



Prof. María Haydée Castillo G.

# **El recurso agua**

2003 - Reservados todos los derechos

Permitido el uso sin fines comerciales

**Prof. María Haydée Castillo G.**

## **El recurso agua**

El agua es la sustancia más abundante en la Tierra, es el principal constituyente de todos los seres vivos y es una fuerza importante que constantemente esta cambiando la superficie terrestre. También es un factor clave en la climatización de nuestro planeta para la existencia humana y en la influencia en el progreso de la civilización.

**Hidrología**, es la ciencia que describe el comportamiento del agua en la tierra, su distribución en la superficie y en el tiempo en sus características cuantitativas y cualitativas. Constituye una rama de la **Geografía Física**.

**El agua a nivel del planeta.** Se estima que el agua total del planeta alcanza a **1.360** millones de  $\text{Km}^3$ , de los cuales el **97%** (**1.320**), se encuentran en los océanos y mares. El resto, alrededor de **40** millones de  $\text{Km}^3$ , corresponde a agua dulce. Del total de agua dulce **30** millones de  $\text{km}^3$  se encuentran en los casquetes polares y glaciales, **5** millones a grandes profundidades y otros **5** millones se ubican en lagos y profundidades disponibles, todas estas cifras aproximadas.

Del **agua disponible**, alrededor del **97%** lo constituyen las aguas subterráneas accesibles y el resto es agua superficial y atmosférica. La distribución del agua disponible a escala mundial se distribuye de la siguiente forma:

**Cuadro 1.** Agua disponible a escala mundial.

<b>Agua disponible</b>	<b>millones de <math>\text{km}^3</math></b>	<b>porcentaje (%)</b>
<b>Superficial</b>	<b>0,13</b>	<b>2,9</b>
<b>Subterránea</b>	<b>4,27</b>	<b>96,8</b>
<b>Atmosférica</b>	<b>0,01</b>	<b>0,2</b>
<b>TOTAL</b>	<b>4,41</b>	<b>100,2</b>

El volumen disponible expresado es anual, distribuyéndose diferencialmente según la estación del año, régimen de precipitaciones, ubicación geográfica y su influencia en los montos pluviométricos,

características topográficas que determinarían las entradas o salidas de agua en una cuenca, latitud, altitud etc.

En el ámbito nacional existe gran variabilidad de climas guardando diferencias en los montos y regímenes pluviométricos lo cual conlleva a grandes diferencias regionales y estacionales en la disponibilidad de agua.

### **Tipos de escurrimiento superficial.**

El escurrimiento superficial puede ser afectado por varios factores:

- **características del relieve** (pendiente, superficie etc)
- **clima** (monto y estacionalidad de precipitaciones, evapotranspiración)
- **características del suelo** (profundidad, textura y estructura)
- **cobertura vegetal** (% de cobertura, altura y arquitectura de plantas)

Según las características del escurrimiento se distinguen en Chile tres zonas:

⇒ **áreas arreicas**

⇒ **áreas endorreicas**

⇒ **áreas exorreicas**

**Áreas arreicas:** se caracterizan por no presentar escurrimiento superficial, debido a que gran parte de las aguas, que proceden de las precipitaciones infiltran con facilidad en los suelos que son muy permeables por sus espacios porosos más grandes (arenas, gravas). Estas características edafológicas al final impiden la canalización superficial de las aguas. Una vez que las aguas escurren al subsuelo se acumulan en zonas impermeables constituyendo **reservas de aguas subterráneas de gran importancia en el norte del país, hasta los 27° de latitud aproximadamente.**

La zona arreica se ubica principalmente en el sector norte costero, hasta el río Copiapó y en la depresión intermedia entre los 23 y 27° de latitud.

**Áreas endorreicas:** son zonas que se caracterizan por no desaguar en el mar. Por la configuración del relieve corresponden a quebradas efímeras e intermitentes, condicionadas por la escasez de su caudal o porque su curso se ve interrumpido por el relieve que obstaculiza su paso, originando cuencas cerradas. Las aguas que se juntan en las depresiones sin salida, se evaporan, dejando las sales que han disuelto y acarreado en su recorrido

constituyendo al final los salares propios del **norte grande**. **La región endorreica se ubica entre la I y III Región**, encontrándose dentro de ella zonas arreicas.

El escurrimiento endorreico, puede ser **quebradas o ríos** que no llegan al mar, algunas quebradas son las de Aroma, Tarapacá y Guacondo, Putre, Socoroma. Otras tienen características de **oasis**, en que el nivel freático permite la liberación de aguas subterráneas como en **Pica**. **En el Altiplano existen, además numerosas cuencas endorreicas**, como los ríos **Zapaleri** que nace en Bolivia y fluye hacia Chile, el inverso es el **Lauca**, que nace en Chile y fluye hacia Bolivia.

**La Pampa del Tamarugal**, es una meseta que ocupa la depresión intermedia entre la quebrada de Tana y el río Loa. Se considera la cuenca endorreica, más importante del país, en ella se infiltran aguas provenientes de los sectores preandinos adyacentes formando una gran zona de reservas de aguas subterráneas que alimentan a los tamarugos, arbustos que le dan el nombre al sector y que proporcionan gran parte del agua potable a Iquique.

El **Salar de Atacama**, se encuentra entre la parte norte de la Cordillera de Domeyko y el cordón central andino, es una cuenca endorreica de 15.000 Km<sup>2</sup> de superficie. En el salar existen pequeñas lagunas donde drenan los ríos San Pedro y Vilama que contribuyen al riego del oasis de San Pedro de Atacama.

Pertenece al sector endorreico los **lagos y lagunas** del sector andino, como por ejemplo el lago **Chungará**.

**Área exorreica:** Se caracteriza por poseer aguas superficiales, con un caudal permanente y que logran desembocar en el océano. La región exorreica comienza en Chile, aproximadamente a los 27° de latitud sur, principalmente por condiciones de relieve. Los cursos de agua dejan de ser quebradas, como en la zona endorreica, para constituir ríos propiamente tales, a partir del **río Copiapó** (Norte Chico).

El considerar el comienzo de la zona exorreica a los 27° de latitud, no significa que hacia el norte no exista ningún curso de agua que desembogue en el océano. Algunas quebradas como las de Azapa, Lluta y Camarones presentan salida al mar y su escurrimiento, podrían considerarse exorreico por su continuidad. Sin embargo sólo se consideran ríos exorreicos el **Loa** y el **LLuta**

**Concepto de cuenca u hoya hidrográfica.** Corresponde a una unidad definida topográficamente y drenada por un sistema de cauces superficiales, ríos - esteros o quebradas, de tal forma que toda la escorrentía que se genera en la superficie, delimitada por la divisoria de las aguas, se descarga a través de una salida única e identificable, que se conoce como boca de

salida. Una cuenca puede estar constituida por varias microcuencas. También se utiliza el concepto de **cuenca hidrográfica**.

Las características hidrográficas del país son muy variadas, hay cuencas de todos los tamaños, la mayor es la del río Loa que abarca 33.570 km<sup>2</sup>.

**Ciclo hidrológico:** a escala global el movimiento del agua no se produce sólo al nivel de los continentes, sino que abarca además el movimiento y circulación desde la hidrosfera a la atmósfera, desde la atmósfera a la litosfera y desde la litosfera a la hidrosfera y atmósfera. En este ciclo se distinguen 4 etapas:

- **precipitación**
- **escorrentía superficial**
- **infiltración y agua subsuperficial**
- **evaporación y transpiración**

En el ciclo hidrológico, el agua sufre **cambios de estado físicos**, comienza con la evaporación desde los océanos, y las superficies de agua libre o húmedas pasando a constituir el vapor de agua de la atmósfera y a medida que el aire sube, se enfría y el vapor de agua se condensa, transformándose en agua. De esta forma se constituyen las nubes. Posteriormente las gotas de agua al alcanzar el tamaño apropiado **precipitan**, en forma de lluvia (gotas) cuando la condición térmica es más cálida, o bien si la condición es muy fría caen en forma sólida como nieve o granizo.

Parte de esta agua es **aprovechada** por los seres vivos, otra **retenida** por los suelos y vegetación y otra parte **escurre** por el terreno hasta llegar a un río, lago u océano. Otra cantidad **infiltra** al suelo constituyendo capas subterráneas de agua.

Considerando la tierra en su conjunto, el ciclo hidrológico pareciera ser un continuo, en el cual el agua se mueve permanentemente a una velocidad o tasa constante, mientras que a escala local la situación es distinta. Al nivel de una cuenca por ejemplo sería errático tanto en el espacio como en el tiempo. Esto último implica que a medida que el nivel de globalización o de superficie de análisis se va limitando, la continuidad del ciclo se va reduciendo.

El ciclo hidrológico a escala global, explica todos los movimientos de agua que ocurren en el planeta, el total de entradas y salidas, considerando los cambios de estado físico. (Figura 1).

Al nivel de una cuenca es difícil delimitar los movimientos del agua en áreas geográficas limitadas, considerando además que dependiendo de las características climáticas se suma el factor de temporalidad. **El ciclo**

hidrológico puede ser considerado como un “sistema hidrológico”, compuesto de subsistemas, ej:

- Subsistema suelo, con sus procesos de retención, percolación y escurrimiento superficial.
- Subsistema vegetación, con sus procesos de evapotranspiración e intercepción
- Subsistema atmósfera, con sus procesos de evaporación, formación de nubes y precipitación.
- Subsistema acuífero con sus procesos de almacenamiento y escurrimientos subsuperficiales.

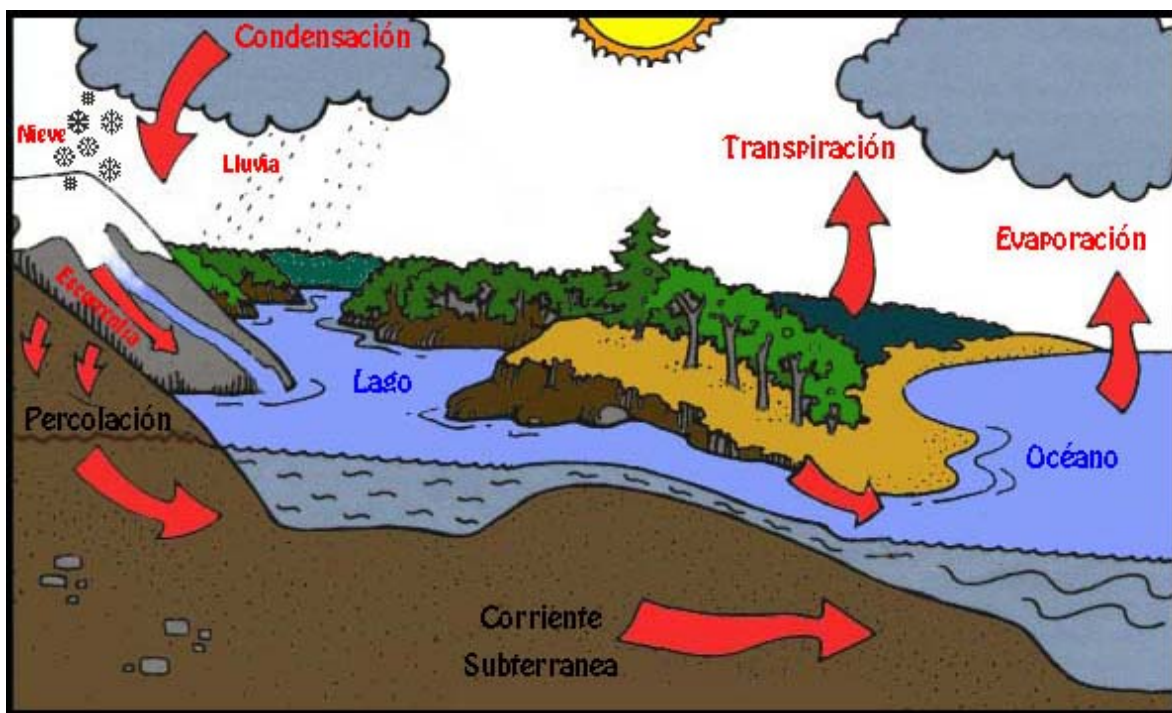


Figura 1. Ciclo hidrológico

### La cuenca como un sistema hidrológico:

En una cuenca, considerada como un sistema hidrológico, el movimiento del agua puede representarse como un balance hidrológico a través de la siguiente ecuación:

$$P + Q_{sa} + Q_{za} = E + ET + I + Q_{se} + Q_{ze} \pm dSL \pm dSs \pm dSz + dSN$$

donde :

- P = precipitación media
- Q<sub>sa</sub> = caudales superficiales afluentes a la cuenca (naturales o artificiales)
- Q<sub>za</sub> = caudales subterráneos afluentes
- E = evaporación
- ET = evapotranspiración media
- I = retención de la precipitación por las plantas (intercepción)
- Q<sub>se</sub> = caudales superficiales efluentes a la cuenca
- Q<sub>ze</sub> = caudales subterráneos efluentes
- dSL = variaciones en el periodo de los volúmenes de agua almacenada superficialmente (lagos, embalses)
- dSs = variaciones del volumen de agua almacenada en el suelo
- dSz = variación del almacenamiento subterráneo de los acuíferos
- dSN = variación del agua almacenada en nieves y glaciares

Las unidades de cada término pueden ser expresadas en altura, **mm**, o en volumen (**m<sup>3</sup> / área**).

Un esquema de la cuenca del río Limarí se presenta en la figura 2.

### Alimentación fluvial:

Los ríos se alimentan del aporte de las aguas de lluvia, del derretimiento de las nieves o de ambas. A escala regional, la disponibilidad de agua depende del clima, que es el que procura el agua a través de las precipitaciones. De acuerdo al origen del abastecimiento hídrico, los ríos se clasifican en:

⇒ **Ríos de régimen pluvial:** corrientes de agua que derivan su caudal de las lluvias.

⇒ **Ríos de régimen nival:** ríos cuyo principal aporte deriva del derretimiento de las nieves.

⇒ **Ríos de régimen mixto (nivopluvial):** su caudal procede de las lluvias y del derretimiento de las nieves. Su caudal es relativamente estable durante

el año, en invierno por el aporte de lluvias y en verano al elevarse las temperaturas, por el derretimiento de las nieves.

Las variaciones estacionales de los aportes de agua provocan variaciones en el caudal de los ríos. En aquellos en que la alimentación preponderante es de tipo **pluvial**, el caudal máximo depende del régimen de precipitaciones. En el río Lauca se produce en verano por las lluvias estivales propias del sector altiplánico. En la región de régimen invernal de precipitaciones, el caudal máximo se produce en invierno, lo cual es extremadamente marcado en los ríos del sur del país como por ejemplo en el Bío-Bío. En este río el caudal mínimo es en promedio cercano a los 155 m<sup>3</sup>/seg, (marzo), y el caudal máximo es de 730 m<sup>3</sup>/seg (junio).

El Bío Bío se caracteriza por su gran hoya hidrográfica, con predominio de aportes pluviales, aunque también tiene aportes nivales. Los mínimos caudales se aprecian entre los meses de enero y abril. Recibe numerosos afluentes, siendo el principal el Laja, que nace en la laguna homónima. Es importante por sus obras de riego y por su potencial hidroeléctrico, algunas centrales son Abanico, El Toro, Antuco, También industrias siderúrgicas, petroquímicas y de celulosa, son posibles por la gran cantidad de agua disponible.

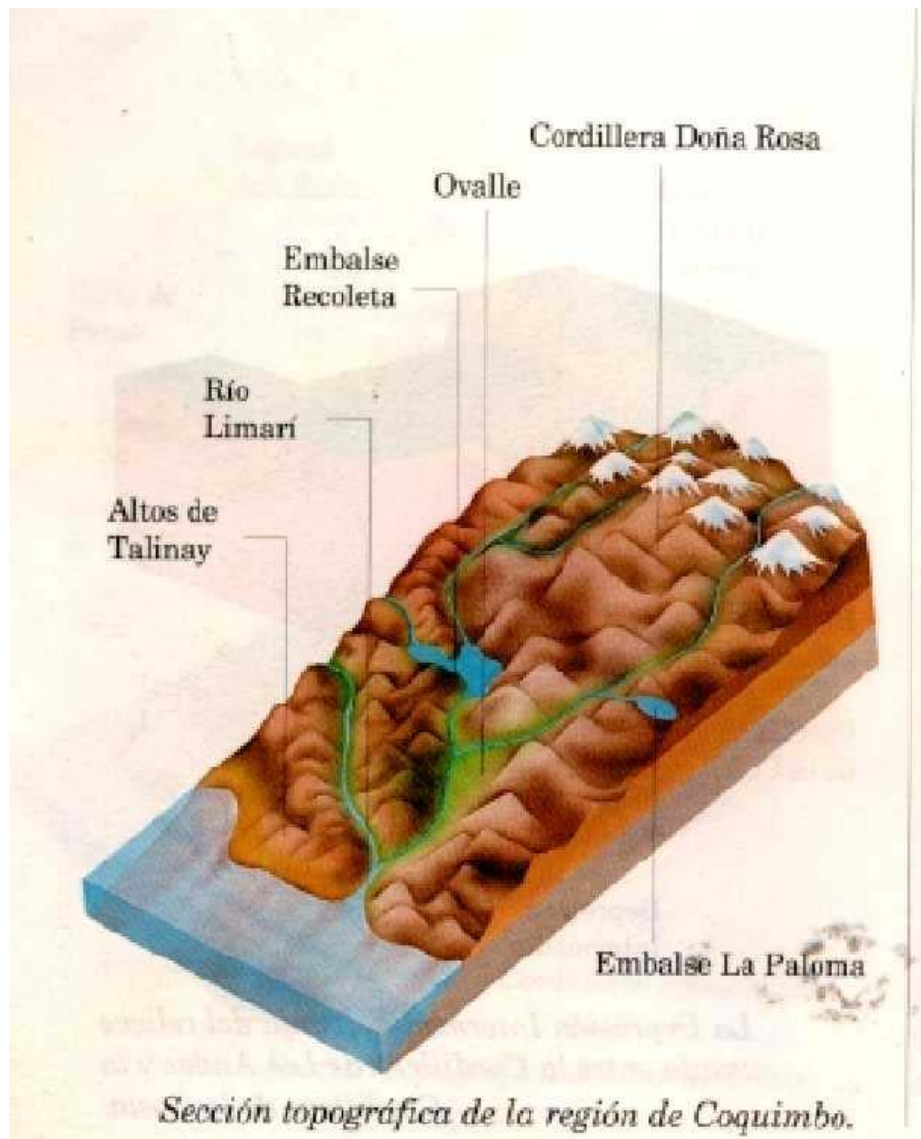
Los ríos del norte del país, como el Loa, Copiapó, Huasco, Elqui, tienen características definidas mayormente como de aporte **mixto**, ya que sus caudales son más parejos durante el año, aunque los dos últimos presentan una elevación en su caudal hacia el verano lo cual se acentúa hacia el centro del país por efecto del derretimiento de las nieves.

En los ríos Choapa, Aconcagua, Maipo, el caudal mínimo ocurre en el periodo invernal, mientras que el máximo ocurre en los meses de verano, debido a que su alimentación es mayoritariamente **nival**. El Maipo recorre la provincia de Santiago de este a oeste tiene 2 tributarios en el Cajón cordillerano de su curso superior que son el Yeso y el Colorado, además cuenta con un importante afluente que atraviesa la ciudad que es el Mapocho. la época de crecidas del Maipo superior se produce entre noviembre y febrero, típico en el régimen nival, sin embargo en su curso inferior la situación cambia, presentando dos máximos, uno invernal y otro estival, por influencia pluvial y nival. Una situación semejante se presenta en el Rapel.

Hacia el sur del país, el VII Región, ríos como el Maule son de régimen nivoso pero su crecida primaveral es muy corta y se suma a su caudal los aportes de precipitaciones invernales presentando un régimen casi mixto en la parte baja del sistema. Nace en la laguna del Maule y en su curso superior recibe numerosos tributarios que van aumentando su tamaño en la depresión intermedia, finalmente desemboca en Constitución, donde permite



la navegación de pequeñas embarcaciones. Las aguas del Maule son empleadas en la generación hidroeléctrica en las centrales de Cipreses, Isla, Colbún. Este río es muy importante en las obras de riego de la Región.



**Figura 2. Cuenca del río Limarí.**

**Actividades:**

- Averigüe cual es la segunda reserva de agua del planeta
- Averigüe cuál es la hoya hidrográfica de mayor superficie del planeta y qué características tiene.

- Haga un listado de las 12 principales hoyas hidrográficas del país, la Región en que se ubican y su superficie
  - Haga un esquema de la hoya hidrográfica del río Maipo, superficie, afluentes principales y su caudal
  - Haga un gráfico de la distribución anual de un río de alimentación nival, pluvial y mixto (nivopluvial).
  - Averigüe que aspectos de la agricultura se relacionan con la contaminación de las aguas
- Usted cuenta con la información de la superficie de la hoya hidrográfica del río Maipo, considerando que en la zona precipitan durante el mes de junio 60 mm, ¿cuántos m<sup>3</sup> caen en la hoya?

---

**[Facilitado por la Universidad de Chile](#)**

Súmesese como **[voluntario](#)** o **[donante](#)** , para promover el crecimiento y la difusión de la **[Biblioteca Virtual Universal](#)**.

Si se advierte algún tipo de error, o desea realizar alguna sugerencia le solicitamos visite el siguiente **[enlace](#)**.



**editorial del cardo**