

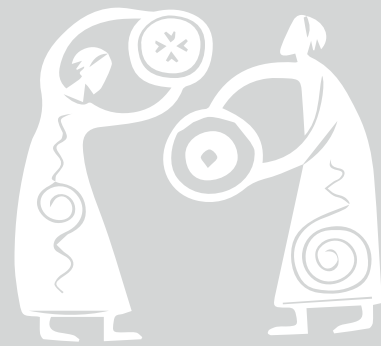


Mesa Multiactor
SALAR DE ATACAMA

**Explorando la cuenca
Salar de Atacama
UN VIAJE POR EL AGUA**

1 CICLO

OLCIC



En este primer ciclo abordaremos algunos conceptos asociados a las aguas superficiales y subterráneas y su interacción, con especial atención en el Salar de Atacama. En la primera sección trataremos el ciclo hidrológico, poniendo atención en los procesos y en cómo se visualizan las aguas en nuestro entorno. En la segunda, hablaremos sobre la interacción entre aguas superficiales y subterráneas, en base a ejemplos del Salar de Atacama. La tercera sección se enfoca en los medios que nos permiten aproximarnos a cuánta agua disponemos en nuestra cuenca.

GLOSARIO

1 Acuífero: Formación geológica permeable que permite la circulación y el almacenamiento del agua subterránea a través de sus poros o grietas.

2 Balance hídrico: Cuantificación del agua que entra y que sale de la cuenca. Considera la cuantificación del agua proveniente de las precipitaciones, cuantificación de la escorrentía, evaporación, evapotranspiración, infiltración, flujo subterráneo y consumo humano. Es el resultado de las entradas de agua a la cuenca, menos las salidas.

3 Cambio climático: Variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que provoca cambios en la temperatura del planeta, las precipitaciones y la composición de la atmósfera mundial, entre otras variables ambientales, que se suman a la variabilidad natural del clima.

4 Cuenca hidrográfica: Una cuenca es una porción del territorio en la cual las aguas fluyen naturalmente por cauces, sean estos ríos, esteros o quebradas, hacia un mismo punto. La cuenca está delimitada por la línea de altas cumbres donde se genera la divisoria de las aguas, que separa una cuenca de otra; línea que está determinada por la forma del terreno.

5 Conductividad hidráulica: Parámetro hidráulico que hace referencia a la velocidad del movimiento del agua dentro del acuífero, sus unidades se expresan en distancia en función del tiempo (m/d, m/s). Se abrevia con la letra K. Mientras más alto el valor de K, el agua dentro del acuífero se mueve con mayor facilidad.

6 Cuña salina o interfaz salina: Surge del contacto de agua dulce y salmuera, ambos fluidos tienen una gran diferencia de densidad lo que provoca el surgimiento de esta cuña.

7 Hidrogeología: Ciencia que estudia las aguas subterráneas en consideración a su origen, circulación, características físicas químicas y biológicas.

8 Modelo de simulación o modelo numérico: Representación matemática del funcionamiento de un modelo conceptual (modelo lógico teórico que describe el funcionamiento de un sistema hidrogeológico). El modelo numérico permite realizar proyecciones en el tiempo, ya sea pasado o futuro, permitiendo conocer la respuesta del sistema ante un cambio en una de sus variables como, por ejemplo, cambio en las extracciones, en la recarga o en la descarga; es decir, permite predecir escenarios futuros. Es una herramienta que contribuye muy apropiadamente a la gestión del acuífero.

9 Porosidad: Corresponde al volumen de poros existente en un material geológico que puede ser ocupado por el agua subterránea. Existen dos tipos de porosidad, porosidad primaria o intergranular, que es el espacio presente entre los granos; y la porosidad secundaria, que es el espacio que existe entre fracturas de las rocas.

10 Salmuera: Mezcla natural acuosa que se encuentra 100% saturada con sales disueltas en agua, es decir, la salmuera ya no tiene capacidad de incorporar más elementos químicos en la mezcla, no tiene capacidad de disolver sales. Si bien no existe una definición oficial de lo que se considera salmuera, la mayoría de los estudios realizados plantean que ésta debe tener una conductividad eléctrica igual o mayor a 200.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y una densidad superior a 1,15 mg/cc^3 .

11 Sector hidrogeológico de aprovechamiento común: Es un acuífero o una parte de éste, cuyas características hidrológicas espaciales y temporales permiten una delimitación para efectos de su evaluación hidrogeológica o gestión, en forma independiente.

01 CICLO HIDROLÓGICO



El ciclo hidrológico corresponde a una representación “del movimiento, distribución y circulación general de las aguas en la tierra” (Espildora et al. 1975), la cual experimenta diferentes estados físicos, siendo estos:

1

Estado gaseoso

Cuando el agua se encuentra como vapor de agua en la atmósfera. Por ejemplo, las nubes o la neblina.

2

Estado líquido

Cuando el agua fluye o se almacena en la superficie de la tierra o bajo esta. Por ejemplo, las lluvias, ríos, lagunas.

3

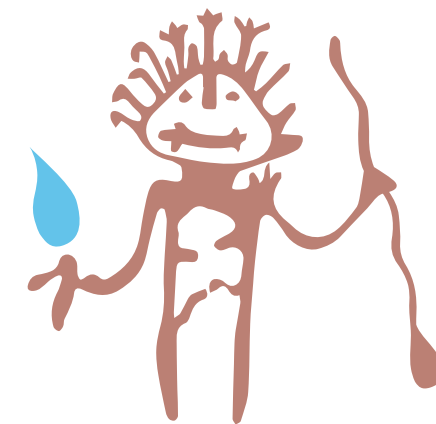
Estado sólido

Cuando el agua se encuentra en forma de nieve o glaciar.

Los movimientos de agua dentro de este ciclo ocurren a través de diferentes procesos (ver Ilustración 1), entre ellos:

Precipitación: Proceso en el cual el agua almacenada en nubes en la atmósfera cae a la superficie de la tierra producto de un cambio de temperatura o presión. Este proceso puede ser en estado líquido (lluvia), o en estado sólido (nieve, granizo). Es importante mencionar que la precipitación generalmente constituye la principal entrada de agua a las cuencas hidrográficas.

Condensación: En este proceso, el agua en estado gaseoso pasa a estado líquido debido al enfriamiento.



El ciclo hidrológico

“involucra un proceso de transporte recirculatorio e indefinido o permanente, este movimiento permanente del ciclo se debe fundamentalmente a dos causas: el sol que proporciona energía y la gravedad terrestre que hace que el agua condensada descienda (precipitación y escurrimiento)” (GWP, 2011)

Sublimación: El agua sólida se transforma directamente en vapor de agua sin pasar por el estado líquido.

Evaporación: El agua pasa de estado líquido a estado gaseoso. Este proceso ocurre en las aguas almacenadas en lagunas, lagos y los océanos; en las aguas almacenadas sobre el suelo (charcos); y en las aguas almacenadas sobre la vegetación. También ocurre desde acuíferos que tienen su nivel freático muy cercano a la superficie, por lo general menos de 2 metros de profundidad, como el caso del Salar de Atacama.

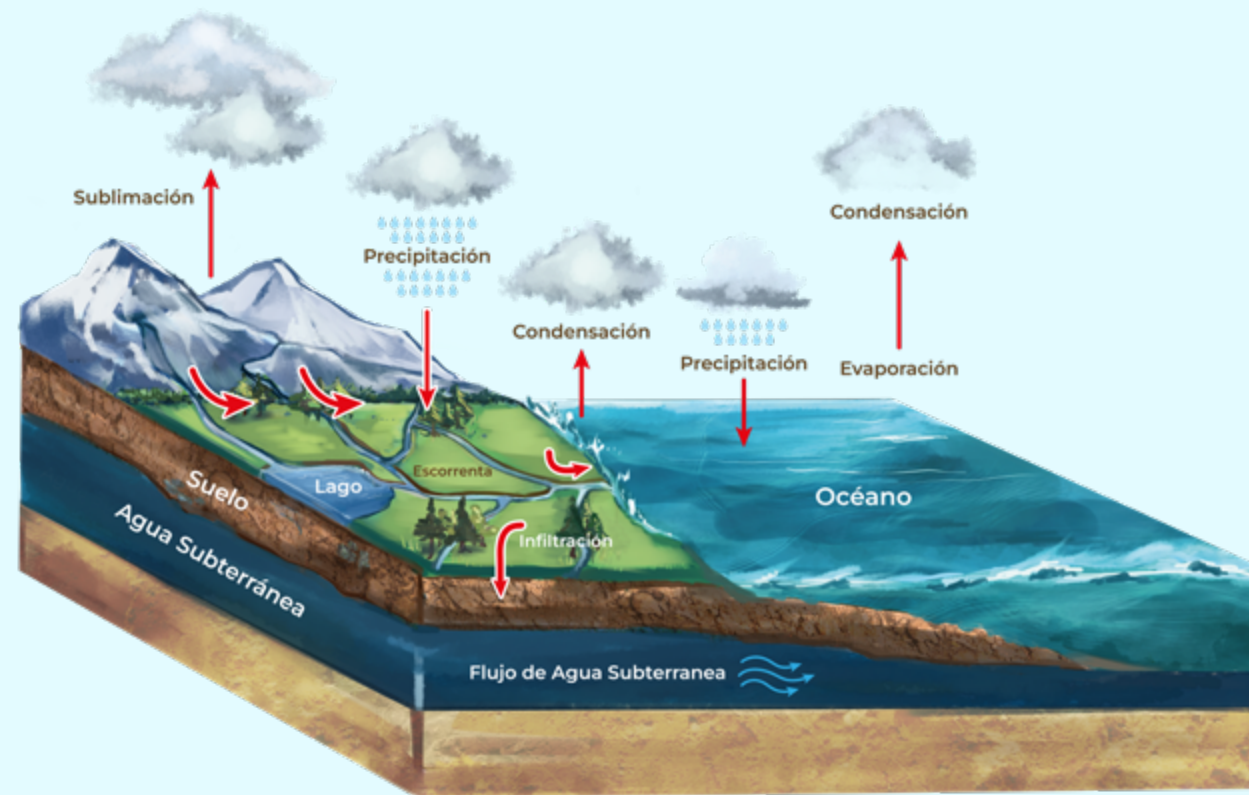
Infiltración / percolación: Corresponde al movimiento del agua desde la superficie de la tierra hacia las capas más profundas del suelo. Este movimiento ocurre a través de los poros del suelo y de grietas en las rocas.

Escorrentía: Corresponde a aquella parte de la precipitación que se visualiza como flujo de agua superficial en un río o quebrada.



Ilustración 1

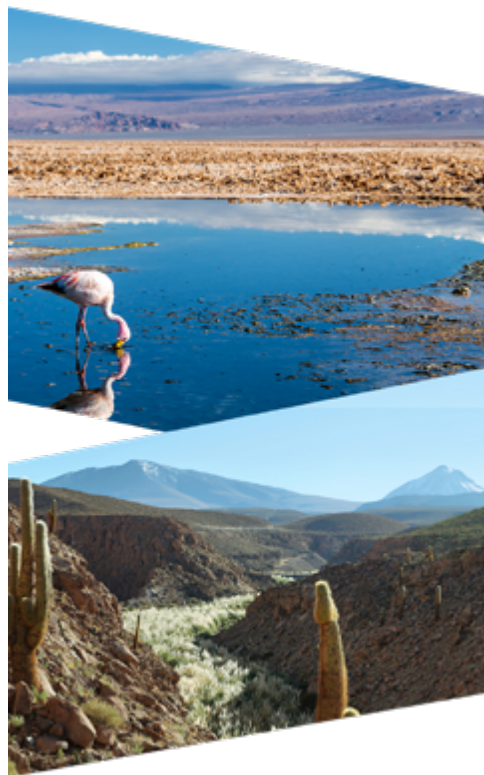
Representación del ciclo hidrológico.
Fuente: GWP, 2011.



¿Qué es una cuenca hidrográfica?

Es una ciudad, de una región o de una cuenca hidrográfica. Una cuenca es una porción del territorio en la cual las aguas fluyen naturalmente por cauces, sean estos ríos, esteros o quebradas, hacia un mismo punto. La cuenca está delimitada por la línea de altas cumbres donde se genera la divisoria de las aguas, que separa una cuenca de otra, línea que está determinada por la forma del terreno (ver Ilustración 2).

La cuenca del Salar de Atacama (Imagen 1) es de tipo endorreico, es decir, sus aguas no tienen salida al mar, sino que se dirigen hacia la parte más baja del territorio que conforma la cuenca.



La cuenca hidrográfica

es la unidad ideal para la gestión del agua, ya que corresponde a la unidad básica de análisis del ciclo hidrológico.

Ilustración 2

Esquema de cuenca hidrográfica. Fuente: SEA, 2023, adaptado de Adobe Stock.



Imagen 1

Cuenca del Salar de Atacama. Fuente: GIZ 2023a.



¿A qué denominamos aguas superficiales?

Las aguas superficiales son aquellas que fluyen sobre la superficie de la tierra y son visibles por el ser humano. Ejemplos de aguas superficiales son los ríos, esteros, quebradas, lagunas y lagos. En la cuenca del Salar de Atacama los cuerpos de agua superficiales principales son el río San Pedro y el río Vilama, además de todos los cuerpos lagunares que se desarrollan en la parte baja de la cuenca.

El río San Pedro nace de la unión de los ríos Salado y Grande y, a su vez, el río Vilama, de los ríos Puritama y Puripica. El río Grande proviene de la unión en la alta cordillera de los ríos Jauna y Putana (Imagen 2).

En cuanto a quebradas, es decir, cursos intermitentes de agua que se activan principalmente en eventos de fuertes precipitaciones, se destacan especialmente las del lado este de la cuenca, identificándose de norte a sur:

Quebrada de Zapar, Quebrada de Aguas Blancas, Quebrada de Soncor, Quebrada Camar, Quebrada El Toro, Quebrada Mal Paso y Quebrada Sicipo.

¿Sabías que existen diferentes tipos de cuencas?

1 Cuencas exorreicas

Son aquellas en las que existe al menos un flujo de agua superficial que desemboca en el mar durante todo el año.

2 Cuencas endorreicas

Presentan escurrimiento superficial, pero sus cauces intermitentes no logran llegar al mar.

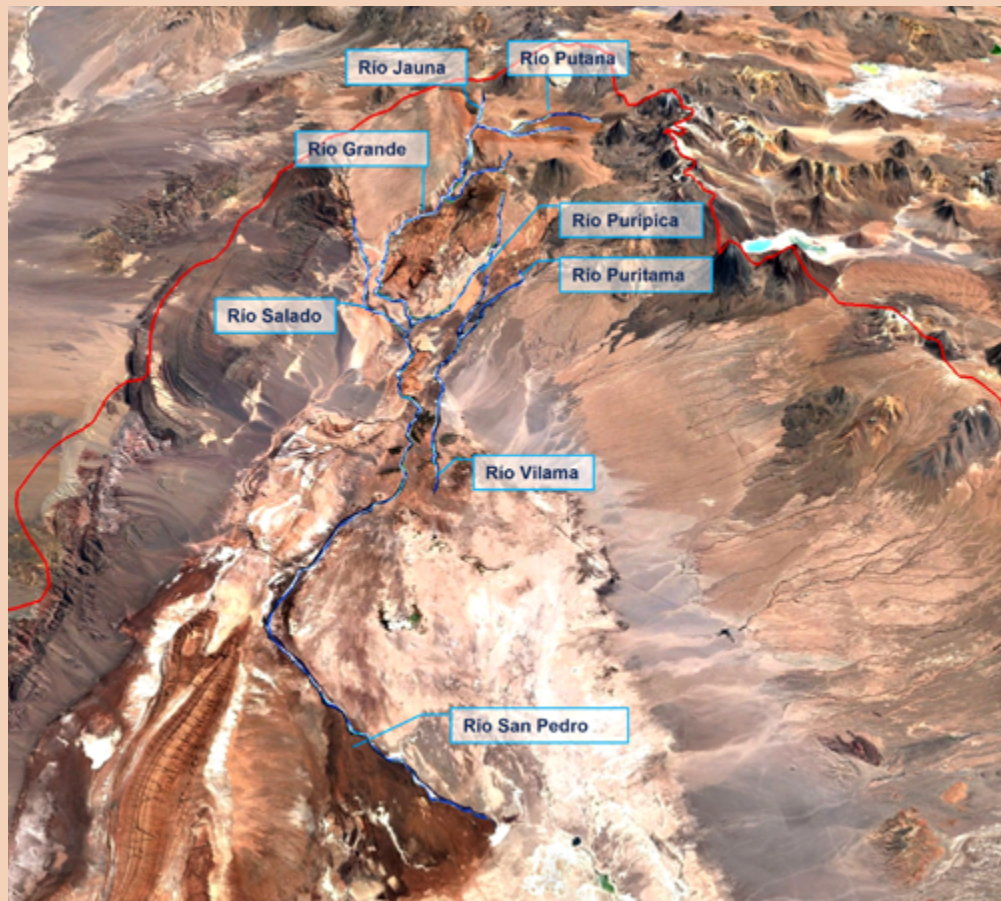
3 Cuencas arreicas

No presentan flujos de agua superficiales que desemboquen en un cuerpo de agua como mar o lago, por ejemplo.



Imagen 2

Ríos de la cuenca del Salar de Atacama.
Fuente: Elaboración propia.



La cuenca del Salar de Atacama se destaca también por una presencia importante de sistemas lagunares. Las más importantes son las lagunas de Cejar y Tebenquiche, que son generadas por afloramientos de agua subterránea.

El sistema Soncor por su parte, está conformado por tres lagunas de importancia ecológica: Puilar, Chaxa y Barros Negros. Estas son originadas principalmente por flujos subterráneos provenientes de las zonas más altas de la cuenca y por las precipitaciones (al norte y noreste de ésta), las cuales se infiltran y afloran nuevamente en los sectores más bajos.

Así también está el sistema Peine conformado por las Lagunas Salada, Interna y Saladita, aguas de Quelana ubicada en la zona centro-este del salar y La Punta-La Brava.



¿Qué son los acuíferos?

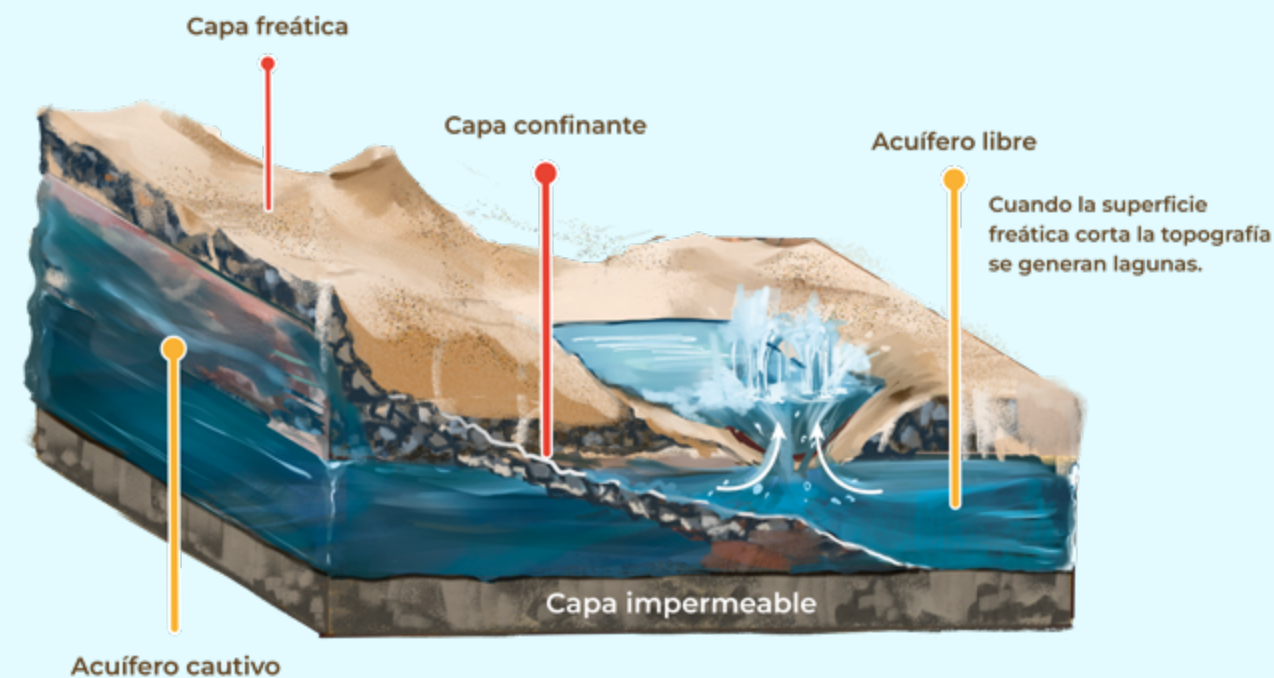
Los acuíferos son formaciones geológicas permeables que permiten la circulación y el almacenamiento del agua subterránea a través de sus poros o grietas. Un acuífero, comparado con las aguas superficiales, se caracterizan por la baja velocidad en el movimiento del agua subterránea. Existen acuíferos que contienen agua que ha tardado décadas o incluso milenios o siglos en acumularse, dependiendo de las características físicas del suelo como la permeabilidad.

Además, el agua subterránea puede encontrarse de dos formas en el subsuelo (ver Ilustración 3), dependiendo de la presión que estas aguas presenten, estas pueden estar de forma confinada y no confinada.



Ilustración 3

Acuíferos confinados y libres.
Fuente: GLZ, 2023c / Sánchez, 2014.





Agua no confinada

La primera forma es la “no confinada”, en la cual el agua se encuentra a la misma presión que la atmósfera, esto se debe a que no existe una capa de material de baja permeabilidad que la confine. Por lo tanto, este acuífero puede recargarse desde la superficie de la tierra a través de la infiltración por precipitación o excedentes del riego, como también por aportes de cauces de río o aportes laterales. Se le denomina acuífero libre o no confinado.



Agua confinada

La segunda forma es la “confinada”, en la cual el agua se encuentra a presión. Este acuífero se encuentra limitado en la parte superior por una capa de suelo o techo de baja permeabilidad y por lo tanto de menor transmisividad de manera que el agua se encuentra a una presión mayor a la atmosférica. Cuando un pozo atraviesa la capa confinante del acuífero, el agua sube por el tubo hasta que se estabiliza a una profundidad que corresponde a su nivel piezométrico en algunos casos esta agua aflora a la superficie. La recarga de los acuíferos, en general, se produce de manera lateral o la zona de recarga está a mayor altura que la capa de confinamiento (la capa de baja permeabilidad). A estos acuíferos se les denomina acuíferos confinados o cautivos. Un ejemplo concreto de lo descrito es lo que se observa en el pozo 3 en San Pedro de Atacama.

¿Sabías que los acuíferos se pueden clasificar de acuerdo a la capacidad de almacenamiento y transmisión del agua?

1

Acuíferos:

Formaciones geológicas que se caracterizan por ser buenos depósitos y transmisores de agua subterránea (cantidad y velocidad).

2

Acuitardos:

Formaciones geológicas que poseen buenas condiciones para almacenar agua, pero son catalogados como malos transmisores de agua subterránea, debido a que el agua se moviliza con lentitud y dificultad en su interior. Explotar el agua subterránea de estos medios es muy costoso (por ejemplo, limos).

3

Acuícludos:

Formaciones geológicas que poseen buenas condiciones para almacenar agua, pero no los transmisores (p.ej.- las arcillas).



Los acuíferos semiconfinados son aquellos que se encuentran bajo una capa de suelo con reducida permeabilidad, lo cual permite la recarga del acuífero a menores velocidades.

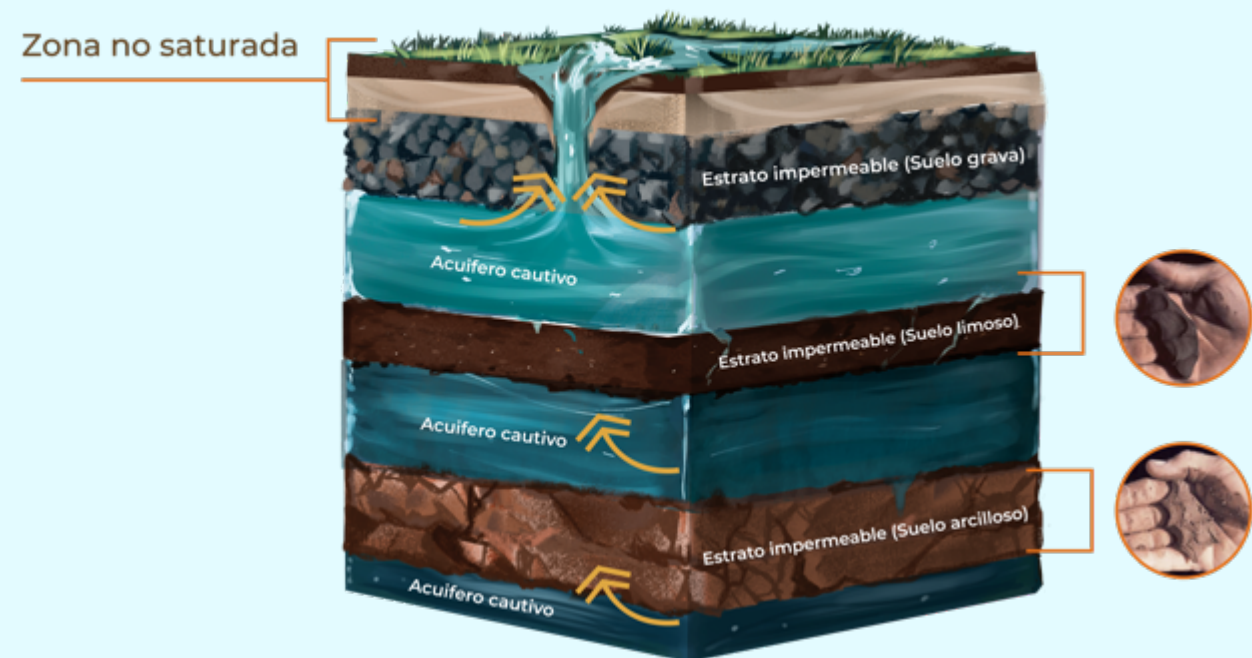
Por último, otra configuración a destacar son los acuíferos multicapa (Ilustración 4). Son formaciones geológicas en las que se encuentran capas de materiales o estratos de distinta permeabilidad y características hidráulicas. Estas capas en algunos sectores pueden originar acuíferos confinados o semiconfinados.

Además, entre estas capas existe un grado de interconexión que permite el paso del agua entre ellas, con mayor o menor dificultad, según sean las características de cada capa. En la cuenca del Salar de Atacama podemos encontrar esos tipos de acuíferos, dependiendo del sector que estemos analizando.



Ilustración 4

Acuíferos multicapa.
Fuente: GIZ, 2023c / USGS.



02 RELACIÓN ENTRE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS

Las aguas superficiales y subterráneas presentan diferentes interacciones a lo largo de la cuenca. Estas interacciones corresponden, a movimientos de agua desde las aguas superficiales a las subterráneas o viceversa. El agua superficial se mueve hacia los acuíferos a través de la infiltración.

En el caso de los ríos, estos interactúan con las aguas subterráneas de acuerdo a las características de su lecho.

El río puede aportar aguas al acuífero en el caso que el nivel freático se encuentre por debajo del lecho o, en algunos casos, el acuífero puede aportar aguas al río, cuando el nivel freático está a una altura igual o superior al lecho del río (Ilustración 5). Lo anterior también está relacionado directamente con la permeabilidad de los materiales que conforman el lecho del río.



Ilustración 5

Esquemas de interacción entre agua superficiales y subterráneas Fuente: CNR, 2019.

Figura 9B
Cauce ganador



Figura 9C
Cauce perdedor



Figura 9D
Cauce perdedor desconectado



Los movimientos de agua en el suelo ocurren por la existencia de espacios (poros, grietas y fracturas) que se encuentran en los materiales geológicos que conforman el suelo y las rocas (Ilustración 6). El nivel de porosidad, es decir, el tamaño de estos espacios que conforman el suelo, favorecerá o dificultará el movimiento del agua, y es lo que se conoce como permeabilidad o conductividad hidráulica, que es uno de los parámetros hidráulicos más importantes en hidrogeología.

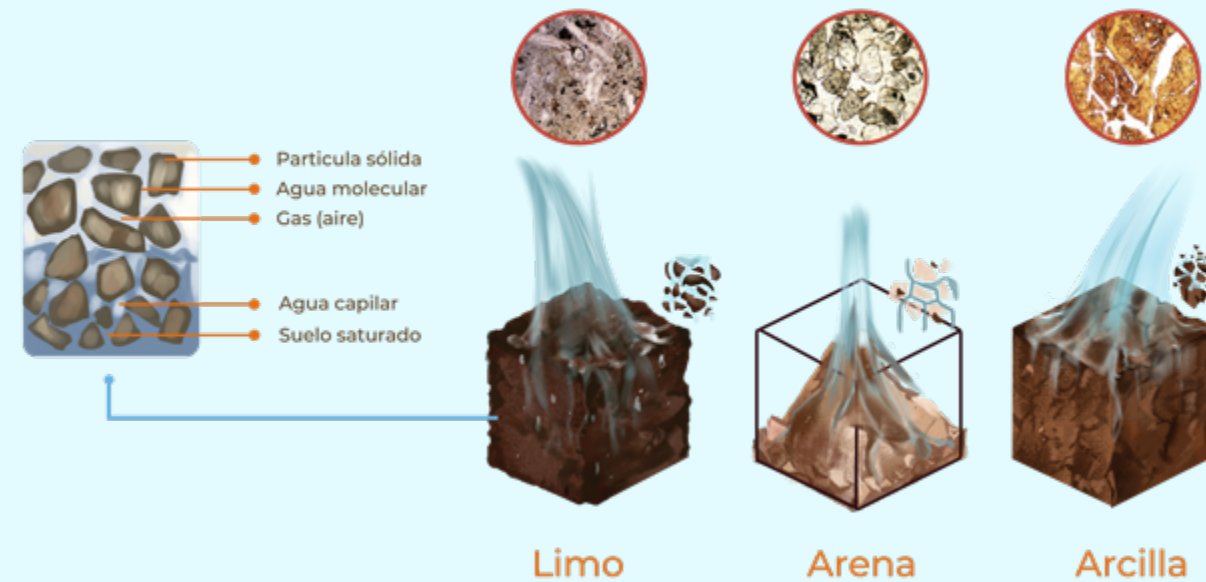
Este parámetro representa la facilidad o dificultad con que el agua (o una partícula de esta) se mueve en el suelo, y que se interpreta como la distancia que recorre el agua en función del tiempo, expresado en unidades como: metros por día (m/d), metros por segundo (m/s), etc. Semejante a las unidades utilizadas para definir la velocidad km/h de un vehículo.



Ilustración 6

Poros del suelo, Fuente: Wikipedia / The COMET Program.

Variación en la infiltración por textura del suelo



¿Cómo circula el agua en la cuenca del Salar de Atacama?

Las precipitaciones que caen sobre la cuenca, desde los sectores más altos de la cuenca al núcleo del Salar (sector más bajo), van modificando sus características en su recorrido tanto superficial como subterráneo, debido a la interacción con el suelo y las rocas, enriqueciéndose de minerales que son aportados por esta interacción. Además, producto de la baja humedad atmosférica, altas tasas de radiación solar y las elevadas temperaturas, el agua en la cuenca del Salar de Atacama está en un constante e intenso proceso de evaporación.

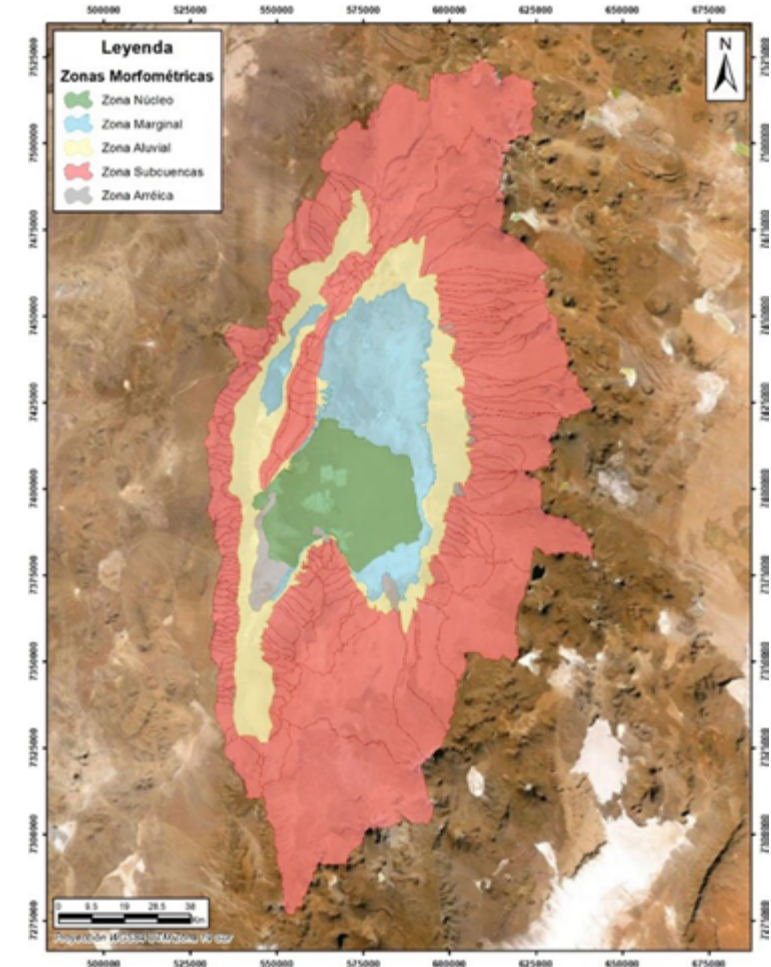
Asimismo, la cuenca del Salar de Atacama presenta condiciones particulares que influyen en los flujos superficiales y subterráneos y en la capacidad de desplazamiento del agua subterránea una vez que ocurre la infiltración, lo cual se relaciona con la geomorfología de esta cuenca, las características geológicas de sus materiales y las condiciones climáticas de la cuenca.

Si se observa la Ilustración 7 se pueden reconocer diferentes zonas de acuerdo con estas características que van definiendo la forma en como escurren, infiltran y se mueven las aguas en la cuenca.



Ilustración 7

Zonas morfométricas de la cuenca del Salar de Atacama. Fuente: GIZ, 2023d.





Zona subcuencas:

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



Zona aluvial:

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



Zona marginal:

Está compuesta por diferentes materiales como limos y arcillas. En la superficie encontramos distintas sales precipitadas (salar). El agua fluye subterráneamente y aflora en ciertas zonas, lo cual ha permitido la formación de lagunas (como se explica más abajo).



Zona núcleo:

Está conformada por halita y yesos, se ha originado producto de la sucesiva y constante evaporación del agua; posee una textura granular y un alto contenido de sales, encontrándose saturada en salmuera.

El núcleo del salar, presenta un alto nivel de porosidad, haciendo que tenga una permeabilidad mayor que la zona que lo rodea (conocida como zona marginal). Es decir, el núcleo presenta una velocidad de movimiento de agua mayor que la zona marginal, la cual está conformada por materiales finos, originados por el aporte de sedimentos transportados por las quebradas, que llegan a la zona del borde del salar, y materia orgánica. Al ser materiales finos tienen una muy baja porosidad, determinando así una baja permeabilidad. Esto implica a su vez una baja velocidad de movimiento del agua.

Por lo anteriormente señalado, la conductividad hidráulica o permeabilidad es mayor en el núcleo que en la zona marginal. En el núcleo los valores de conductividad hidráulica fluctúan entre 10 y 1.000 metros por día (m/d), en la zona que lo rodea o zona marginal, es mucho menor, entre 0,01 a 10 m/d.

Debido a las diferencias de densidad entre el agua proveniente de la recarga y la densidad de la salmuera contenida en el núcleo del Salar de Atacama se genera lo que se conoce como cuña salina, o interfaz salina, que opera como una zona limítrofe entre el agua dulce y la salmuera a nivel subterráneo, y que, por lo tanto, se compone por salmuera, agua dulce que fluye por encima de la salmuera, y una mezcla de ambas.

De esta manera, el flujo de agua subterránea, proveniente de la infiltración en las zonas altas de la cuenca (recarga en la zona cordillerana y aluvial), llega a la zona marginal y se encuentra con estas zonas de baja permeabilidad que, en conjunto con la alta densidad de la salmuera, dificultan el avance del agua, generando el afloramiento de las aguas (movimiento hacia la superficie de la tierra), permitiendo el desarrollo de sistemas lagunares en el área marginal (ver Ilustración 8).

¿Sabías que la densidad de la salmuera es muy alta?

La concentración de sales de la salmuera, que es lo que se explota en el núcleo del salar, es mayor a la densidad del agua de mar y por supuesto, mucho mayor a la del agua natural. Su densidad es de 1,23 gr/cc en comparación con los 0,98 gr/cc en el agua natural o dulce.



Ilustración 8

Esquema conceptual de la interacción núcleo-cuenca. Fuente: Modificado de Marazuela 2018.

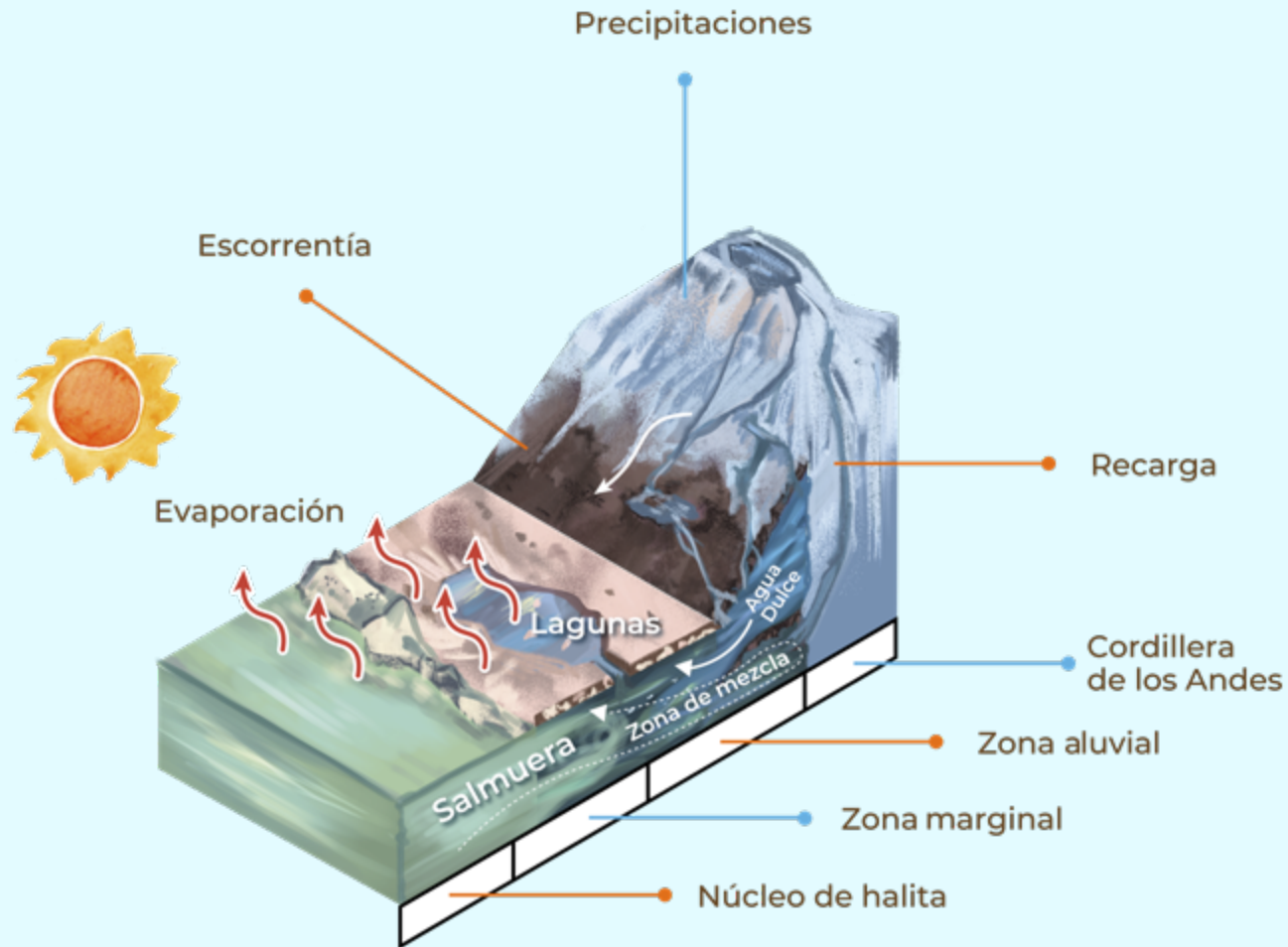
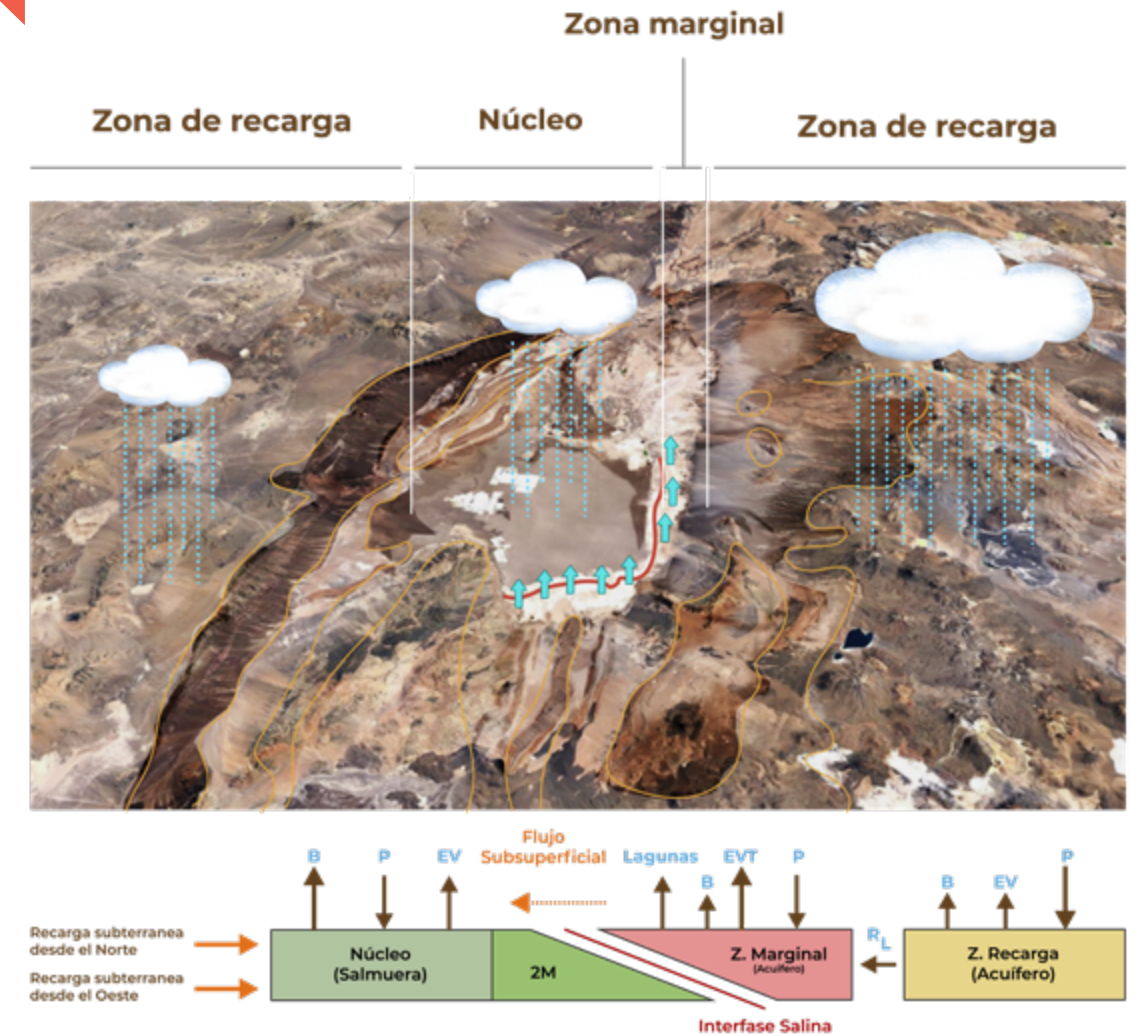


Ilustración 9

Entradas y salidas en la cuenca del Salar de Atacama. Fuente: Albemarle, 2019.



03 ¿CÓMO SABEMOS CUÁNTA AGUA HAY DISPONIBLE?

Balance hídrico

El balance hídrico es una herramienta que permite cuantificar el agua de los diferentes procesos del ciclo hidrológico en un lugar determinado, por ejemplo, en la cuenca hidrográfica o una ciudad. Es decir, busca cuantificar el agua que entra, el agua que sale y el agua que permanece en el lugar, al que llamaremos “sistema”.

Así, la cuenca del Salar de Atacama corresponde a un sistema, que tiene entradas como las precipitaciones (sólidas y líquidas), que caen sobre la cuenca, y los flujos de agua que fluyen sobre (escorrentía superficial) y bajo la tierra (flujos subterráneos).

La distribución de las precipitaciones, es decir el agua caída dentro de la cuenca, está determinada principalmente por la altura del terreno y la ubicación de cada sector, por lo que las diferentes zonas de la cuenca tienen distintas distribuciones de precipitaciones (ver Ilustración 9).

Las salidas serían aquellos volúmenes de agua que son evaporados del sistema, y consumidos por la vegetación y las personas. En la cuenca, una salida significativa es la evaporación, considerando la alta temperatura y radiación solar. Otras salidas son las extracciones de agua subterránea para diversos usos como la agricultura, el consumo humano (APR/SSR, turismo) y la actividad minera.

El agua que permanece en la cuenca corresponderá la diferencia de las entradas y las salidas, lo que sería equivalente al agua que queda almacenada en la cuenca del Salar de Atacama.

Por lo tanto, el balance hídrico nos permite aproximarnos a cuánta agua tenemos disponible en la cuenca para nuevas actividades, también nos permite estimar cuánta agua ya se encuentra en uso y visualizar estos volúmenes en comparación a las entradas que tiene nuestro sistema.

¿Sabías que en la cuenca del Salar de Atacama existe modelo de simulación?

Los modelos son representaciones de la realidad que nos permiten relacionar los componentes y variables de un sistema, en este caso, puede ser una cuenca o la sección superficial o subterránea de esta.

En el caso del Salar de Atacama, el modelo integra los componentes superficiales y subterráneos del sistema hidrológico de la cuenca (a esto se le llama “modelo acoplado”) y sirve para proyectar o simular balances futuros.

Este modelo se generó en el plan estratégico de gestión hídrica (PEGH) de la cuenca del Salar de Atacama, estudio encargado por la dirección general de aguas (DGA) y desarrollado por la Pontificia Universidad Católica de Chile.



Cambio climático

El cambio climático corresponde a la variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que provoca cambios en la temperatura del planeta, las precipitaciones y la composición de la atmósfera mundial, entre otras variables ambientales, esto se suma a la variabilidad natural del clima.

El cambio climático es un proceso de gran incertidumbre. A la fecha, sólo existen proyecciones y diversos escenarios futuros que se basan en los aumentos de temperatura esperados. Sin embargo, las consecuencias exactas de estos aumentos son inciertas y dependen del territorio a abordar.

En este contexto, es importante tener en cuenta que, al analizar información relacionada con el agua como el balance hídrico o al leer documentos técnicos, es necesario considerar que la información puede o no contemplar las implicancias vinculadas al cambio climático.

Los efectos proyectados del cambio climático para la cuenca del Salar de Atacama evidencian un alto nivel de incertidumbre. Las proyecciones de los modelos muestran incrementos de la temperatura media de al menos 1 °C hacia el año 2050. Respecto a las precipitaciones, las proyecciones muestran un incremento hacia el año 2050 (DGA-PUC, 2021).

Hoy en día, los estudios que se realizan han incorporado el cambio climático en los modelos de simulación para cuantificar volúmenes de agua proyectados y generar balances hídricos proyectados.

Modelos hidrogeológicos

Los modelos son representaciones de la realidad que nos permiten relacionar los componentes y variables de un sistema, en este caso, puede ser una cuenca o la sección superficial o subterránea de esta. Cuando el modelo representa una sección subterránea de la cuenca, se trata de un modelo hidrogeológico.

En hidrogeología, el modelo conceptual es una representación teórica de cómo funciona un sistema hidrogeológico, es decir, cómo fluye, en qué dirección, por dónde ingresa el agua -las "entradas"-, por dónde salen del sector subterráneo -"salidas"-. El conocimiento del modelo conceptual es la base para cualquier estudio hidrogeológico, en éste se definen las entradas y salidas de agua estimadas del sistema y la interacción del agua contenida en este con el resto de los componentes. El modelo es la integración de diferentes análisis y se elabora a partir de una serie de estudios y trabajos en terreno, como monitoreos, perforaciones, entre otros antecedentes. Con este modelo, se busca comprender cómo funciona el agua a nivel subterráneo.

¿Sabías que en la cuenca del Salar de Atacama existe una modelación de escenarios futuros?

En la cuenca del Salar de Atacama se han desarrollado modelos conceptuales y numéricos.

El salar tiene un modelo hidrogeológico que permite hacer proyecciones en base a la definición de cambios de sus variables.

El último modelo desarrollado en la cuenca del Salar de Atacama fue elaborado en el contexto del plan estratégico de gestión hídrica (PEGH).

La simulación se realizó en el contexto de dicho plan y se generó en consideración de tres escenarios futuros: Húmedo, con un aumento de las precipitaciones; Intermedio, con un aumento menor; y Seco, que supone una disminución de las precipitaciones. También en estos escenarios a proyectar se incluyó cambios en el consumo de agua potable e industrial. En total, se definieron 6 escenarios combinando estas situaciones.





El modelo numérico, por su parte, es la representación matemática del funcionamiento de un modelo conceptual, haciendo posible realizar proyecciones en el tiempo, lo que se conoce como simulaciones. El modelo numérico permite conocer la respuesta del sistema ante un cambio en una de sus variables como, por ejemplo, diferencias en los niveles de extracción de agua subterránea, o en el agua que se infiltra (recarga) o en la descarga; es decir, posibilita la proyección de escenarios futuros. Es una herramienta que contribuye muy apropiadamente a la gestión del acuífero. El modelo numérico busca predecir la fluctuación de los niveles en el tiempo, considerando el comportamiento de todas las variables que influyen en él.



¿Sabías que en la cuenca del Salar de Atacama existe una modelación de escenarios futuros?

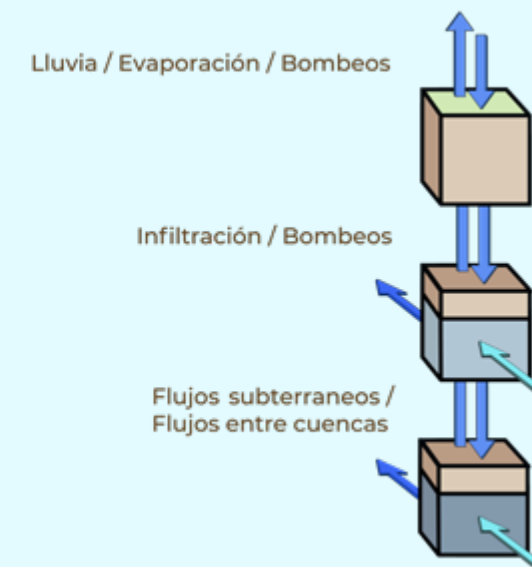
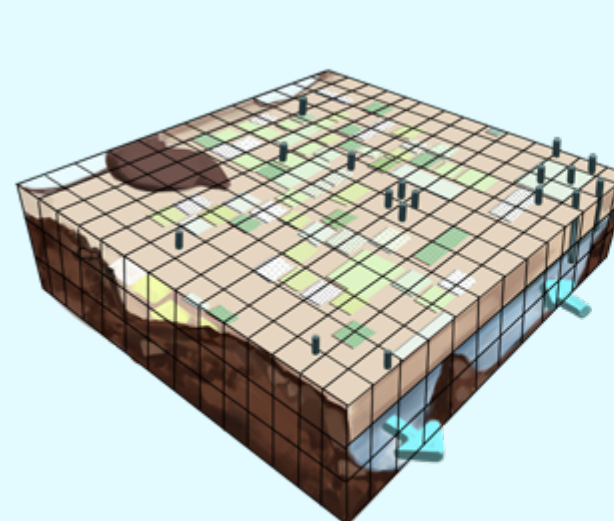
Para el período 2020-2040, se proyectó aumentos de la precipitación en los escenarios húmedos e intermedios, y una disminución en los escenarios secos. La diferencia entre entradas (precipitaciones) y salidas (evapotranspiración) disminuye en todos los escenarios.

En el período 2040-2060 la diferencia aumenta en los escenarios húmedos y disminuye en los escenarios intermedios y secos (para más información revisar el PEGH).

Respecto a las proyecciones de volúmenes almacenados en el sistema subterráneo al año 2040, en general los sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común (SHAC) mantienen y/o aumentan sus volúmenes en los escenarios húmedos e intermedios y disminuyen sus volúmenes en los escenarios secos. Misma situación se visualiza para el año 2060.

Ilustración 10

Representación digital de un modelo numérico.
Fuente: Gidahatari / GIZ 2023c.



Referencias

Albemarle, 2019. Albemarle reafirma su compromiso de sustentabilidad con el Salar de Atacama. Disponible en: https://media.business-humanrights.org/media/documents/files/documents/20190826_Albemarle.pdf

CORFO-AMPHOS. 2021. Modelo hidrogeológico de la cuenca del Salar de Atacama.

CNR, 2019. Presentación Recarga de Agua Subterránea, Natural y por Gestión. Disponible en: https://www.cnr.gob.cl/wp-content/uploads/2019/07/08.-Artificial-recharge-of-aquifers-in-Agriculture_CF.pdf

DGA-PUC. 2021. Desarrollo de Herramientas para el Análisis de Salares y Cuencas Costeras y su Aplicación para el Desarrollo del Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la cuenca del Salar de Atacama.

Espíldora, B, Brown, E, Cabrera, G e Isensee, P 1975, Elementos de Hidrología, ed. Centro de Recursos Hidráulicos, Universidad de Chile, Santiago.

GIZ, 2023a. Antecedentes Mesa Técnica Hídrica UTH-7, Jornada 25 de enero.

GIZ, 2023b. Informe de síntesis UTH2, 3, 4 y 5. Mesa Técnica Hídrica. Proyecto MMA.

GIZ, 2023c. Glosario Mesa Técnica Hídrica, Proyecto MMA. Documento interno Secretaría Técnica.

GIZ, 2023d. Presentación Mesa Técnica, UTH 7. Proyecto MMA.

GWP. 2011. Ciclo Hidrológico. Cartilla Técnica. Disponible en: https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/vari0s/ciclo_hidrologico.pdf Consultado el 28 de marzo de 2023.

Fuster R. y Liambías, M. 2022. Capítulo 1. Recursos Hídricos e Hidrología. Documento Docente. Santiago Chile. 22p.

Sánchez, J. (2014). Conceptos Fundamentales de Hidrología. Disponible en: <https://docplayer.es/5767013-Conceptos-fundamentales-de-hidrogeologia.html>

Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), 2023. Guía área de influencia en humedales en el SEIA, Primera edición, Santiago, Chile

United States Geological Survey (USGS). Water Science School. Ilustraciones

Financiado por

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



www.mesamultiactor.cl