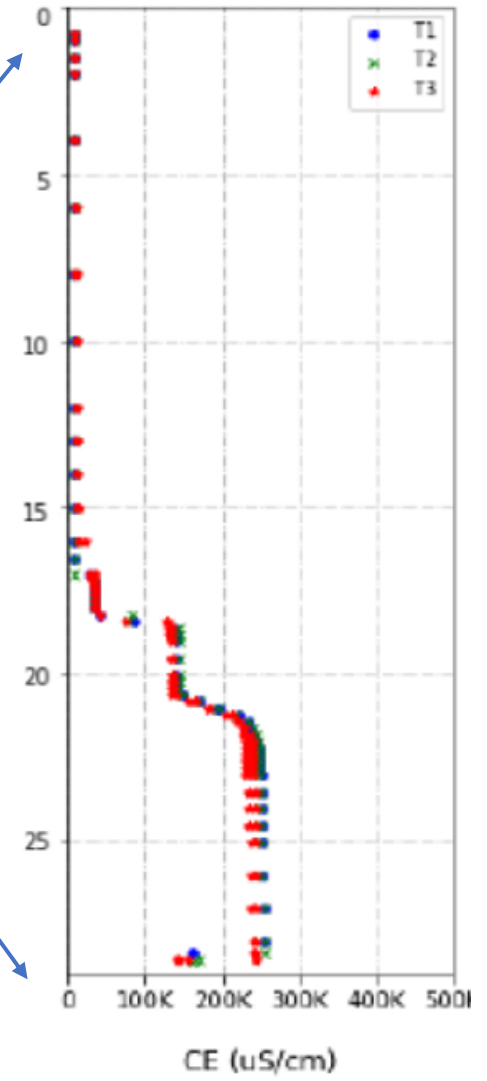
Fuente: Modificado de
(<https://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyectoAction.php?nombre=plan%20de%20reduccion%20de%20extracciones%20en%20el%20Salar%20de%20Atacama>)



DINÁMICAS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS ACUIFEROS:



2020



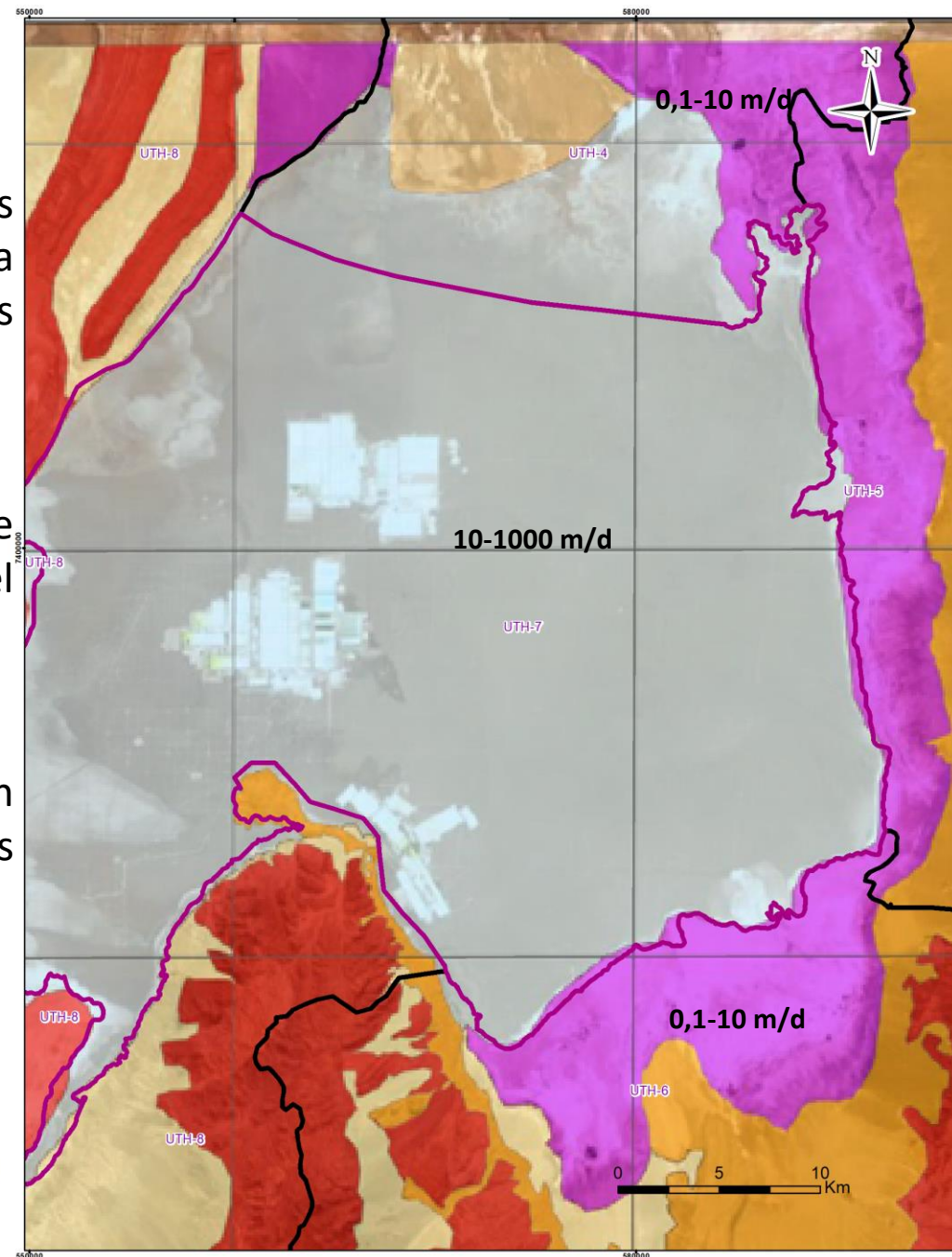
Fuente: Modificado de <https://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyectoAction.php?nombre=plan%20de%20reduccion%20de%20extracciones%20en%20el%20Salar%20de%20Atacama>

DINÁMICAS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS ACUIFEROS.

- La **permeabilidad** que se encuentra al interior de la UTH-7 tiene órdenes de magnitud más elevadas que las que se encuentran en la zona marginal. Lo que condiciona el comportamiento de los flujos subterráneos.
- **Condiciones fisicoquímicas:** las diferencias de densidad entre el agua de recarga y la salmuera en una zona de baja permeabilidad limitan el potencial de mezcla de ambos sistemas (salmuera/agua salobre)
- Las **diferencias de densidad entre el agua de recarga y la salmuera** en una **zona de baja permeabilidad** limita la mezcla de ambos sistemas (salmuera/agua salobre).

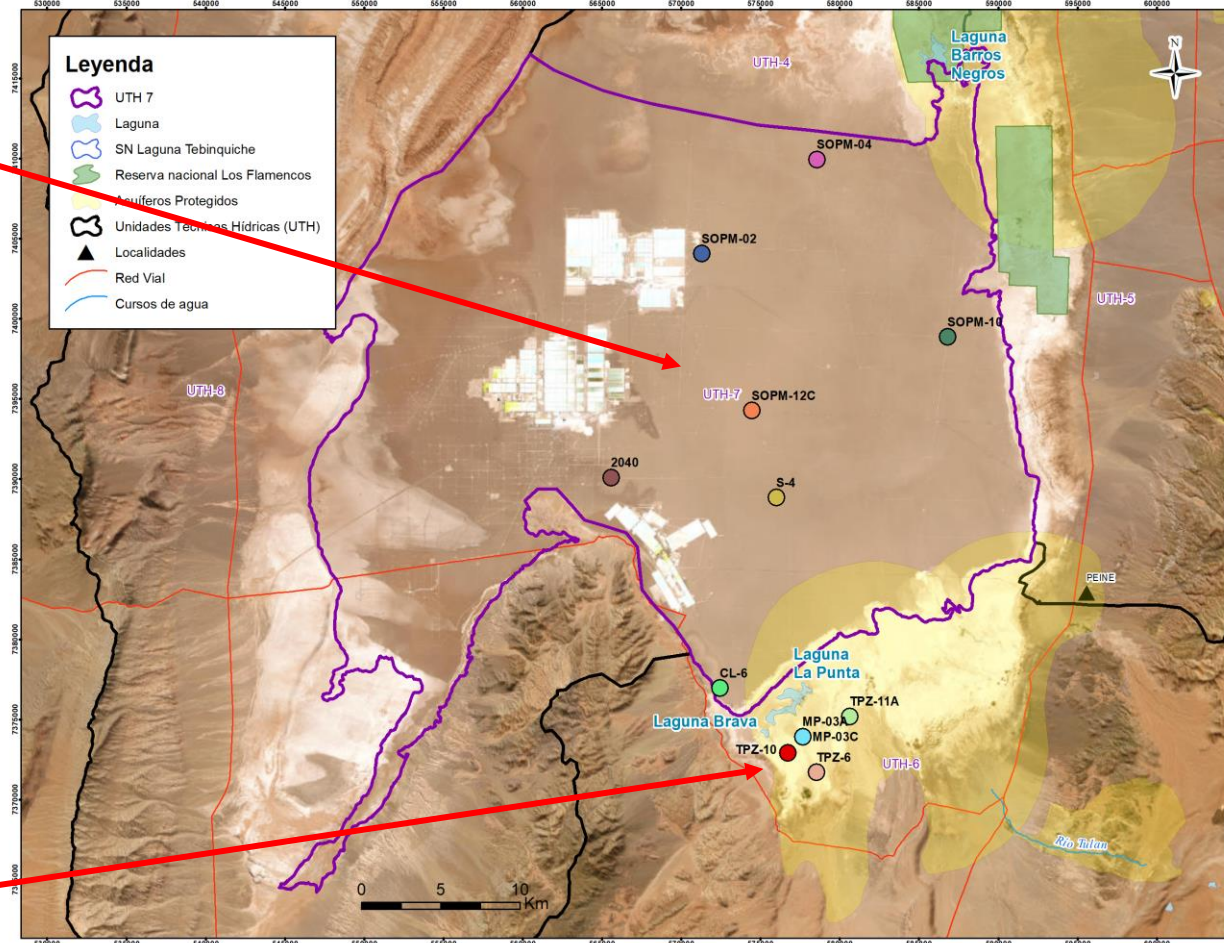
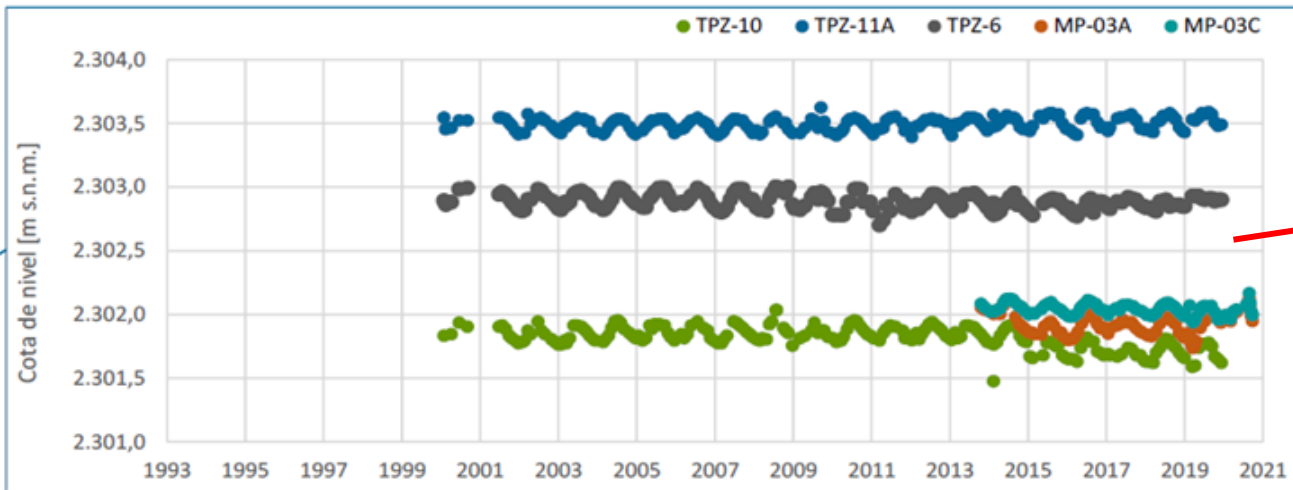
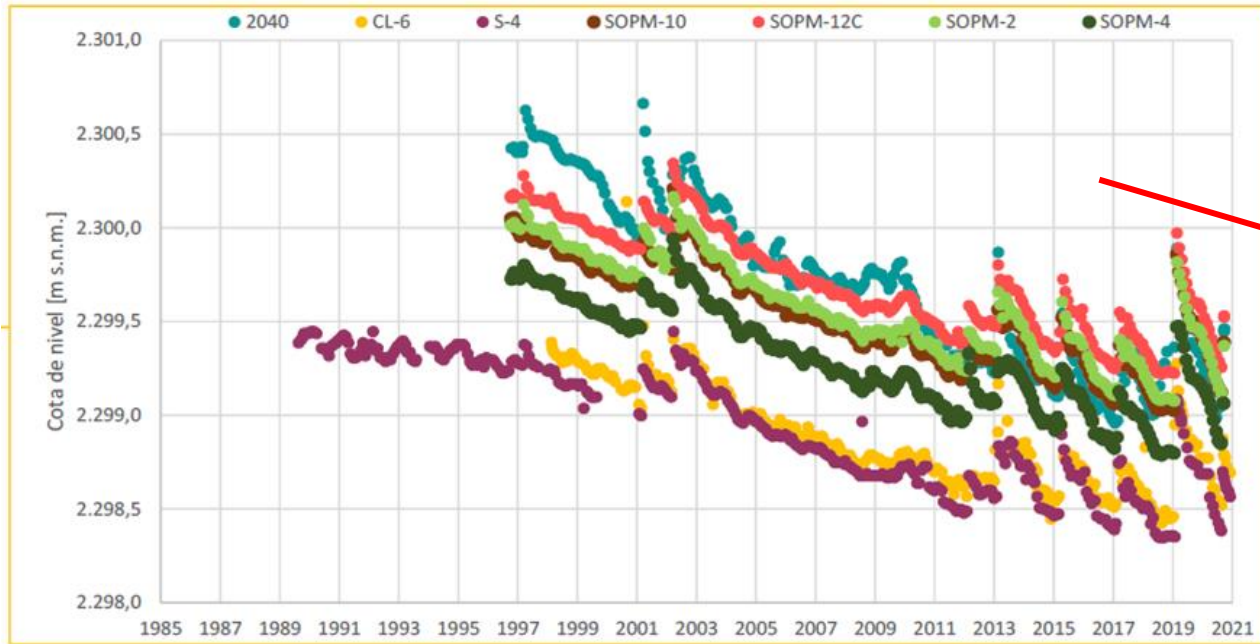
Leyenda

	Depósitos no consolidados		Zona Marginal
	Delta San Pedro		Volcanosedimentaria
	Halita Superior		Basamento



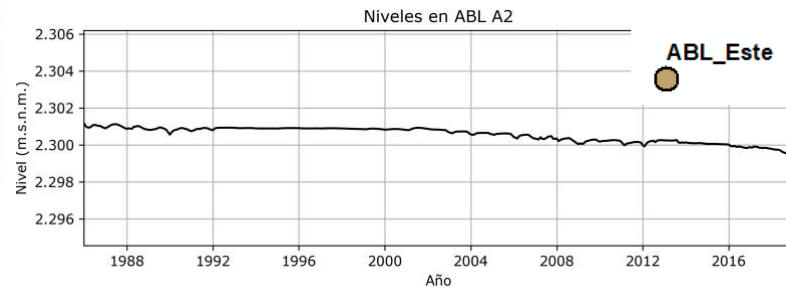
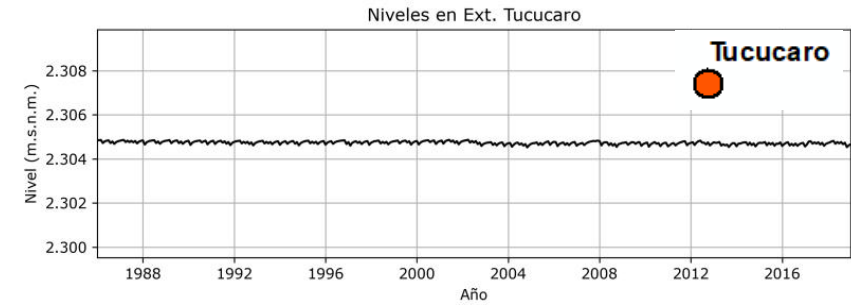
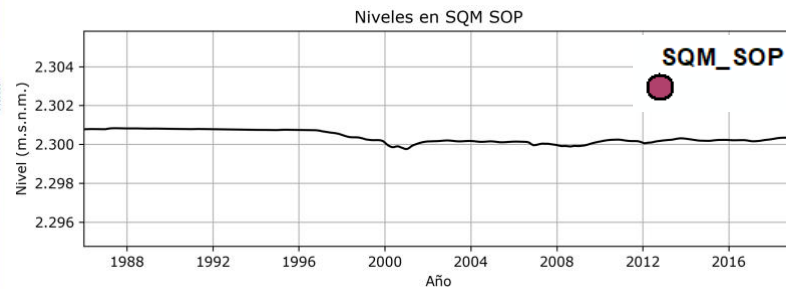
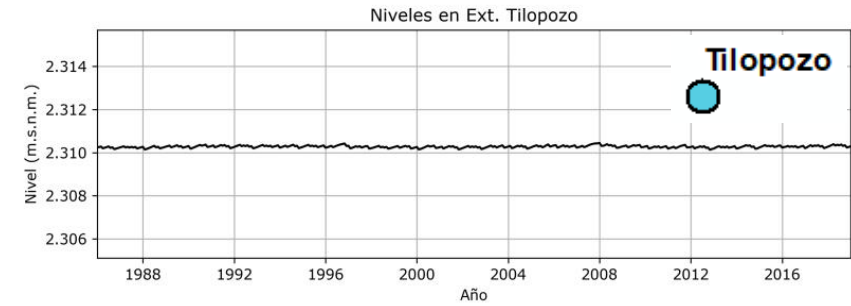
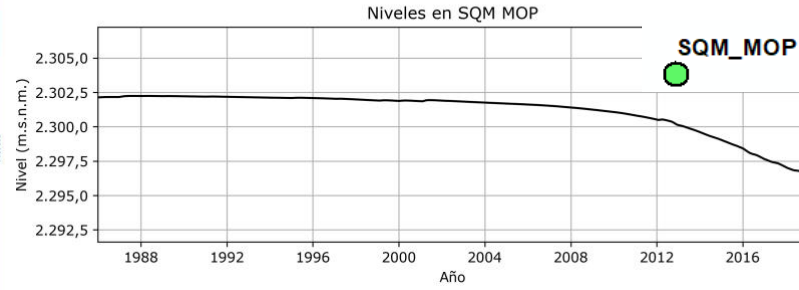
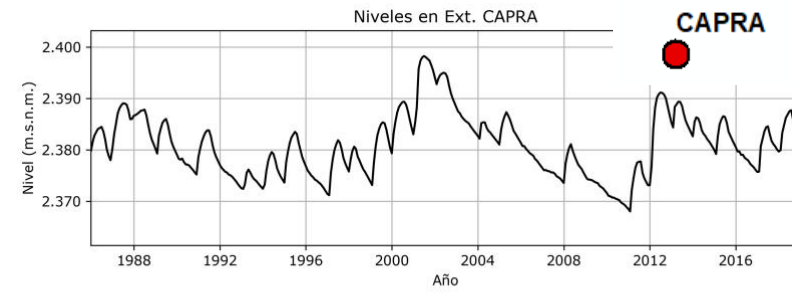
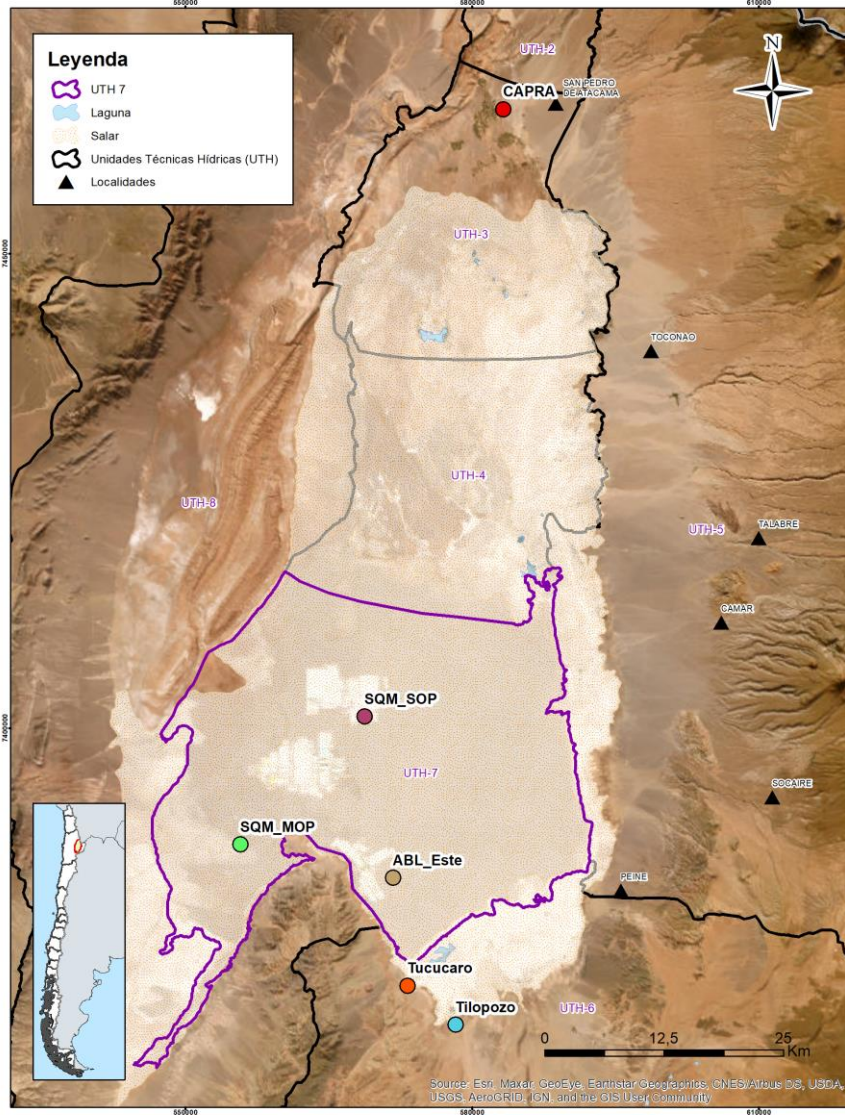
DINÁMICAS DE FUNCIONAMIENTO

- Los efectos del bombeo en el núcleo quedan contenidos por la zona marginal de baja permeabilidad.



Fuente: Modificado de
(<https://snifa.sma.gob.cl/SeguimientoAmbiental/Ficha/112801>)

DINÁMICAS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS ACUIFEROS:





Actividad participativa grupal



Mesa Multiactor
SALAR DE ATACAMA