

Línea Cosmológica del Tiempo

**Rosa M. Ros, Beatriz García, Ricardo Moreno,
Pilar Orozco, Juan A. Prieto, Ivo Jokin**

International Astronomical Union, Polytechnical University of Catalonia, Spain, ITeDA and National Technological University, Argentina, Colegio Retamar, Spain, Diverciencia, Spain, Dolna Mitropolia Municipality, Bulgaria.



Objetivos

- Visualizar la historia del Universo con una línea del Tiempo
- Entender los procesos importantes que fueron necesarios para llegar a la formación de la vida.
- Entender la adaptación de la vida a condiciones ambientales muy variadas



Actividad 1: Línea del Tiempo

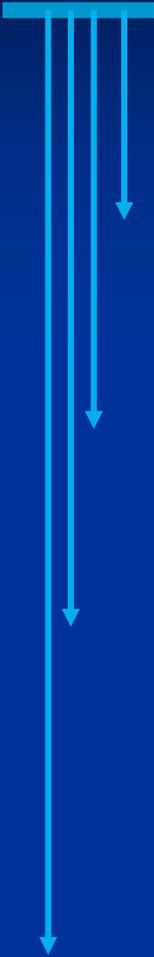
El inicio del universo, el Bing Bang, tuvo lugar hace unos 13800 millones de años, es decir hace $13,8 \cdot 10^9$ años

1 metro = 10^9 años
1 mm = 1 millón años

Línea del tiempo
de 13,8 metros



Actividad 1: Línea del Tiempo



$t=0$ seg. (hace $13,8 \cdot 10^9$ años inicio del Universo,
Bing Bang, Gran Explosión)

10^{-45} seg. fin Era de Planck (T. Relatividad Einstein)

10^{-35} seg. INFLACIÓN (expansión exponencial Universo)

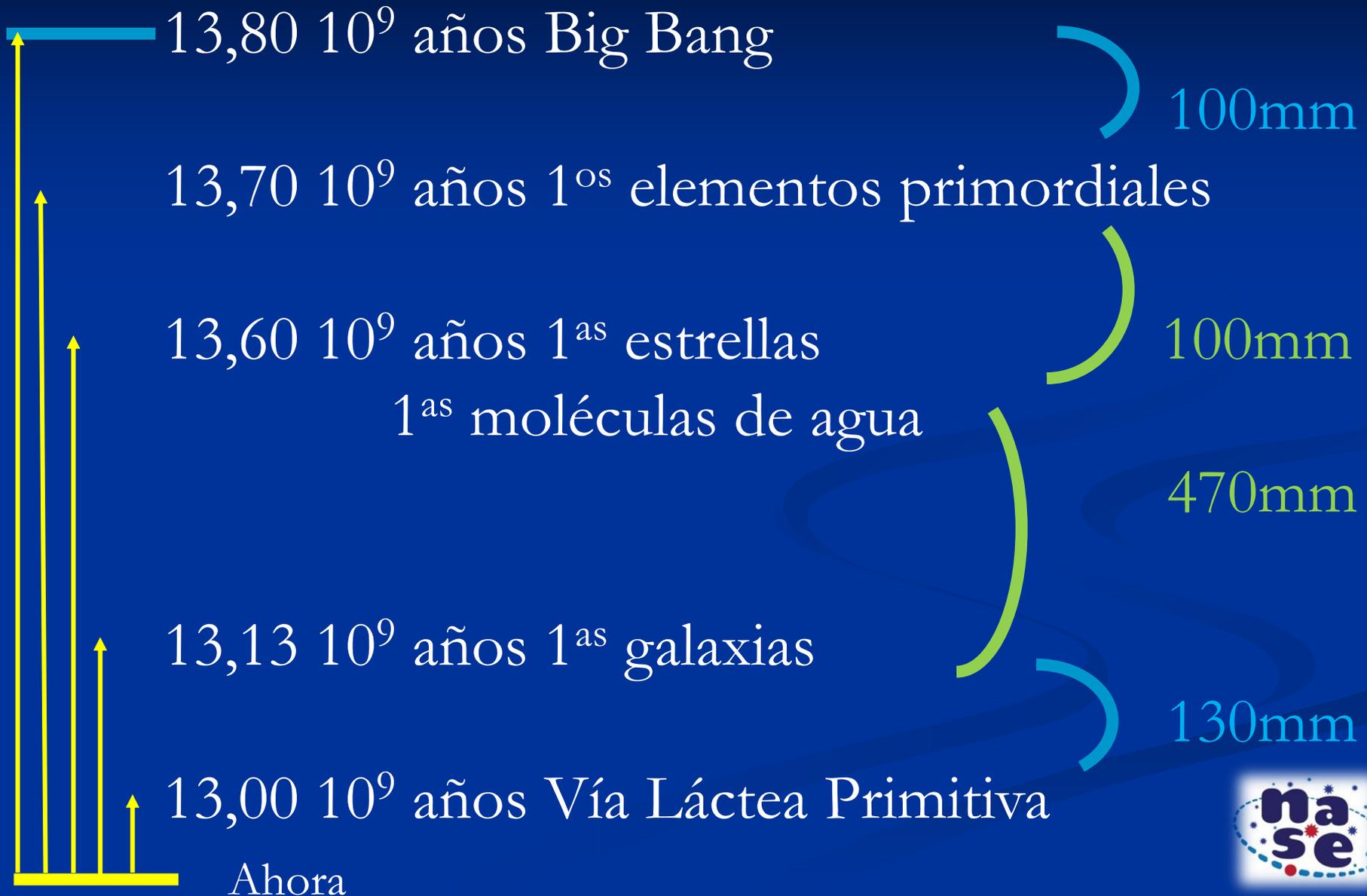
10^{-6} seg. Sopa Primordial
(diversas partículas elementales)

3 min. Nucleosíntesis Primordial del “H”

No se puede representar en la línea del tiempo pues $1 \text{ mm} = 10^6$ años)



Actividad 1: Línea del Tiempo



Actividad 1: Línea del Tiempo

13,00 10^9 años Vía Láctea Primitiva

Durante 8400 millones de años (8,4 metros) tienen lugar una serie de fenómenos simultáneos.

Las primeras estrellas van evolucionando dando lugar a distintas explosiones que expulsan diferentes tipos de átomos y van apareciendo diversidad de elementos de la tabla periódica y surgen simultáneamente diferentes tipos de objetos.

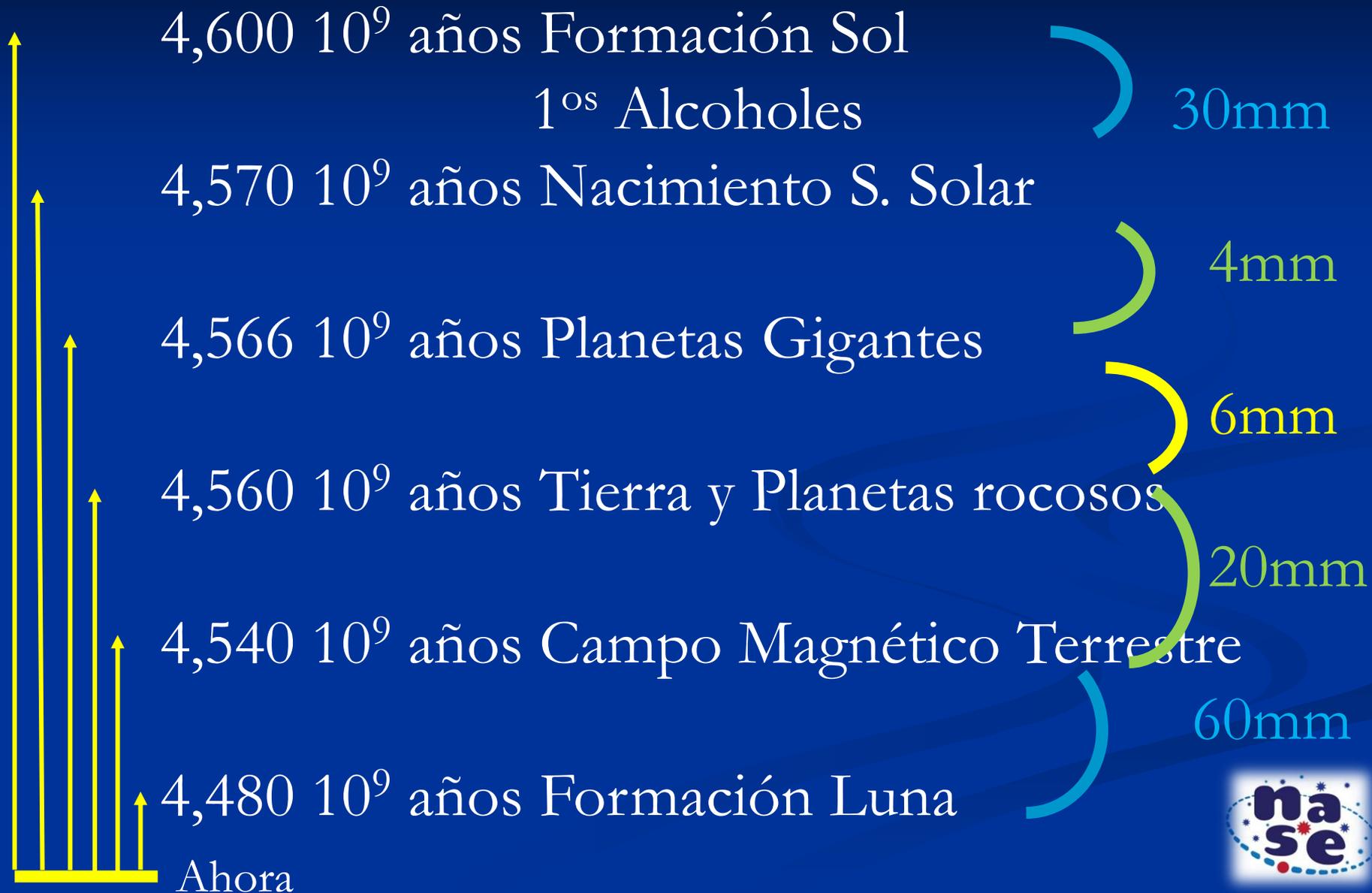
8400mm

- las estrellas gigantes y supergigantes azules: duran 10-100 millones años (10-100mm). Explotan como supernovas, expulsando átomos pesados como el Hierro, Plomo, Oro, Uranio, etc.
- las estrellas amarillas como el Sol: duran 10.000 millones años (10000 mm). Acaban como nebulosas planetarias, expulsando átomos medianamente pesados, como el Carbono, Oxígeno, Nitrógeno, etc.
- las estrellas enanas rojas: duran más que la edad del universo.

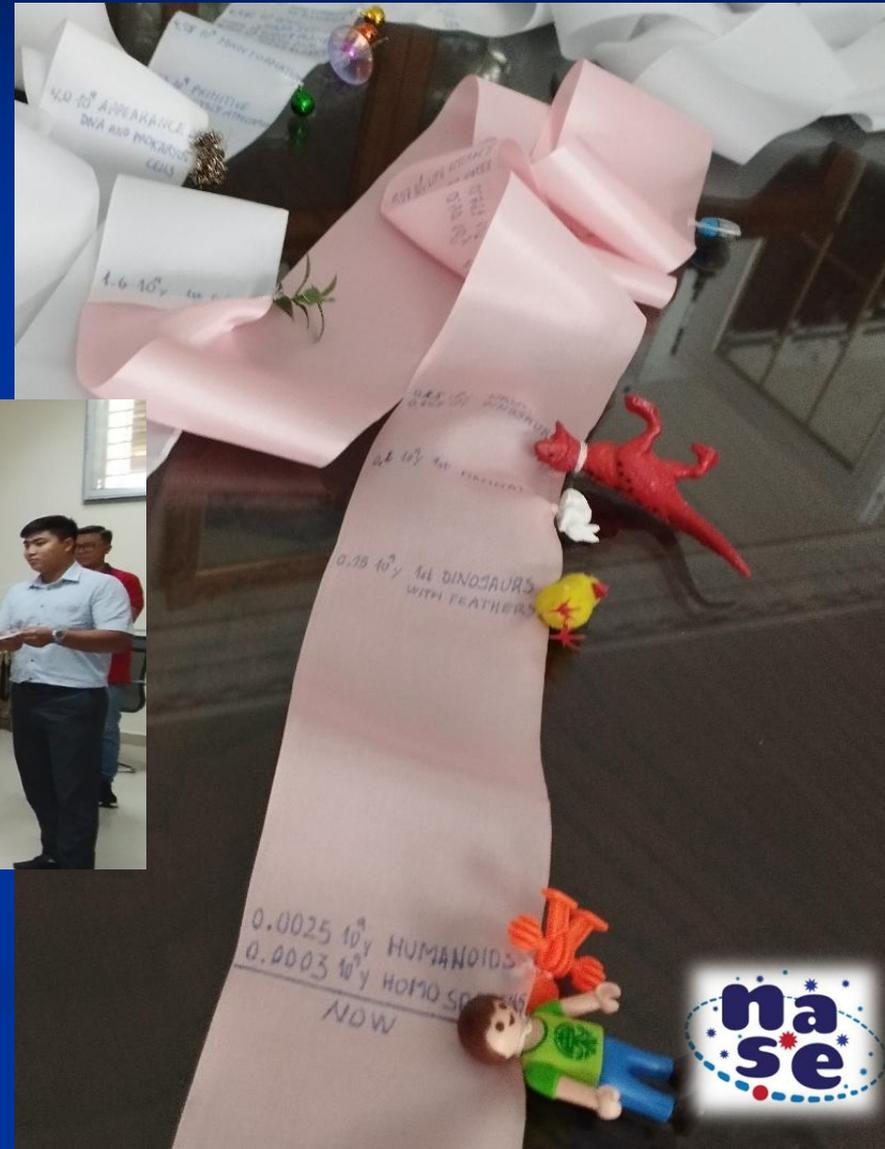
4,60 10^9 años Formación del Sol



Actividad 1: Línea del Tiempo



Actividad 1: Línea del Tiempo



Actividad 1: Línea del Tiempo

4,48 10^9 años Formación Luna

30mm

4,45 10^9 años *Atmósfera Terrestre Primitiva*

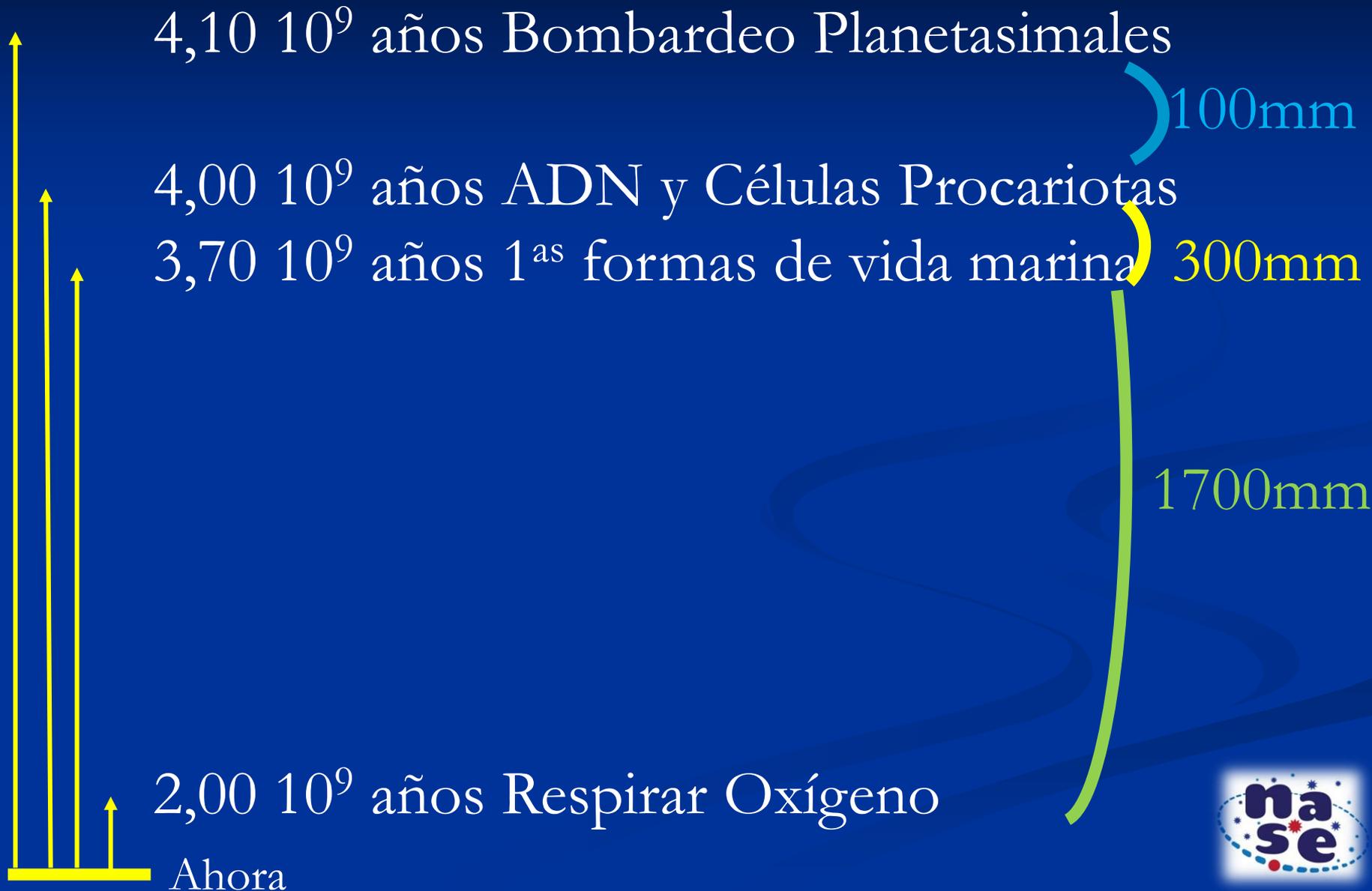
350mm

4,10 10^9 años Bombardeo Intenso Tardío

Ahora

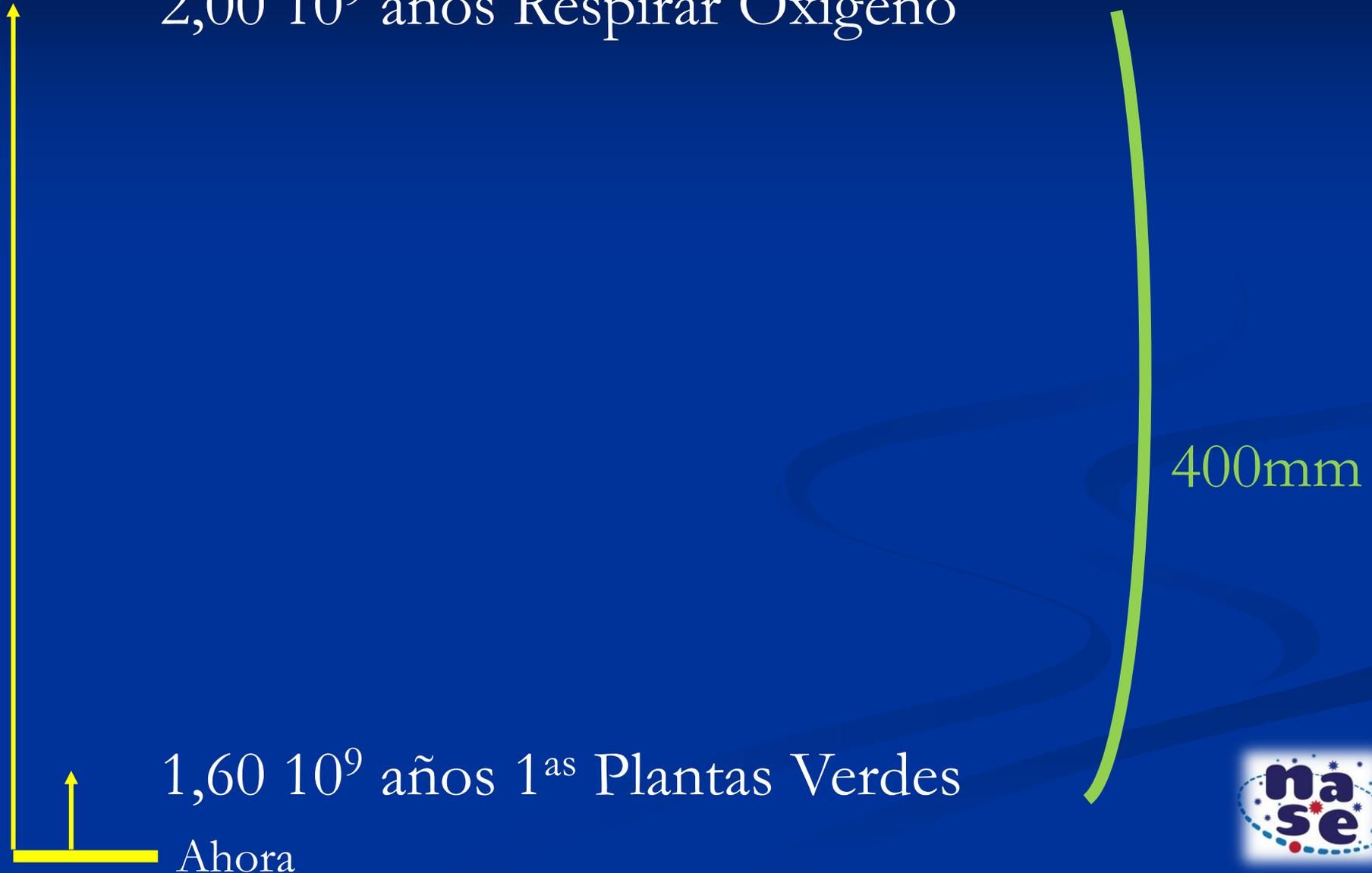


Actividad 1: Línea del Tiempo



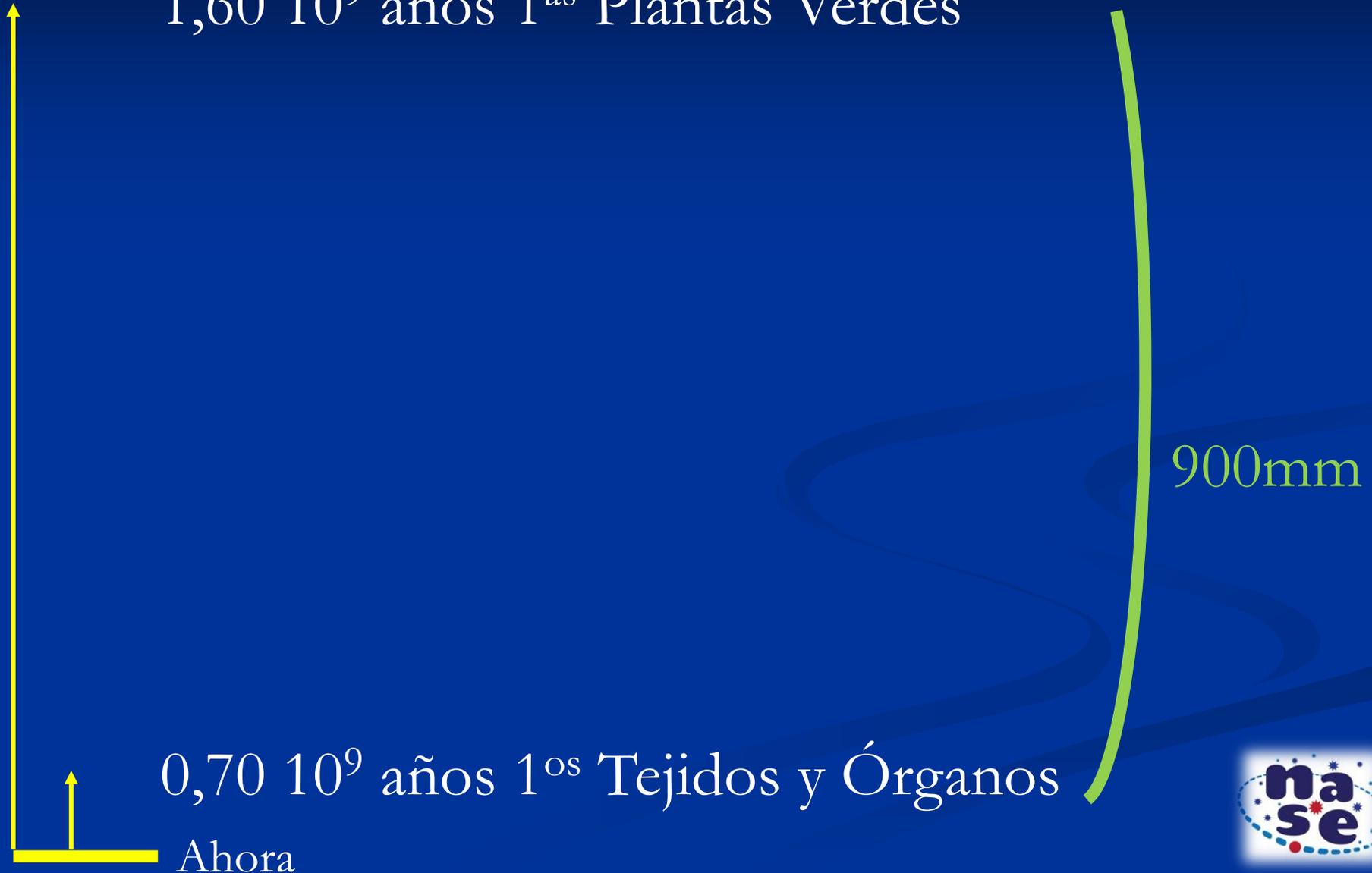
Actividad 1: Línea del Tiempo

2,00 10⁹ años Respirar Oxígeno



Actividad 1: Línea del Tiempo

1,60 10^9 años 1^{as} Plantas Verdes



Actividad 1: Línea del Tiempo

0,700 10⁹ años 1^{os} Tejidos y Órganos

150mm

0,550 10⁹ años Organismos marinos
con concha o esqueleto

30mm

0,520 10⁹ años Trilobites



50mm

0,470 10⁹ años Salida vida animal del Agua



70mm

0,400 10⁹ años Ammonites

3mm

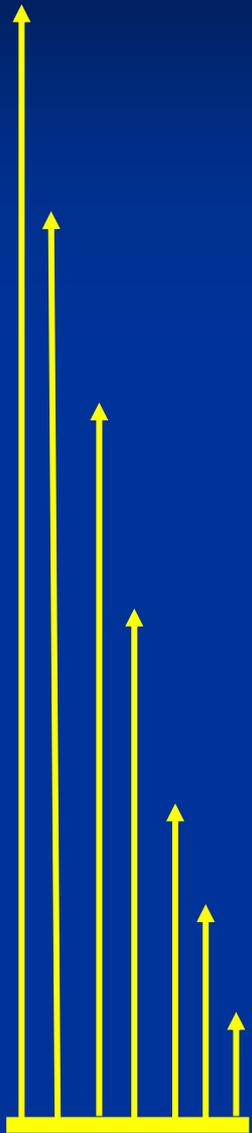
0,397 10⁹ años 1^{os} Vertebrados Terrestres

0,250 10⁹ años Nautilus

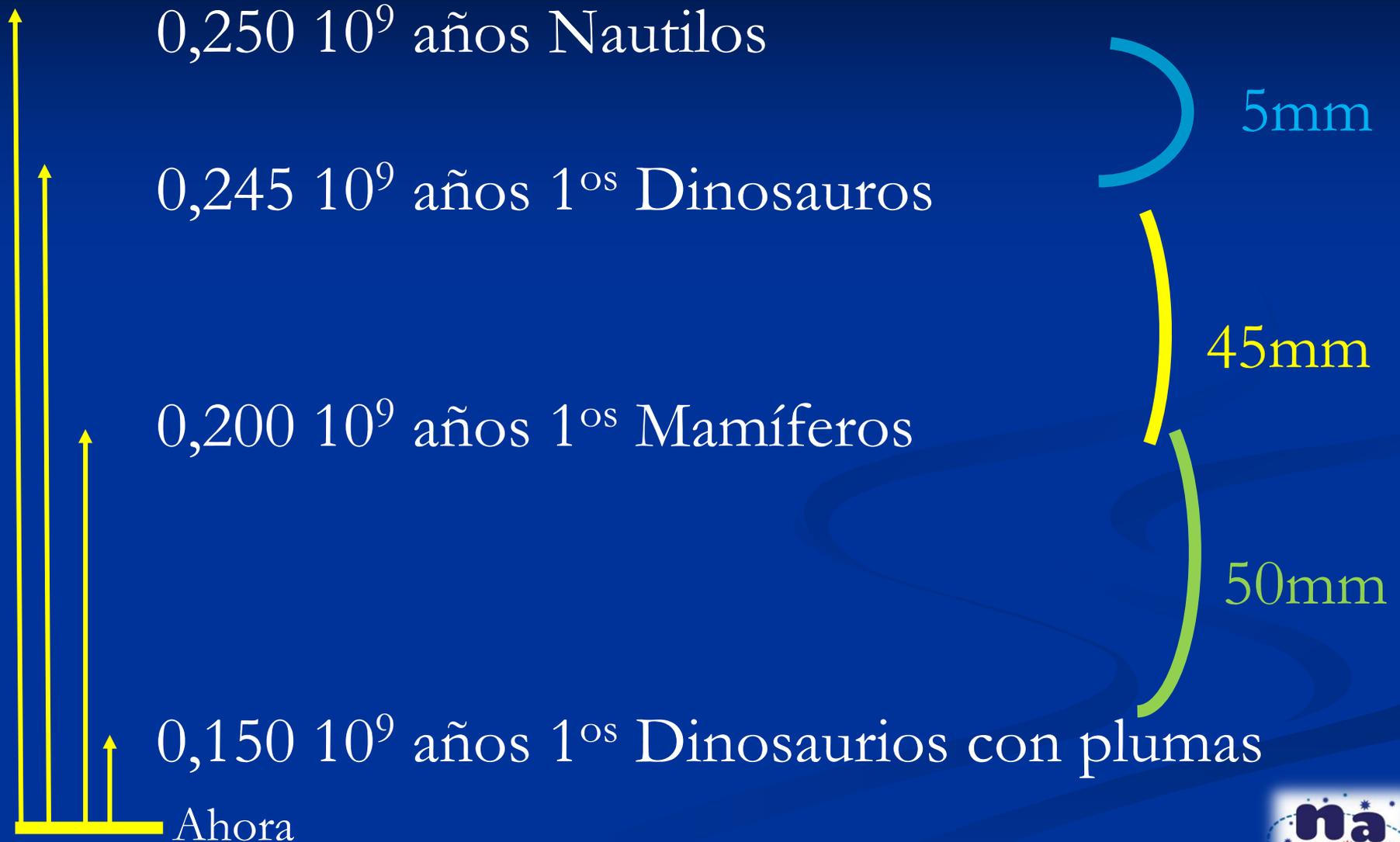


147mm

Ahora



Actividad 1: Línea del Tiempo



Actividad 1: Línea del Tiempo

0,1500 10^9 años 1^{os} Dinosaurios con plumas

147,5mm

0,0025 10^9 años = 2 500 000 años
HUMANOIDES

2,2mm

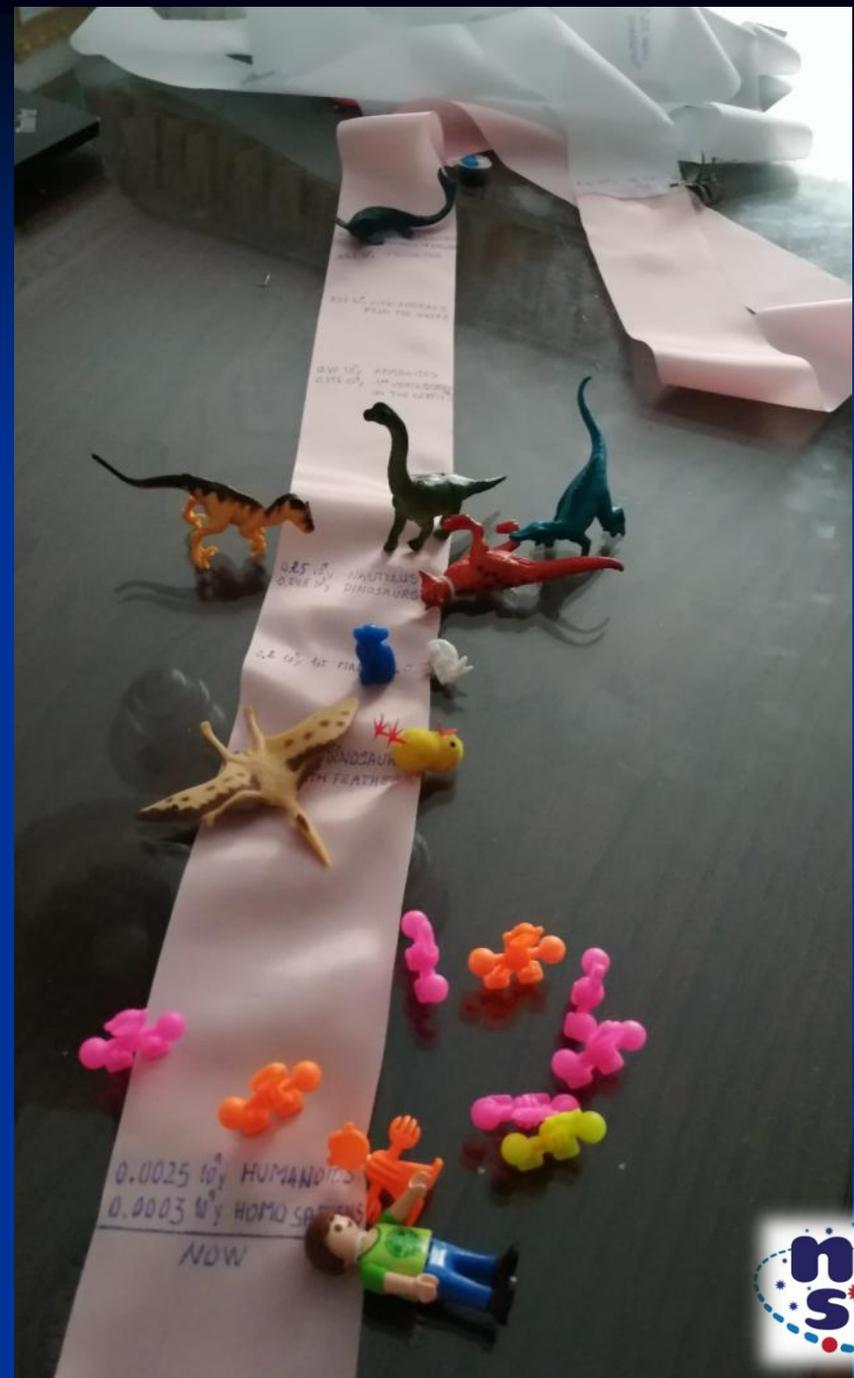
0,0003 10^9 años = 300 000 años
HOMO SAPIENS

0,3mm

Ahora



Actividad 1: Línea del Tiempo



Galaxias Caníbales

Las galaxias son agrupaciones de estrellas unidas por gravedad, girando sobre sí.

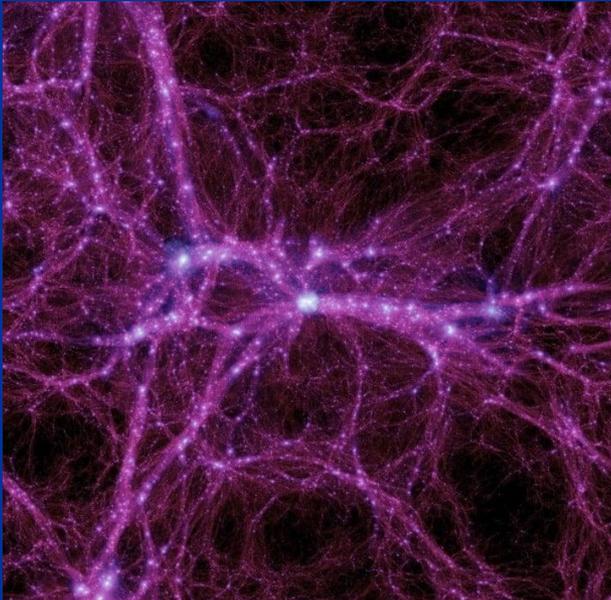
Los grupos de galaxias forman los filamentos de universo. Los cúmulos de galaxias se forman en las confluencias de los filamentos cósmicos. En estos cúmulos las jóvenes galaxias compiten para adquirir el gas libre y las galaxias mayores son las ganadoras. El ballet de galaxias, sus encuentros, sus colisiones y el canibalismo de las grandes sobre las pequeñas promueve la formación estelar.



(Crédito ESO)

Actividad 2: Modelo Filamentoso

La estructura filamentosa del Universo se puede pensar como un baño de burbujas donde la materia se acumula sobre las burbujas y en especial en las intersecciones de éstas. Basta disponer de agua jabón y una pajita o sorbete.



Modelización de la estructura filamentosa del universo (Crédito: Proyecto Illustris)

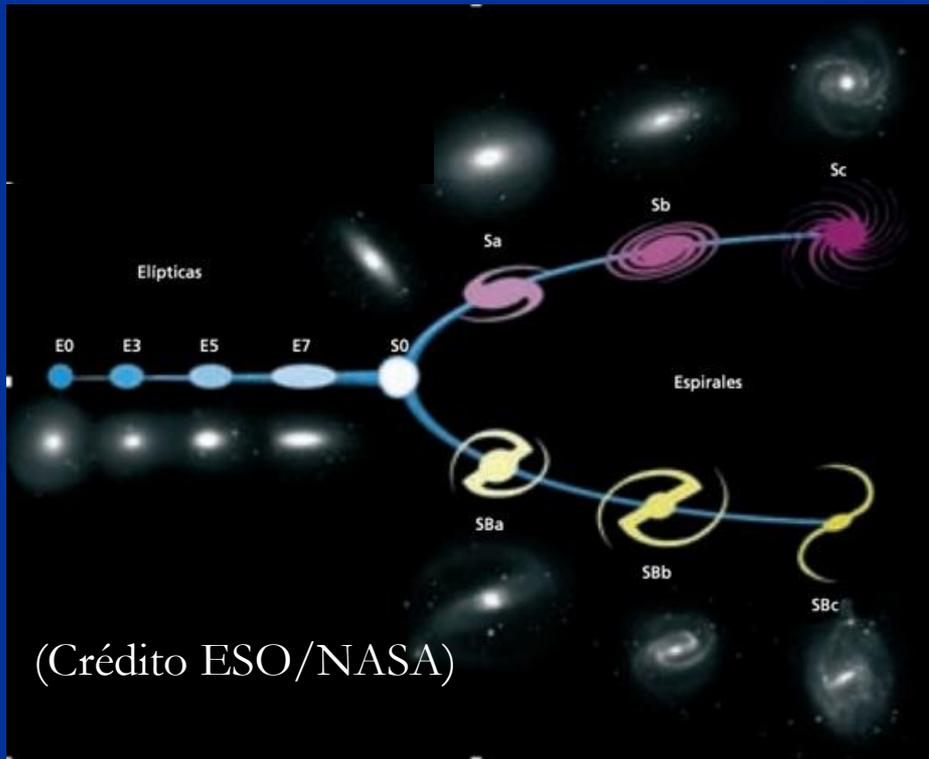


Modelización de la estructura filamentosa con una solución con detergente

Clasificación de Galaxias

Las hay espirales, barradas, elípticas, irregulares...

Se suelen clasificar según su morfología, en la conocida secuencia de Hubble



En la actualidad se sabe que esta no es una secuencia evolutiva

Actividad 3: Simulación de Formación de Galaxias Espirales

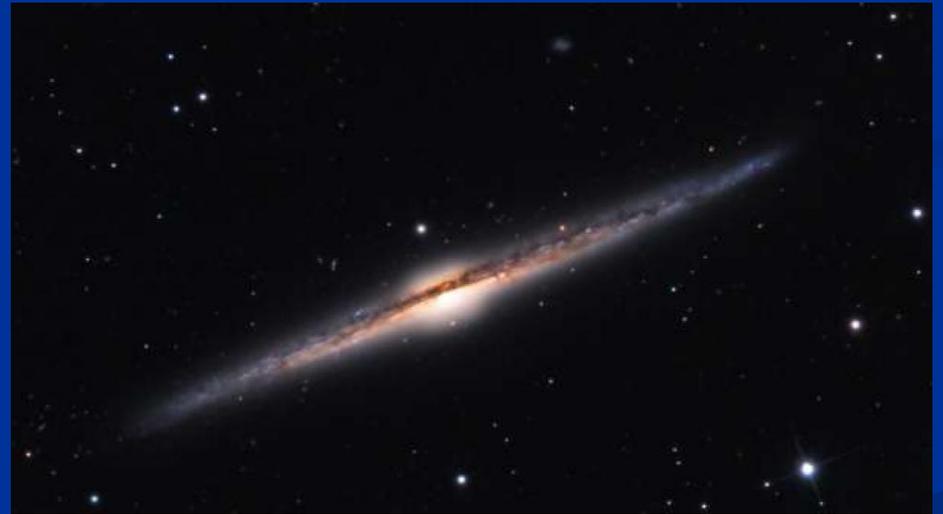
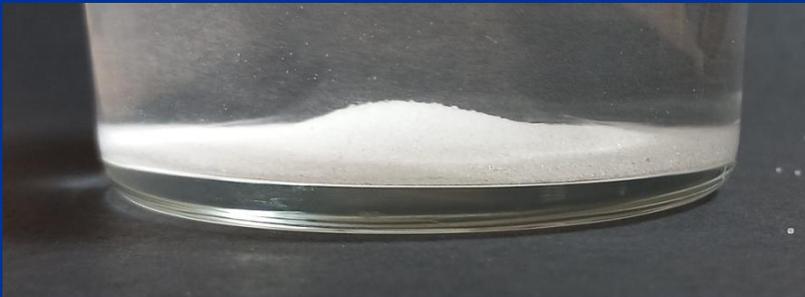
Se puede hacer un modelo con un vaso lleno de agua, y removiendo el agua con un lápiz. Cuando se deja de remover, se echa de golpe una cucharada de bicarbonato, arena fina o sal común. Al posarse, los granos quedan en formas similares a las galaxias espirales



Galaxia espiral vista de plano.
(Crédito ESA/Hubble)

Actividad 3: Simulación de Formación de Galaxias Espirales

Mirando el modelo de lado, se simula el bulbo central de las galaxias.



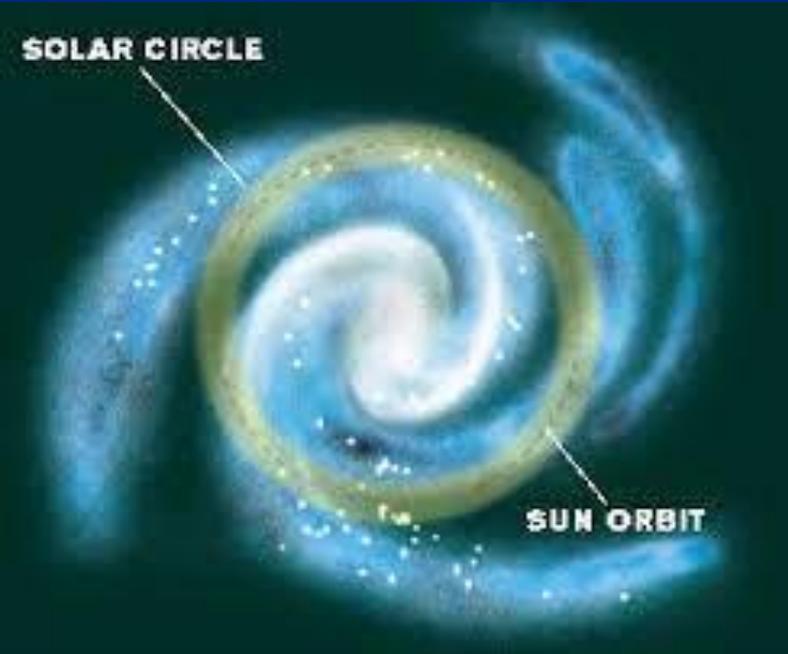
Galaxia espiral vista de canto
(Crédito ESO/NASA)

Actividad 3: Simulación de Formación de Galaxias Espirales

Una vez formada la galaxia, si se sigue removiendo el agua, es posible obtener algo similar a las galaxias elípticas.



Zona de habitabilidad en Galaxias

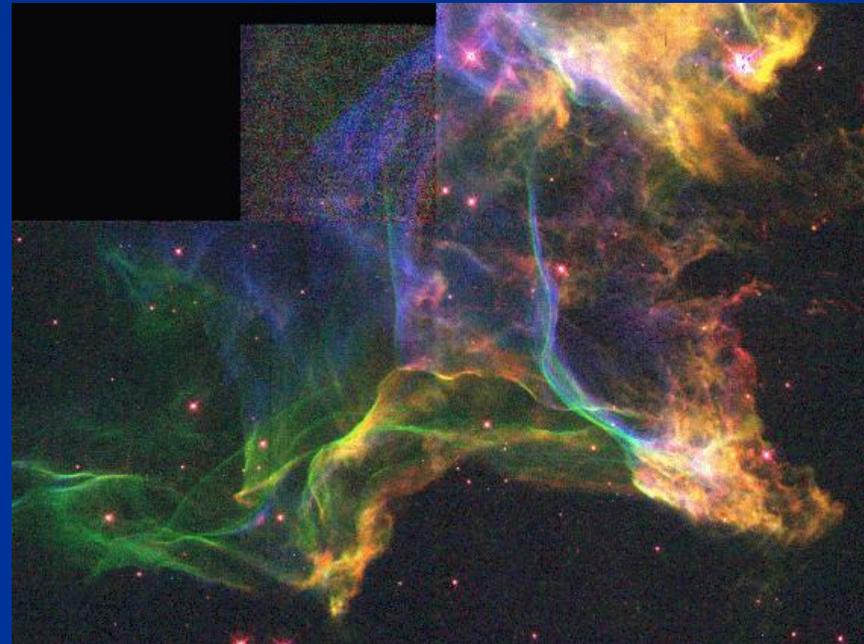


A título de ejemplo, para comparar tiempo y distancia en nuestro modelo de la línea de tiempo, nuestra galaxia tarda en girar una vuelta $220 \cdot 10^6$ años (220 mm).

- La zona de habitabilidad en las galaxias se sitúa normalmente en un radio de entre 23000 a 30000 a.l. desde el centro de la galaxia (el Sol esta a 27000 a.l.).
- Fuera de esta zona, hacia el borde faltan átomos mas pesados que H y He que son necesarios para la vida.
- Fuera de esta zona, más cerca del centro, hay explosionnes masivas de rayos gamma con eventos muy energéticos y violentos que hacen imposible la vida.

Plasma y Campo Magnético

- En el medio intergaláctico, en el medio interestelar y en las propias estrellas, la materia suele estar en estado de plasma.
- Este plasma esta formado por electrones, protones, partículas de alta energía y gas ionizado.



Nebulosa del velo con filamentos
(Crédito NASA)

Plasma y Campo Magnético

En la Tierra hay materia en este estado como son los relámpagos, el interior de los tubos fluorescentes o lámparas de bajo consumo, monitores y pantallas de televisores, bolas de plasma o la llama de una vela



Plasma y Campo Magnético

También es plasma el viento solar, una corriente de partículas cargadas que se liberan desde la corona del Sol. El flujo de estas partículas es variable y puede llegar a generar tormentas geomagnéticas, a dar lugar a las auroras (luces en el norte y el sur) y a deformar el plasma de las colas de los cometas que siempre apuntan en contra del Sol.

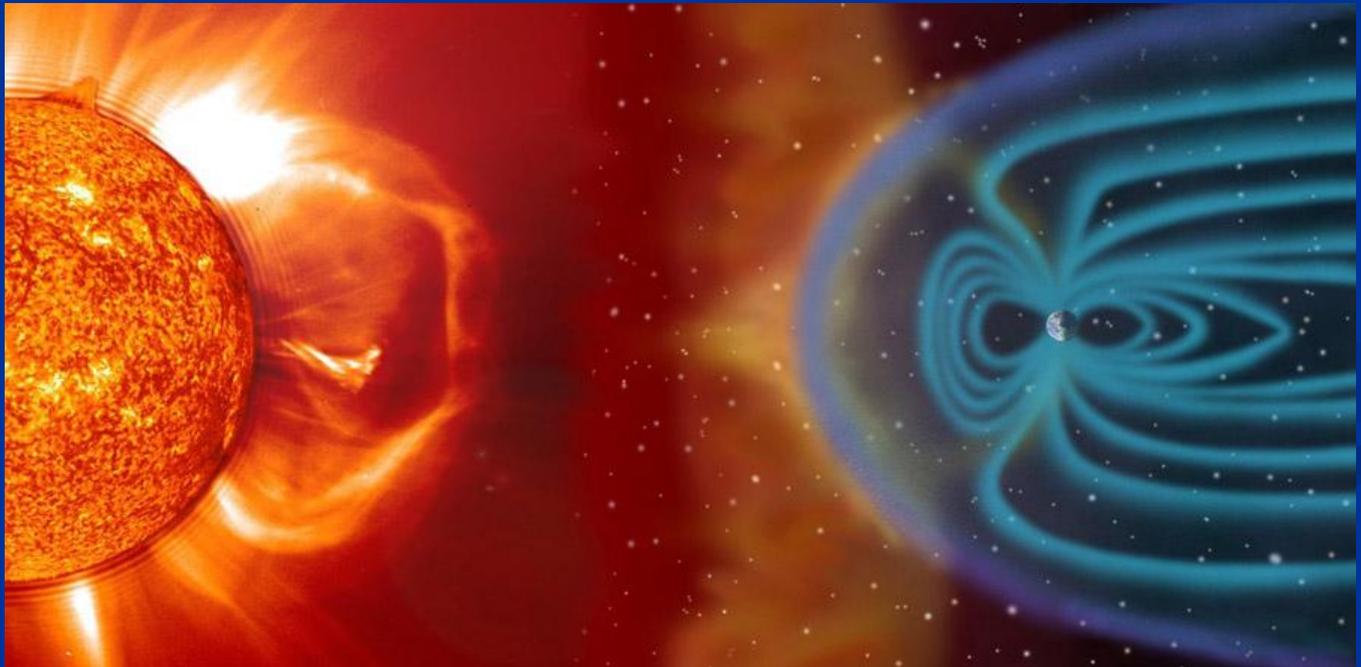


Cometa C/2002 E3
(Crédito Rykis Babianskas y
Carlos Viscasillas)

Plasma y Campo Magnético

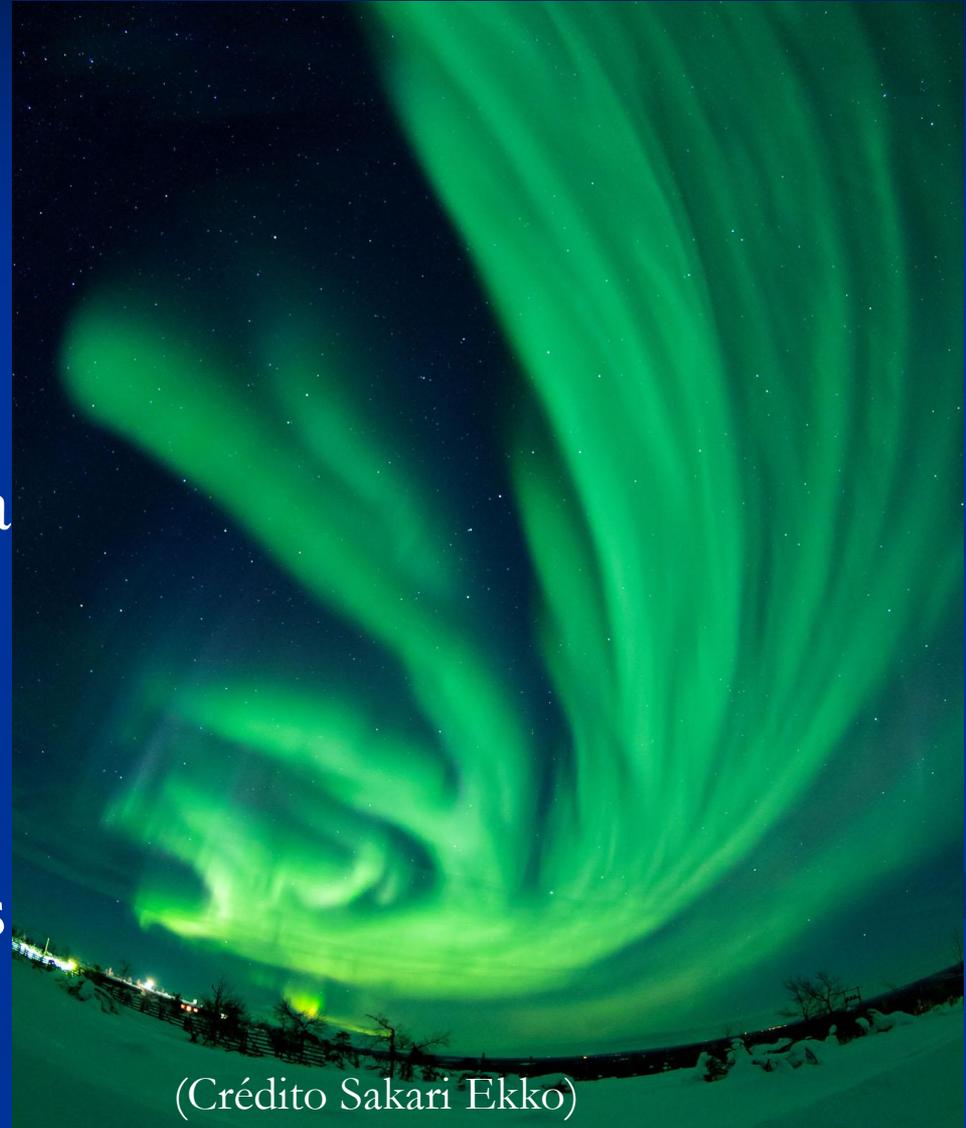
El campo magnético terrestre actúa como un escudo protector para la vida en el planeta. Las partículas del viento solar que viajan a gran velocidad y con mucha energía tienen un gran poder penetrante y pueden dañar el ADN de las células.

Viento solar,
impresión de artista
(Crédito NASA)



Plasma y Campo Magnético

El campo magnético terrestre actúa como un paraguas desviando las partículas con carga que resultan tan peligrosas para la vida evitando que lleguen a la superficie terrestre; su interacción con la atmósfera genera las bellas auroras de diversos colores.



(Crédito Sakari Ekko)

Plasma y Campo Magnético

Los colores de las auroras dependen de la energía de las moléculas en el aire con las que interactúan. En una zona de:

Oxígeno con niveles muy altos de energía da verde/amarillo y con niveles bajos es rojo/morado.

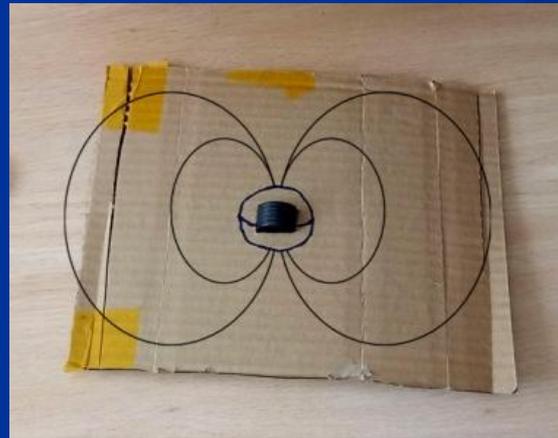
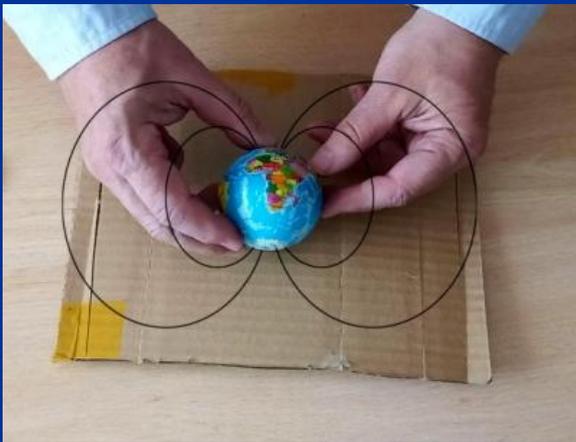
Nitrógeno, si pierde electrones en su capa más externa, produce una luz azulada, mientras que da un color rojo/púrpura en los bordes más bajos de las auroras.



(Crédito Sakari Ekko)

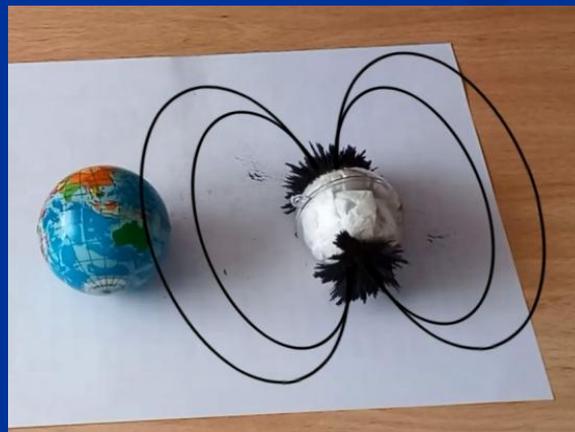
Actividad 4: Campo magnético terrestre

Podemos visualizar el campo magnético terrestre con un imán, que representa la Tierra, y una brújula, con la que vamos recorriendo las líneas de fuerza del campo.



Actividad 4: Campo magnético terrestre

En una esfera de plástico, ponemos un imán envuelto en una servilleta de papel. Representa la Tierra. Con limaduras de hierro cerca de los polos, se visualizan muy bien las líneas de campo magnético en esa zona, donde se producen las auroras.



¿Cómo surgió la vida en la Tierra?



Las hipótesis más aceptadas proponen que la vida surgió en la Tierra a partir de materia inorgánica hace $4500 \cdot 10^6$ años

Pero otros científicos suponen un origen extraterrestre de la vida. Si la vida no se inició en la Tierra podría haber llegado en cometas, asteroides y meteoritos.

Los microbios podrían sobrevivir incrustados en las rocas, protegidos de las condiciones extremas del espacio exterior



Nadie supone que el primer ser vivo fuera muy complejo. Debieron existir formas de vida más simples que hayan servido de conexión entre el primer organismo y la vida hoy en día. Es posible que microorganismos extremófilos llegaran a la Tierra en asteroides y meteoritos que impactaron en su superficie, de hecho se encuentran muestras orgánicas en algunos meteoritos. **No es sencillo encontrar meteoritos, pero si lo es cazar micrometeoritos.**



Veremos también algunas áreas de la Tierra donde se encuentran **extremófilos** y que son estudiados por NASA
ESA



Micrometeoritos

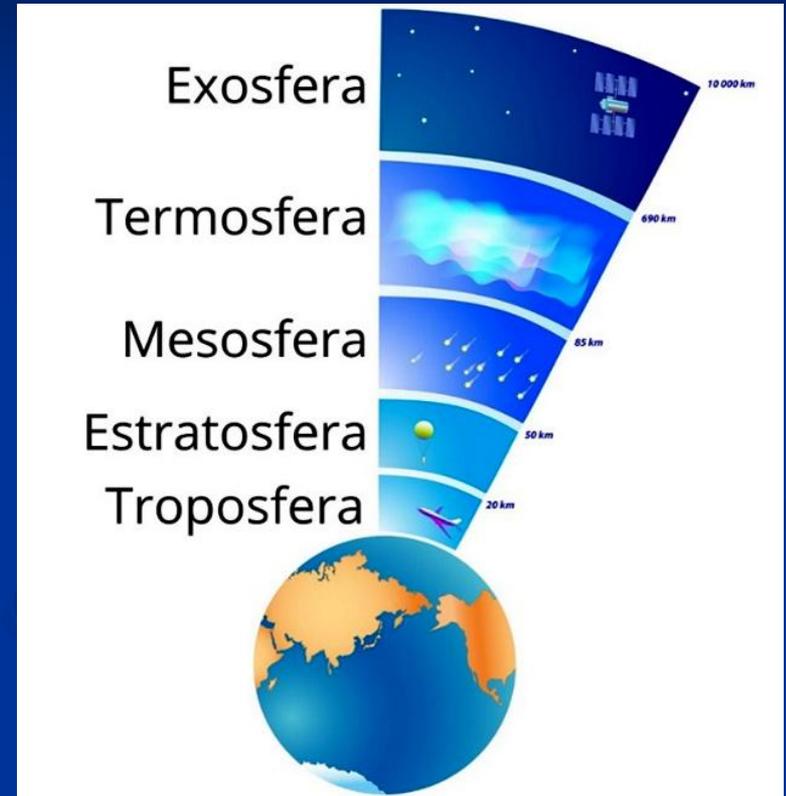
La Tierra en su camino alrededor del Sol, atraviesa orbitas de otros astros como son los cometas con restos de polvo. Estos pequeños cuerpos caen sobre la superficie terrestre y dan lugar a micrometeoritos. Miles de ellos caen cada día y normalmente se queman (por el rozamiento con la atmósfera) antes de llegar al suelo formando estrellas fugaces.

Los que llegan al suelo se pueden recoger, están en cualquier parte, especialmente en lugares con poca actividad humana y difícilmente accesibles. Su forma redondeada y con estrías delata su origen.

Micrometeoritos

Los meteoros atraviesan la exosfera y la termosfera sin mucho problema porque esas capas no son muy densas. Pero cuando llegan a la mesosfera, la densidad es mayor y debido a la fricción, se genera calor.

El material se funde y después se solidifica de forma que al final presenta estrías y en ocasiones pequeñas burbujas efecto de una solidificación rápida.



(Crédito Lifeder)

Actividad 5: Simulación de Micrometeoritos Esféricos

Llenamos de aceite de girasol un vaso alto. Con una jeringuilla se dejan caer gotas de agua o de refresco de cola. Se forman pequeñas esferas que se ven caer lentamente por la columna de aceite.

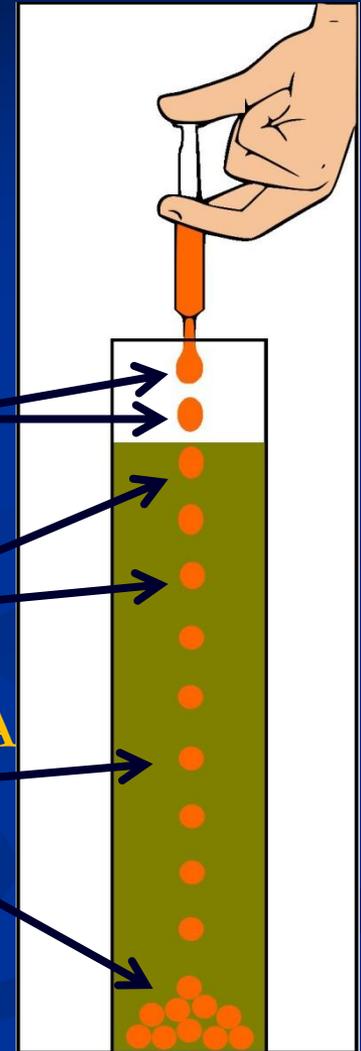
MESOSFERA Gotas líquidas

Esféricas dentro del medio viscoso

ESTRATOSFERA Y TROPOSFERA

Gotas esféricas. Se acumulan en el fondo

CORTEZA CONTINENTAL Y OCEANICA



Actividad 5: Simulación de Micrometeoritos Esféricos



se forman
pequeñas
esferas de
“micro-
meteoritos”
simulados.

**Cada día caen sobre la
superficie terrestre 5 toneladas
de material extraterrestre**

Micrometeoritos reales



Actividad 6: Buscar Micrometeoritos

Los micrometeoritos se depositan en tejados y terrazas o incluso quedan suspendidas en la atmósfera por mucho tiempo, y caen junto con la lluvia o la nieve. El método más recomendado para recuperar este material es buscarlo en las canaletas, que recolectan el material que se deposita en los techos, o en las cunetas de las calles o carreteras.

Esos meteoritos proceden directamente de la materia que dio origen al sistema solar. Tienen una edad por tanto de unos 4.500 millones de años.



Actividad 6: Buscar Micrometeoritos

La mayor parte de esos meteoritos tienen una composición rocosa, pero otros están formados de hierro y níquel, y pueden ser separados del resto con un imán. Con un pincel se recoge arena de una canaleta o una cuneta, y se pone sobre un papel. Se pasa por debajo del papel un imán, y nos quedamos sobre el papel sólo con el material que se mueva



Actividad 6: Buscar Micrometeoritos

Si no se dispone terrazas o cunetas donde buscarlos, se puede preparar una trampa para recoger micrometeoritos. Basta una bandeja donde colocaremos papel celofán y dejaremos a la intemperie durante una semana en un lugar un poco elevado para que no se acerquen animales. El proceso de recolección de micrometeoritos es también con un iman



Actividad 6: Buscar Micrometeoritos

Otra opción es preparar una trampa para cada alumno con un vaso de papel atado con un hilo y un pequeño imán dentro. Los alumnos se mueven por el patio de la escuela con los vasos magnéticos y, al retirar el imán, si hay partículas de hierro, caerán sobre la hoja de papel blanco. Basta mirar a través de las cámaras de sus móviles para encontrar los micrometeoritos.

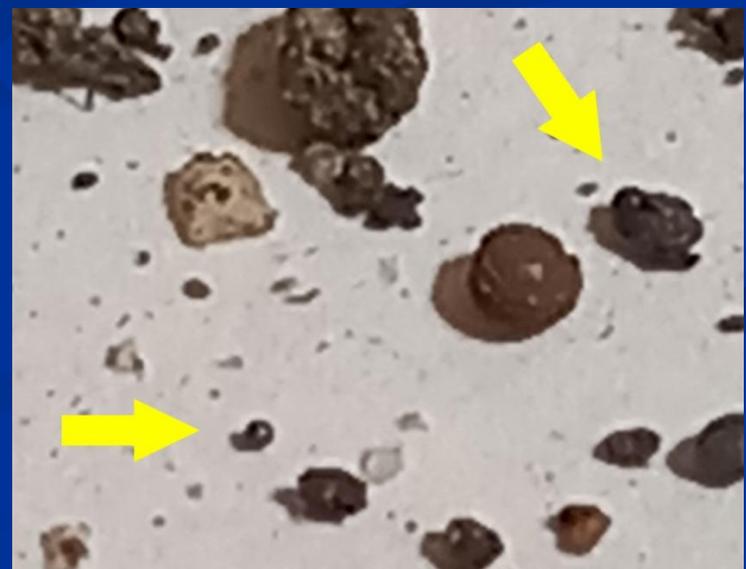
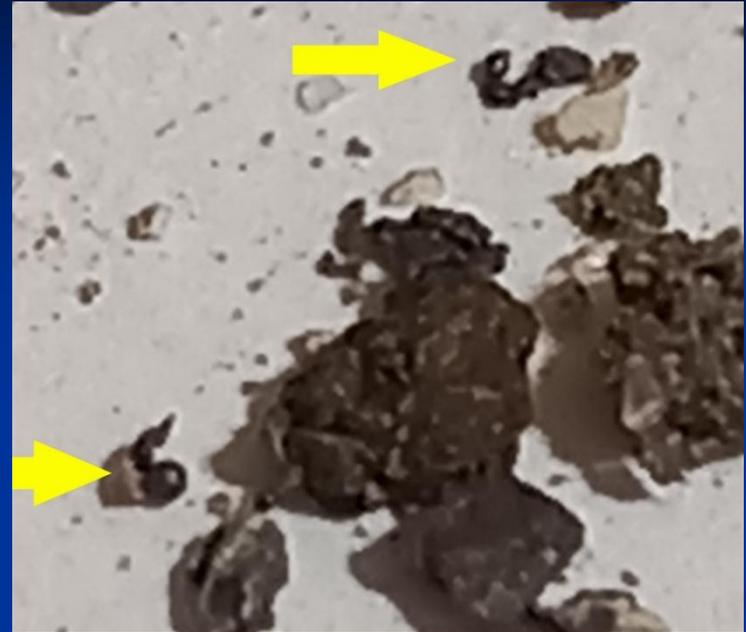


Actividad 6: Buscar Micrometeoritos

Identificación de micrometeoritos:

Inspeccione el material que se ha movido con el imán, sin separarlo del papel, con un teléfono celular o una cámara, utilizando el zoom máximo.

Los micrometeoritos se identifican por tener una forma casi esférica y brillante.



Actividad 6: Buscar Micrometeoritos

Identificación de micrometeoritos:

El material que se haya movido con el imán, sin quitarlo del papel, lo inspeccionamos con la cámara del celular o del móvil, usando el zoom. Los micrometeoritos se identifican por tener una forma casi esférica y brillante.



Clasificación de Extremófilos

Un extremófilo es un organismo (frecuentemente, un microorganismo) que vive en condiciones extremas (aquellas que son muy diferentes a las que viven en la mayoría de las formas de vida terrestres).

Hasta hace poco tiempo, se pensaba que en los lugares donde hoy sabemos que crecen los extremófilos era imposible que hubiera vida. Por ejemplo, en las aguas enormemente ácidas y con metales del Río Tinto, o en el desierto extremadamente seco y con metales pesados de Atacama o en la Antártida con sus bajas temperaturas. Pero se ha demostrado que hay organismos que viven en estas zonas.



Extremófilos en la Antártida

En la Antártida varios grupos de científicos han encontrado vida debajo de su superficie, por ejemplo:

- microbios extremófilos viviendo a 36 m con temperaturas de -20°C en agua salada (no congelada por la alta concentración de sal)
- un ecosistema en ausencia total de luz a 800 m de profundidad



Extremófilos y Desierto de Atacama

Algunos extremófilos viven en ausencia de agua o son capaces de resistir la desecación viviendo con muy poca. Como los microbios del suelo del Desierto de Atacama.

Allí se da un fenómeno muy espectacular: el desierto florido. Este es el desierto más árido del mundo, en los años en que hay más precipitación de lo normal y después un frente frío aparecen una gran cantidad y diversidad de flores (14 variedades) que se mantiene unos meses.



Foto agosto 2022 después de varios años de sequedad, los últimos años fueron 2015 y 2017



Extremófilos y Riotinto

Otros extremófilos se desarrollan en ambientes de alta acidez y altas concentraciones de metal (Hierro, Cobre, Cadmio, Arsénico, Zinc, Plomo). Las reacciones en este río, están catalizadas por bacterias acidófilas, de forma que si se reduce la acidez se multiplica la población de bacterias, lo que genera más oxidación de sulfuros y más acidez en un proceso que se retroalimenta. Los habitantes de la zona saben cuando va a llover por los cambios de color del río (las bacterias generan más acidez para mantener el ph durante la crecida del río).



Extremófilos y Vegetación Riotinto

Hay extensos arbustos de *Erica Andevalensis* o “brezo minero”, distribuidos a lo largo del cauce del río.



Estas plantas tienen sus raíces en suelos muy ácidos y con pocos nutrientes. Incluso algunas plantas crecen en las orillas del río con sus raíces parcialmente sumergidas en el agua ácida y suelos con altas concentraciones de Cobre y Plomo

Actividad 7: Extracción de ADN

Los astrobiólogos de la NASA y la ESA estudian sobre el terreno (Minas de Ríotinto, Desierto de Atacama, etc.) cómo evoluciona o se adapta la vida para entender cómo se originó.

El primer paso de muchos de los protocolos que se realizan para descubrir extremófilos consiste en el proceso de extracción de ADN y por este motivo se procede a realizar dicha actividad



Actividad 7: Extracción de ADN

Restos de ADN permiten detectar la existencia de vida (actual o pasada), y esto se usa para buscar vida en el espacio

La molécula de ADN es muy larga y esta compactada con proteínas (como un ovillo) dentro de las células.

Solución para romper la célula: 1/2 vaso agua

1 cucharadita de Sal, Cloruro Sódico, para soltar las proteínas y liberar así el ADN

3 cucharaditas de Bicarbonato de Sodio, para mantener constante el ph de la solución y que no se degrade el ADN

lavavajillas hasta que el agua tenga el color de éste, para

romper la membrana de las células de carácter graso

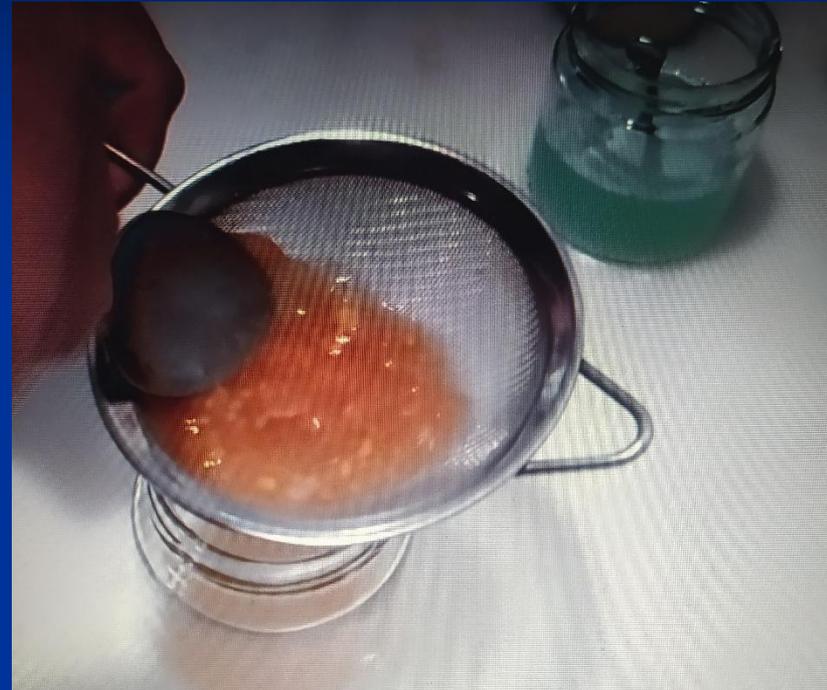
mezclar sin hacer espuma para poder ver bien el ADN.



Actividad 7: Extracción de ADN

Preparar el zumo de células “de tomate”

2 cucharadas de pulpa, triturada
con un tenedor hasta tener un puré
Echamos la solución rompedora
(doble de volumen de solución que
de puré de tomate)



Para romper las células agitamos cuidando no hacer espuma
Colamos para quitar los trozos grandes

El contenido de dentro las células esta en el zumo



Actividad 7: Extracción de ADN

Hacer visible el ADN

Cuando hay muchas hebras de ADN lo vemos como una nube blanca (la sal le da el color blanquecino). Dejamos caer alcohol por la pared del vaso de zumo, porque queremos que quede una capa de alcohol encima del zumo sin mezclarse



En 3 o 4 minutos se forma una nube blanca de ADN que se está agrupando y haciéndose visible (sube a arriba).

Se le añade alcohol porque el ADN no es soluble en alcohol y se va formando la nube de ADN.



Conclusiones

- Comprender el largo proceso para la aparición de la vida
- Conocer las condiciones que protegen la vida.
- Conocer los ambientes extremos en que puede desarrollarse la vida.
- Entender el proceso de extracción del ADN para constatar la presencia de vida.



¡Muchas gracias
por su atención!

