



GL5213 Hidrogeología

(hidrogeología = hidrodinámica,
hidrogeoquímica y contaminación)

Prof. Dr. Bernhard Dold
Departamento de Geología,
Universidad de Chile, Santiago de Chile
E-mail: bdold@ing.uchile.cl

Programa Semestre 2011/2012

- GL5230 Hidrogeología:
Flujo en medio poroso,
hidrogeoquímica y contaminación

Semestre 2012

Electivo: Aguas ácidas: Formación, control,
remediación y prevención

Hidrogeología y Hidrogeoquímica y contaminación

- Introducción
- El ciclo del agua
- Flujo hidrodinámico, acuíferos
- Muestreo y análisis de agua
- Presentación de datos de agua
 - pH - pe - pK
 - Actividad, Fuerza Iónica
 - Ácido-Base
 - Redox
 - Complejación
 - Hidrólisis
- Geoquímica de carbonatos
- Geoquímica de Fe y S
- Interacción agua-roca
- Introducción a MEDUSA (diagramas pH-Eh)
- Introducción a PHREEQC (especiación, índice de saturación)
isótopos estables

Yanacocha
Chañaral
Pascua-Lama
Grasberg-Freeport
Sandoz – Schweizerhalle
Baia Mare - Rumania
Bopal - Bopal
Bangladesh - arsénico
Aznalcollar - Doñana
Seveso - Dioxina
Wismut – Uranium
Guarani
Runge

Influence of marine water on element cycling in shore mine tailings, Chañaral, Chile

Swiss National Science Foundation Project No. 200021-105507 and follow-up No. 200020-117792/1,
Ph.D. student Christian Wisskirchen (Germany), Université de Lausanne, Switzerland

Geomicrobiology of a high saline mine tailings in the Atacama desert, Chile

DFG Project No. SCHI 535/9-1 (German National Science Foundation). Collaboration with Prof. Dr. Axel Schippers, Hannover, Germany
Ph.D. student Hananeh Korehi (Iran), University of Hannover, Germany

Reactive transport and hydrodynamic modeling in marine shore tailings deposits

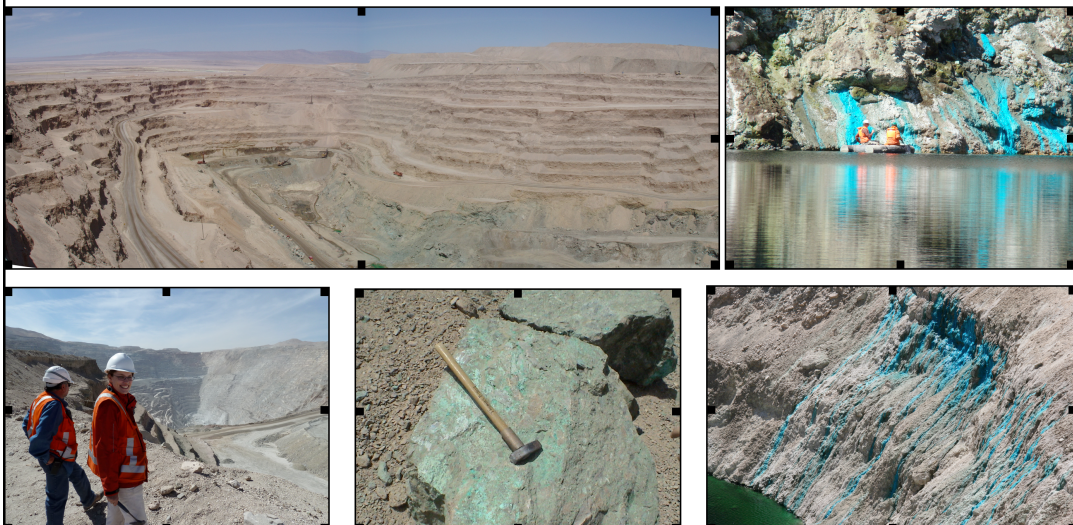
Conysit-CSIC, Chilean Project leader in collaboration with Prof. Dr. Carlos Ayora,
Ph.D. Student Sergio Bea, Instituto Jaume Almerria, CSIC, Barcelona, Spain



Mineralogical and geochemical characterization of selected supergene profiles and reactive transport modeling of supergene enrichment and exotic mineralization at Chuquicamata, Chile.

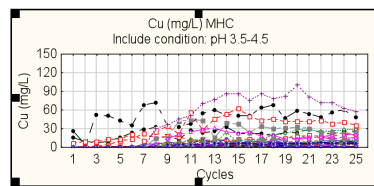
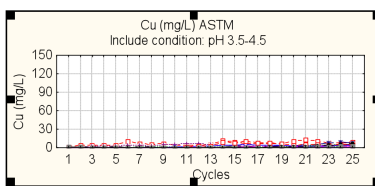
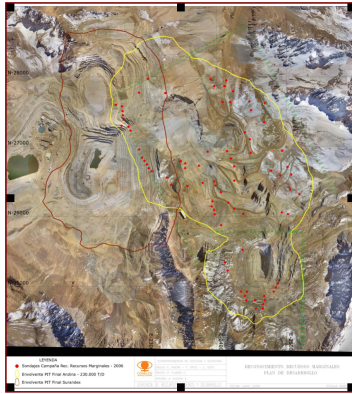
Swiss National Science Foundation, in collaboration with Prof. Dr. Lluís Fontboté, University of Geneva, Switzerland.

Ph.D. student Marie-Caroline Pinget; Master student Frederic Lambiel



Biogeometallurgical and environmental characterization of the low ore-grade material of the Río Blanco ore deposit, División Andina, CODELCO-Chile

Ph.D. student: Leyla Weibel

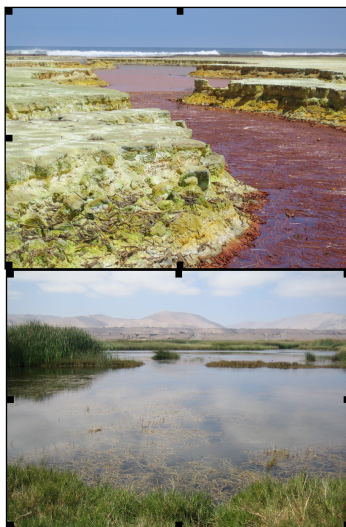


Characterization of the biogeochemical processes occurring during the bioremediation of the ITE Bay Tailings Reserve, Peru.



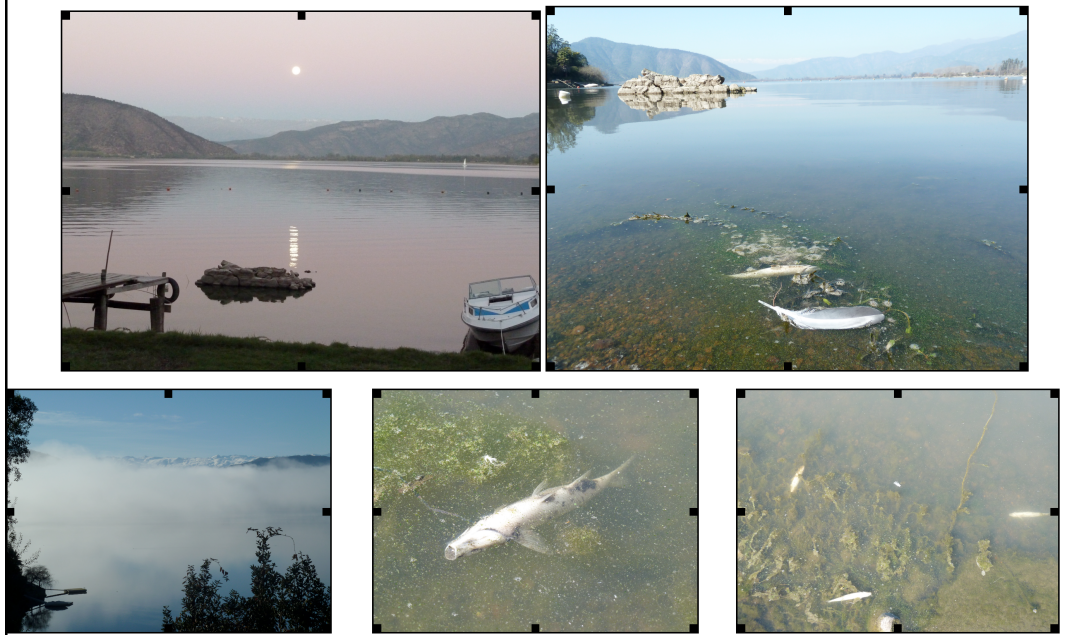
Southern Peru Copper Corporation, Peru

Ph.D. student Nuhou Diaby (Senegal), Université de Lausanne, Switzerland



Industrial and agricultural pollution of Laguna Aculeo, Chile.

Master student Manuel Goumaz, Université de Lausanne, Switzerland





GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE EDUCACIÓN
INACH

The biogeochemical iron and sulfur cycles in the Antarctic

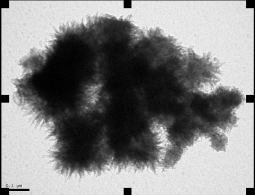
– From microbial sulfide oxidation towards submarine groundwater discharge

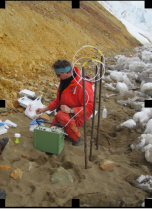
INACH Project No. T-08-08

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN



CENTRO DE ASTROBIOLOGÍA
ASOCIADO AL NASA ASTROBIOLOGY INSTITUTE
CSIC





Web of Knowledge (solo ISI:

[http://portal.isiknowledge.com/portal.cgi/wos?
Init=Yes&SID=W2mI6AcA6553KhG6Bgk](http://portal.isiknowledge.com/portal.cgi/wos?Init=Yes&SID=W2mI6AcA6553KhG6Bgk)

Georef:

[http://web5s.silverplatter.com/webspirs/start.ws?
customer=udl&language=fr&databases=GE,NP,SJ](http://web5s.silverplatter.com/webspirs/start.ws?customer=udl&language=fr&databases=GE,NP,SJ)
(tambien abstractos)

ScienceDirect (Elsevier): www.sciencedirect.com

Springer: www.springer.com

Perspectiva
cambio climático

hoy día
=> agua es
actualmente
=> futuro es

Fuentes de

Consecuencias del cambio climático en Chile

La siguiente es una estimación de escenarios climáticos para Chile durante el siglo XXI (período 2071-2100), como consecuencia del cambio climático global según un informe de la Conama.

TEMPERATURAS
El cambio de temperatura media sobre Chile continental varía entre 2° y 4° C (en el escenario más severo del informe), siendo más acentuado hacia las regiones andinas y disminuyendo de norte a sur. Sólo en la región austral (bajo el escenario más moderado) hay sectores pequeños con calentamiento menor a 1° C. Estacionalmente el calentamiento es mayor en verano excediendo los 5° C en algunos sectores cordilleranos.

SITUACIÓN HIDROLÓGICA
Reducción del área andina capaz de almacenar nieve, por lo que las crecidas invernales de los ríos se verán incrementadas, aumentando las cuencas y disminuyendo la reserva nival de agua, generando gran impacto en la agricultura y en la generación hidroeléctrica del sistema interconectado.

VARIACIÓN DEL MAR
Para el litoral chileno se estima hacia fines del siglo XXI alzas del nivel del mar de entre 28 y 16 cm para el escenario más severo y entre 24 y 14 cm para el más moderado.

Fuente: Estudio "Variabilidad climática en el territorio chileno en el siglo XXI", del Departamento de Geofísica y Matemáticas de la Universidad de Chile.

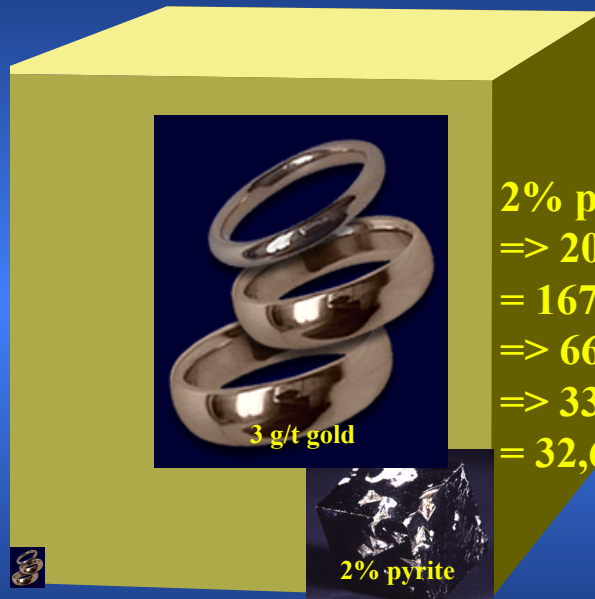


hidro en Chile:
avanza hacia el sur

precipitaciones
desarrollo del país
de agua superficial
áreas, pero muchos

ca metropolitana?

Motivaciones



2% pyrite
 => 20 kg pyrite
 = 167 mole pyrite
 => 667 mole H^+
 => 333 mole H_2SO_4
 = 32,67 kg H_2SO_4

- Consumación de agua por persona y día

Beduino tradicional	15-20 L/día
Alemania	150-200 L/día
Arabia Saudita	400 L/día
Agua potable en clima húmedo	2 L/día
Agua potable en clima árido	8 L/día
resto: ducha, baño, lavadora, pequeña industria etc.	

- Tanta agua se necesita para producir...

1 t papel	70 t de agua*
1 t acero	100 t de agua*
1 t choclo	950 t de agua
1 t trigo	1425 t de agua
1 t arroz	3800 t de agua
1 t carne	28.500 t de agua

*agua potable

- Recuerda

- agua es el alimento No. 1

- agua es el mas importante recurso para la producción de alimentos

- el acceso a agua potable es limitado para un gran parte de la población global

Metal ⚡ Agua



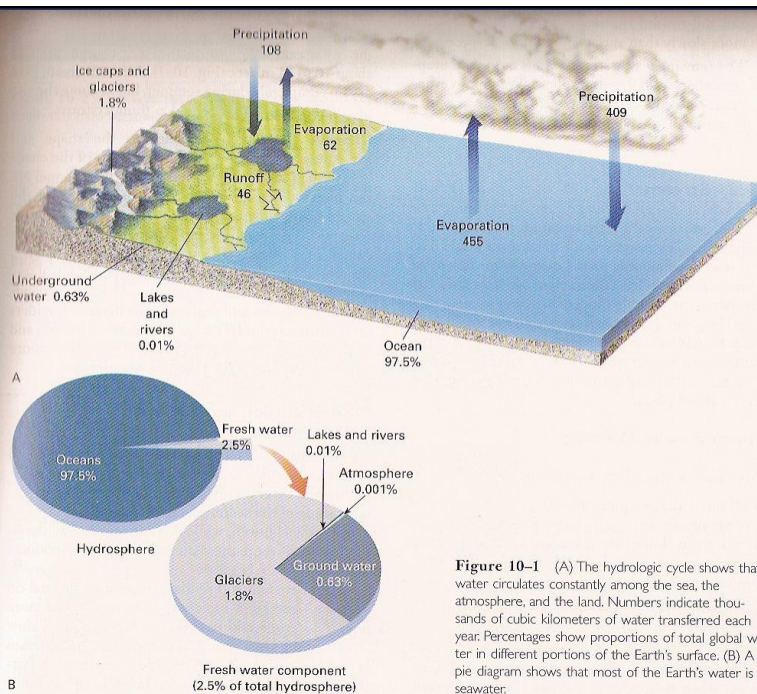


Figure 10-1 (A) The hydrologic cycle shows that water circulates constantly among the sea, the atmosphere, and the land. Numbers indicate thousands of cubic kilometers of water transferred each year. Percentages show proportions of total global water in different portions of the Earth's surface. (B) A pie diagram shows that most of the Earth's water is seawater.

Distribución global del agua

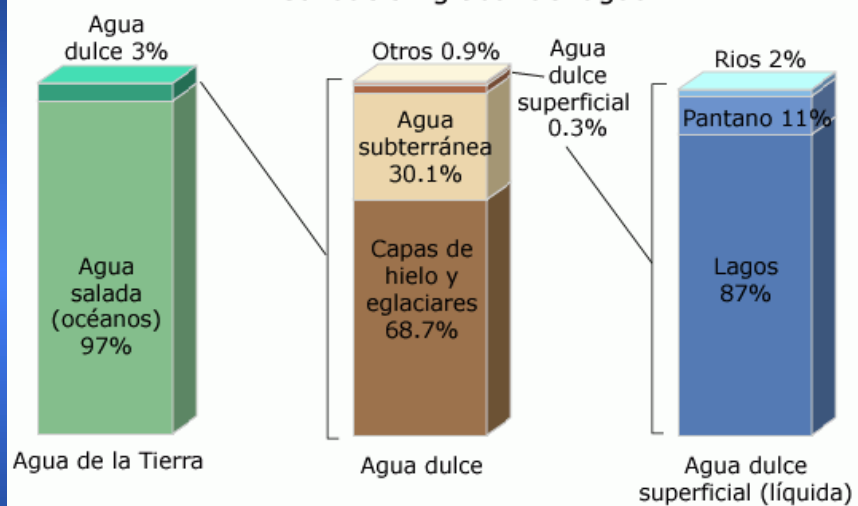




TABLE 8.9 Chemical analyses of mean river water and seawater, along with residence times of the species and a comparison of relative concentrations in mean river water and the ocean

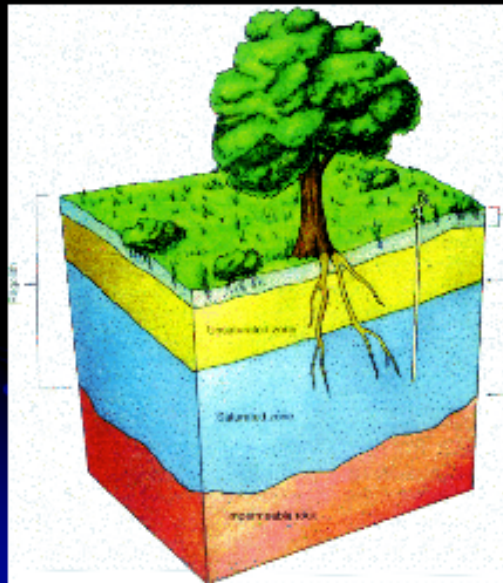
Species	Mean river water [†] (mg/L)	Seawater [‡] (mg/L)	Residence time in seawater (my)	Concentration in seawater relative to river water
Ca	15	410	1.2	27 times
Mg	4.1	1,350	15	330 times
Na	6.3	10,500	190	1670 times
K	2.3	390	8	170 times
HCO ₃	60	142	—	2.4 times
Cl	7.8	19,000	300	2,400 times
SO ₄	11	2,700	22	245 times
SiO ₂	13.1	6.4	0.016	0.49 times
Fe	0.67	0.003	(0.003?)	0.004 times
Al	0.07	0.001	(0.003?)	0.014 times
TDS	120	34,500	—	288 times

Source: [†]Livingstone (1963). [‡]Hem (1985).

Una estimación de la distribución del agua global:

Fuente de agua	Volumen de agua, en metros cúbicos	Volumen de agua, en millas cúbicas	Porcentaje de agua dulce	Porcentaje total de agua
Océanos, Mares y Bahías	1,338,000,000	321,000,000	--	96.5
Capas de hielo, Glaciares y Nieves Perpetuas	24,064,000	5,773,000	68.7	1.74
Agua subterránea	23,400,000	5,614,000	--	1.7
Dulce	10,530,000	2,526,000	30.1	0.76
Salada	12,870,000	3,088,000	--	0.94
Humedad del suelo	16,500	3,959	0.05	0.001
Hielo en el suelo y gelisuelo (permafrost)	300,000	71,970	0.86	0.022
Lagos	176,400	42,320	--	0.013
Dulce	91,000	21,830	0.26	0.007
Salada	85,400	20,490	--	0.006
Atmósfera	12,900	3,095	0.04	0.001
Agua de pantano	11,470	2,752	0.03	0.0008
Ríos	2,120	509	0.006	0.0002
Agua biológica	1,120	269	0.003	0.0001
Total	1,386,000,000	332,500,000	-	100

Fuente: Gleick, P. H., 1996: Water resources. In Encyclopedia of Climate and Weather, ed. by S. H. Schneider, Oxford University Press, New York, vol. 2, pp.817-823.



Definition of soil:

Uppermost part of the surface sediment characterized by high biological activity

Unsaturated zone: if part of the pores are filled with air

Saturated zone or Ground water:

if all subsurface pores and fissures are filled with water and this water is able to move

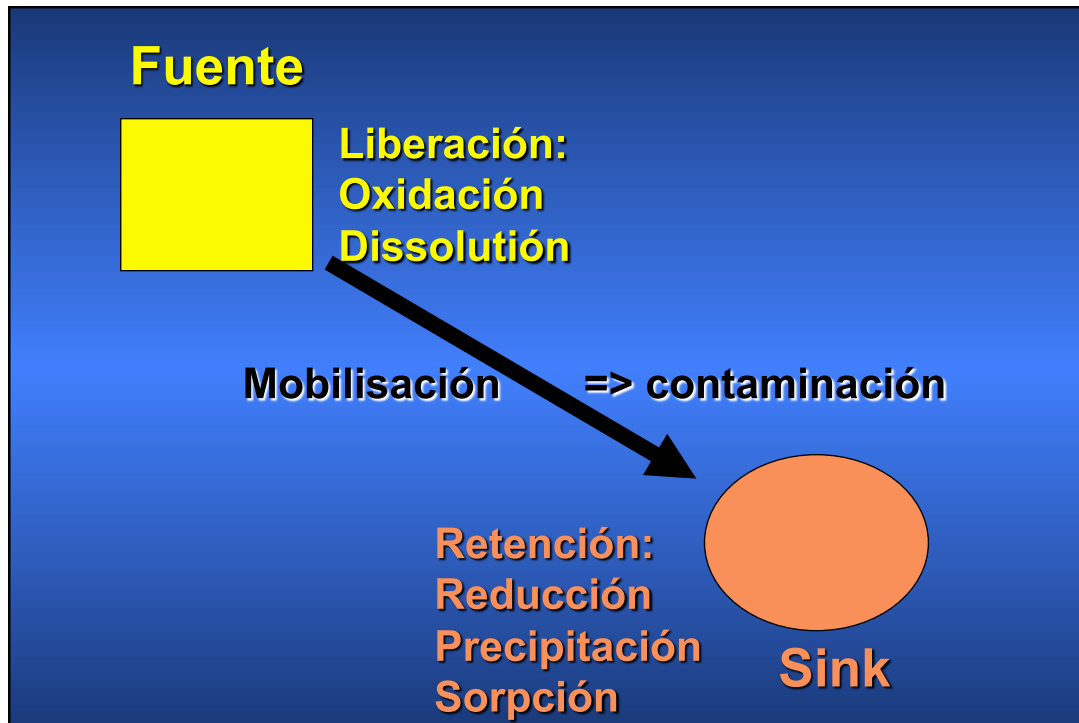
- Para entender el ciclo hidráulico hay que entender lo siguiente:
 - Evaporación y evapotranspiración
 - Meteorología
 - Procesos de escurrimiento y infiltración
 - Flujo de aguas subterráneas
 - Procesos geoquímicos

- Agua subterráneo: un recurso vulnerable?

En Alemania y Europa no se creía hasta los años 60.

- aumento de nitratos en acuíferos pocos profundos después de la II Guerra Mundial
- aumento de pesticidas en acuíferos pocos profundos desde los 1960
- Contaminación debido a basurales y depósitos químicos clandestinos
- Contaminación por accidentes (Schweizerhalle, Seveso, Baia Mare, Chernobyl etc...)
- Contaminación debido a la minería

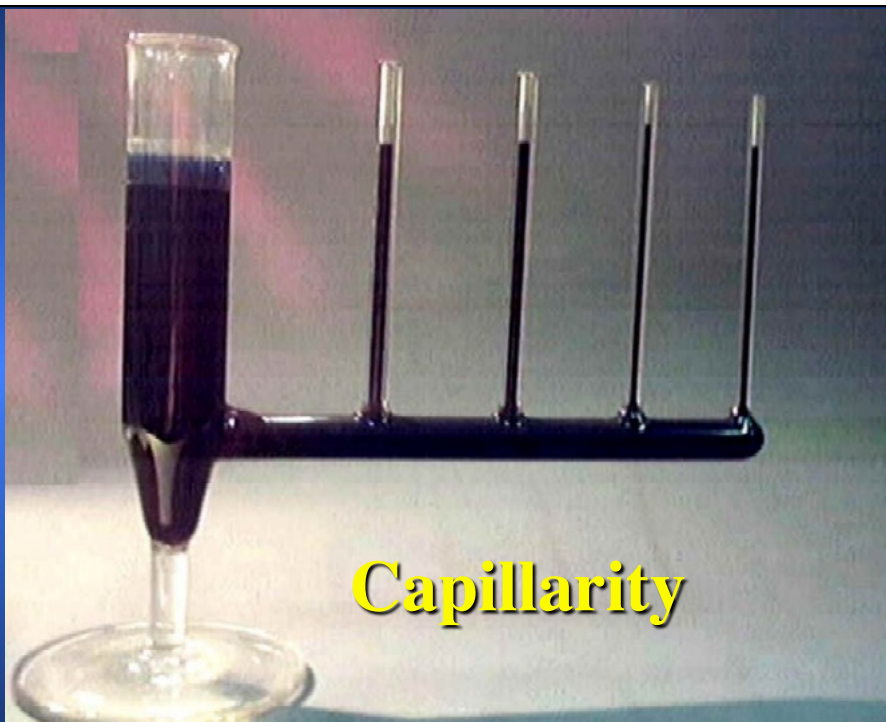
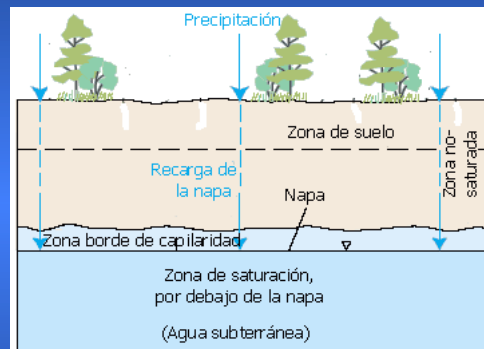
Y en Chile?











Capillarity