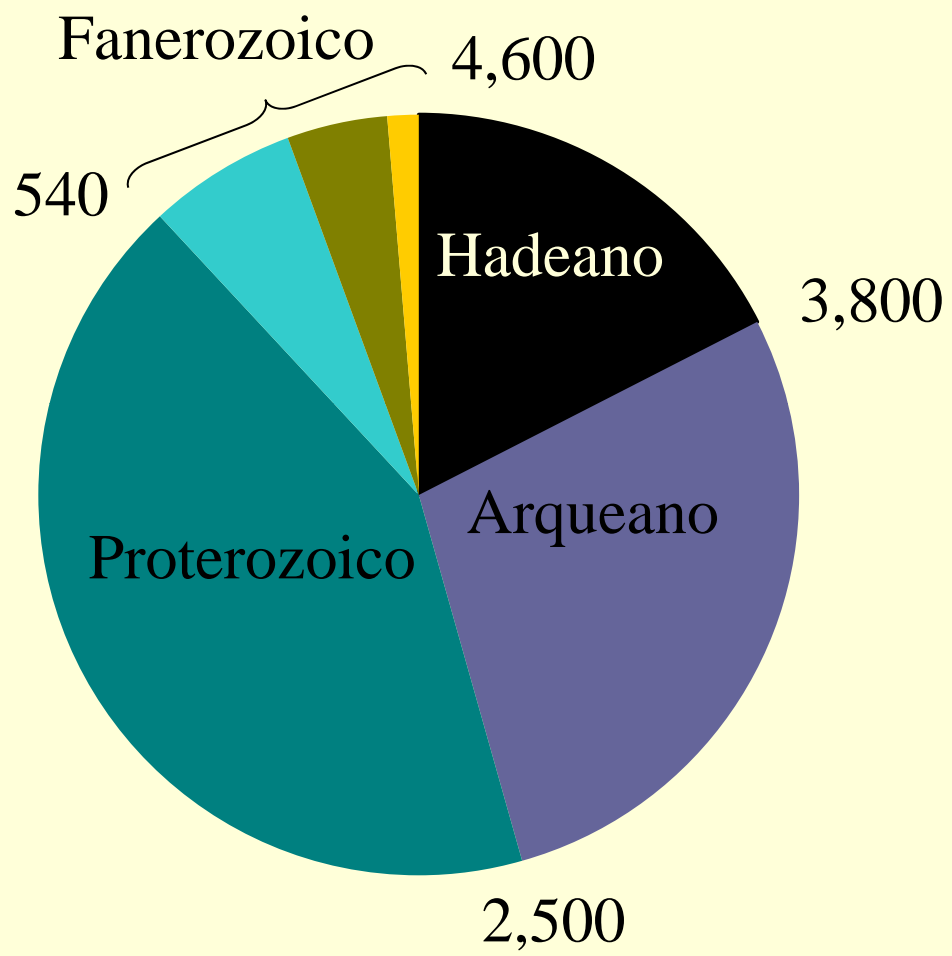


# ORIGEN ATMOSFERA Y OCEANOS

Hadeano – Arqueano

Margarita Caballero

Instituto de Geofísica, UNAM



# Atmósferas de los planetas terrestres:

## Mercurio y Luna:

Prácticamente no tienen atmósfera.

## Venus:

90 atmósferas

96% CO<sub>2</sub>

4% N

## Tierra:

1 atmósfera

78% N

20 % O<sub>2</sub>

0.9% Ar,

0.03% CO<sub>2</sub>

Vapor de agua

## Marte:

0.007 atmósferas

95% CO<sub>2</sub>

3% N

1.6% Ar

# Origen de la atmósfera en planetas Terrestres:

H1. Es un remanente de la nebulosa original de la que se formó el sistema solar.

# Origen de la atmósfera en planetas Terrestres:

H1. Es un remanente de la nebulosa original de la que se formó el sistema solar.

Abundancia de Ar, Ne y Kr en la Tierra es  $1/10^6$  de la del Sol.

Viento solar T-Tauri.

→ H1 se descarta.

# Origen de la atmósfera de planetas

## Terrestres:

H2. Se formó en etapas tempranas de la diferenciación de la Tierra, producto del desgastamiento por actividad volcánica.

H3. Se formó por gases atrapados en etapas tardías de la formación de la Tierra

Emanaciones volcánicas en la Tierra actualmente:

80% vapor agua

10% CO<sub>2</sub>

5% SO<sub>2</sub>

1% N

Un poco de HCl y H<sub>2</sub>S

En el Arqueano pudieron haber sido un poco más ricas  
en:

H<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> y CH<sub>4</sub>

Emanaciones volcánicas en la Tierra actualmente:

80% vapor agua

10%  $\text{CO}_2$

5%  $\text{SO}_2$

1% N

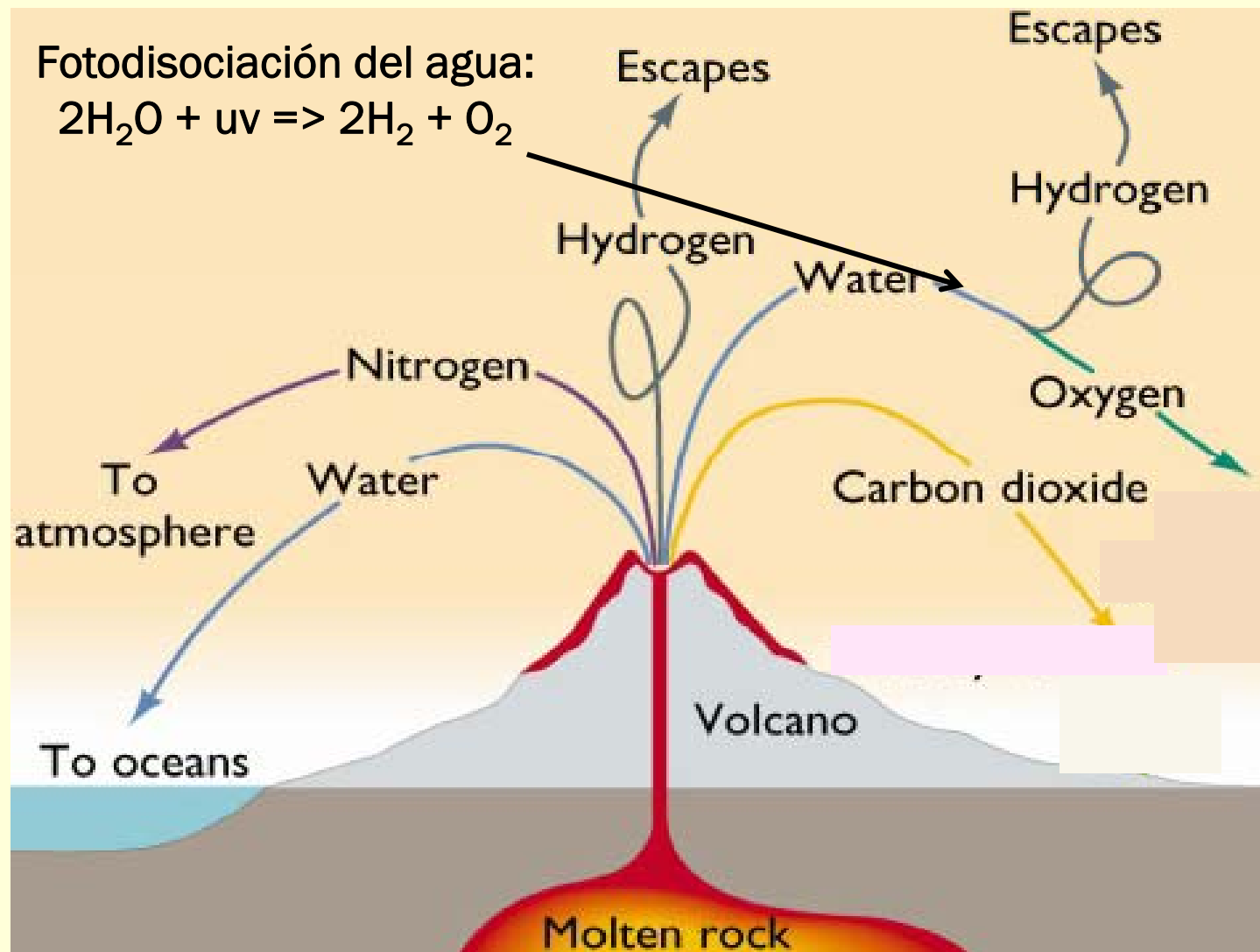
Un poco de HCl y  $\text{H}_2\text{S}$

En el Arqueano pudieron haber sido un poco más ricas  
en  $\text{H}_2$ ,  $\text{NH}_3$  y  $\text{CH}_4$

$\text{H}_2$ . se acepta



Outgassing - Degasamiento por actividad volcánica:  
Proceso que pudo durar unos 1,000 ma (4,600 a 3,600 ma?)



# Atmósferas de los planetas terrestres:

## Mercurio y Luna:

Prácticamente no tienen atmósfera.

## Venus:

90 atmósferas

96% CO<sub>2</sub>

4% N

## Tierra:

1 atmósfera

78% N

20 % O<sub>2</sub>

0.9% Ar,

0.03% CO<sub>2</sub>

Vapor de agua

## Marte:

0.007 atmósferas

95% CO<sub>2</sub>

3% N

1.6% Ar

¿Que sucedió en cada uno?

## COMPOSICION DE LA ATMOSFERA ARQUEANO:

$\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}(\text{v}), \text{N}_2, \text{CO}, \text{H}_2\text{S}, \text{H}_2\text{Cl}$

Inicialmente muy reductora,  
se vuelve menos reductora hacia los 3,800 ma por la  
fotodisociación del agua.

Al dominar el  $\text{CO}_2$ :

## COMPOSICION DE LA ATMOSFERA ARQUEANO:

$\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}(\text{v}), \text{N}_2, \text{CO}, \text{H}_2\text{S}, \text{H}_2\text{Cl}$

Inicialmente muy reductora,  
se vuelve menos reductora hacia los 3,800 ma por la  
fotodisociación del agua.

Al dominar el  $\text{CO}_2$

-el agua de lluvia debió haber sido más acida (y también el  
agua del mar)

-el intemperismo químico debió haber sido muy intenso,  
incorporando gradualmente sales (bicarbonatos de Na, Ca,  
y Mg) que redujeran la acidez inicial y le dieron su salinidad  
al mar.

-el intemperismo químico intenso tuvo un efecto en la  
concentración de  $\text{CO}_2$ .

Que nos dicen las rocas mas antiguas:

Rocas sedimentarias mas antiguas = 3,800 a 3,500 ma

sedimentarias en ambiente subacuático, formadas por granos minerales producto del intemperismo y con evidencias de intemperismo →

atmosfera e hidrosfera ya existían.

No hay Fe en forma de óxidos, hay pirita (FeS), uranita y carbón. → condiciones anoxia

No hay rocas alcalinas como dolomita y calizas, en cambio hay mucho pedernal → ambiente marino ácido que no permite precipitación de carbonatos.

## Origen del agua en la Tierra:

H1. Degasamiento, al condensarse el vapor de agua (durante los primeros 100 Ma).

Es una teoría muy aceptada, con cálculos que apoyan la idea de que toda el océano se acumuló por este mecanismo. Pero . . . .

## Origen del agua en la Tierra:

Nebulosa original tenía mucha agua (“pesada”), que es la que quedó atrapada en el interior de los planetas durante su formación y la que se debió haber producido por degasamiento.

El agua de la Tierra es isotopicamente ligera . . . .

$$\delta D = 1.56 \times 10^{-4}$$

$\delta D$  (relación deuterio / hidrogeno) en el agua de mar es casi la mitad del que tuvo el agua en la nebulosa original.

## Origen del agua en la Tierra:

Nebulosa original tenía mucha agua (“pesada”), que es la que quedó atrapada en el interior de la Tierra durante su formación y la que se debió haber producido por degasamiento. La fase T-Tauri “quemó” toda esta agua en la parte interior del sistema solar, por lo que el agua original solo se conserva en el interior de los planetas y en las partes periféricas (parte exterior del cinturón de asteroides, cinturón Kuiper, nube de Oort).



## Origen del agua en la Tierra:

El agua del manto pudo venir del  $H_2$  que llegó a la Tierra en la fase T-Tauri y posteriormente se oxidó, dando un agua de degasamiento muy ligera (la mitad que el agua de mar actual). Esta agua formada posteriormente a la fase T-Tauri del Sol es pobre en deuterio y por lo tanto tiene un valor de  $\delta D$  muy bajo, como la mitad del valor actual en el agua de la Tierra.

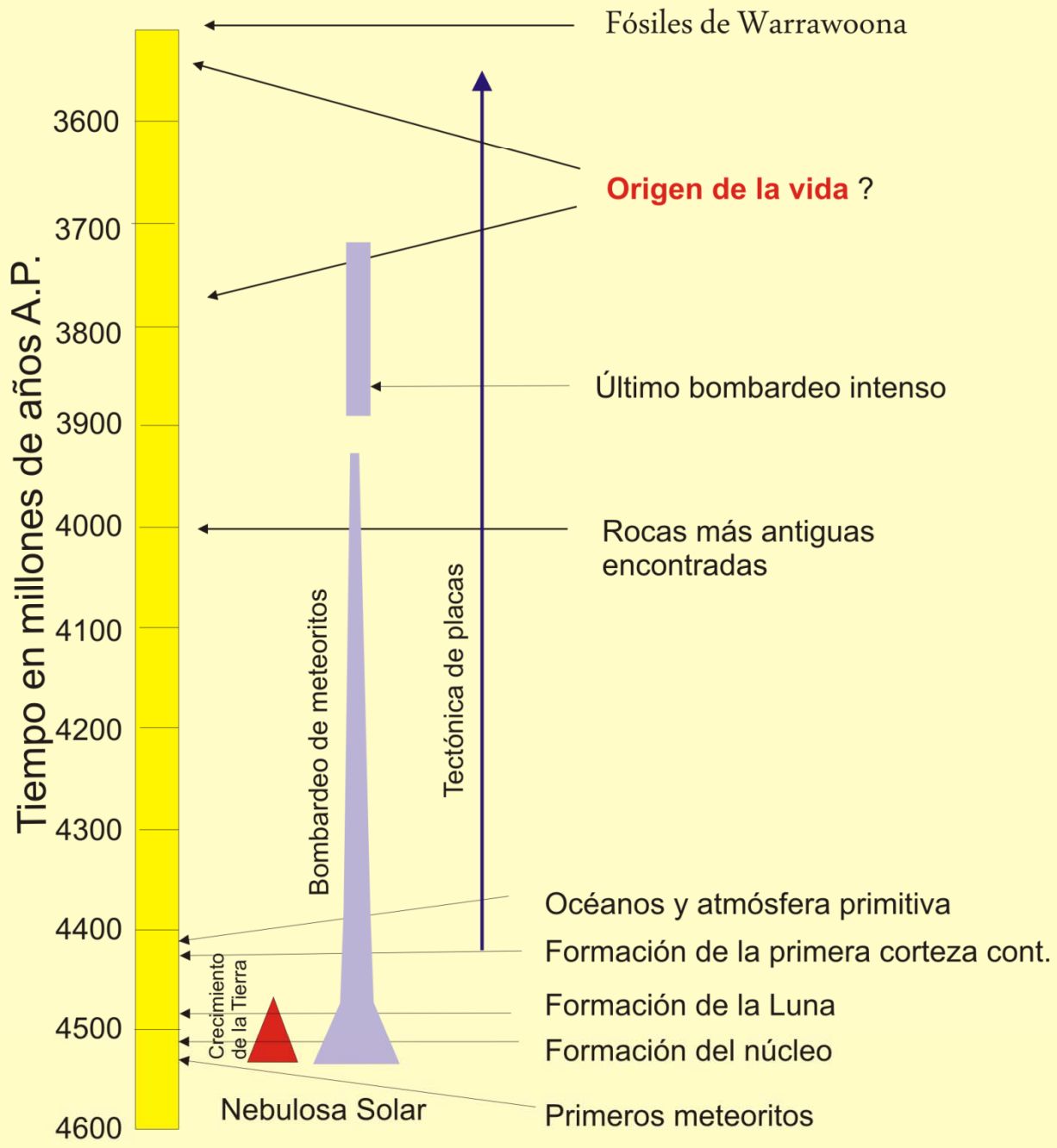
## Origen del agua en la Tierra:

H2. Origen “externo” por bombardeo de asteroides y/o cometas (sobre todo durante los primeros 100 ma)

El degasamiento solo afectó al manto superior y este solo pudo aportar 50% del agua del planeta.

El manto superior está enriquecido en elementos “siderofilos” como el Os, Ir, Pt, Au ¿de donde vinieron?

están en las mismas proporciones que en cometas



# Origen del agua en la Tierra:

H2. Origen “externo” por bombardeo de asteroides y/o cometas (sobretudo durante los primeros 700 ma)

Condritas (cóndrulos en matriz de baja temperatura)

Todos han fechado en 4,500 ma.

Algunos semejan el núcleo terrestre (metálicos) y otros son mas oxidados (carbonaceos), con hasta 10% de agua.

Considerando que cayeron millones es posible que hayan aportado hasta el 100% del agua Terrestre, pero . . .

Tienen agua de un  $\delta D$  intermedio a bajo.



# HADEANO

## 4,600-3,800 ma

- Acreción de la Tierra y diferenciación capas
- Intensa actividad volcánica por mayor flujo de calor desde el interior del planeta
- Formación de una corteza primitiva, fechada por zircones retrabajados en 4,200 ma.
- Intenso bombardeo de meteoritos
- Principales subproductos de la actividad volcánica: océano y atmósfera