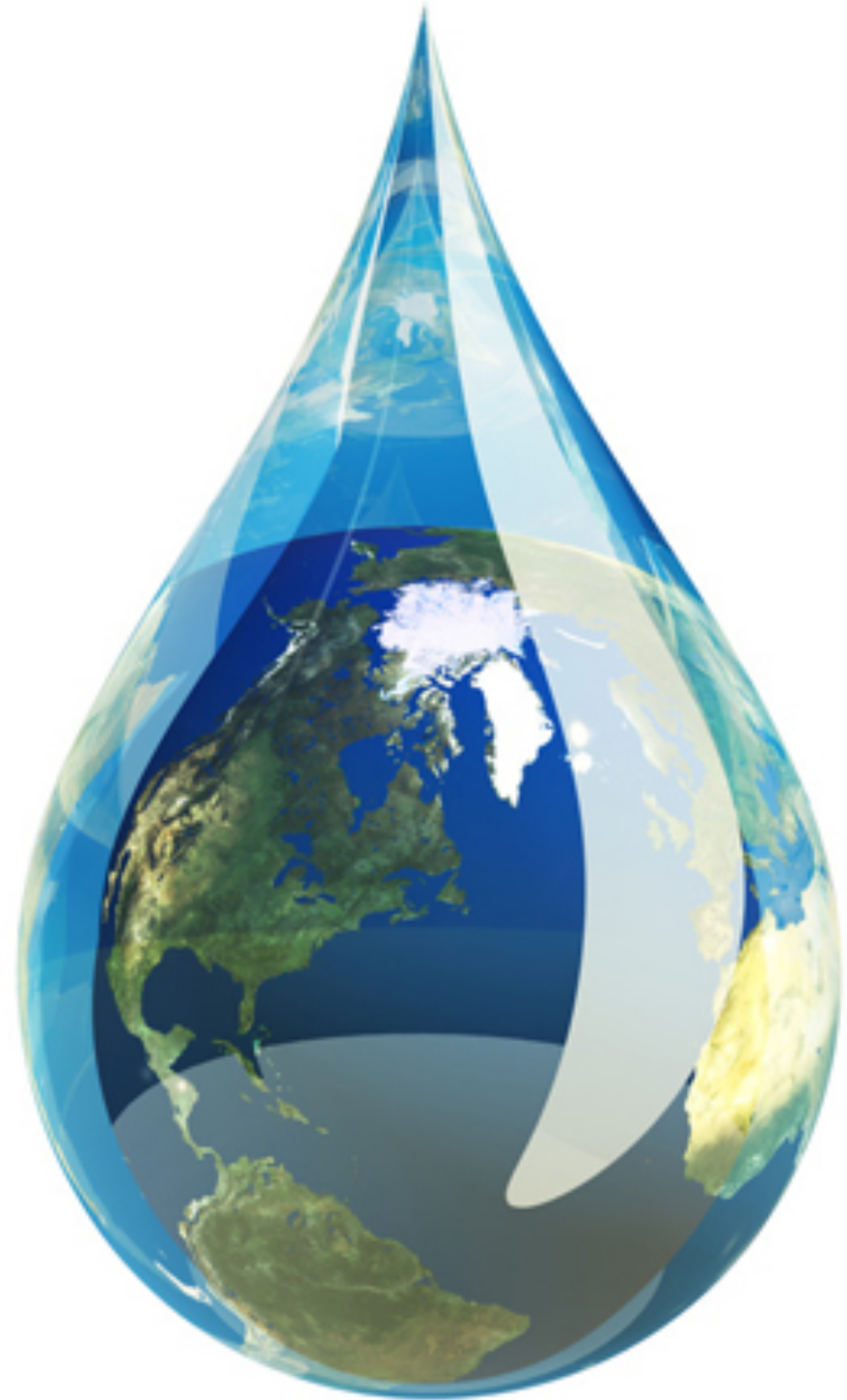


cca Centro de
Ciencias Ambientales
Facultad de Ciencias - Universidad de Chile

Ciclo Hidrológico

Dr. Manuel A. Leiva Guzmán





Bio-esfera
Biota



Hidro-esfera
Agua



Lito-esfera
Suelo

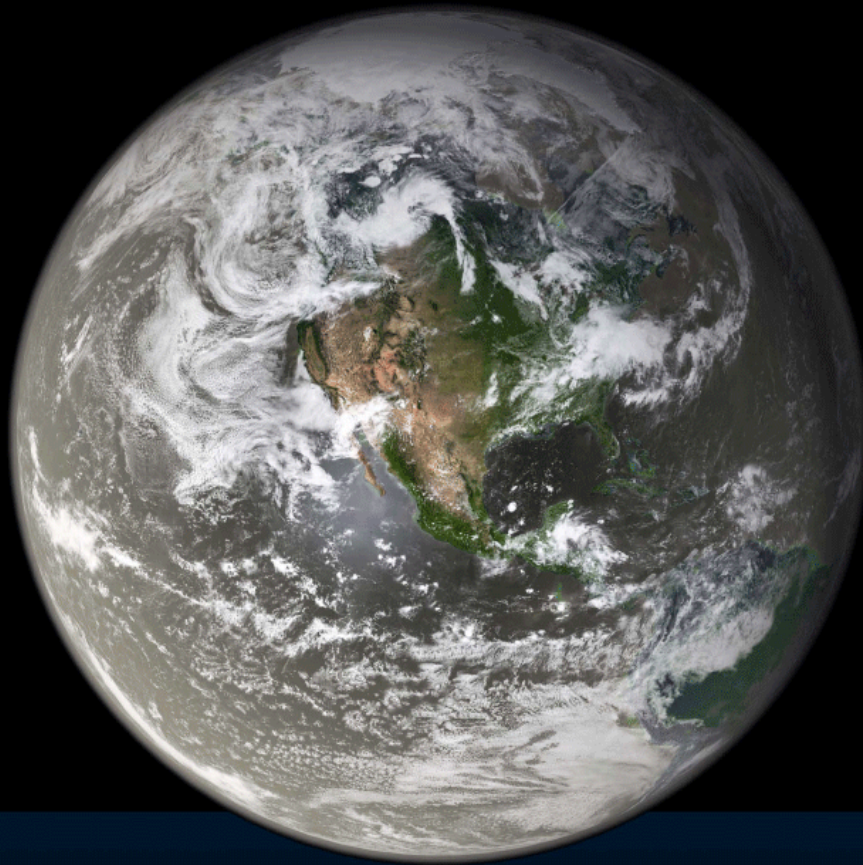


Atmo-esfera
Aire



Vivimos en un planeta Azul
dominado por el Agua

70%



How much water do we have?

The little blue sphere on the right is about all the water we have on Earth.

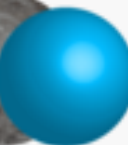
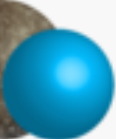
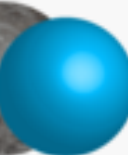
'The sphere includes all the water in the oceans, seas, ice caps, lakes and rivers as well as groundwater, atmospheric water, and even the water in you, your dog, and your tomato plant.' <http://ga.water.usgs.gov>



HOW THE SOLAR SYSTEM'S LARGEST OCEAN WORLDS COMPARE IN SIZE



Earth has a surprisingly small amount of water compared to other worlds in the Solar System. Each measurement is the spherical radius of the world and its water (including ice):

ENCELADUS	DIONE	EARTH	EUROPA	PLUTO	TRITON	CALLISTO	TITAN	GANYMEDE
 Water radius: 140 mi./ 220 km.	 Water radius: 300 mi./ 480 km.	 Water radius: 430 mi./ 690 km.	 Water radius: 550 mi./ 880 km.	 Water radius: 630 mi./ 1010 km.	 Water radius: 730 mi./ 1170 km.	 Water radius: 1,120 mi./ 1,800 km.	 Water radius: 1,180 mi./ 1,890 km.	 Water radius: 1,460 mi./ 2,350 km.
 World radius: 157 mi./ 252 km.	 World radius: 349 mi./ 561 km.	 World radius: 3,959 mi./ 6,371 km.	 World radius: 972 mi./ 1,565 km.	 World radius: 738 mi./ 1,187 km.	 World radius: 840 mi./ 1,352 km.	 World radius: 1,498 mi./ 2,410 km.	 World radius: 1,601 mi./ 2,576 km.	 World radius: 1,635 mi./ 2,631 km.

SOURCE: Steve Vance; NASA/JPL-Caltech

BUSINESS INSIDER



Vivimos en un planeta Azul dominado por el Agua

- ☒ El agua es esencial para la vida
- ☒ Es el mayor constituyente de casi todas las formas de vida.
- ☒ Sin el agua, probablemente, la vida nunca se hubiese desarrollado en nuestro planeta



brain
83%



kidneys
83%



lungs
85%



blood
94%



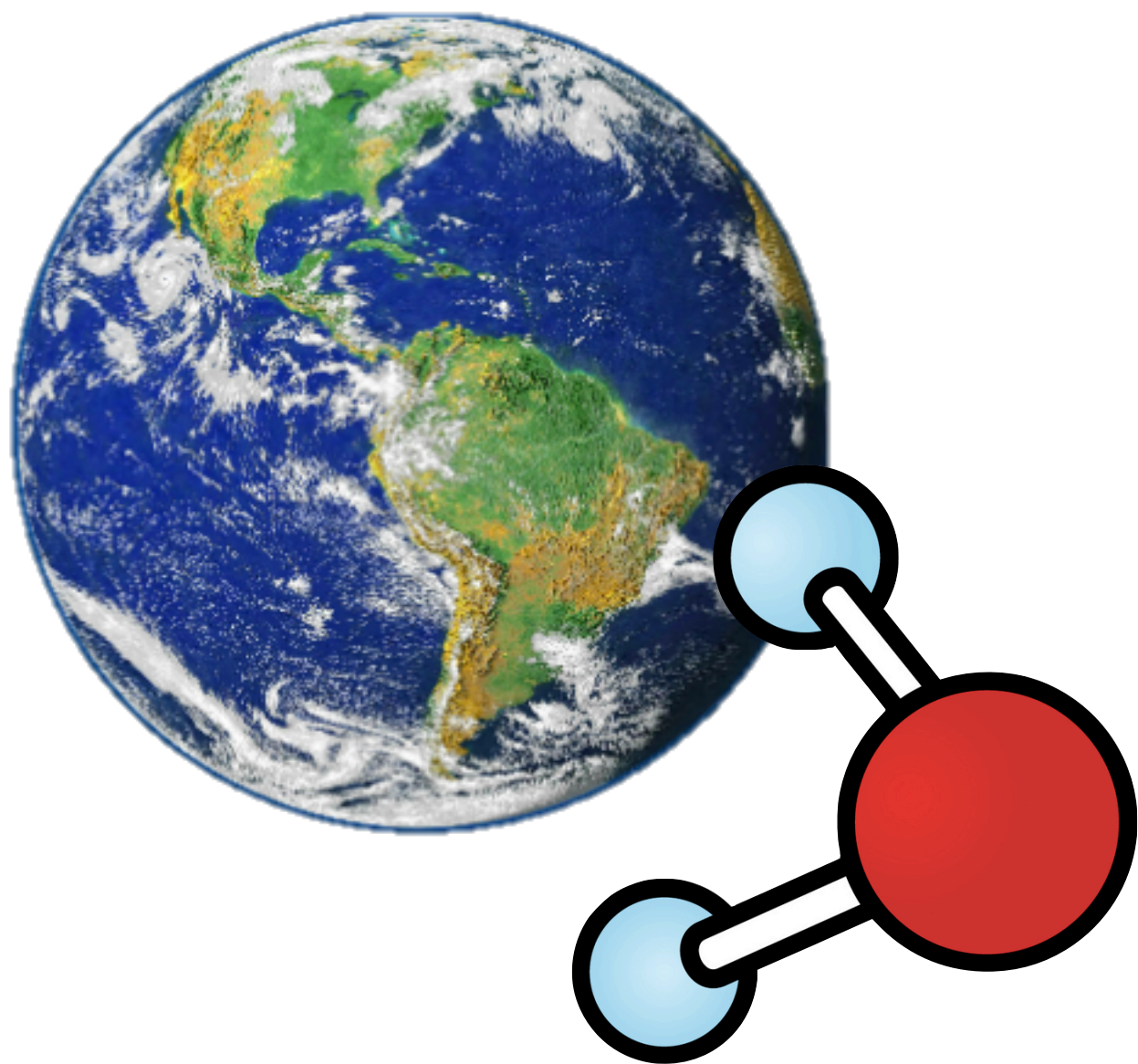
eyes
95%



heart
75%



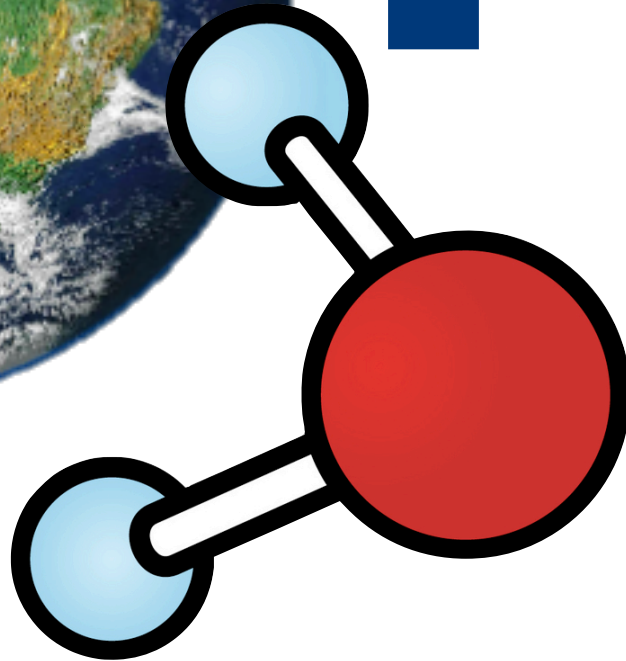
muscles
75%



¡Una simple molécula de Agua!

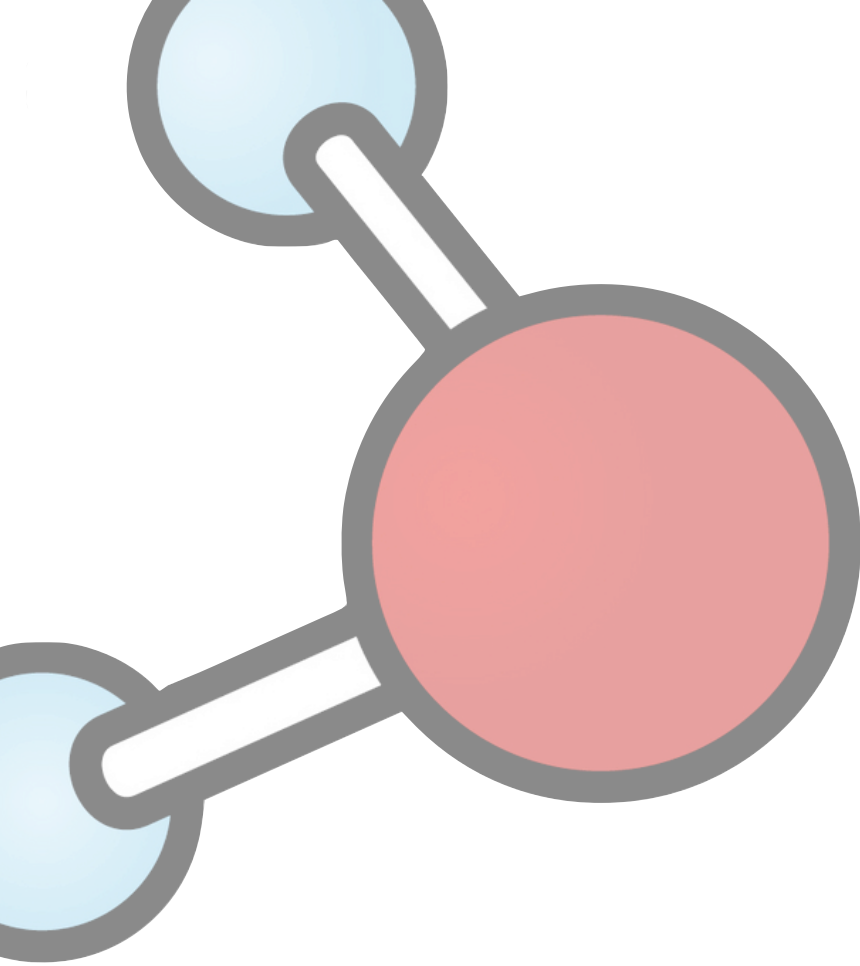


H_2O



ESTRUCTURA

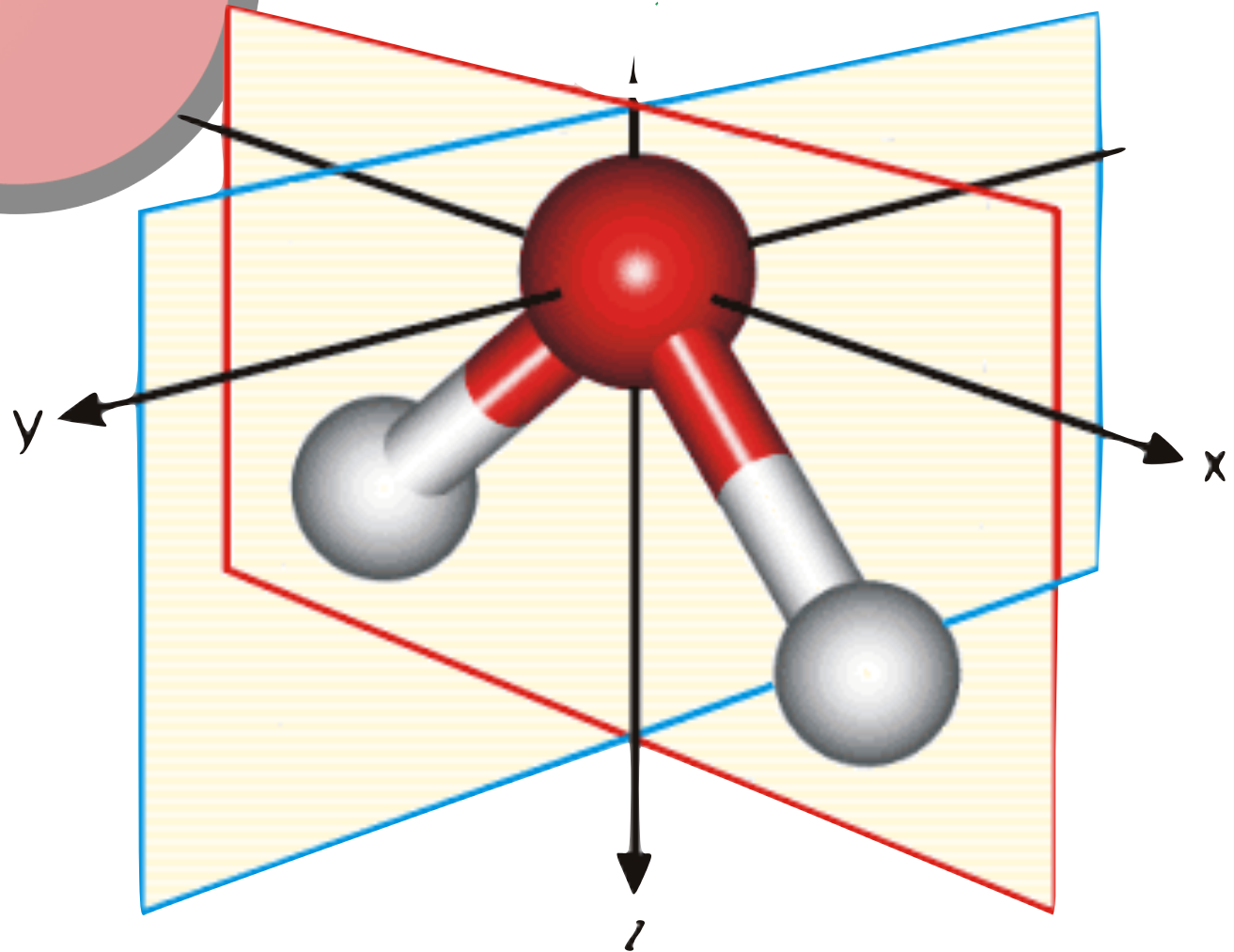
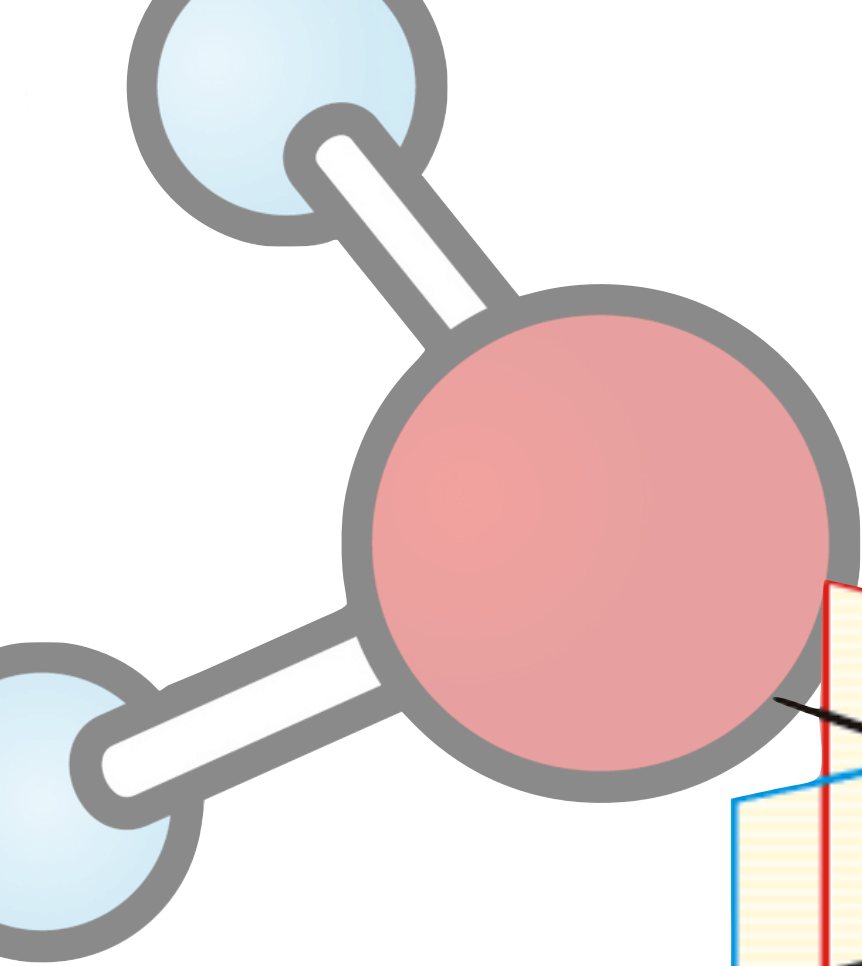
La estructura consiste en dos átomos de Hidrogeno y un átomo de Oxigeno



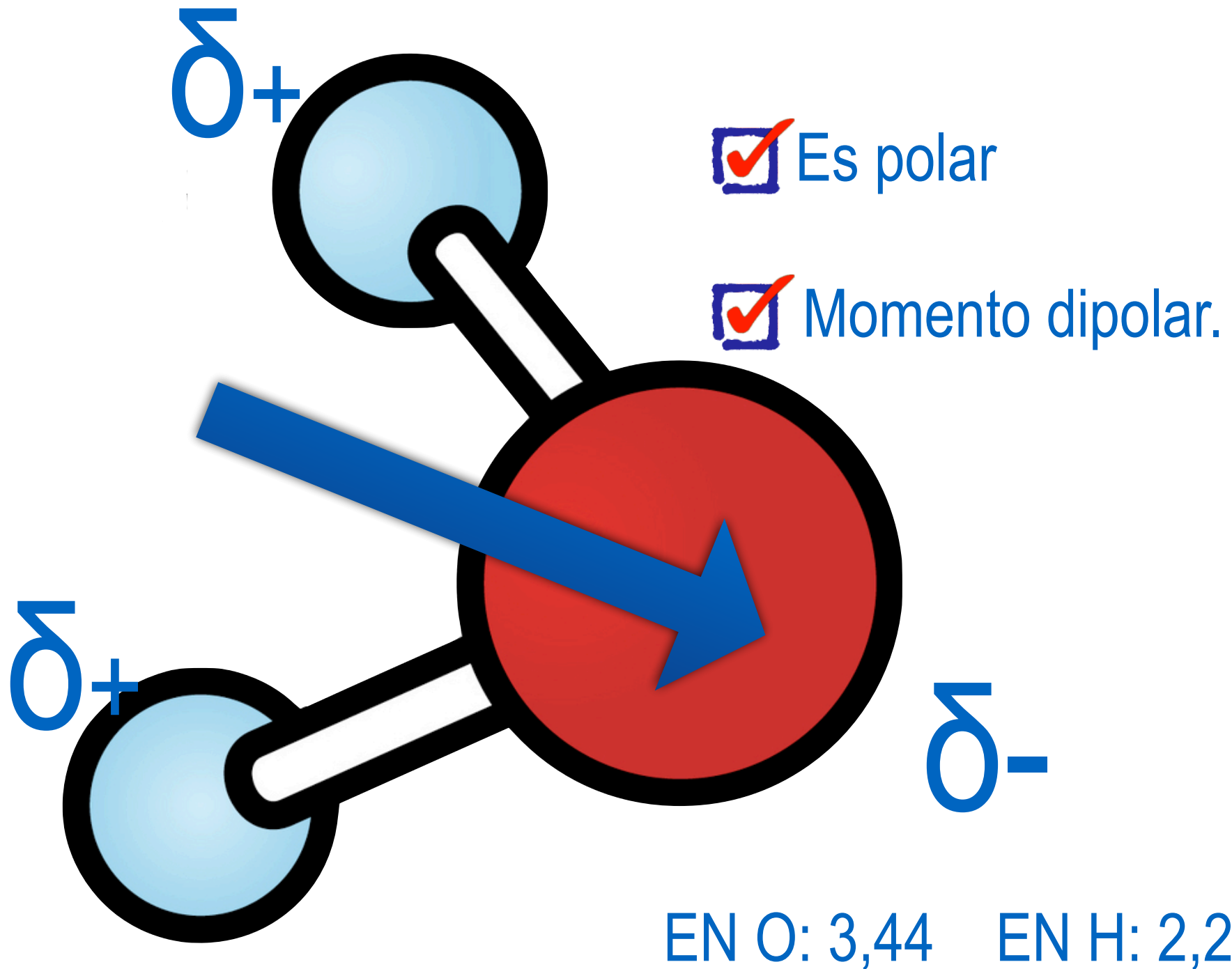
Energía enlace H-O es de 493,4 kJ/mol

ESTRUCTURA

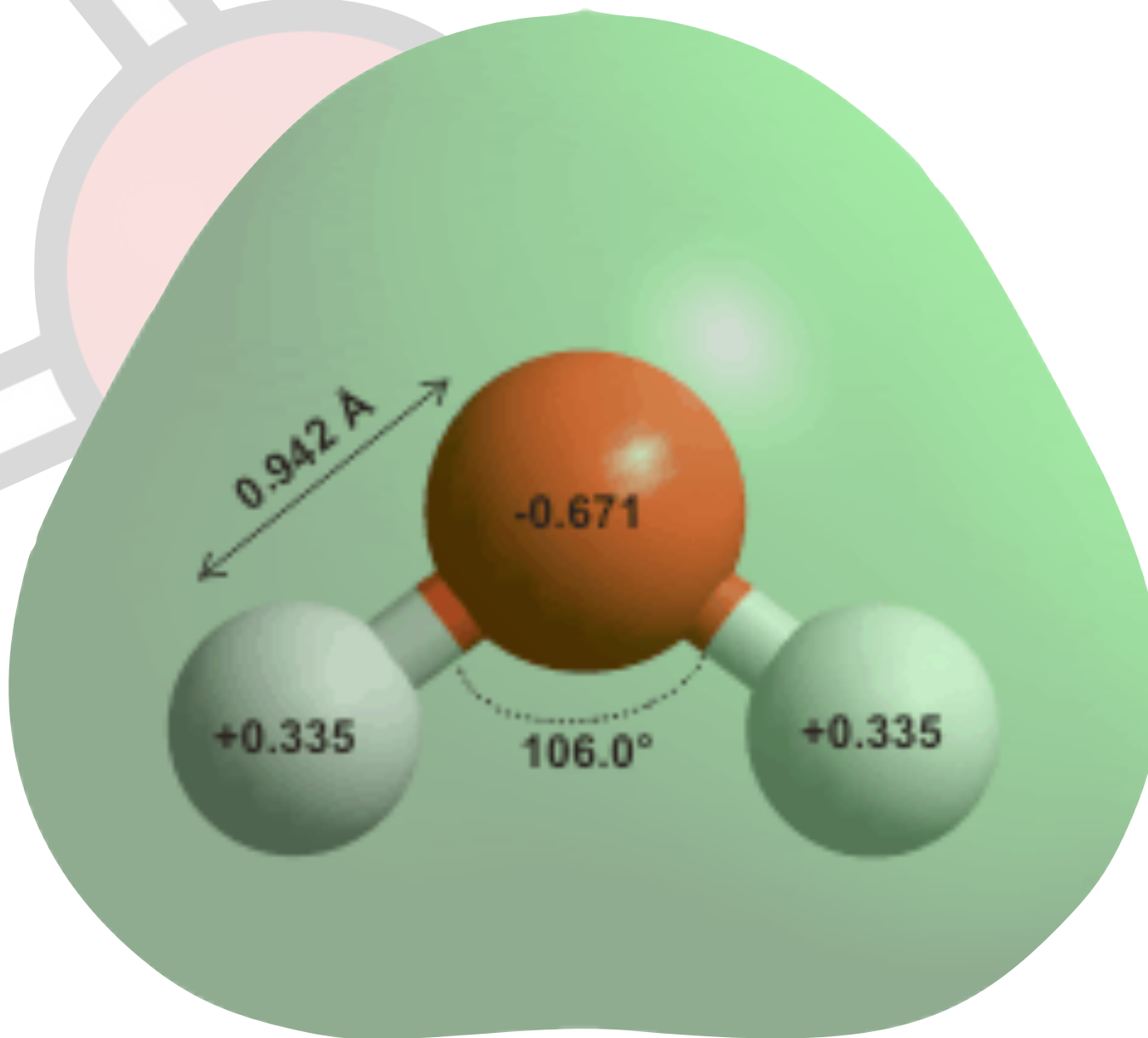
La molécula de agua tiene
una simetría C_{2v}



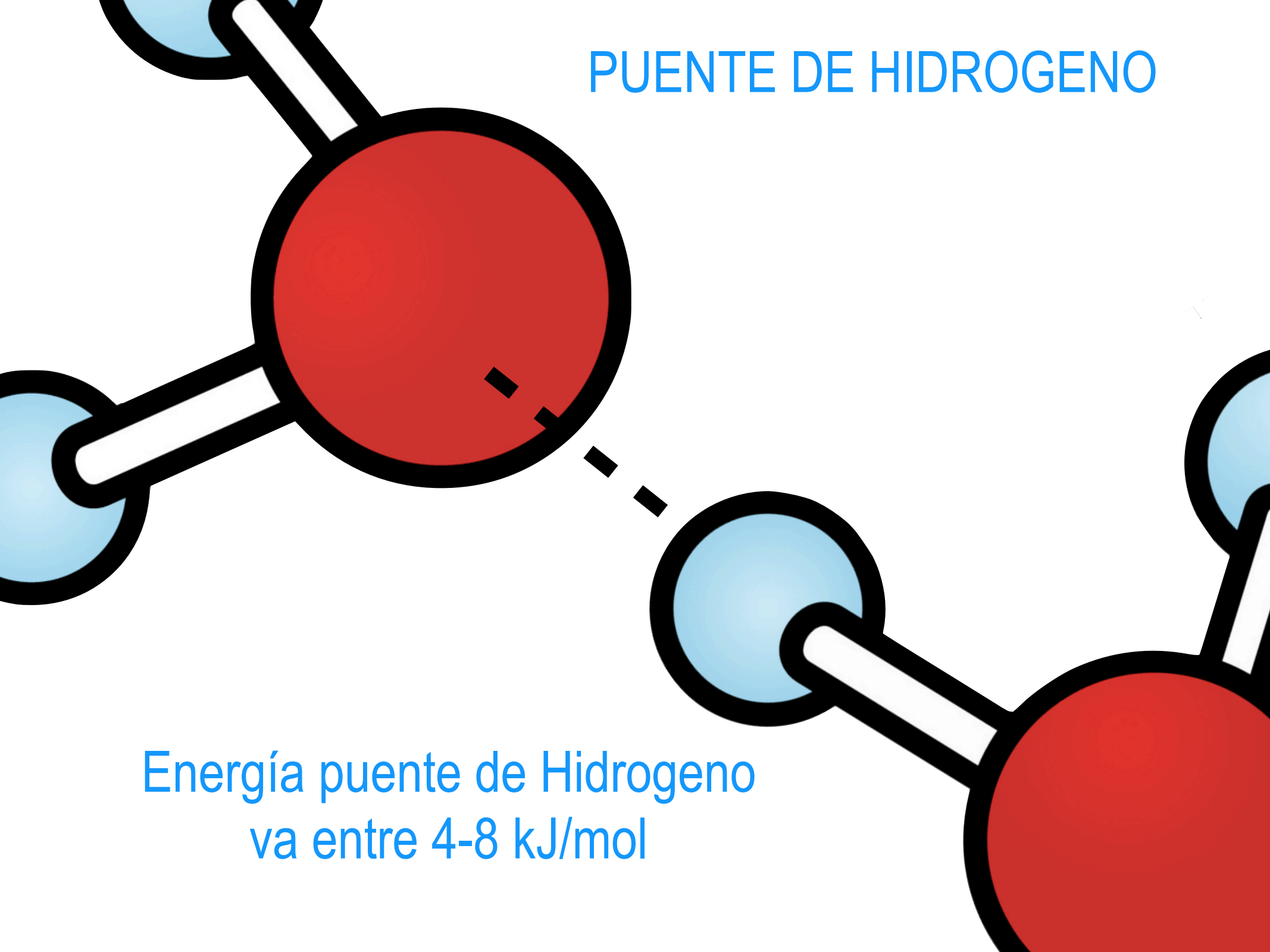
PROPIEDADES ELECTROQUIMICAS



PROPIEDADES ELECTROQUIMICAS

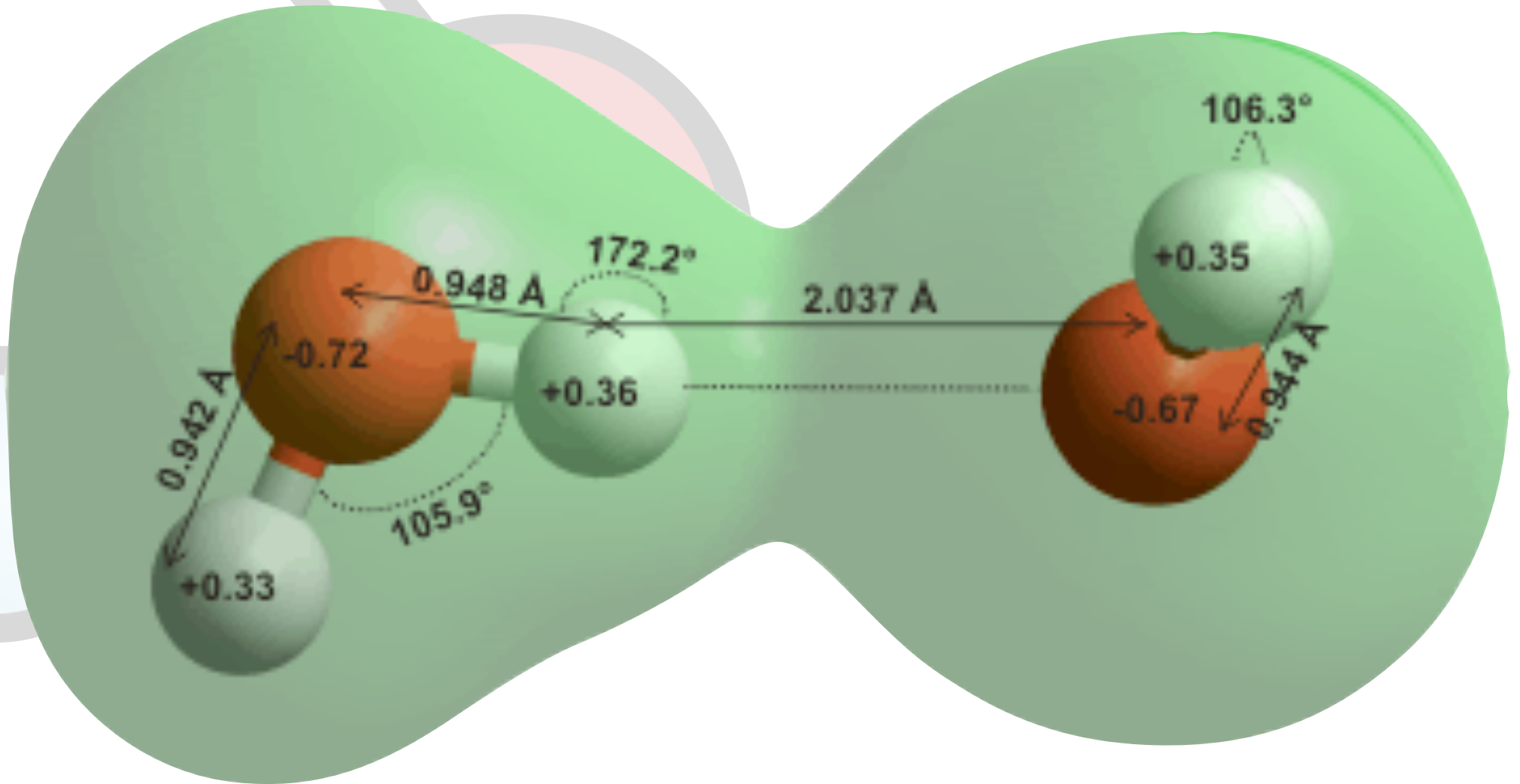


PUENTE DE HIDROGENO



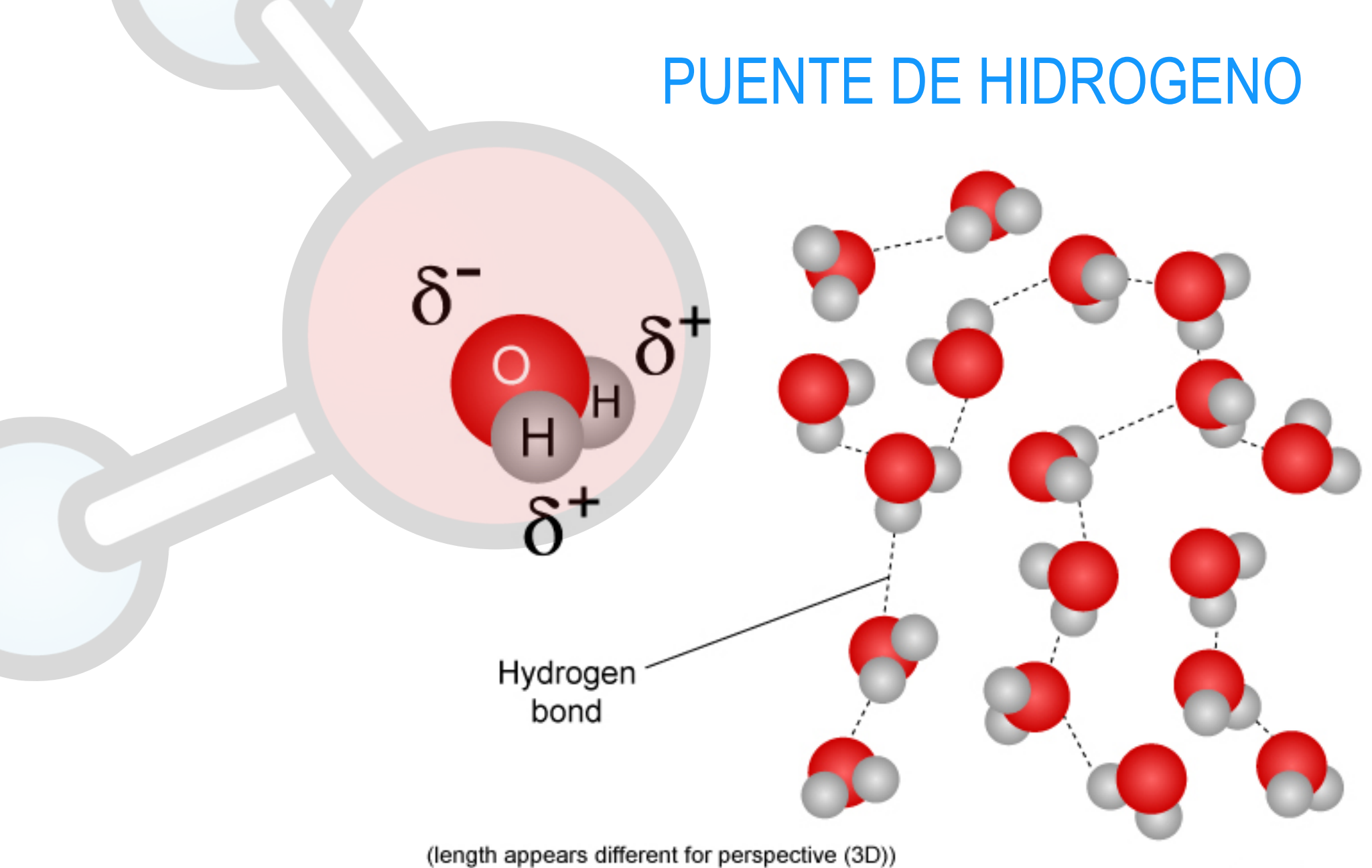
Energía puente de Hidrogeno
va entre 4-8 kJ/mol

PUENTE DE HIDROGENO



Energía puente de Hidrogeno
va entre 4-8 kJ/mol

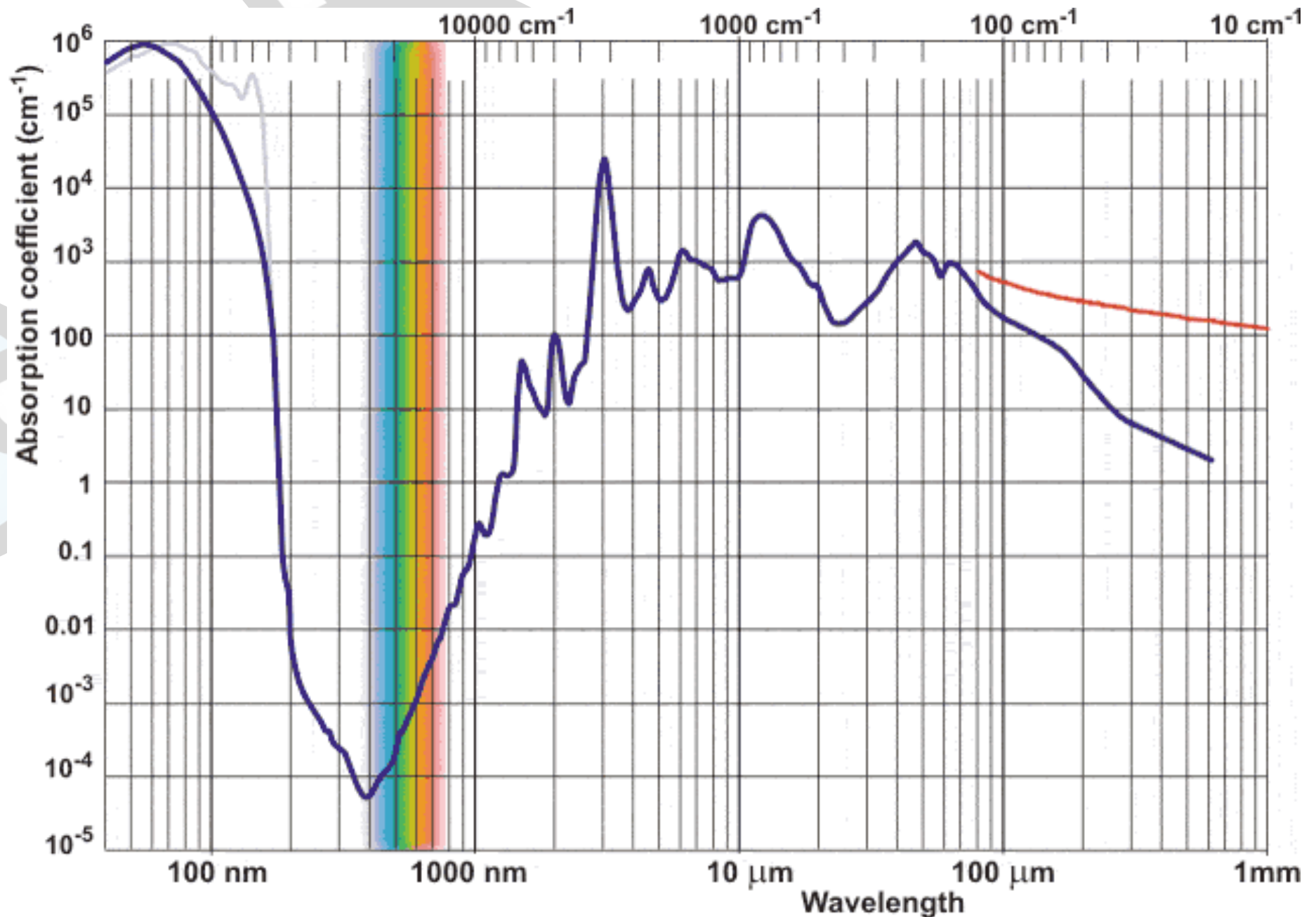
PUENTE DE HIDROGENO



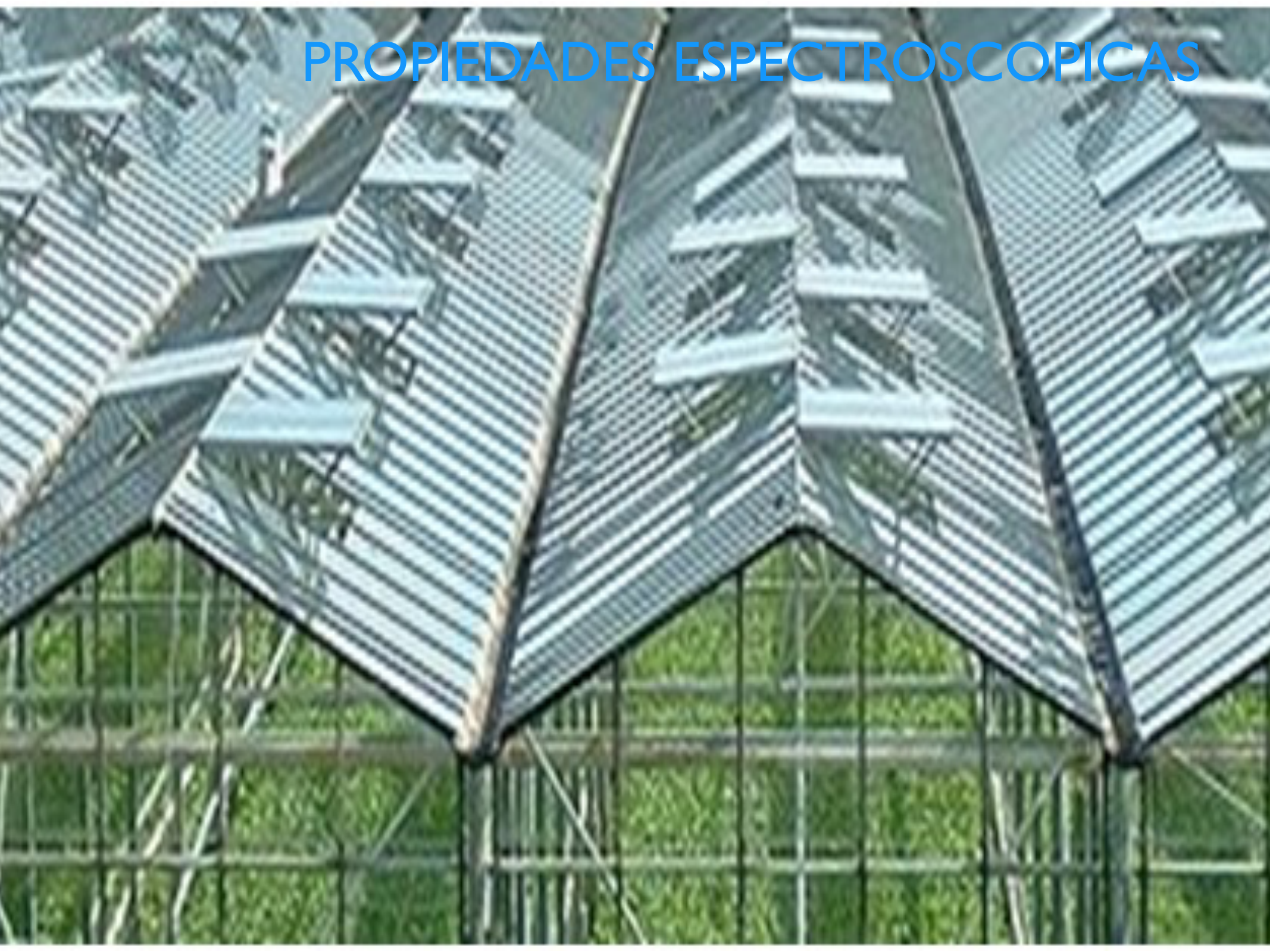
Dept. Biol. Penn State ©2002

En estado liquido una molécula de agua siempre esta rodeada de 3,4 moléculas de agua

PROPIEDADES ESPECTROSCOPICAS

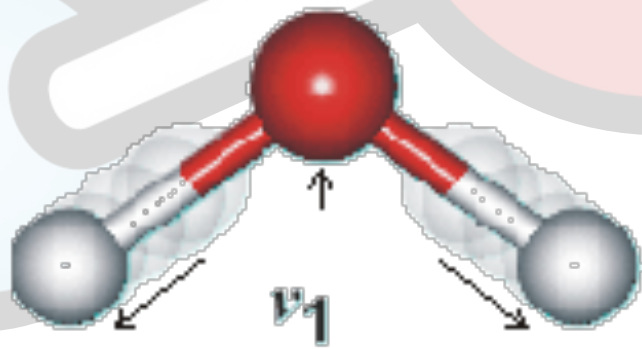


PROPIEDADES ESPECTROSCOPICAS

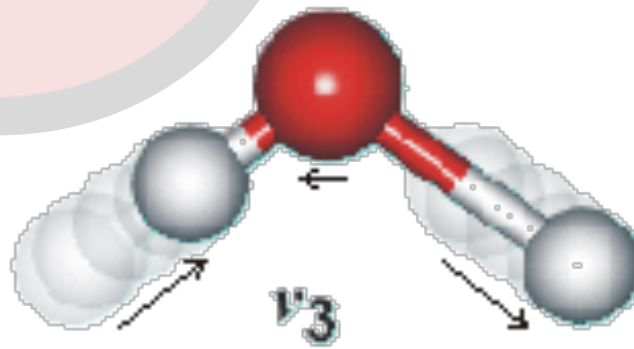


PROPIEDADES ESPECTROSCOPICAS

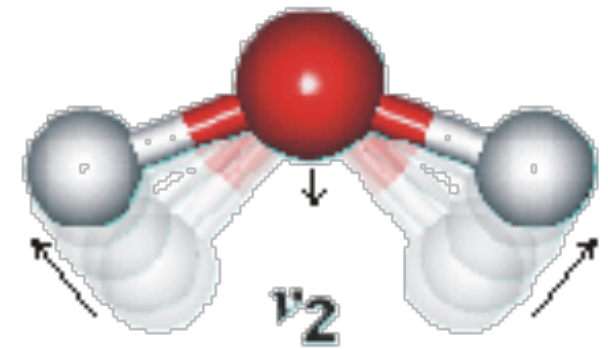
La molécula de agua absorbe energía y la transforma en movimiento



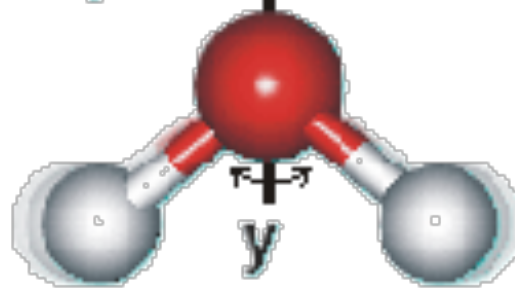
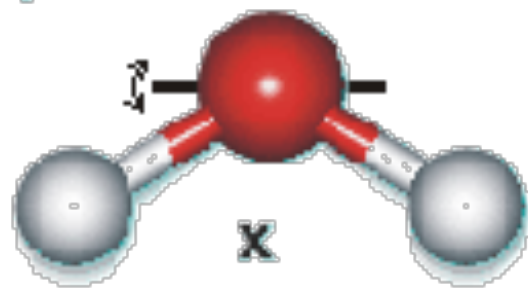
symmetric stretch



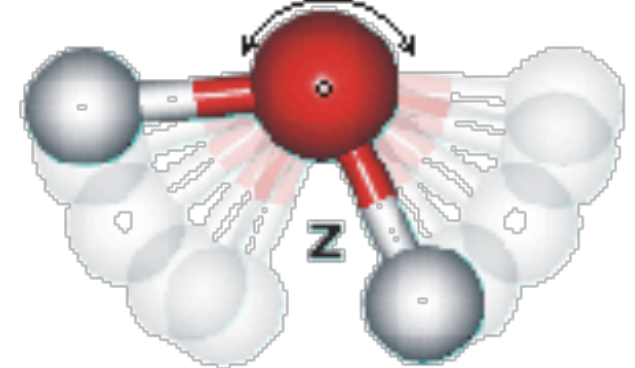
asymmetric stretch

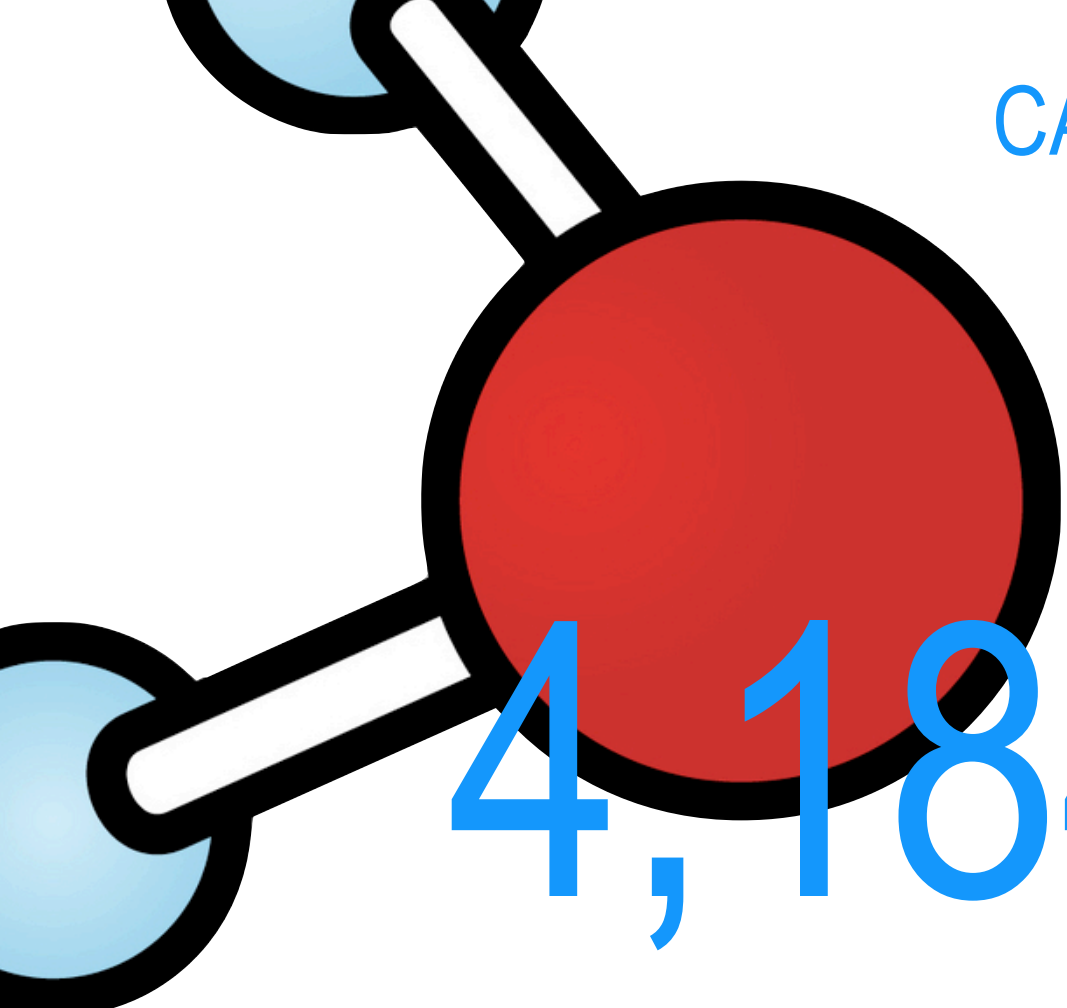


bend



librations





CAPACIDAD CALORIFICA

4,184 KJ/Kg

1 Kcal/Kg

Es superior a cualquier otro liquido o solido

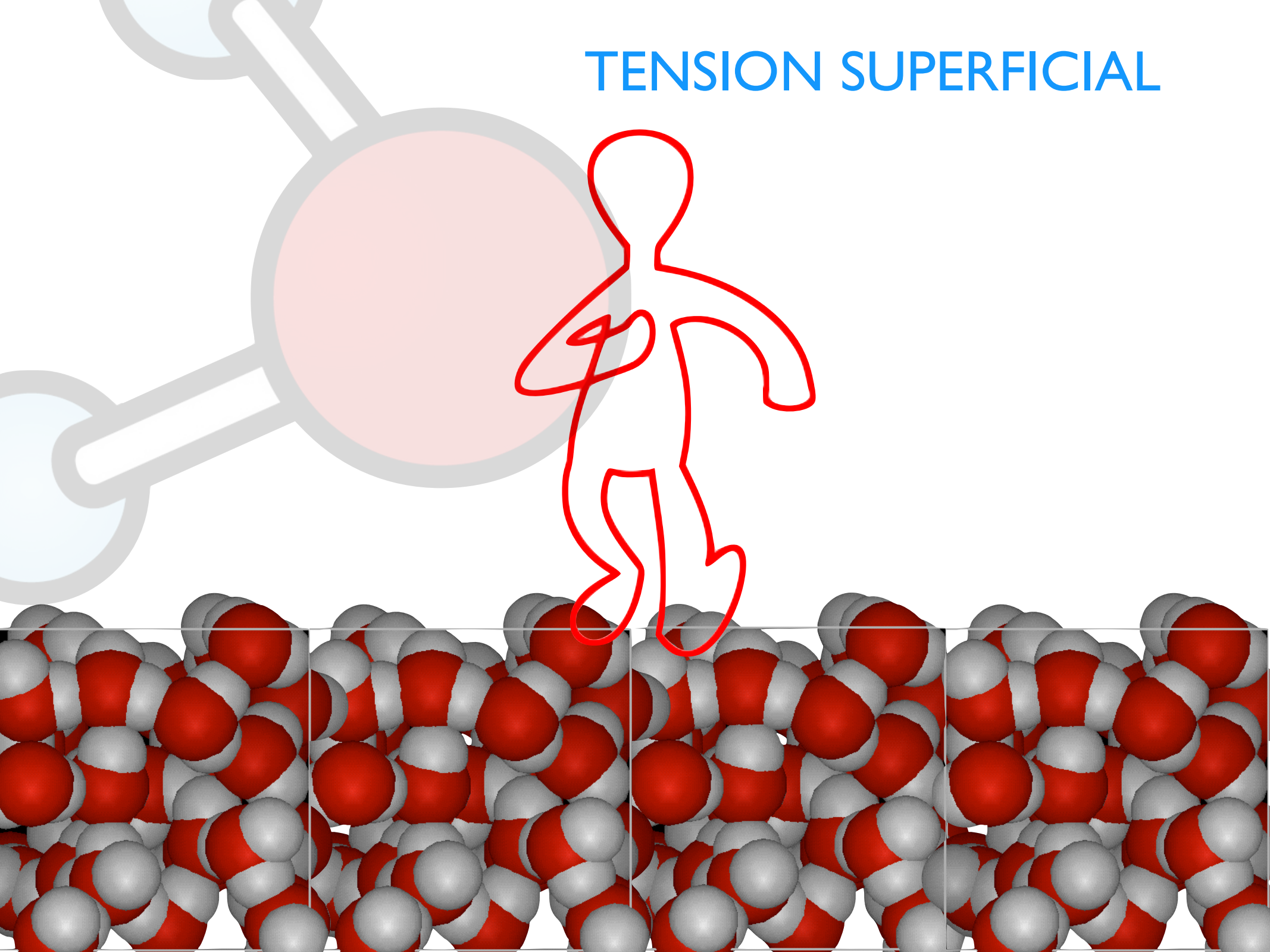
CAPACIDAD CALORIFICA



CAPACIDAD CALORIFICA



TENSION SUPERFICIAL

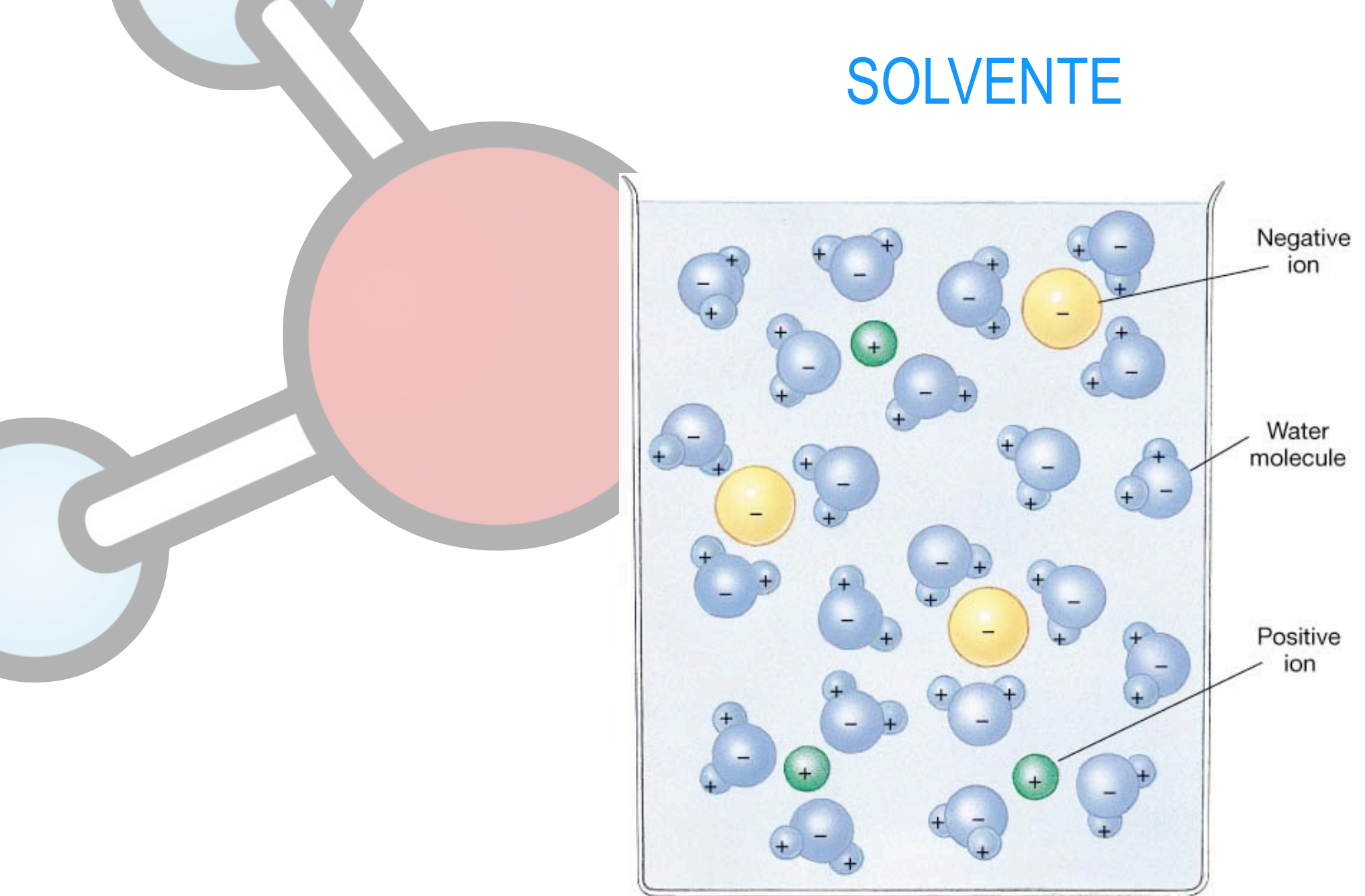


TENSION SUPERFICIAL



Tiene un alta tensión superficial,
en otras palabra el agua es
elástica y adhesiva.

SOLVENTE



Es un buen solvente de sustancias polares

TABLE 20.2 Important General Ionic Composition Classifications of Freshwaters and Marine Waters

Composition	River Water	Salt Water
pH	6–8	8
Ca^{2+}	$4 \times 10^{-5} \text{ M}$	$1 \times 10^{-2} \text{ M}$
Cl^{-}	$2 \times 10^{-4} \text{ M}$	$6 \times 10^{-1} \text{ M}$
HCO_3^{-}	$1 \times 10^{-4} \text{ M}$	$2 \times 10^{-3} \text{ M}$
K^{+}	$6 \times 10^{-5} \text{ M}$	$1 \times 10^{-2} \text{ M}$
Mg^{2+}	$2 \times 10^{-4} \text{ M}$	$5 \times 10^{-2} \text{ M}$
Na^{+}	$4 \times 10^{-4} \text{ M}$	$5 \times 10^{-1} \text{ M}$
SO_4^{2-}	$1 \times 10^{-4} \text{ M}$	$3 \times 10^{-2} \text{ M}$

M = molarity (moles per liter solution).

Sources: Hunter KA, Kim JP, Reid MR. Factors influencing the inorganic speciation of trace metal cations in freshwaters. Mar Freshwater Res 1999;50:367–72; and Schwarzenbach RR, Gschwend PM, Imboden DM. Environmental organic chemistry. New York (NY): Wiley Interscience; 1993.

SOLVENTE



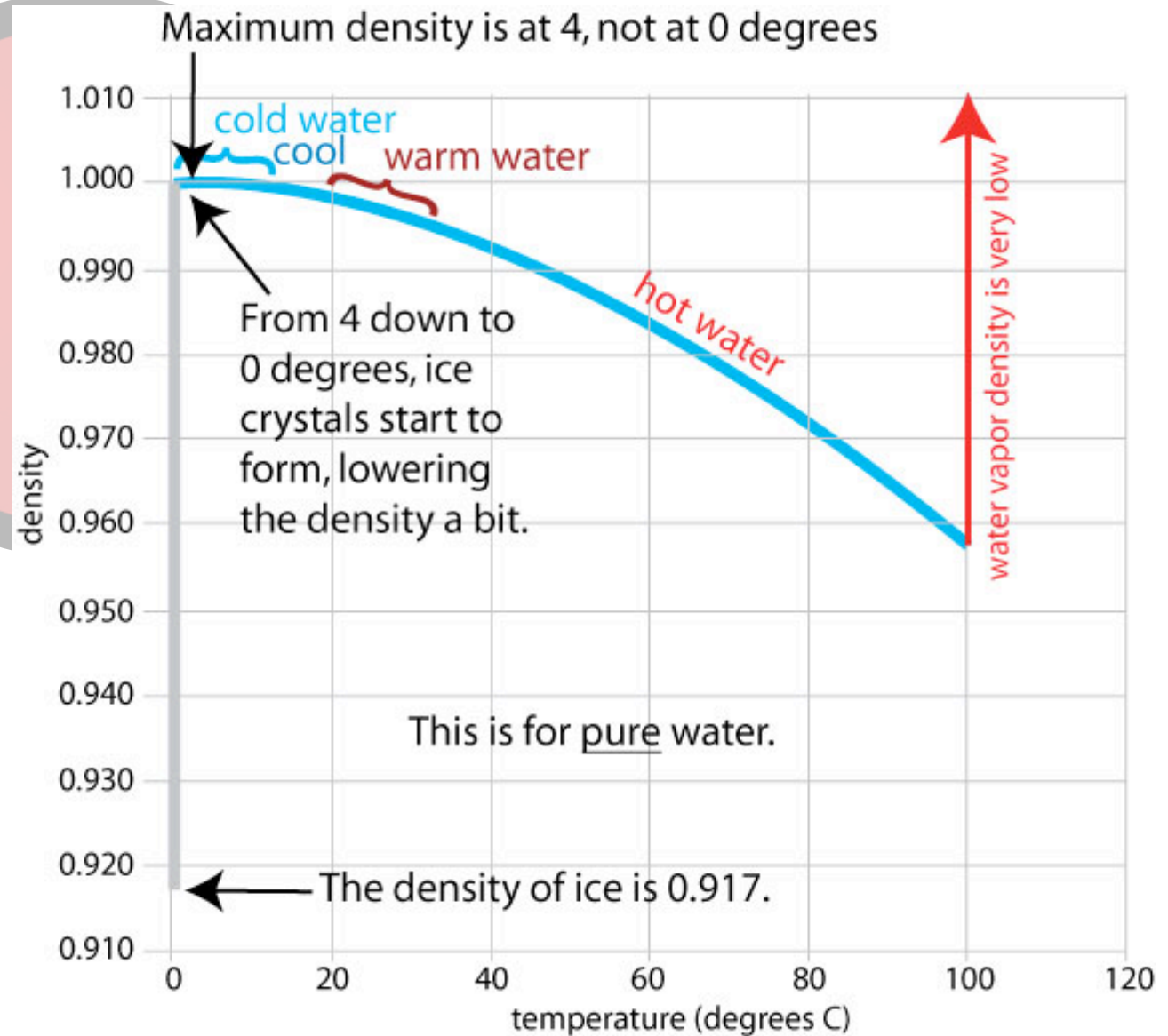
Es un buen solvente de sustancias polares

A wide river with turquoise water and white rapids flowing through a lush green forest. The water is turbulent, creating white foam and spray. The surrounding vegetation is dense and green, with some rocky outcrops visible on the right bank.

SOLVENTE

Salto del Petrohue

DENSIDAD

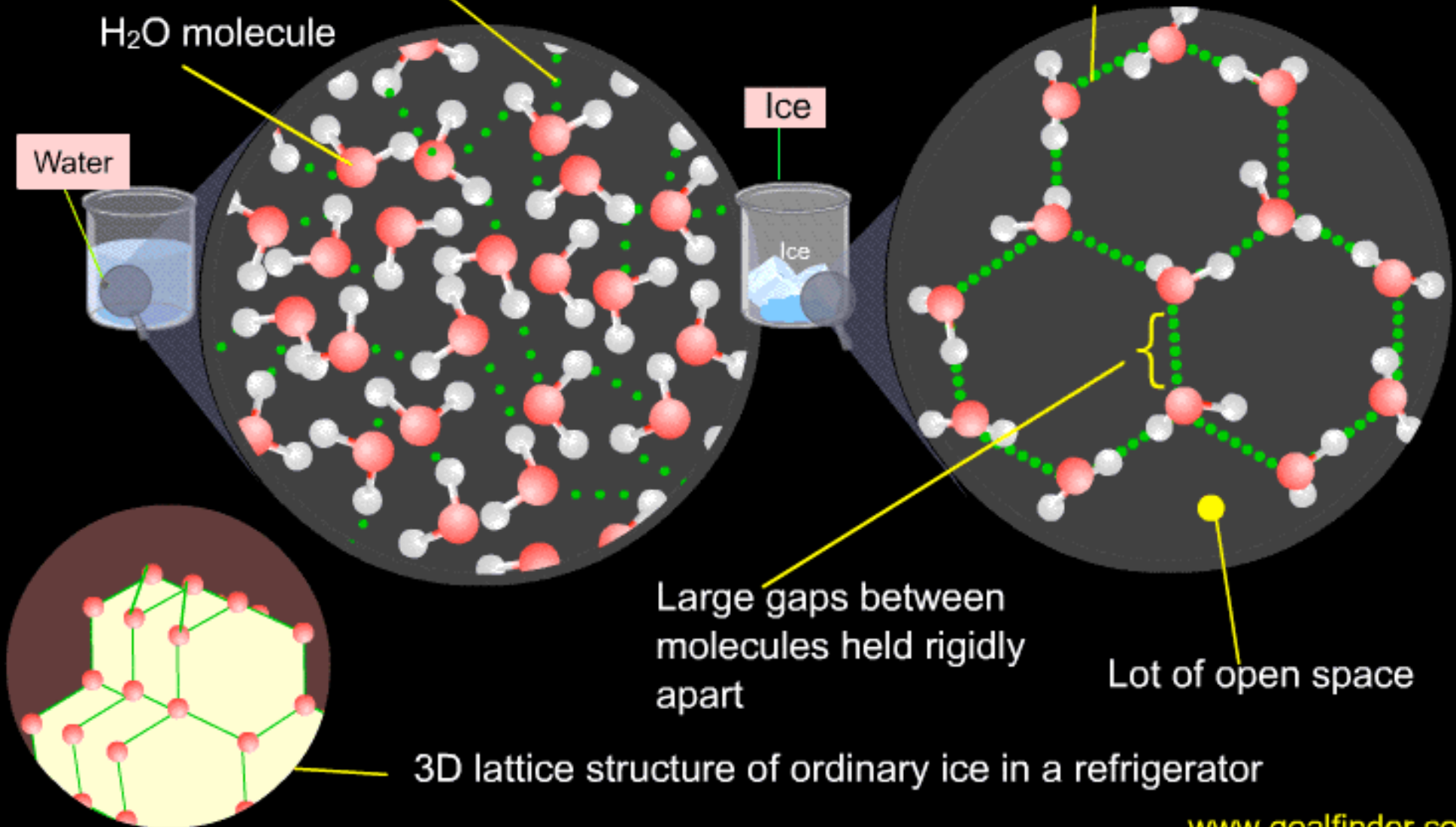


Unica sustancia que el máximo de densidad no se presenta cuando esta solidificada

DENSIDAD

Loose hydrogen bonds between continuously moving H_2O molecules at 10°C

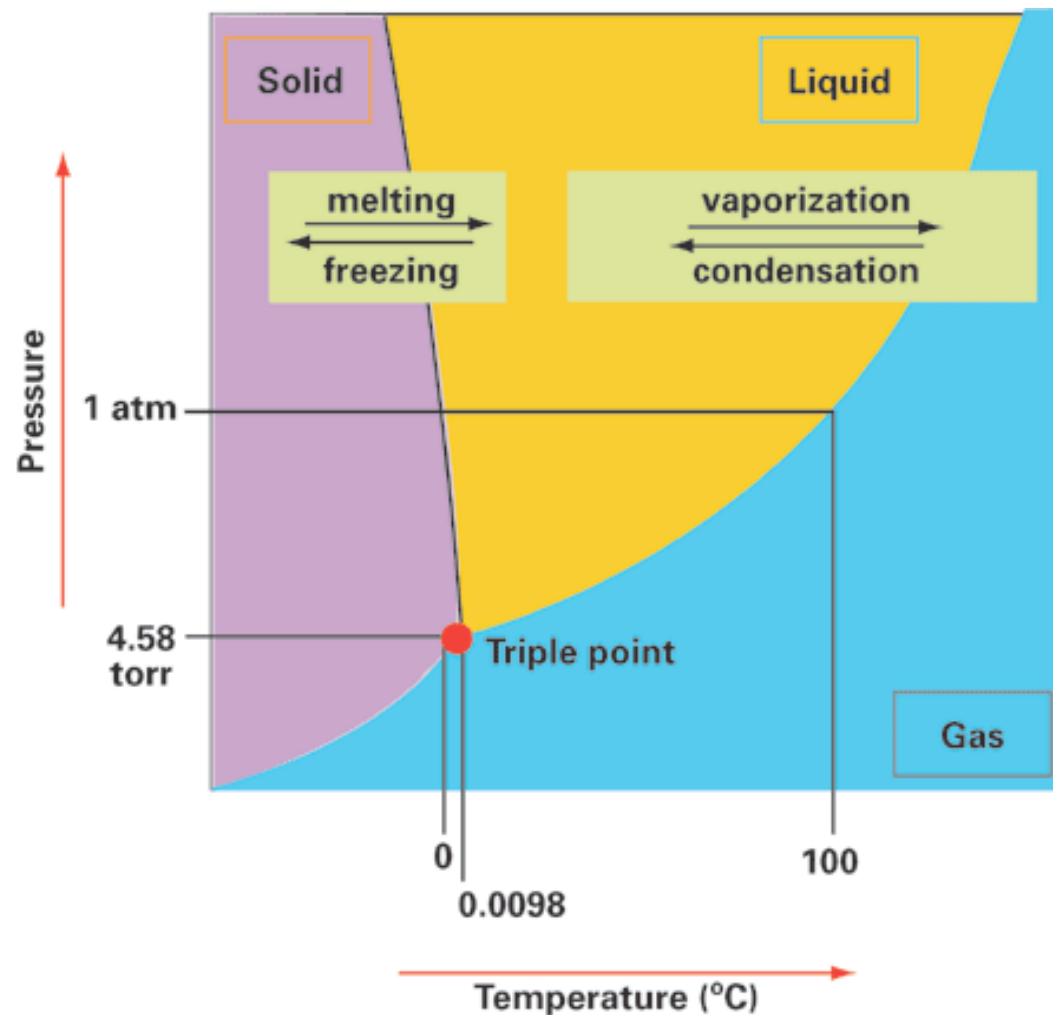
Strong stable hydrogen bonds between H_2O molecules at 0°C , forming a rigid hexagonal crystal lattice structure



DENSIDAD



TEMPERATURA DE FUSION Y EVAPORACION



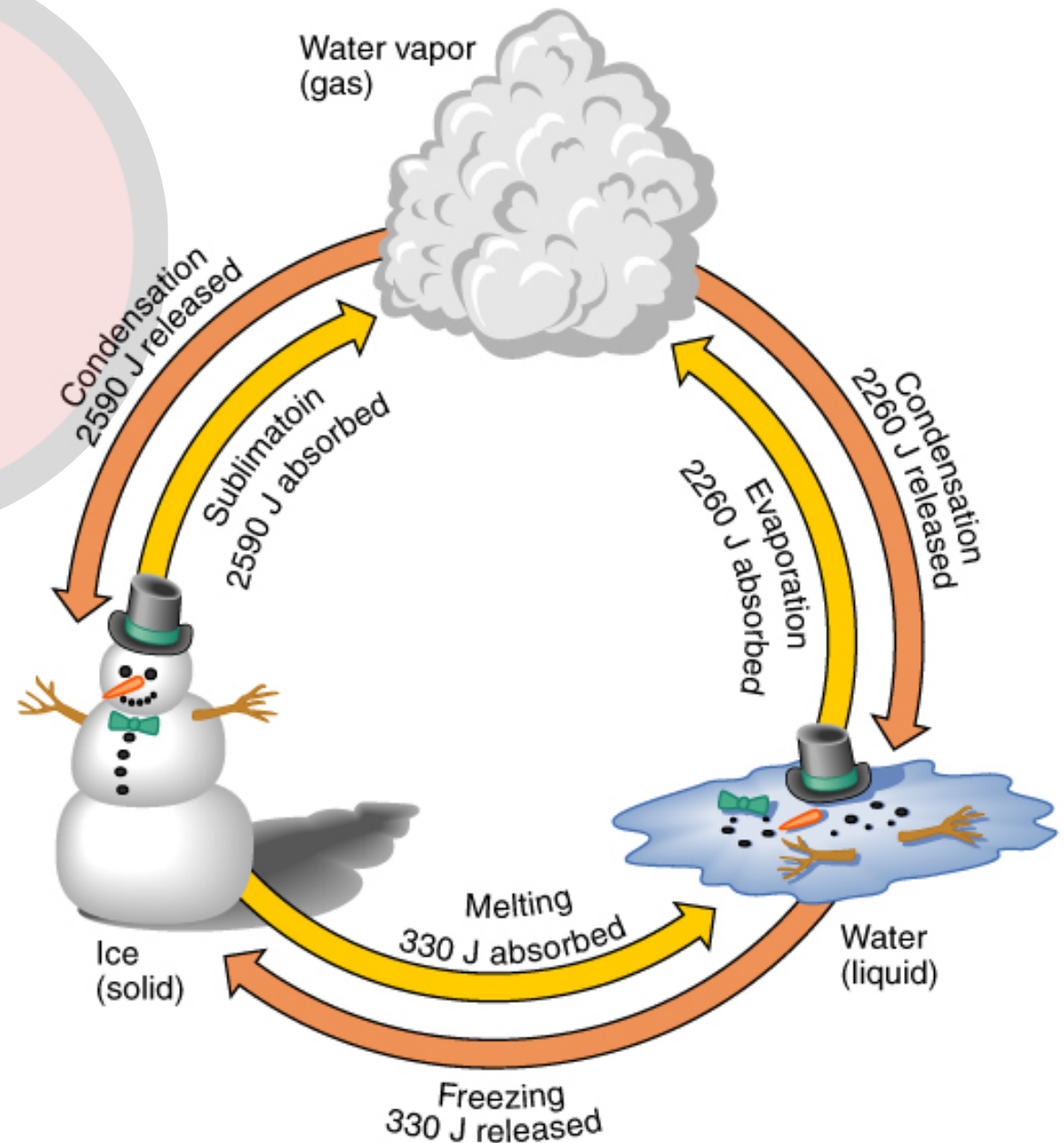
Temperaturas de fusión y evaporación
anormalmente altas

CAPACIDAD CALORIFICA

4,184 KJ/Kg
1 Kcal/Kg

Es superior a cualquier otro liquido o solido

ESTADOS DE LA MATERIA



Propiedad	Comparación otras sustancias
Densidad	Max. a 4°.
T° fus y T° evap	Anormalmente alta
Capacidad Calorífica	La mas alta para un liquido
Calor de vaporización	Uno de los mas altos
Tensión Superficial	Extremadamente alta
Absorción de Radiación	Absorbe UV e IR Transparente a Vis
Propiedades de solvente	Excelente solvente moléculas polares

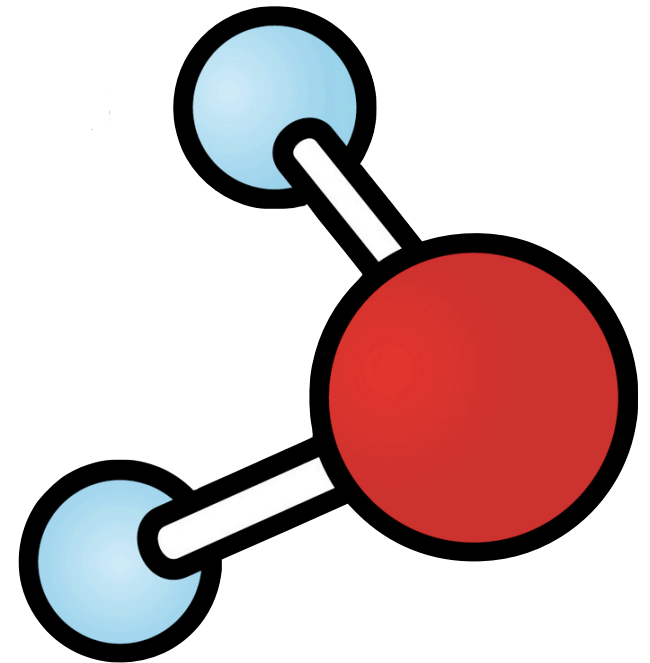


"La Ola" K. Hokusai (1830)



Ciclo:

**Conjunto de una serie de fenómenos
u operaciones que se repiten
ordenadamente:**



Ciclo:

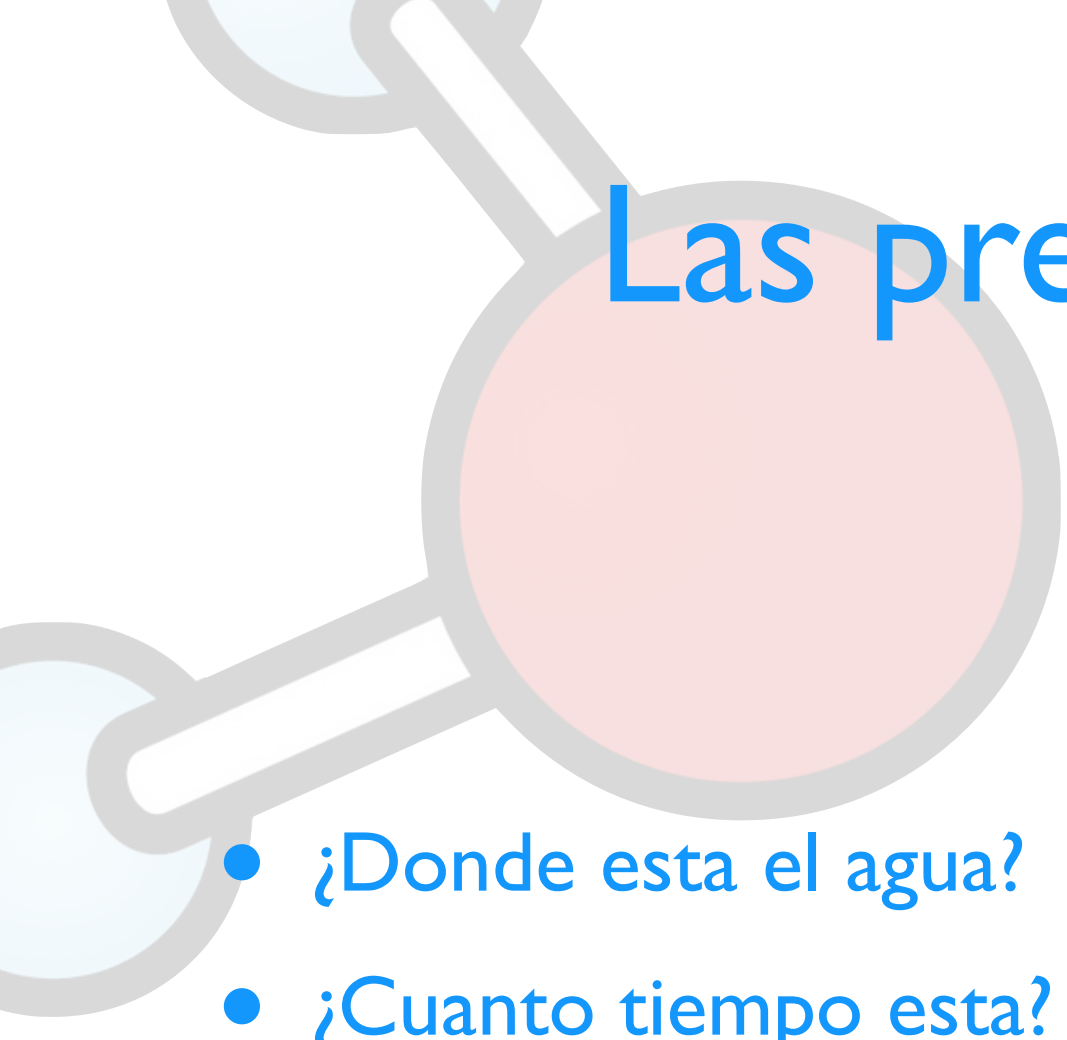
Conjunto de una serie de fenómenos u operaciones que se repiten ordenadamente

Ciclo del agua:

Modelo conceptual que describe la secuencia de fenómenos en los cuales el agua es transportada entre diferentes componentes del medio ambiente







Las preguntas

- ¿Donde esta el agua? Escala Espacial
- ¿Cuanto tiempo esta? Escala Temporal

El Ciclo del Agua



El Ciclo del Agua

Subsistema Agua atmosférica

Subsistema Agua Superficial

Subsistema Agua Subterranea



Modelo Simple para sistemas Hidrologicos



F = cantidad de materia/unidad de tiempo

Q = cantidad de materia

En estado estacionario se cumple que

$$F_{\text{entrada}} - F_{\text{Salida}} = dS/dt = 0$$

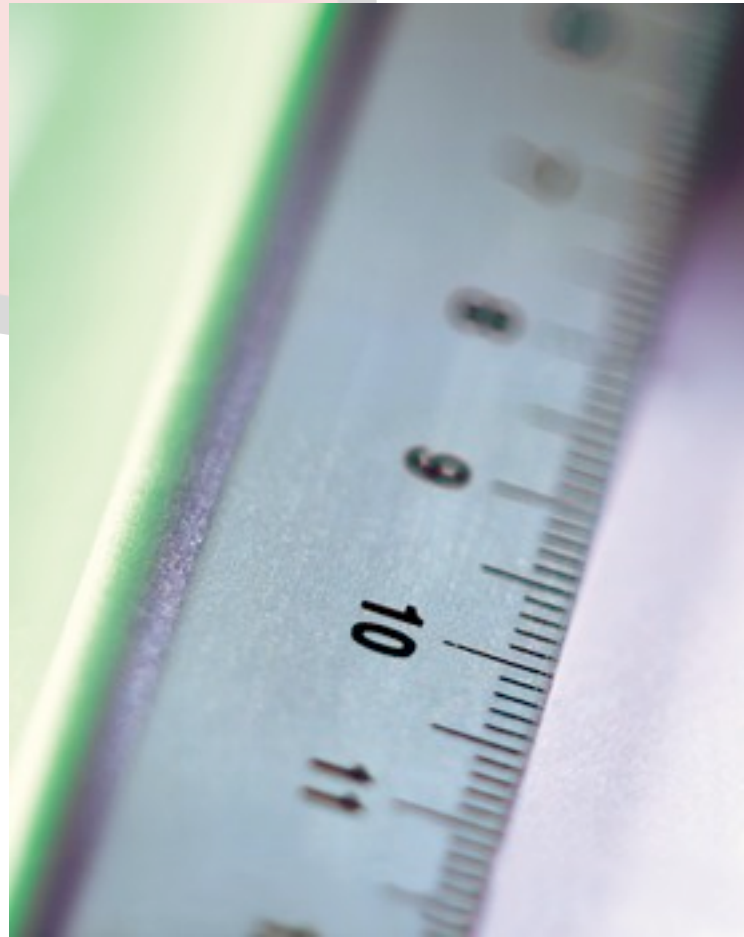
Modelo Simple para sistemas Hidrologicos



Tiempo de Residencia

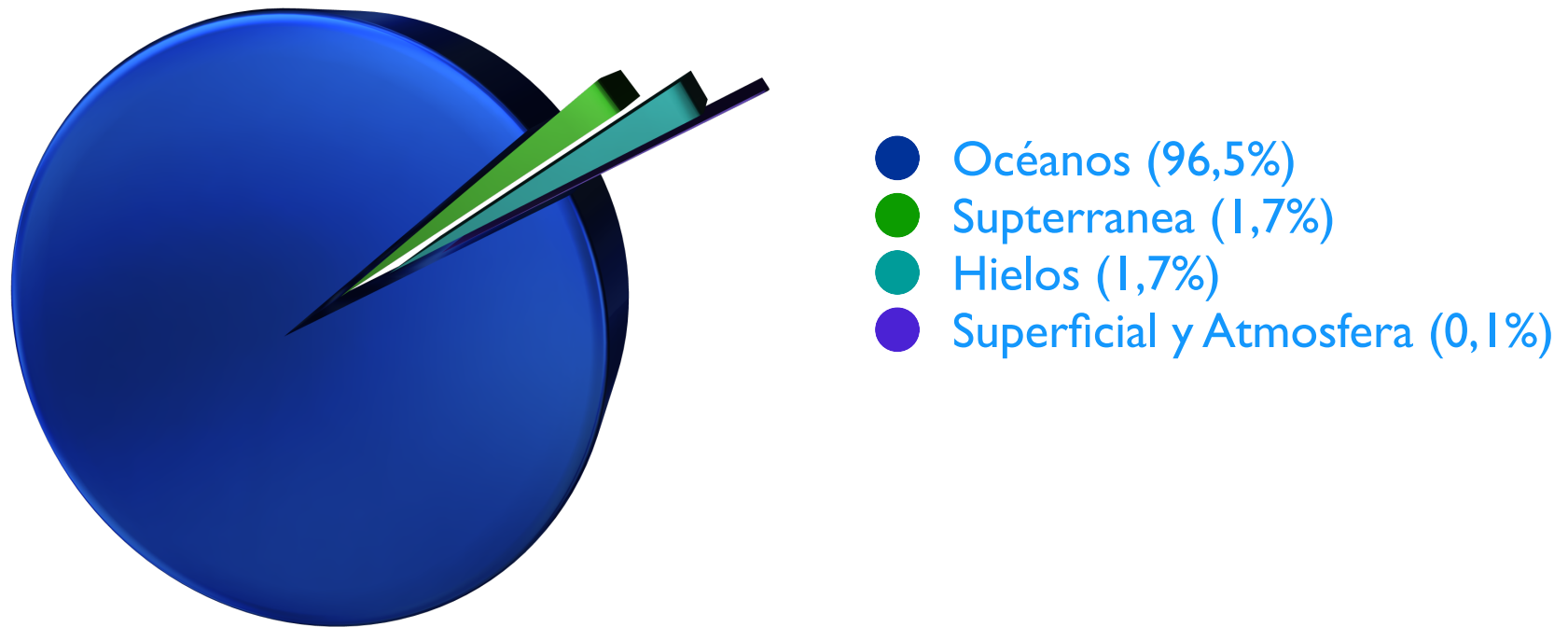
$$\tau = Q/F$$

Escala Espacial



Escala Espacial

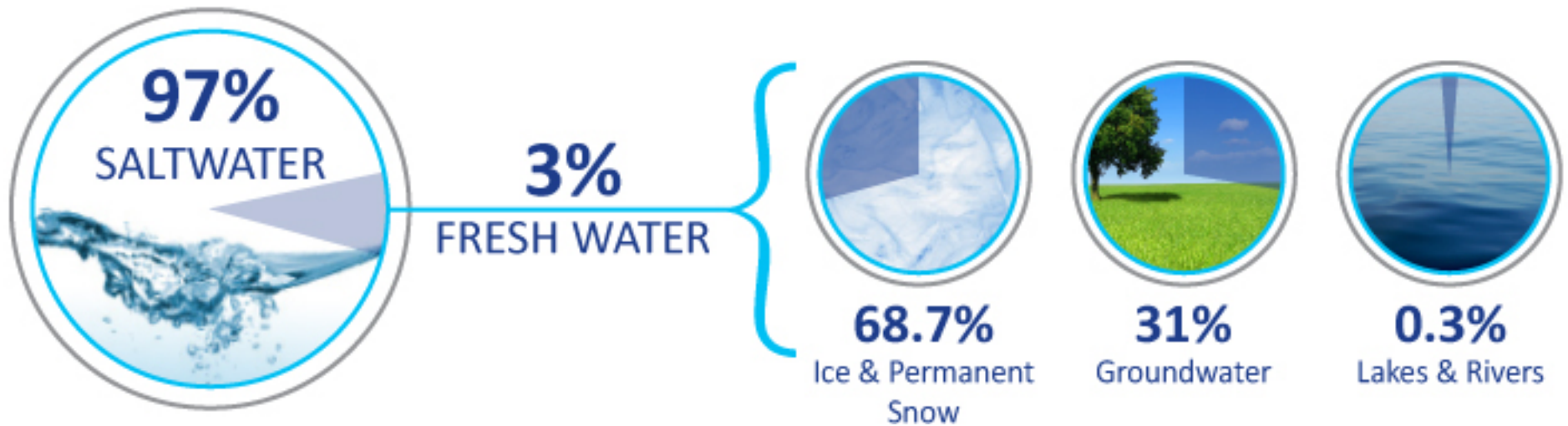
¿Donde se encuentra el agua principalmente?

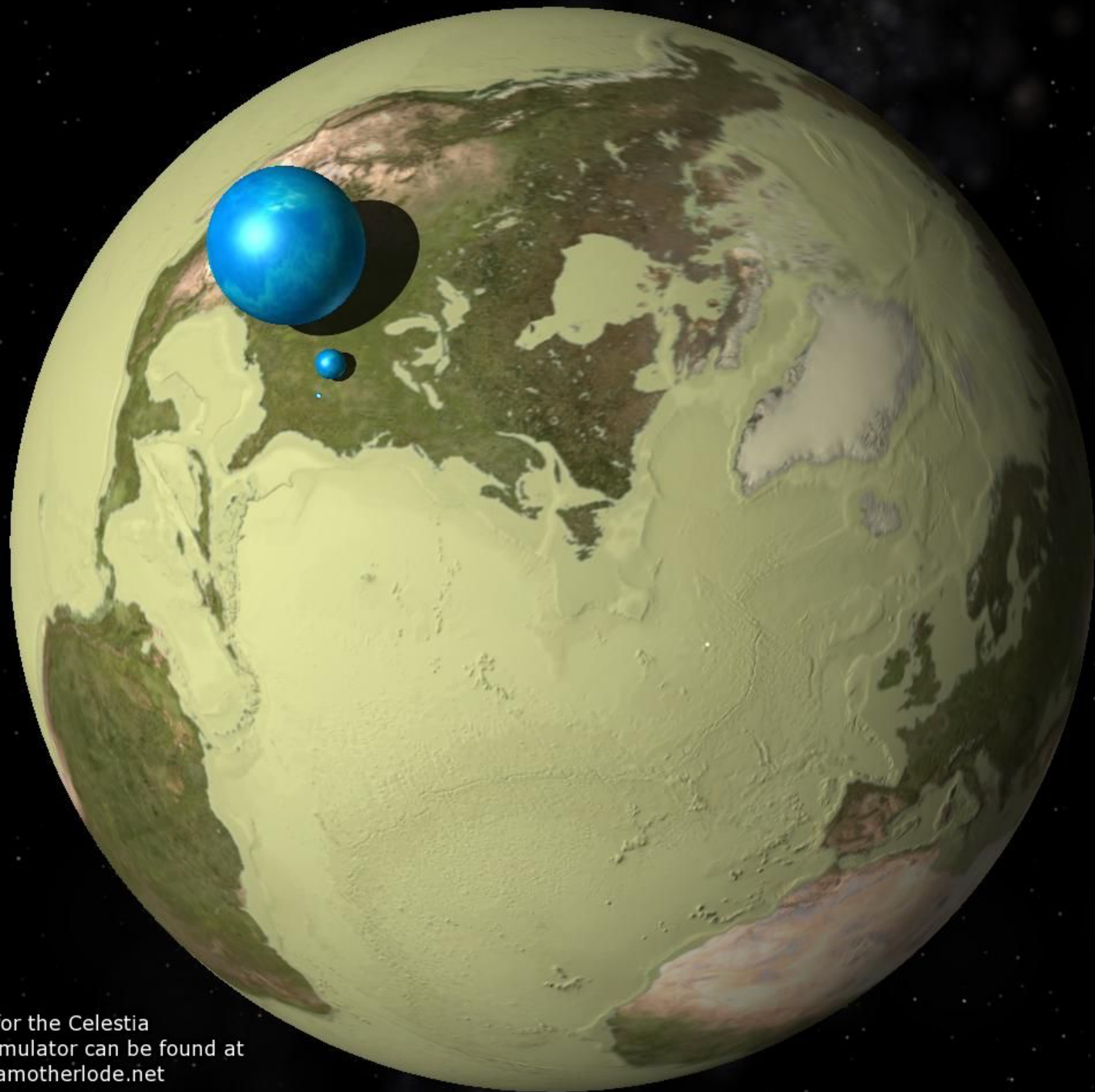


El principal reservorio del agua son los océanos.

Reservorio: Depósito, estanque.

¿Donde se encuentra el agua principalmente?





This addon for the Celestia
3D Space Simulator can be found at
www.celestiamotherlode.net

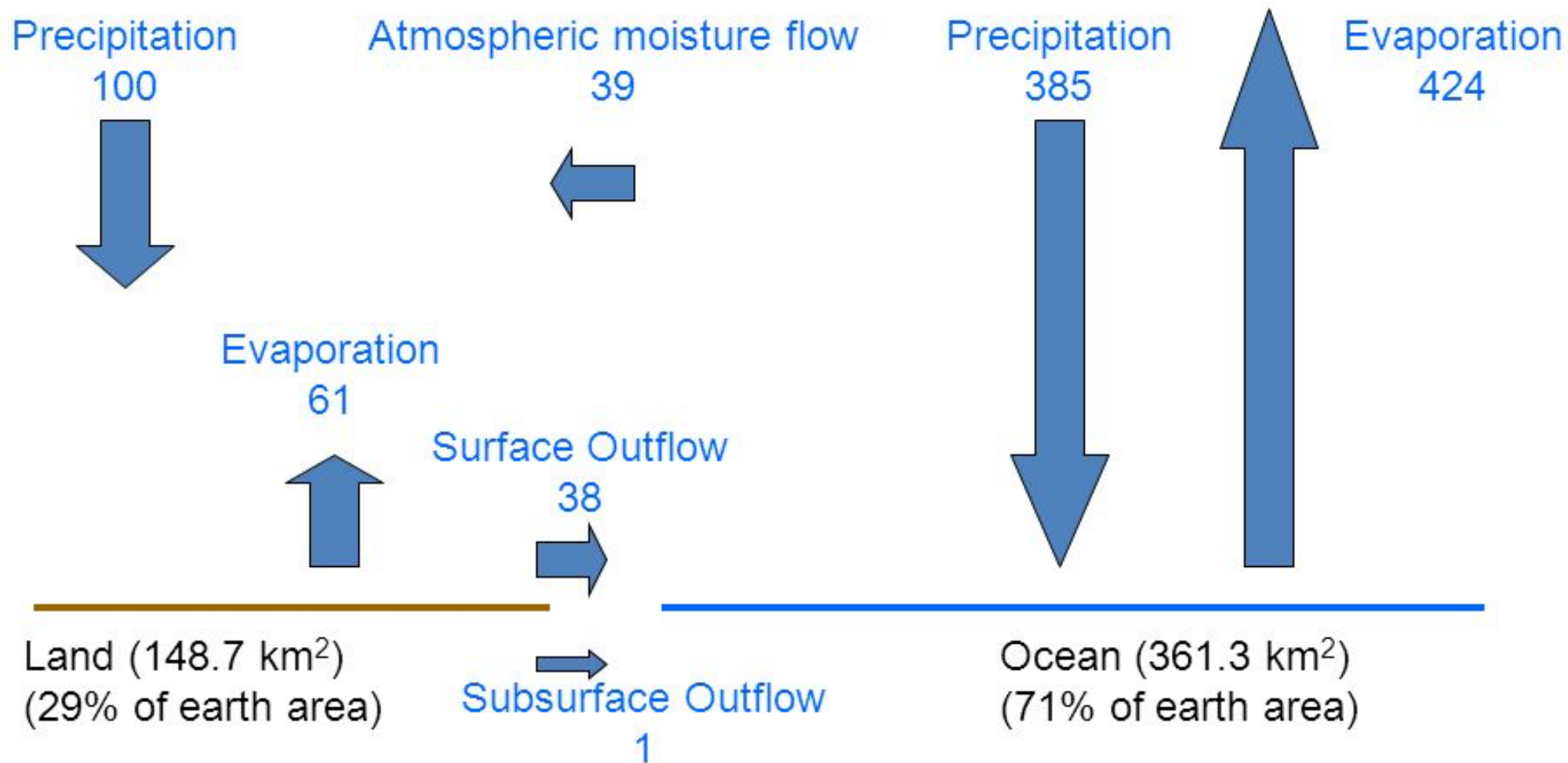
TABLE 20.1 Estimation of Water Volume in the Hydrosphere

Water Source	Water Volume ($\times 1000 \text{ km}^3$)	Percentage of Freshwater	Percentage of Total Water
Oceans, seas, & bays	1,338,000	—	96.5
Ice caps, glaciers, & permanent snow	24,064	68.6	1.74
Groundwater	23,400	—	1.7
Fresh	10,530	30.1	0.76
Saline	12,870	—	0.93
Ground ice & permafrost	300	0.86	0.022
Lakes	176.4	—	0.013
Fresh	91	0.26	0.007
Saline	85.4	—	0.007
Soil moisture	16.5	0.05	0.001
Atmosphere	12.9	0.04	0.001
Swamp water	11.5	0.03	0.0008
Rivers	2.1	0.006	0.0002
Biological water	1.1	0.003	0.0001

Source: U.S. Geological Survey. *The world's water*. <http://ga.water.usgs.gov/edu/earthwherewater.html>; 2013 [accessed 01.11.13].

Global water balance (volumetric)

Units are in volume per year relative to precipitation on land (119,000 km³/yr) which is 100 units



Escala Temporal



Tiempo de residencia en la atmósfera

- $Q_{\text{atmósfera}} = 12\,900 \text{ km}^3$
- $F_{\text{precipitación}} = 577\,000 \text{ km}^3/\text{Año}$
- $\tau = Q/F = 12\,900 \text{ km}^3 / 577\,000 \text{ km}^3/\text{Año}$
 $\tau = 0,033 \text{ años} = 8,9 \text{ Días}$

Estimates of the world's water resource (UNESCO, 1971)

Parameter	Volume (km ³)	Equivalent Depth (m)	Average Residence Time
Oceans and Seas	1 370 x 10 ⁶	2500	4000+ yrs
Freshwater Lakes and Reservoirs	125 000	0.25	~ 10 yrs
Swamps	3 600	0.007	1 – 10 yrs
River Channels	1 700	0.003	~ 2 weeks
Moisture in Soil and Unsat. Zone	65 000	0.13	2 wks – 1 yr
Groundwater	4 x 10 ⁶ to 60 x 10 ⁶	8 – 120	2 wks – 10000 yrs
Ice Caps and Glaciers	30 x 10 ⁶	60	10's – 1000's of yrs
Atmospheric Water	13 000	0.025	8 – 10 days
Biological Water	700	0.001	~ 1 week

Estimates of freshwater distribution

Soil Moisture	1.5%
Surface Water	3.5%
Groundwater	95.0%

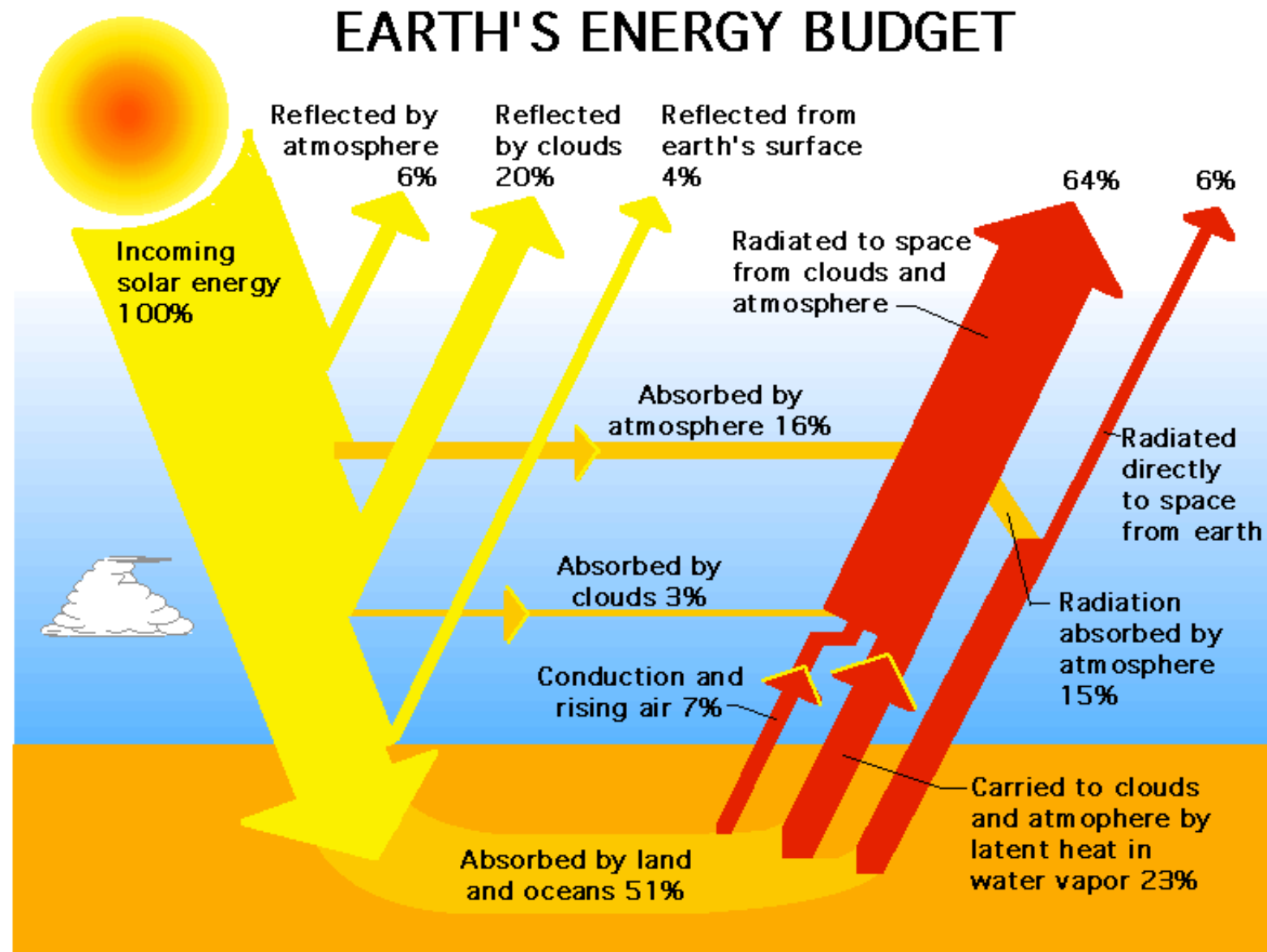


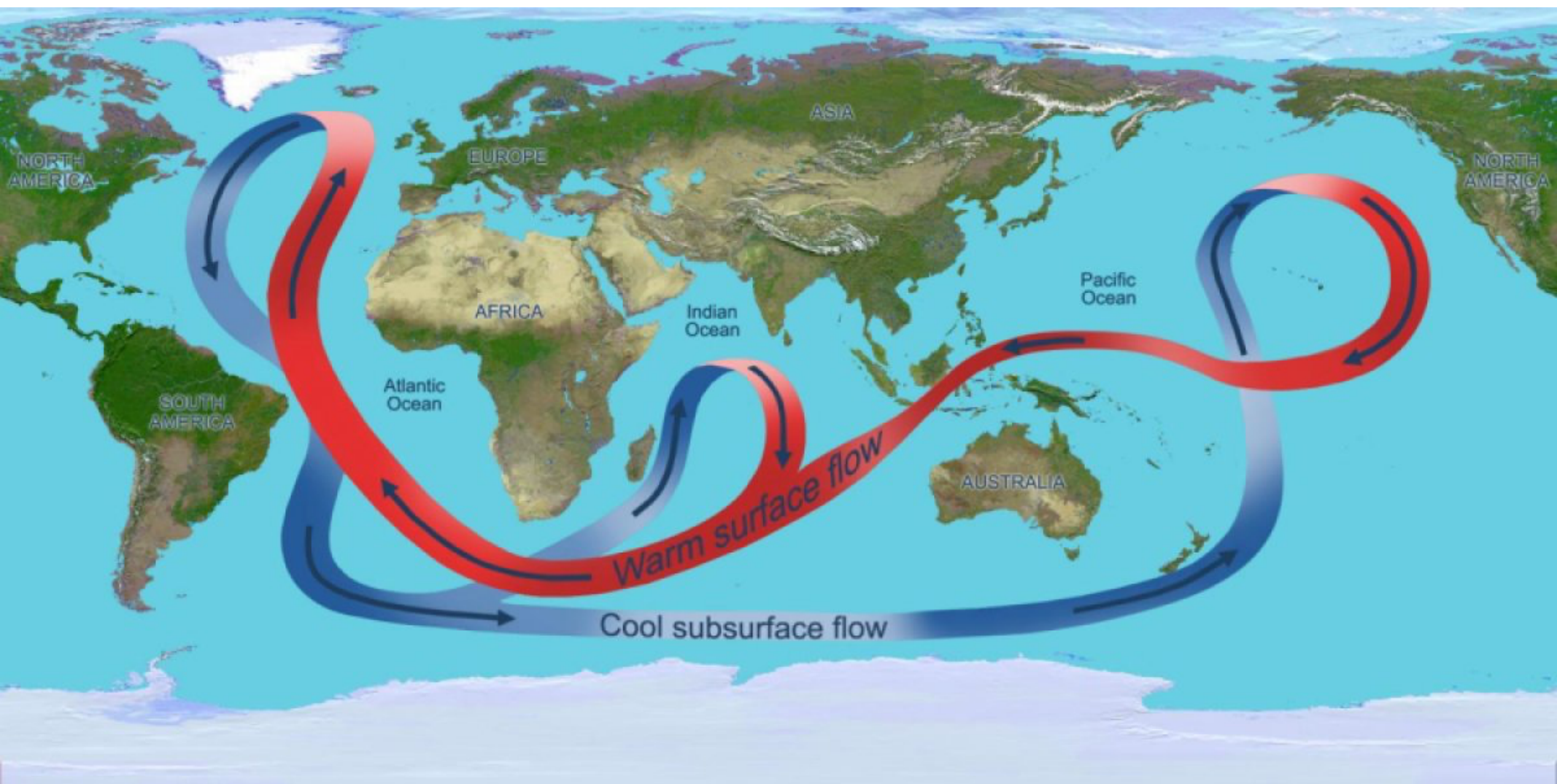
Source: Igor A. Shiklomanov, State Hydrological Institute (SHI, St. Petersburg) and United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation (UNESCO, Paris), 1999; Max Planck, Institute for Meteorology, Hamburg, 1994; Freeze, Allen, John, Cherry, Groundwater, Prentice-Hall: Engle wood Cliffs NJ, 1979.

PHILIPPE REKACIEWICZ
FEBRUARY 2008

Propiedad	Comparación otras sustancias	Importancia en el Medio Ambiente
Densidad	Max. a 4°.	Previene el congelamiento de la columna de agua y produce estratificación estacional
T° fus y T° evap	Anormalmente alta	Permite que el agua coexista en los tres estados de la materia
Capacidad Calorífica	La mas alta para un liquido	Moderadora la temperatura previniendo temperaturas extremas
Calor de vaporización	Uno de los mas altos	Importancia en la transferencia de energía océano-atmósfera
Tensión Superficial	Extremadamente alta	Resulta en la formación de gotas de nubes y neblinas
Absorción de Radiación	Absorbe UV e IR Transparente a Vis	Gas de efecto invernadero natural, control de fotosíntesis en sistemas naturales
Propiedades de solvente	Excelente solvente moléculas polares	Transporte de materia en el ciclo hidrológico y en sistemas biológicos

Ciclo del Agua y Cambio Climático

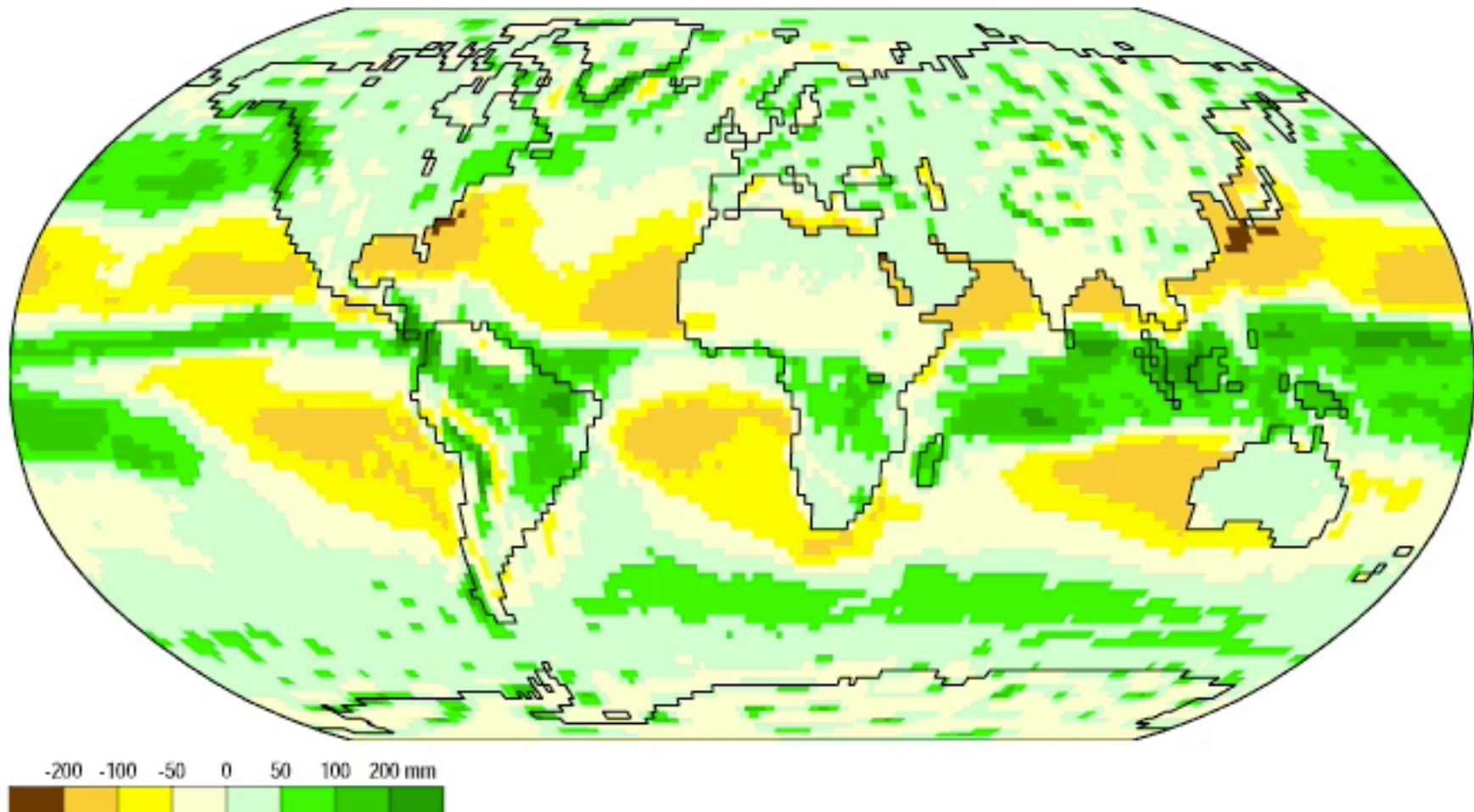




Precipitaciones

P-E

Dec



Data: NCEP/NCAR Reanalysis Project, 1959-1997 Climatologies
Animation: Department of Geography, University of Oregon, March 2000

Efectos Cambio en las precipitaciones



Nivel del Mar



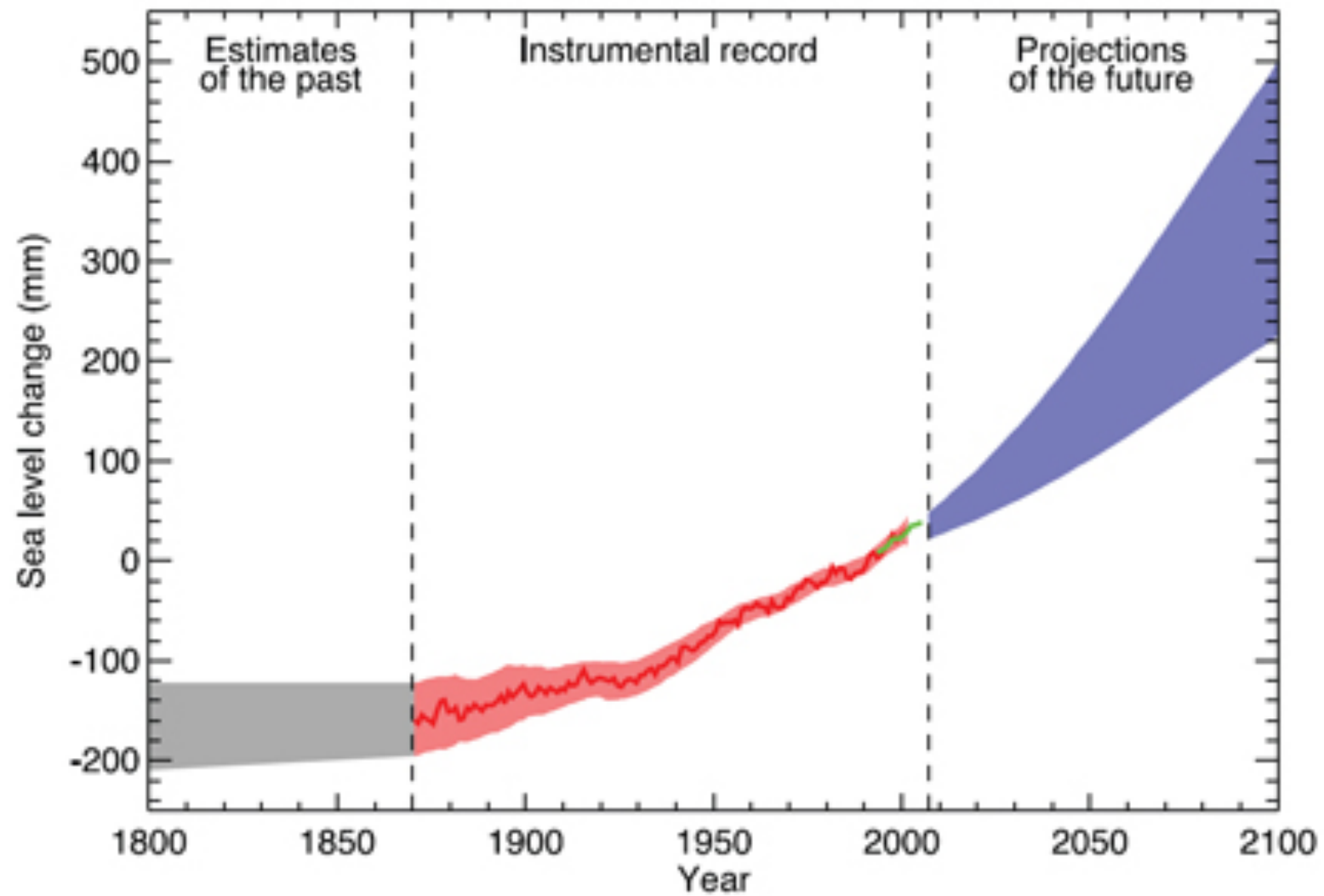
search ID: dāln194

allen

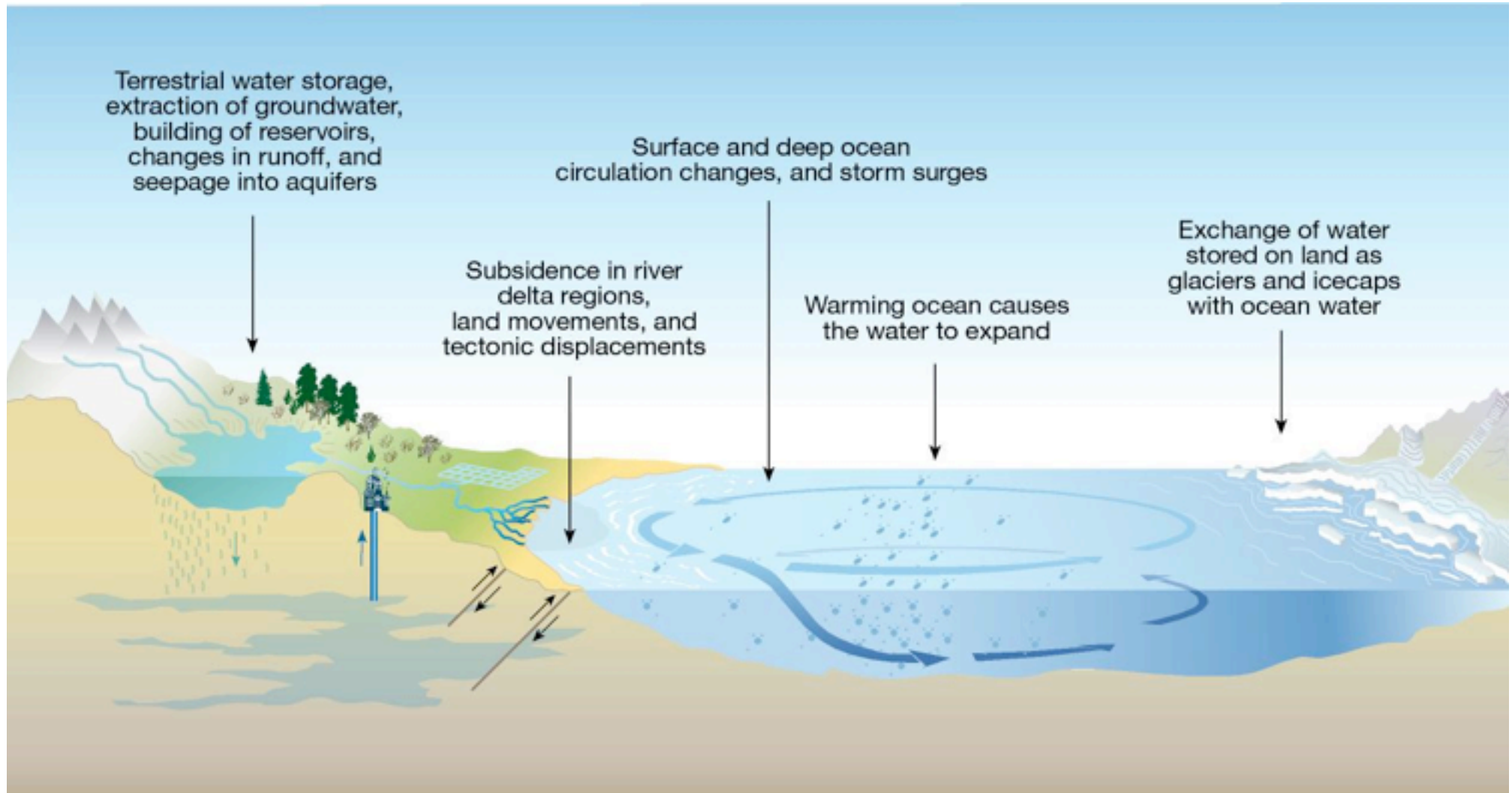
© Original Artist

Reproduction rights obtainable from
www.CartoonStock.com

Nivel del Mar



Efectos Aumento Nivel del Mar



Efectos en el cambio del Ciclo Hidrológico

