

DATACIÓN RADIOMÉTRICA



1 Tesalonicenses 5:21

versión Reina-Valera Contemporánea

Examínenlo todo;
retengan lo bueno.

DATANDO LOS FÓSILES

Datación relativa

Cuando se encuentra un fósil desconocido en el mismo estrato, junto con otros fósiles de edad conocida, puede inferirse su edad a partir de la edad de los fósiles a su alrededor. Este método de datación tiene en cuenta la relación de los organismos en el registro fósil.

Por ejemplo, *Archaeopteryx* aparece después de *Latimeria*, pero antes de *Australopithecus*.

DATANDO LOS FÓSILES

Datación absoluta

Calcula la edad de los fósiles en años. Utiliza técnicas de datación radiométrica.

Por ejemplo, la datación de un fósil de *Archaeopteryx* establece que tiene 50 millones de años.

DATACIÓN RADIOMÉTRICA

Supuestos

1. Tasa de decaimiento radiactivo **constante**.
2. Concentración inicial de isótopos **conocida**.
3. El decaimiento radioactivo es el **único factor** que altera las concentraciones relativas de los isótopos y de sus productos de decaimiento.
4. Asegurar que cada una de estas suposiciones se cumpla puede ser **muy difícil**, a veces, imposible.

DATACIÓN RADIOMÉTRICA

Isótopos

- Los isótopos son elementos con el mismo número de protones y diferente número de neutrones.
- Por ejemplo, el **uranio 235** tiene 92 protones y 143 neutrones, mientras que el **uranio 238** tiene 92 protones y 146 neutrones.

DATACIÓN RADIOMÉTRICA

Isótopos

- Algunos isótopos son más estables que otros.
- Los isótopos inestables tienden a estabilizarse con el tiempo.
- En este proceso de decaimiento, el elemento se altera significativamente, porque puede ganar o perder un protón.

DATACIÓN RADIOMÉTRICA

Si se puede establecer...

...la cantidad inicial de un isótopo inestable

...la tasa de decaimiento de este isótopo

...que la tasa de decaimiento no cambió en el tiempo

...la cantidad total del isótopo en una muestra fósil

Finalmente se podría determinar la edad aproximada de la muestra.

VIDA MEDIA

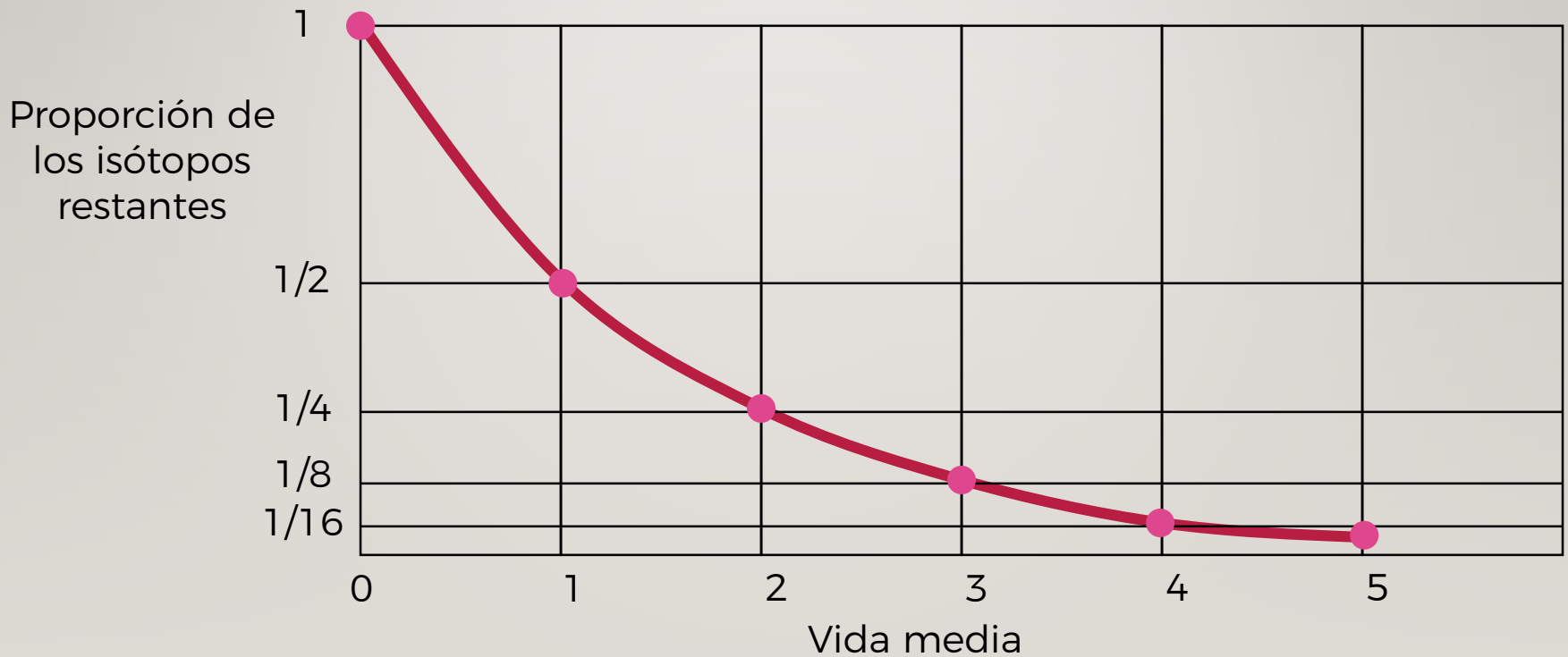
La **vida media** de un isótopo es el tiempo necesario para el decaimiento de la mitad de la cantidad de este isótopo en una muestra.

VIDA MEDIA

Por ejemplo, si la vida media del ^{14}C es de **5.600 años** y una muestra hoy tiene **1.000** átomos de ^{14}C , después de 5.600 años, la cantidad de ^{14}C en esta muestra será de **500** átomos.

VIDA MEDIA

Gráficamente...

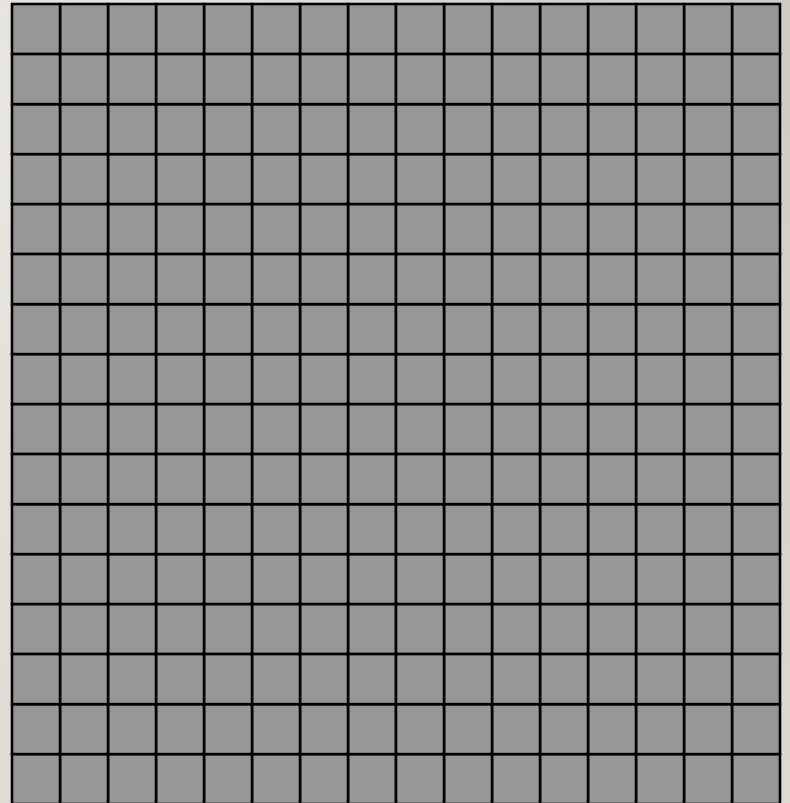


CARBONO 14

- El carbono 14 (^{14}C) es un isótopo raro de carbono que tiene 6 protones y 8 neutrones.
- El ^{14}C decae para ^{14}N a una tasa constante.
- Cada 5.600 años, la mitad del ^{14}C de una muestra emitirá una partícula beta (electrón) y decaerá para ^{14}N .
- Así, la vida media del ^{14}C es de 5.600 años.
- Por causa de la vida media corta del ^{14}C no es útil para datar fósiles de millones de años, siendo necesario tan solo para edades del orden de 50.000 años.

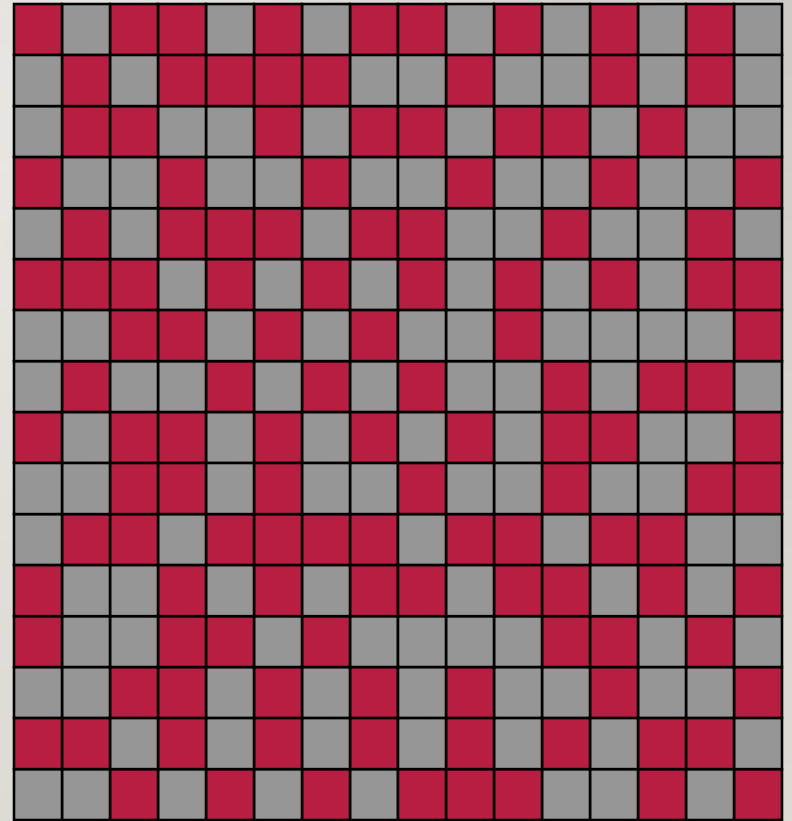
VIDA MEDIA

256 átomos de ^{14}C
en el tiempo 0



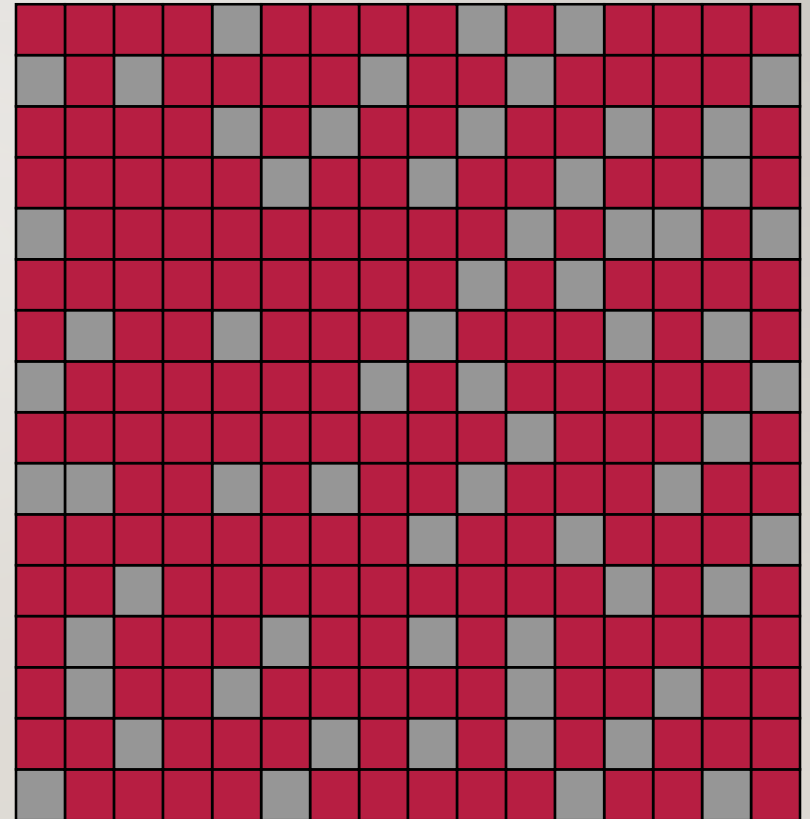
VIDA MEDIA

128 átomos de ^{14}C y
128 átomos de ^{14}N
después de 5.600
años o 1 vida media



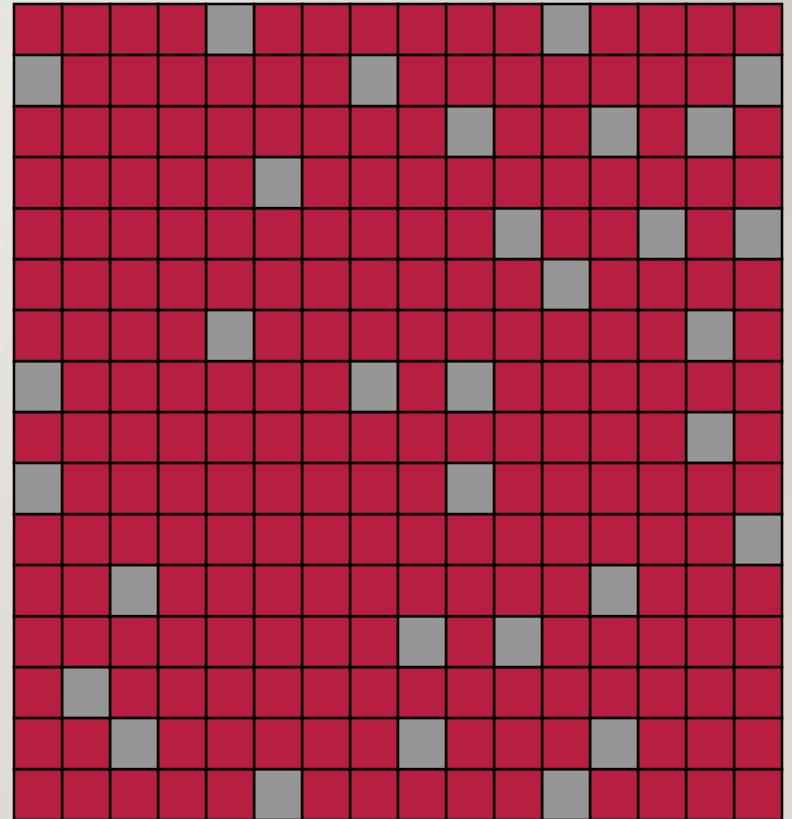
VIDA MEDIA

64 átomos de ^{14}C y
192 átomos de ^{14}N
después de 11.200
años o 2 vidas medias



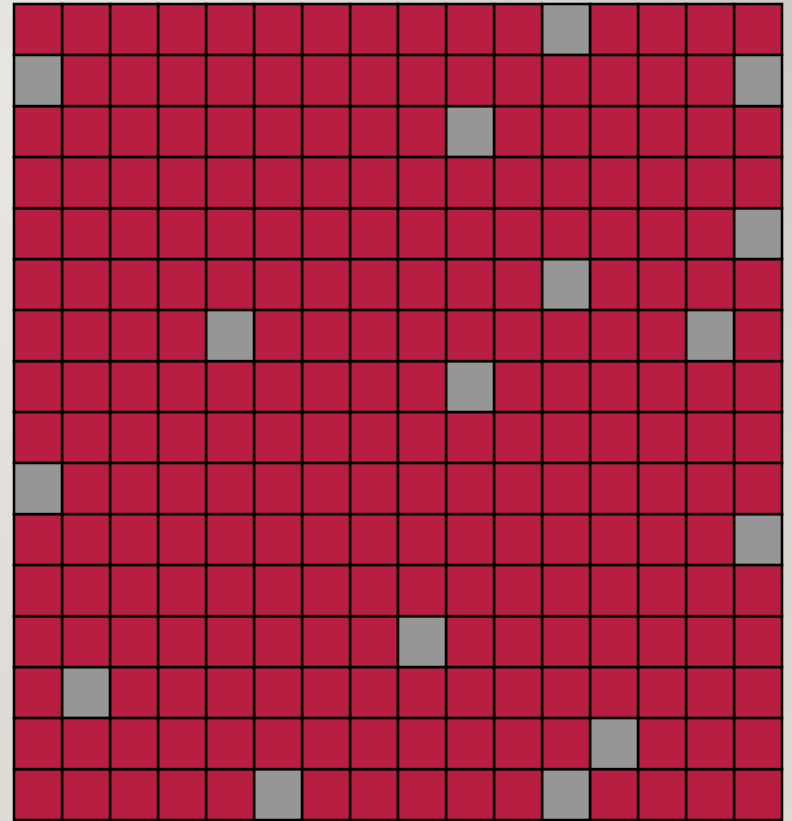
VIDA MEDIA

32 átomos de ^{14}C y
224 átomos de ^{14}N
después de 6.800
años o 3 vidas medias



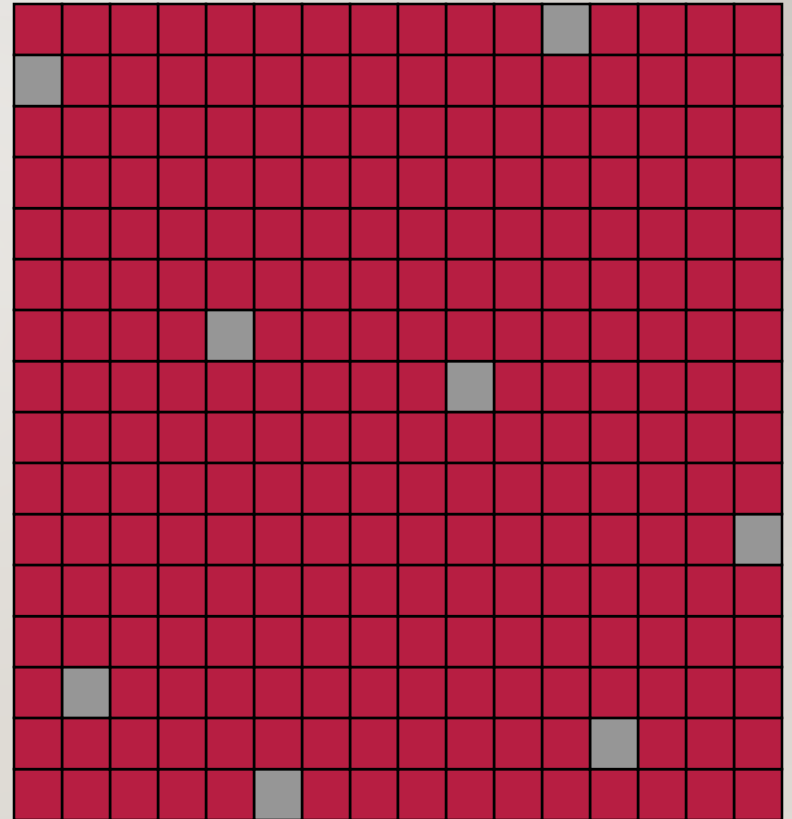
VIDA MEDIA

16 átomos de ^{14}C y
240 átomos de ^{14}N
después de 22.400
años o 4 vidas medias



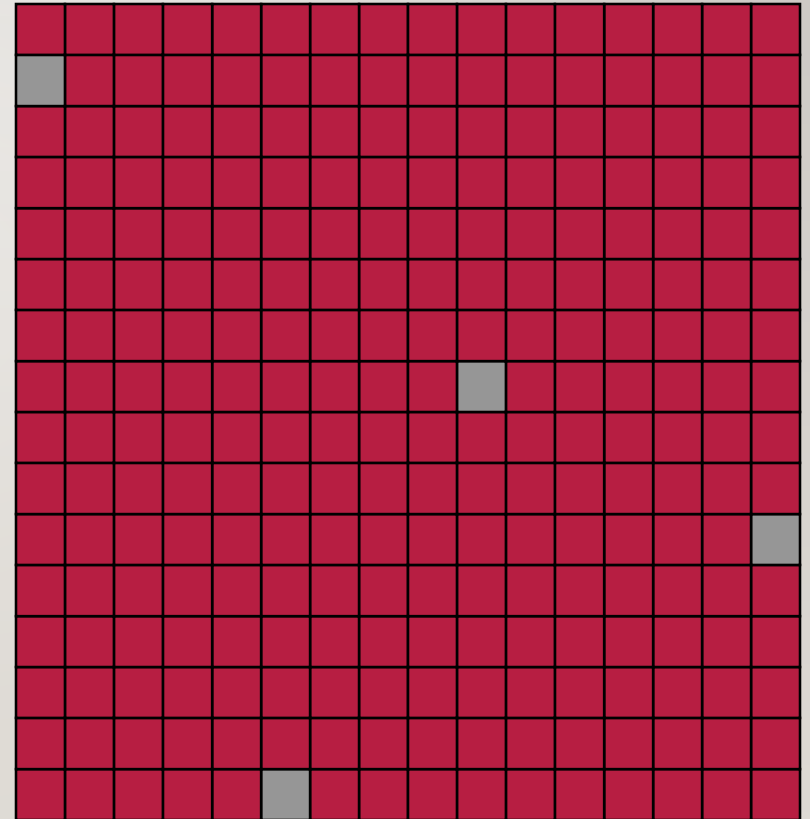
VIDA MEDIA

8 átomos de ^{14}C y 248
átomos de ^{14}N
después de 28.000
años o 5 vidas medias



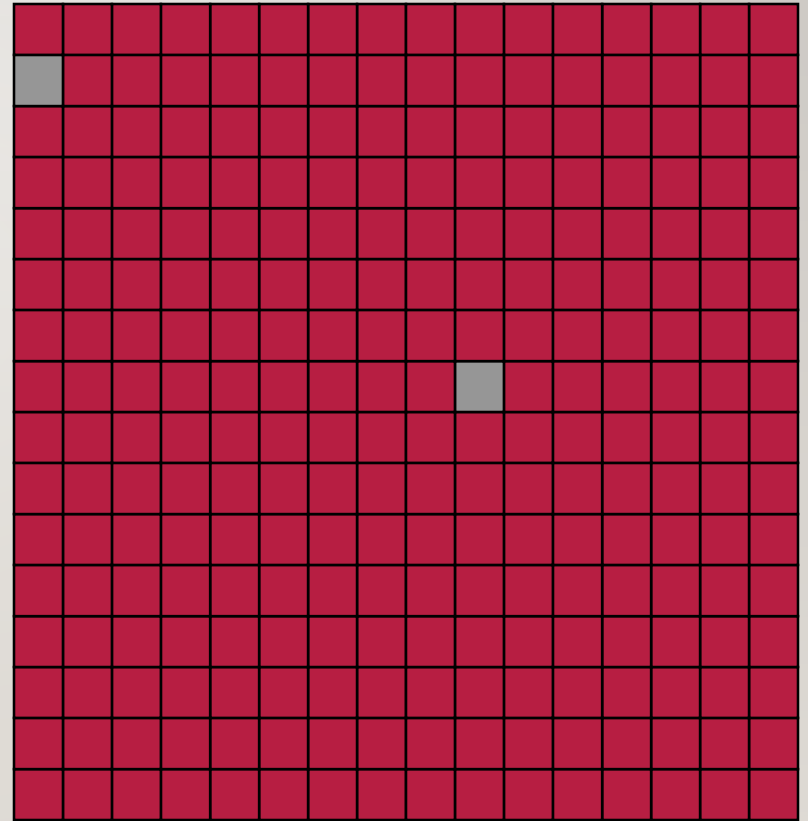
VIDA MEDIA

4 átomos de ^{14}C y 252
átomos de ^{14}N
después de 33.600
años o 6 vidas medias



VIDA MEDIA

2 átomos de ^{14}C y 254
átomos de ^{14}N
después de 39.200
años o 7 vidas medias



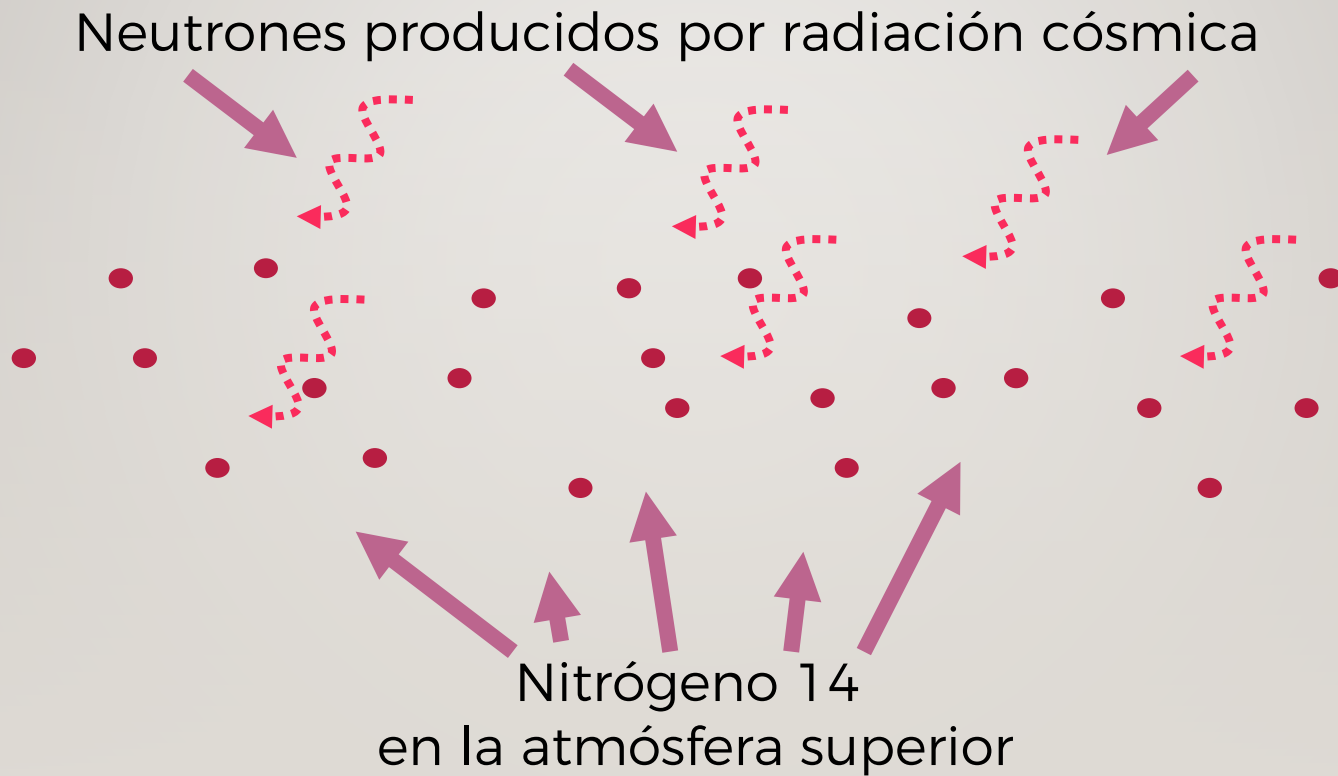
CARBONO 14

- Con una vida media relativamente **corta** y una Tierra de billones de años, todos los átomos de ^{14}C deberían haber desaparecido.
- Eso sería verdad si no fuera porque en la atmósfera se genera ^{14}C como resultado de su interacción con los neutrones provenientes de la radiación cósmica.
- La relación atmosférica entre ^{14}C y ^{12}C representa, por lo tanto, un equilibrio entre la producción y el decaimiento de ^{14}C .

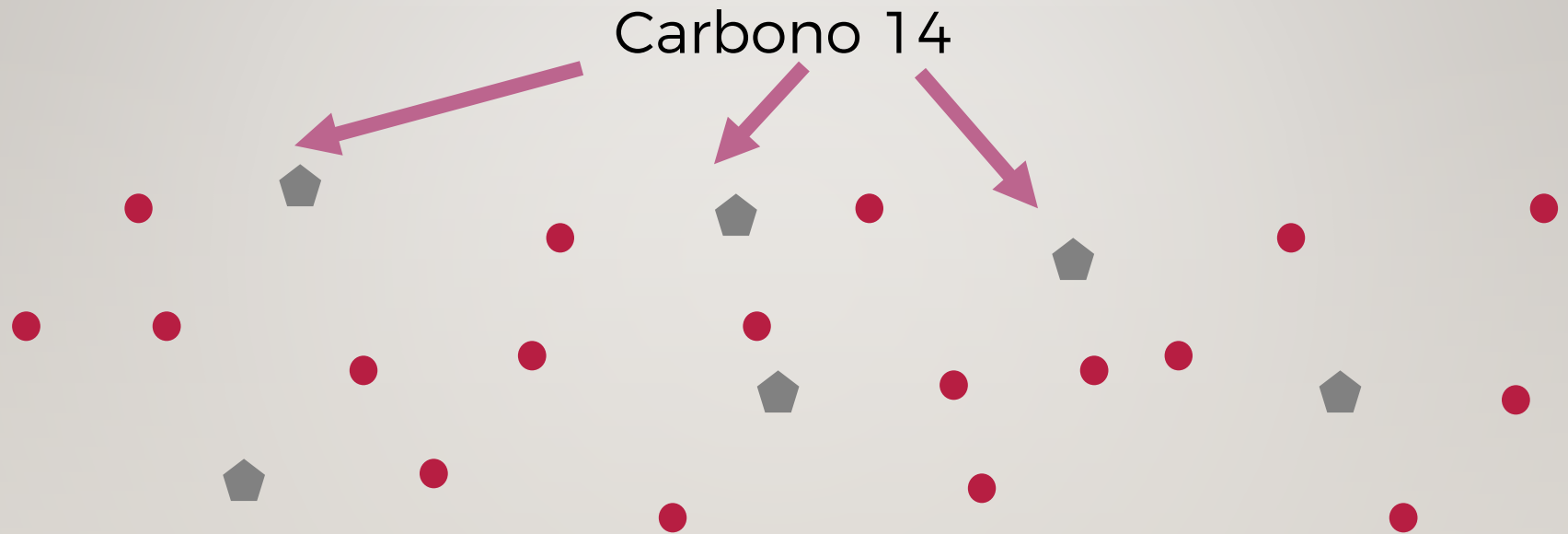
CARBONO 14

- El ^{14}C usado para datar materia orgánica
- El ^{14}C atmosférico es incorporado en moléculas orgánicas por las plantas durante la fotosíntesis
- Los animales se alimentan de estas plantas e incorporan parte de su ^{14}C
- La razón actual de ^{14}C para ^{12}C en la atmósfera es tremendamente pequeña, del orden de 10^{12}

ATMÓSFERA: 9.000-15.000 MT

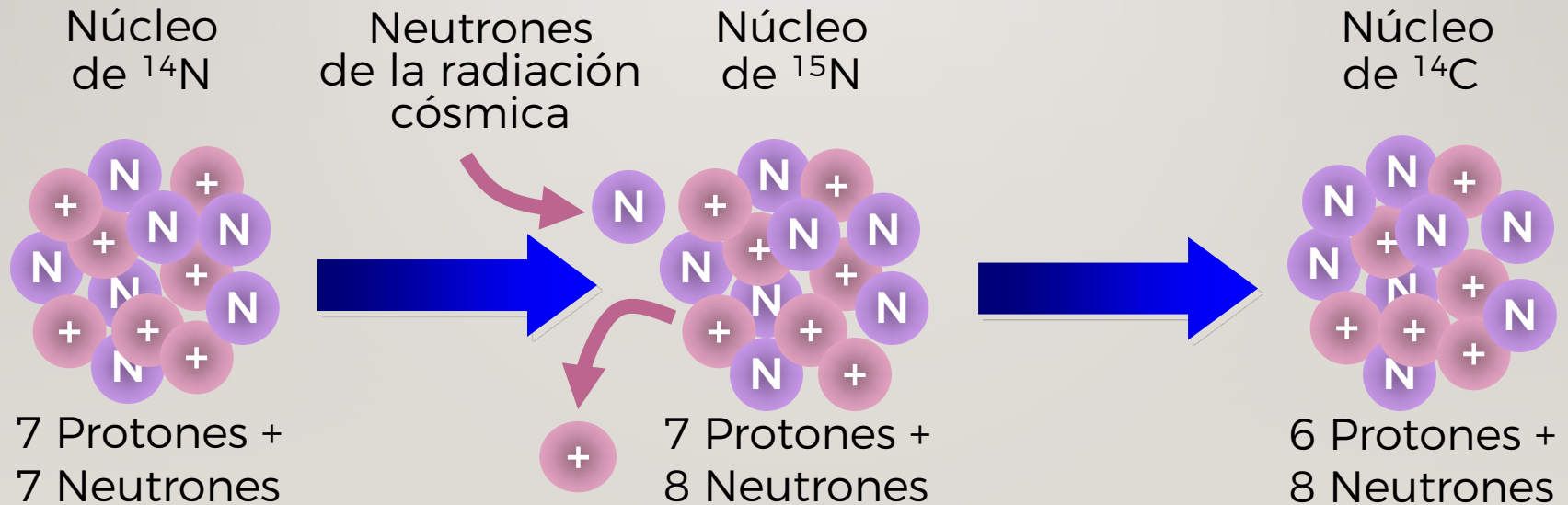
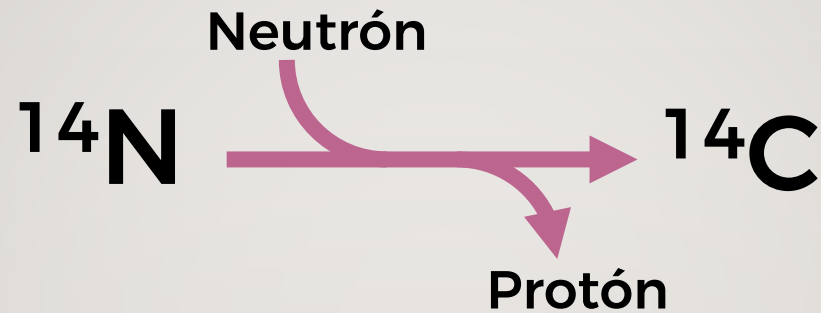


ATMÓSFERA: 9.000-15.000 MT



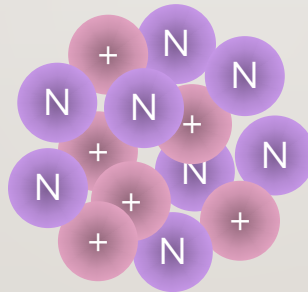
en la atmósfera superior

DE NITRÓGENO 14 A CARBONO 14



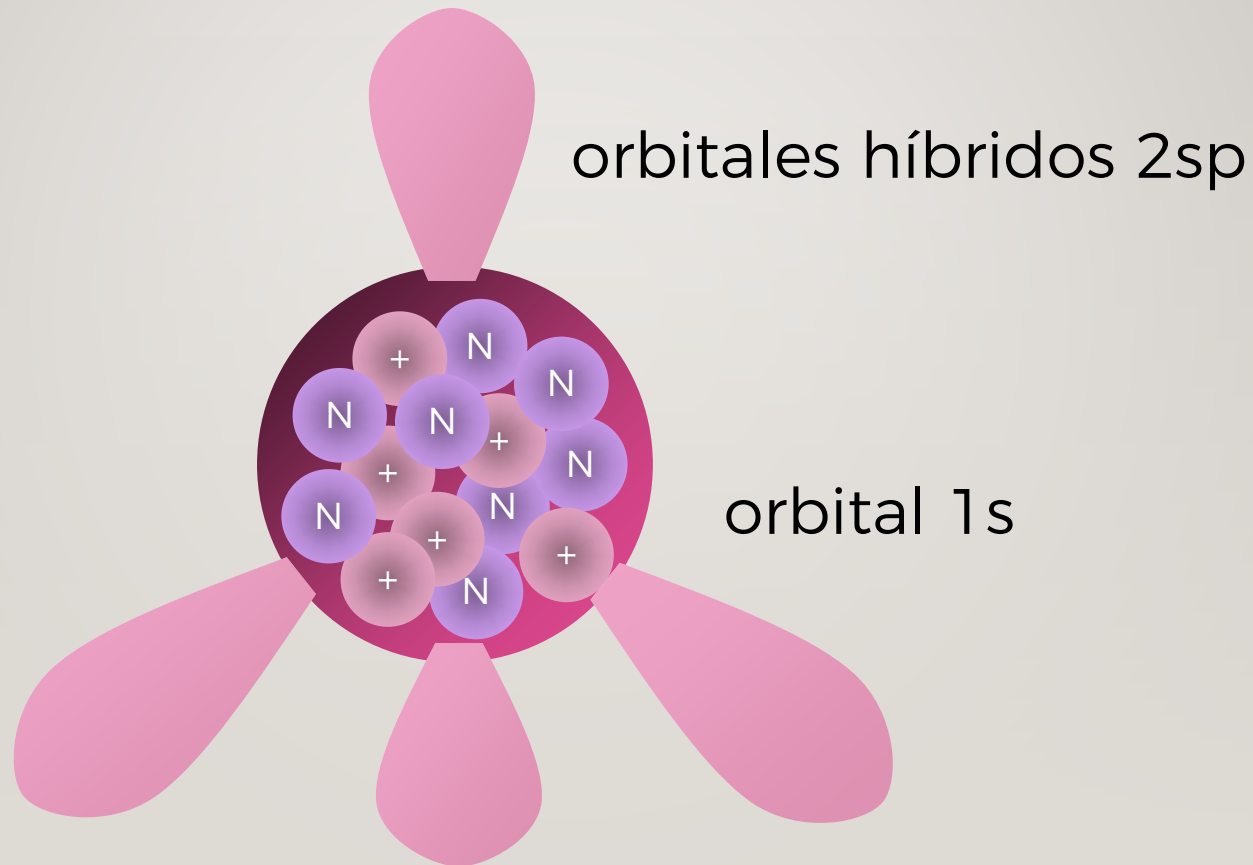
DE NITRÓGENO 14 A CARBONO 14

Núcleo
de ^{14}C

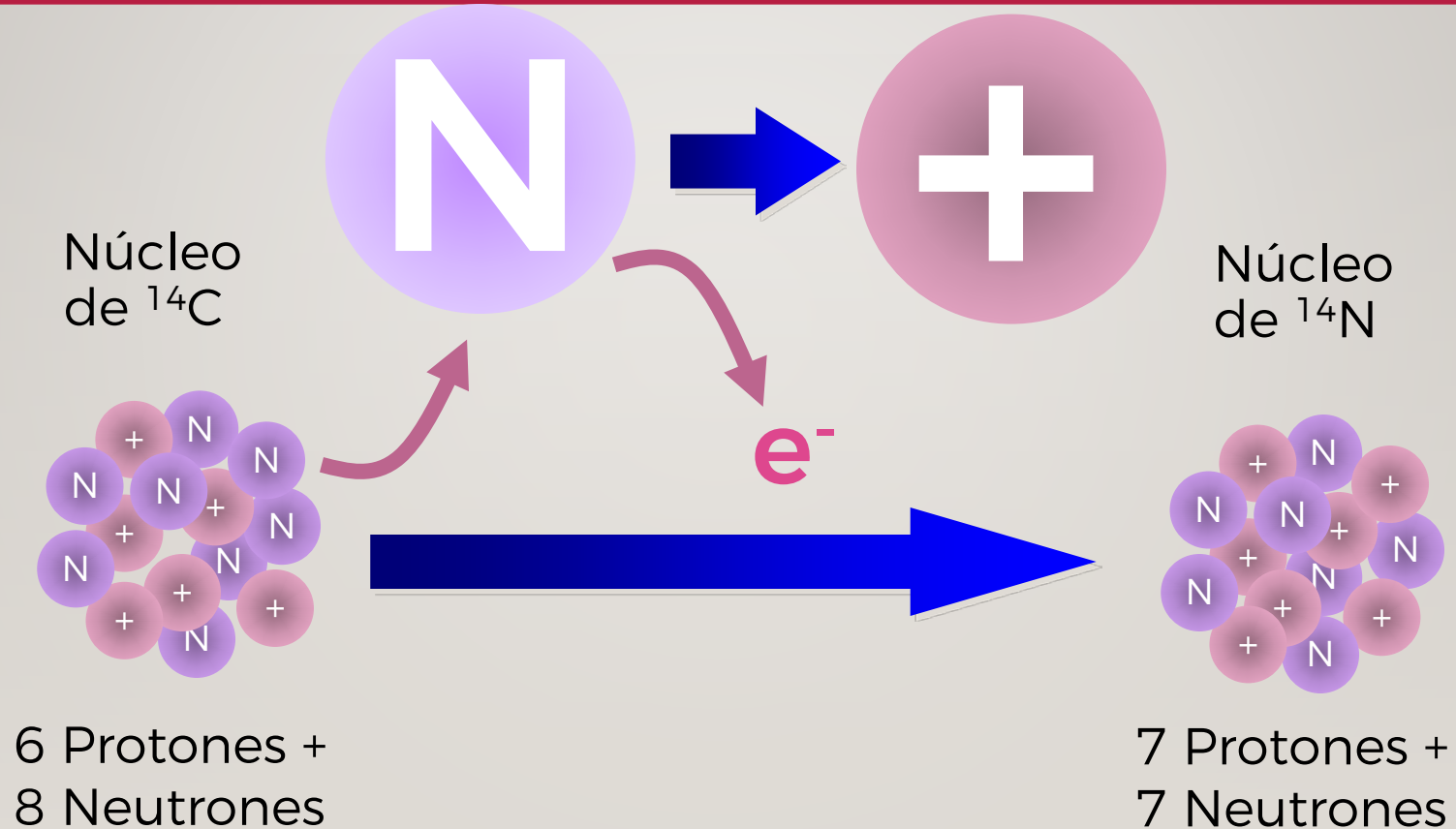


6 Protones +
8 Neutrones

DE NITRÓGENO 14 A CARBONO 14



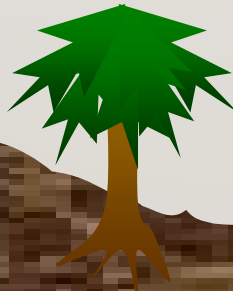
DE NITRÓGENO 14 A CARBONO 14



CARBONO 14: EN EL PASADO REMOTO

Las plantas absorben ^{12}C y ^{14}C en la proporción que existen en la atmósfera.

Fijación del CO_2



CARBONO 14

La planta crece
y absorbe CO₂



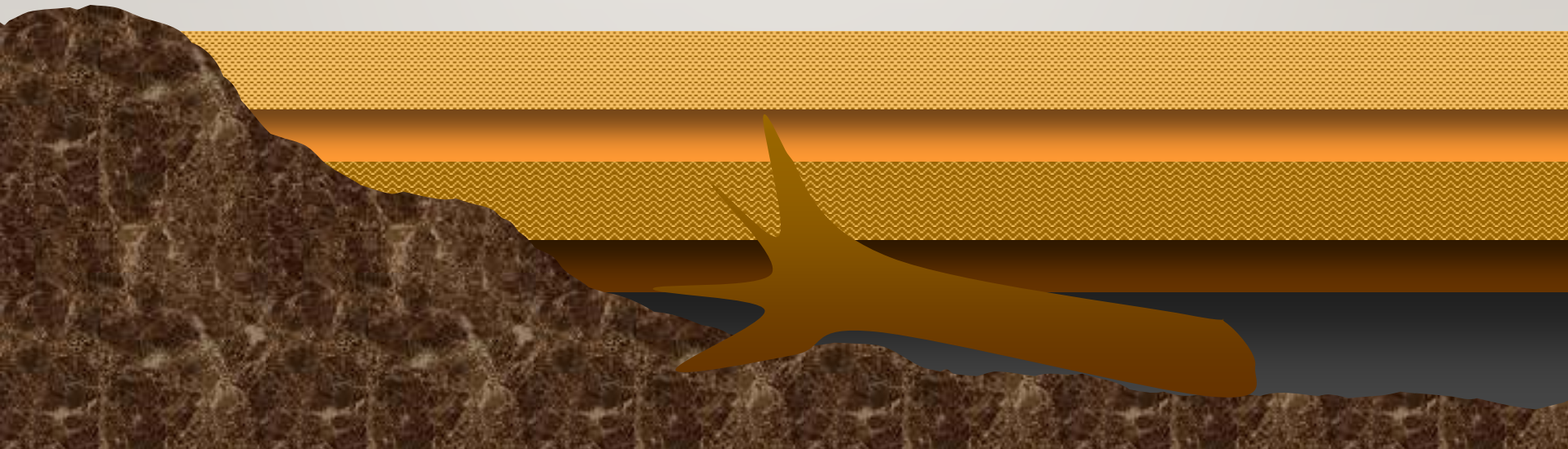
CARBONO 14

La planta muere...



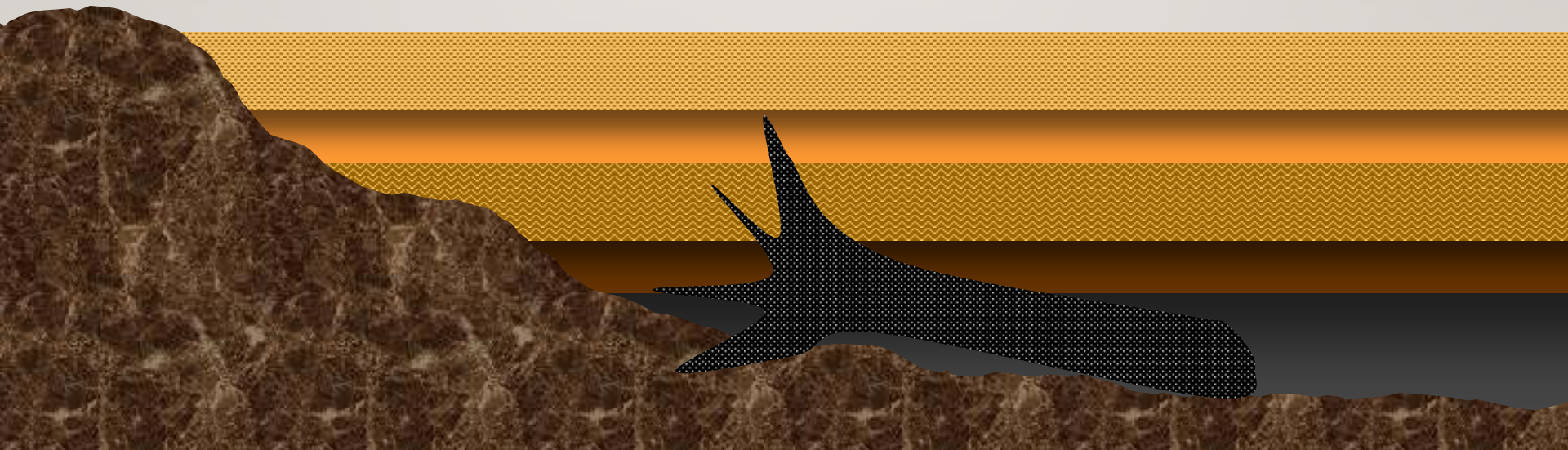
CARBONO 14

... y queda enterrada.



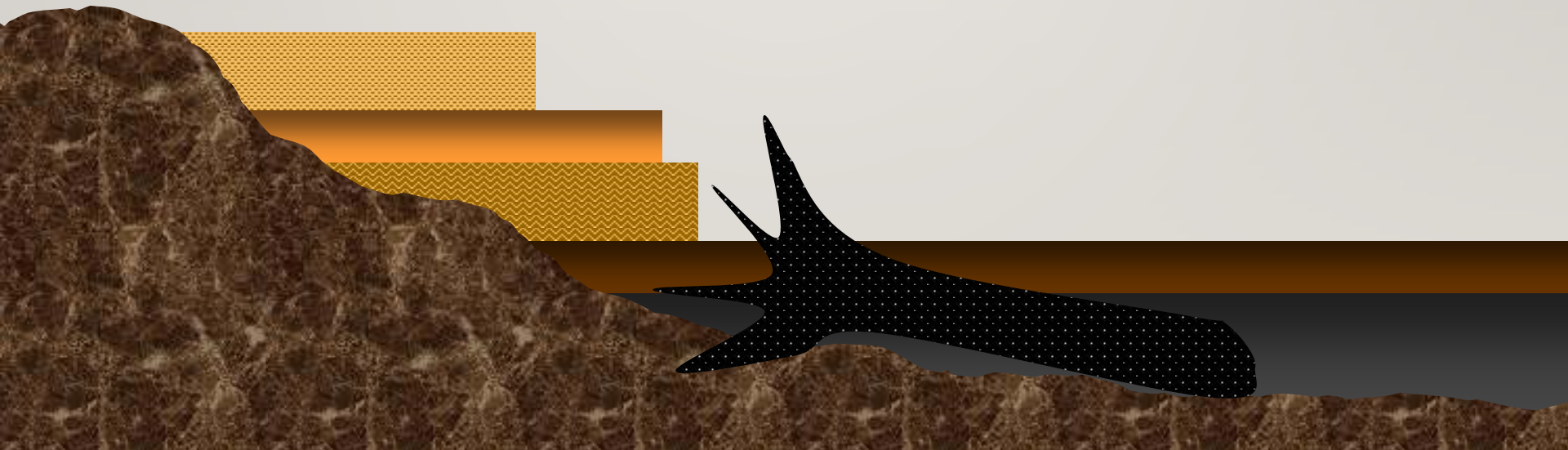
CARBONO 14

Con el tiempo,
el ^{14}C decae a ^{14}N



CARBONO 14

Con el tiempo,
el ^{14}C decae a ^{14}N



CARBONO 14

- En nuestra atmósfera más antigua de material vegetal, 2×10^5 átomos de ^{14}C son encontrados por gramo de C
- En una atmósfera recientemente recogida de material vegetal fueron encontrados $1,2 \times 10^4$ átomos de ^{14}C por gramo de C

CARBONO 14

$$t = \ln(N_0/N_t) / \lambda$$

Fórmula estándar de decaimiento exponencial

λ = constante de decaimiento radiactivo del ^{14}C = $1,238 \times 10^{-4}$

N_0 = cantidad de ^{14}C en el tiempo 0

N_t = cantidad de ^{14}C en el presente

$$t = \ln(1,2 \times 10^5 / 2,0 \times 10^5) / -1,238 \times 10^{-4}$$

$$t = 4.126 \text{ años}$$

Se asume que el ^{12}C del presente = concentración antigua de ^{12}C

OTROS MÉTODOS DE DATACIÓN RADIOMÉTRICA

El método del ^{14}C no es útil para datar estratos geológicos muy antiguos, por lo tanto, se desarrollaron otros métodos basados en isótopos con vidas medias mucho mayores.

OTROS MÉTODOS DE DATACIÓN RADIOMÉTRICA

Isótopo	Producto	Vida media	Método
Potasio-40	Argón-40	$8,4 \times 10^9$	Captura e^-
Uranio-238	Plomo-206	$4,5 \times 10^9$	Emisión α (8)
Uranio-235	Plomo-207	$0,7 \times 10^9$	
Rubidio-87	Estroncio-87	$48,6 \times 10^9$	
Torio-232	Plomo-208	14×10^9	

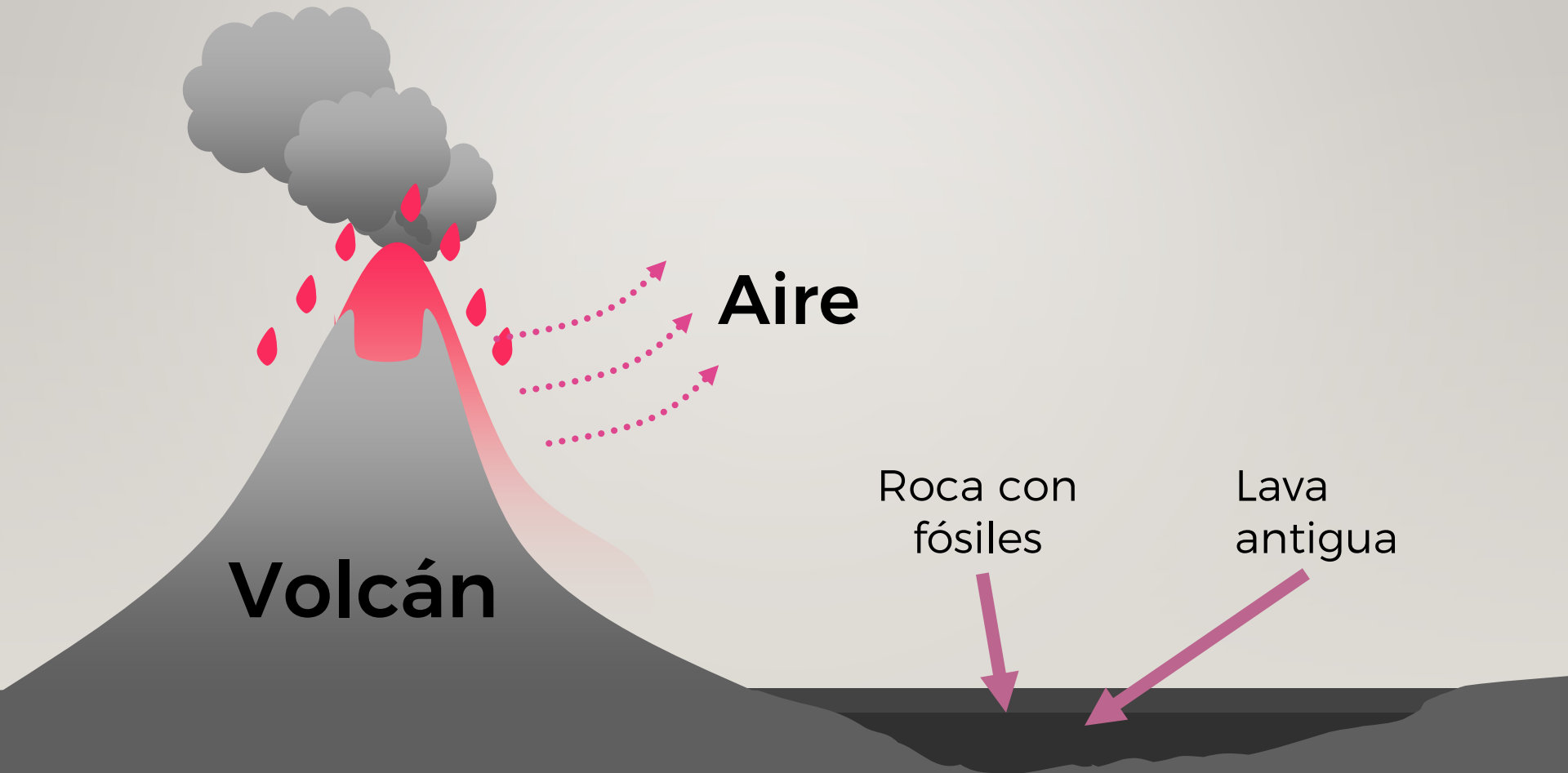
DATACIÓN POR POTASIO-ARGÓN

- El potasio es abundante en las rocas
- El ^{40}K decae para ^{40}Ar y ^{40}Ca en una razón de 11,2 ^{40}Ar para 88,8 ^{40}Ca
- Aunque el calcio sea abundante en las rocas el ^{40}Ca no es un isótopo fácil de usar en datación
- En teoría, todo el ^{40}Ar debe ser liberado como gas argón cuando la roca ígnea se forme
- Así, durante la creación de la nueva roca ígnea, el reloj potasio-argón es ajustado en cero... Por lo menos en teoría.

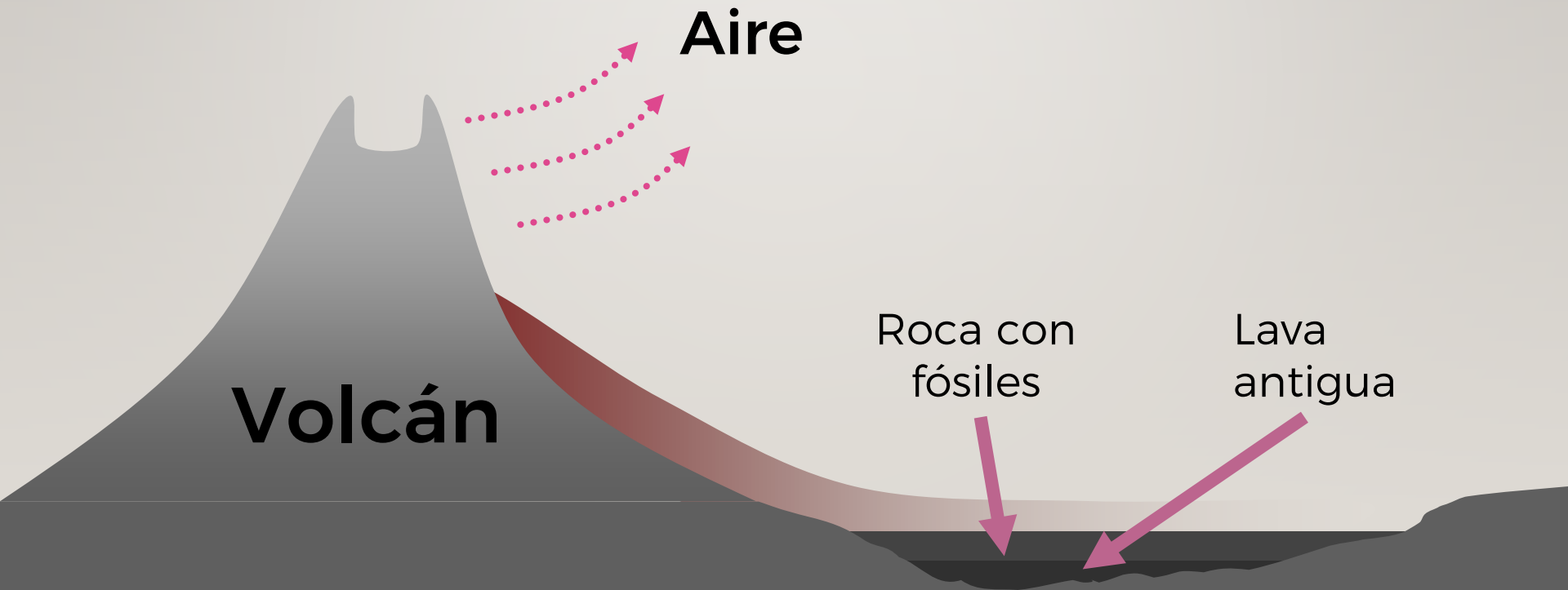
DATACIÓN POR POTASIO-ARGÓN

- A medida que la lava sale de los volcanes, los gases, incluyendo el argón, son liberados.
- Por lo tanto, cuando la lava se enfría para formar la roca, no debe contener argón.

DATACIÓN POR POTASIO-ARGÓN

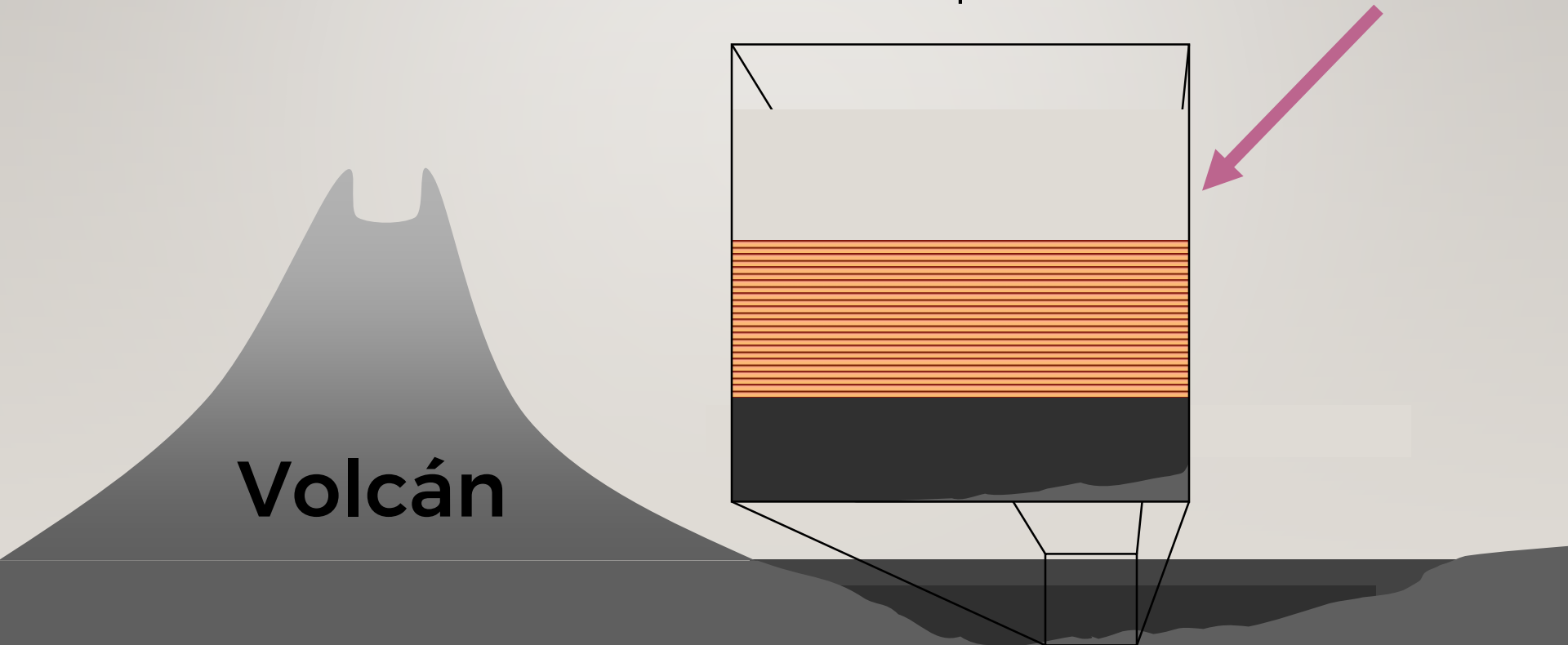


DATACIÓN POR POTASIO-ARGÓN

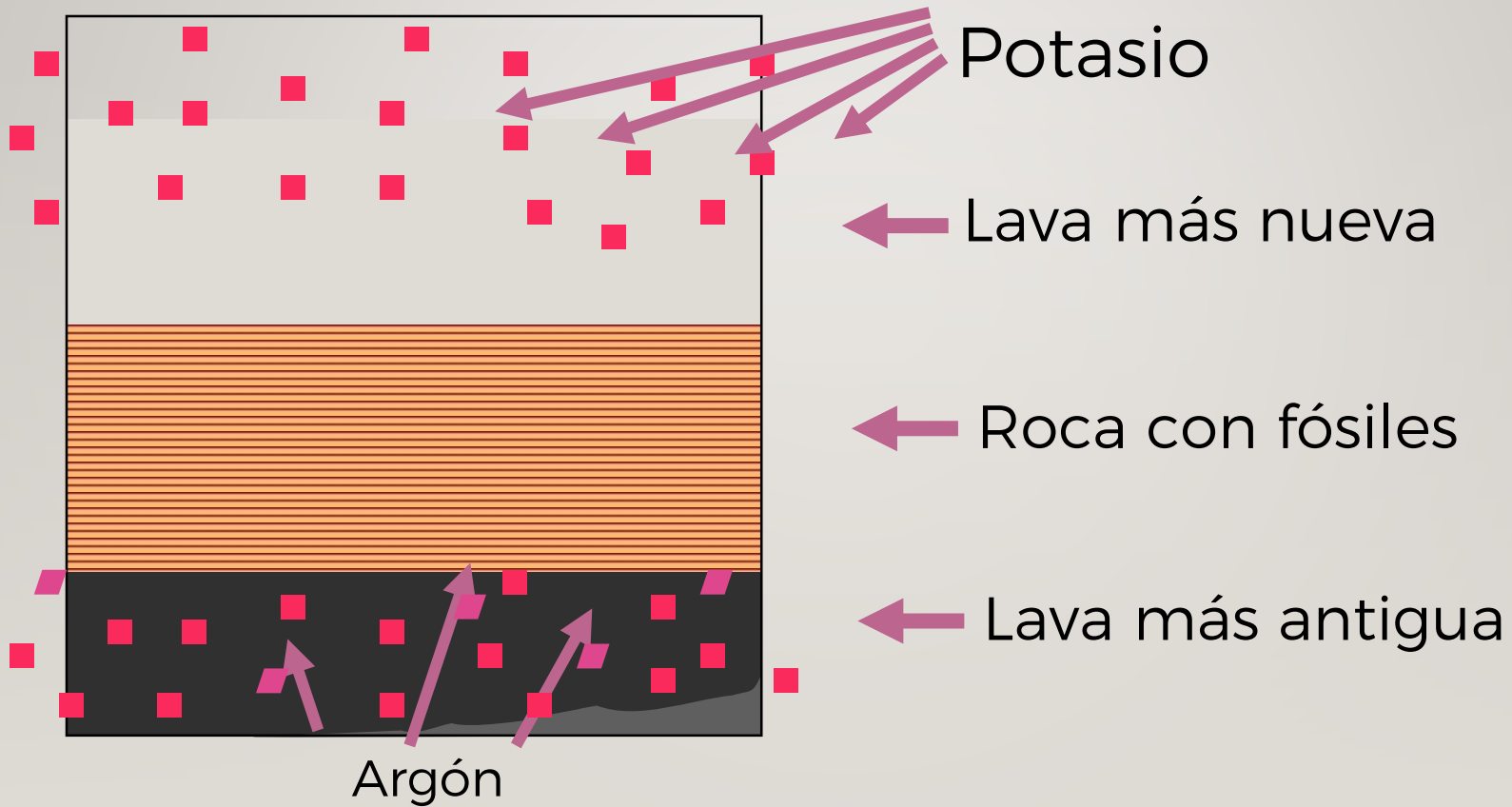


DATACIÓN POR POTASIO-ARGÓN

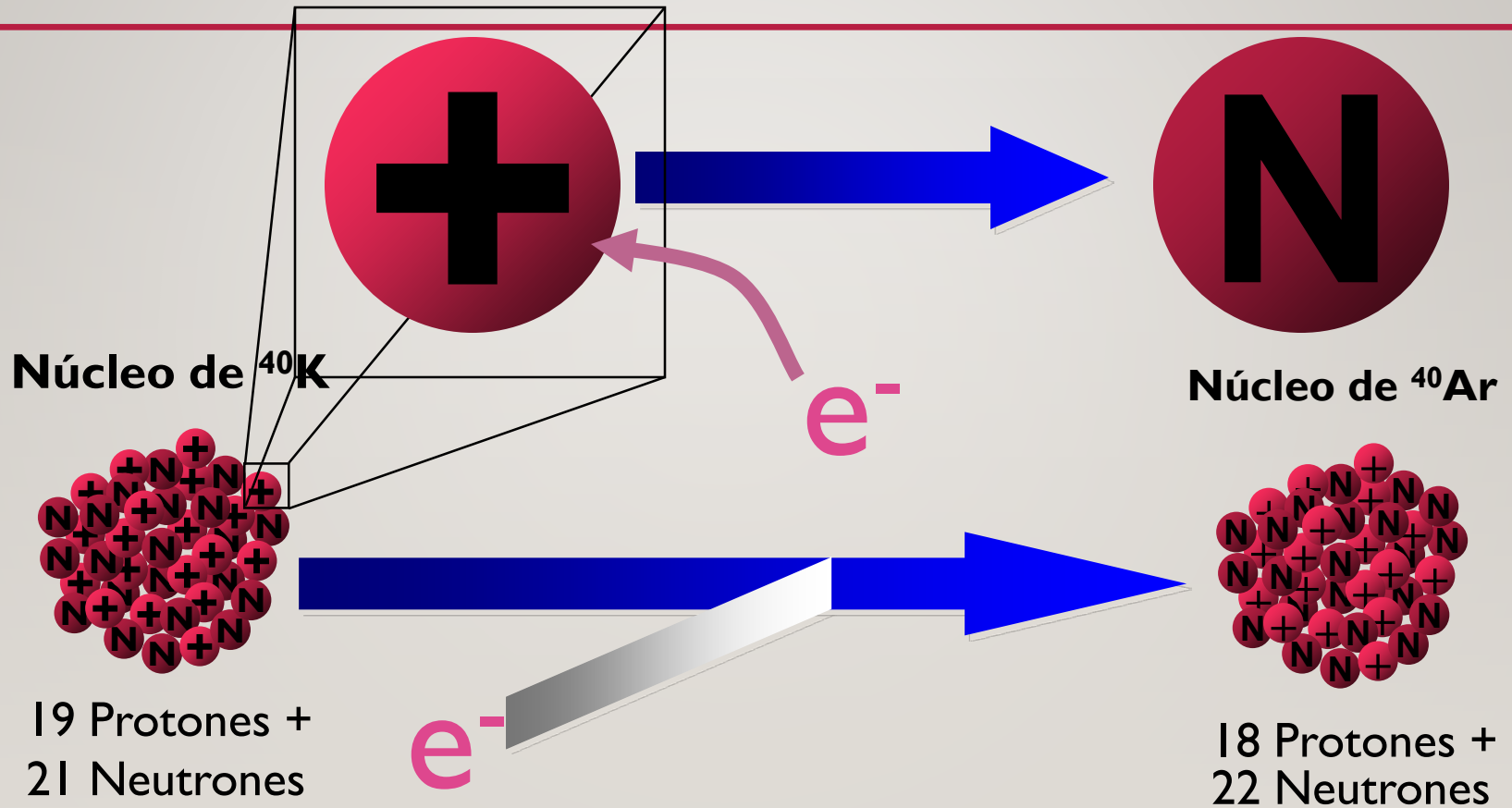
Nuevo estrato de roca volcánica sin argón sobre una roca que contiene fósiles.



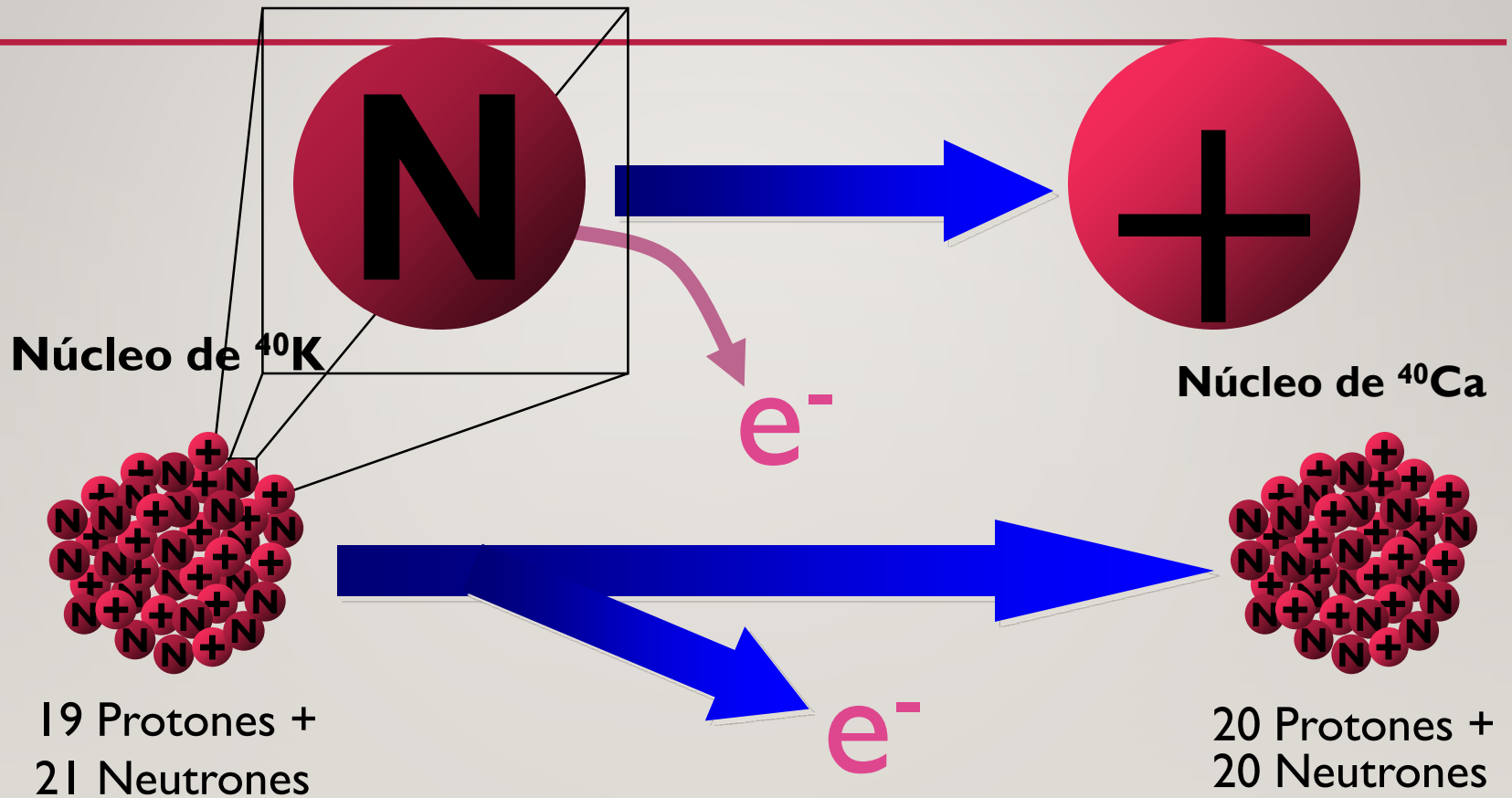
DATACIÓN POR POTASIO-ARGÓN



POTASIO-40 A ARGÓN-40



POTASIO-40 A CALCIO-40



DATACIÓN POR POTASIO-ARGÓN



- Fósiles encontrados en los estratos arriba de la lava más antigua deben ser más jóvenes que él;
- Fósiles en estratos debajo de la lava más nueva deben ser más antiguos que él.
- Así, la datación por potasio-argón puede proveer edades entre las cuales los fósiles deben haberse formado.