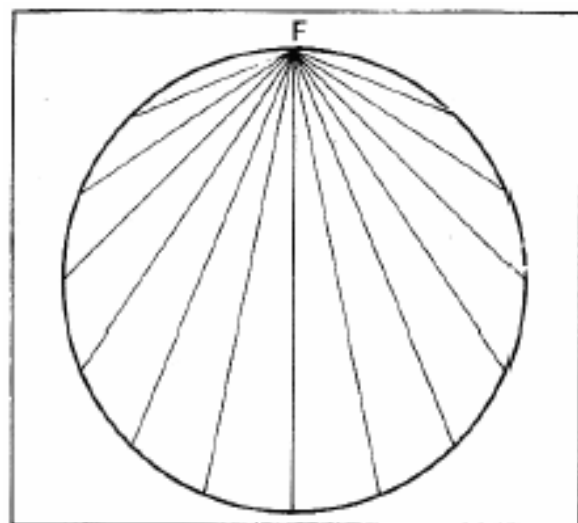


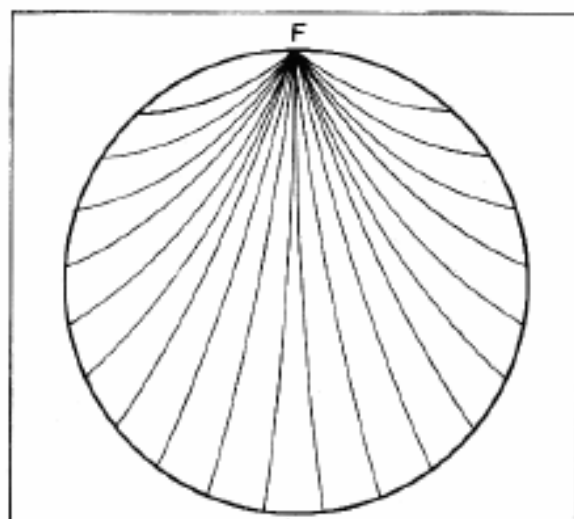
TEMA 5.- DINÁMICA DE LA GEOSFERA

ACTIVIDAD – 5.1 -

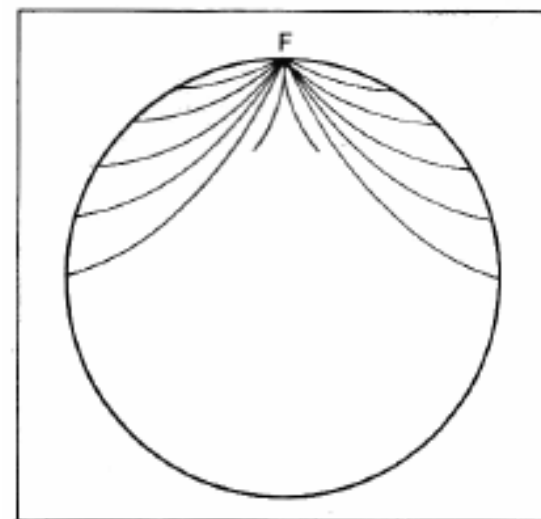
A) Los siguientes esquemas representan la dirección de propagación de las ondas (S) a través de tres planetas distintos:



planeta A



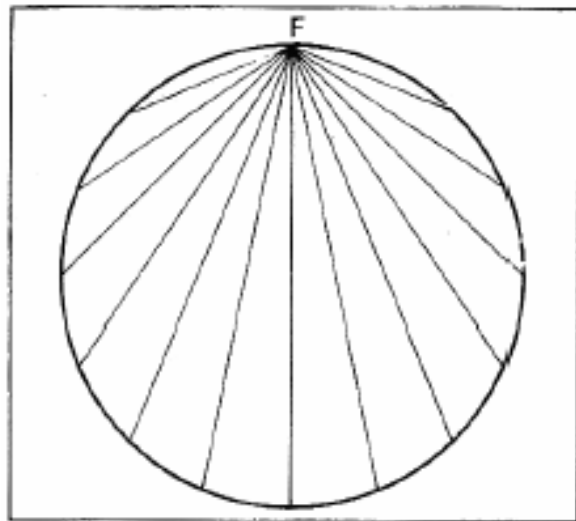
planeta B



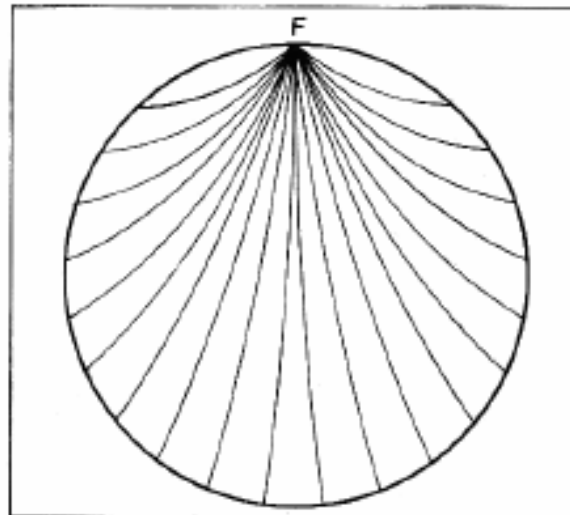
planeta C

1.- ¿Cuál es el estado físico de los materiales de cada uno de los tres planetas?
¿Cómo lo has deducidos?

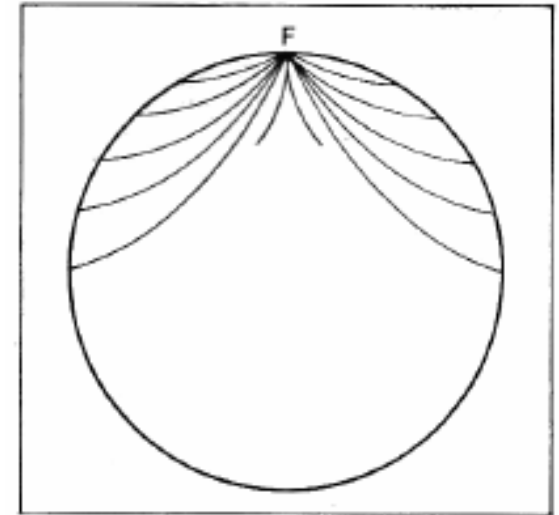
A) Los siguientes esquemas representan la dirección de propagación de las ondas (S) a través de tres planetas distintos:



planeta A



planeta B



planeta C

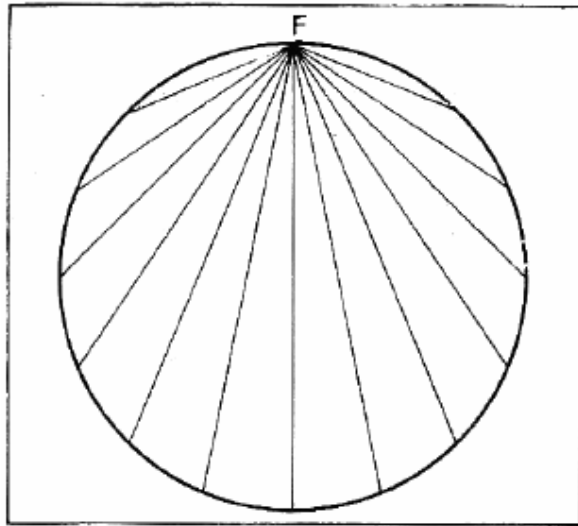
1.- ¿Cuál es el estado físico de los materiales de cada uno de los tres planetas?
¿Cómo lo has deducidos?

- Planeta A: Planeta sólido, pues sus materiales permiten la transmisión de la ondas S.

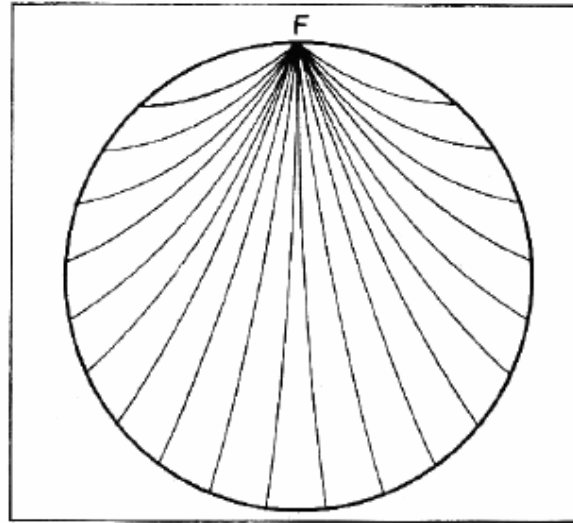
- Planeta B: Planeta sólido, pues sus materiales permiten la transmisión de la ondas S.

-Planeta C: Planeta sólido en su capa más externa, pues permite la transmisión de las ondas S, pero internamente es líquido, ya que esas ondas no se pueden transmitir.

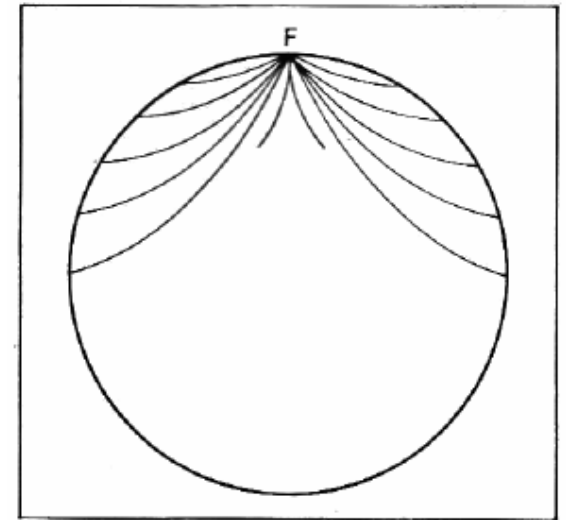
A) Los siguientes esquemas representan la dirección de propagación de las ondas (S) a través de tres planetas distintos:



planeta A



planeta B

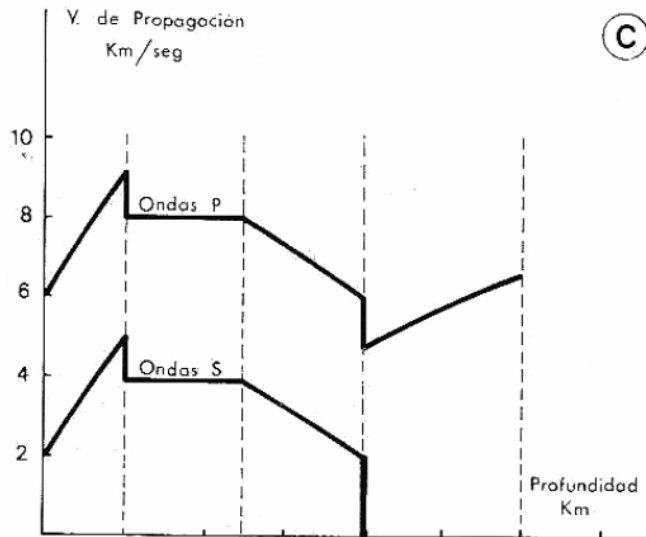
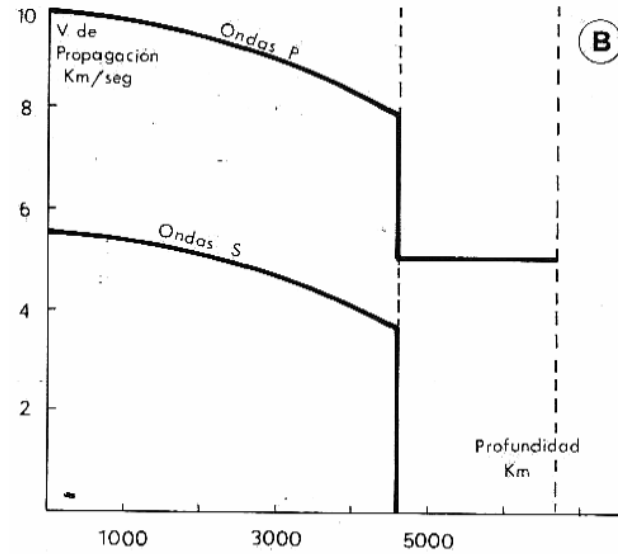
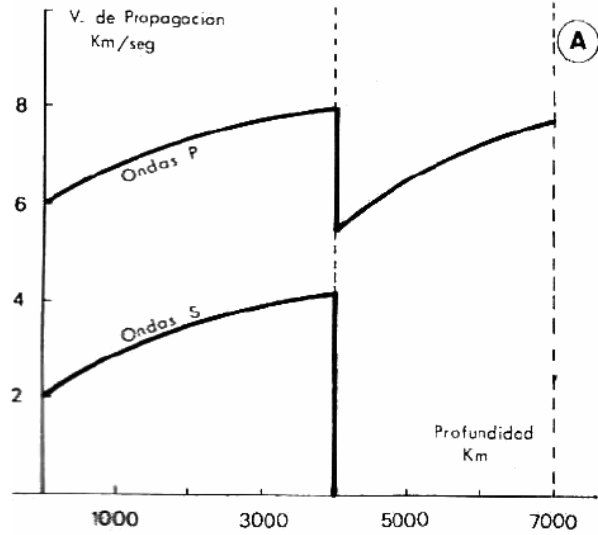


planeta C

2. ¿Qué planetas presentan una estructura homogénea? ¿Cuáles heterogénea? ¿Por qué?

- Planeta A: Estructura homogénea, pues la dirección de las ondas S no varía a lo largo del interior del planeta.
- Planeta B: Estructura heterogénea, pues la dirección de las ondas S varía a lo largo del interior del planeta.
- Planeta C: Estructura heterogénea, pues la dirección de las ondas S varía a lo largo del interior del planeta.

B) Las siguientes gráficas representan las variaciones en la velocidad de propagación de las ondas (P) y (S) en tres planetas distintos.

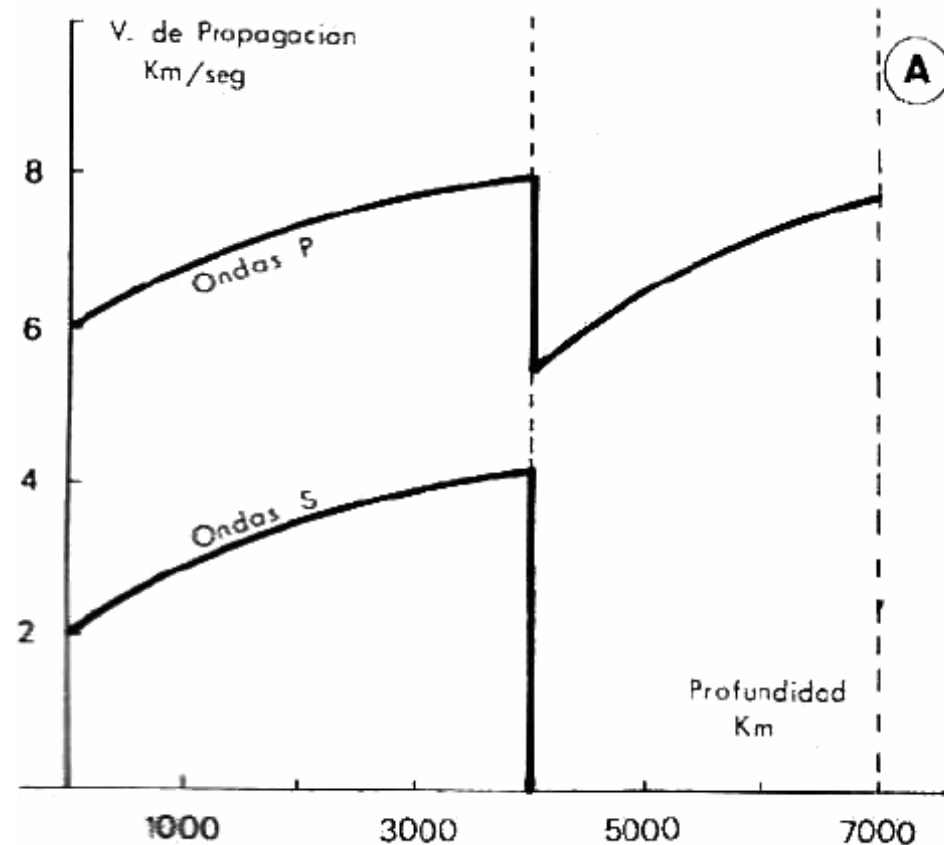


Deduce la posible estructura de cada uno de los planetas, respondiendo a las siguientes cuestiones:

1. Señala las variaciones de rigidez y estado físico en las distintas zonas del planeta y razona si la estructura interna es homogénea o heterogénea.

Desde la superficie hasta los 4000 km los materiales son sólidos con un incremento progresivo de la rigidez (heterogéneos). De los 4000 a los 7000 km los materiales se comportan como "líquidos" con un incremento progresivo de rigidez. La estructura interna es pues heterogénea.

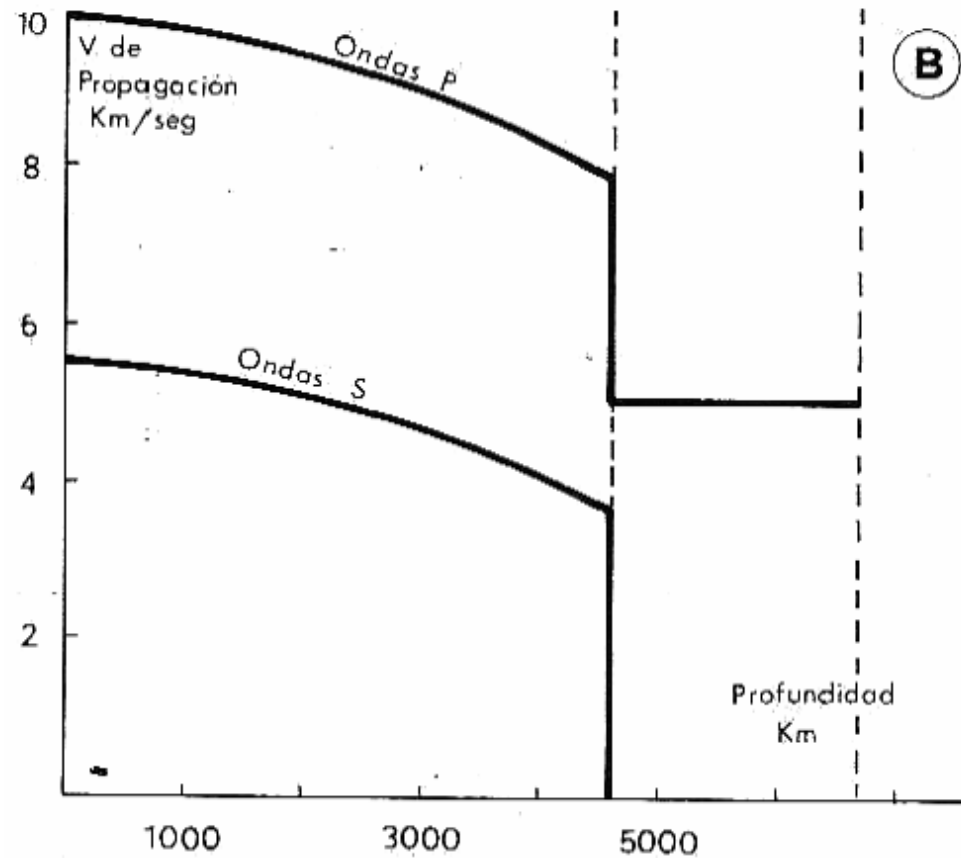
En realidad no se puede hablar de rigidez en los líquidos sino de compresibilidad, que es la capacidad de un líquido para comprimirse más o menos. Una menor compresibilidad equivale a una mayor rigidez.



Deduce la posible estructura de cada uno de los planetas, respondiendo a las siguientes cuestiones:

1. Señala las variaciones de rigidez y estado físico en las distintas zonas del planeta y razona si la estructura interna es homogénea o heterogénea.

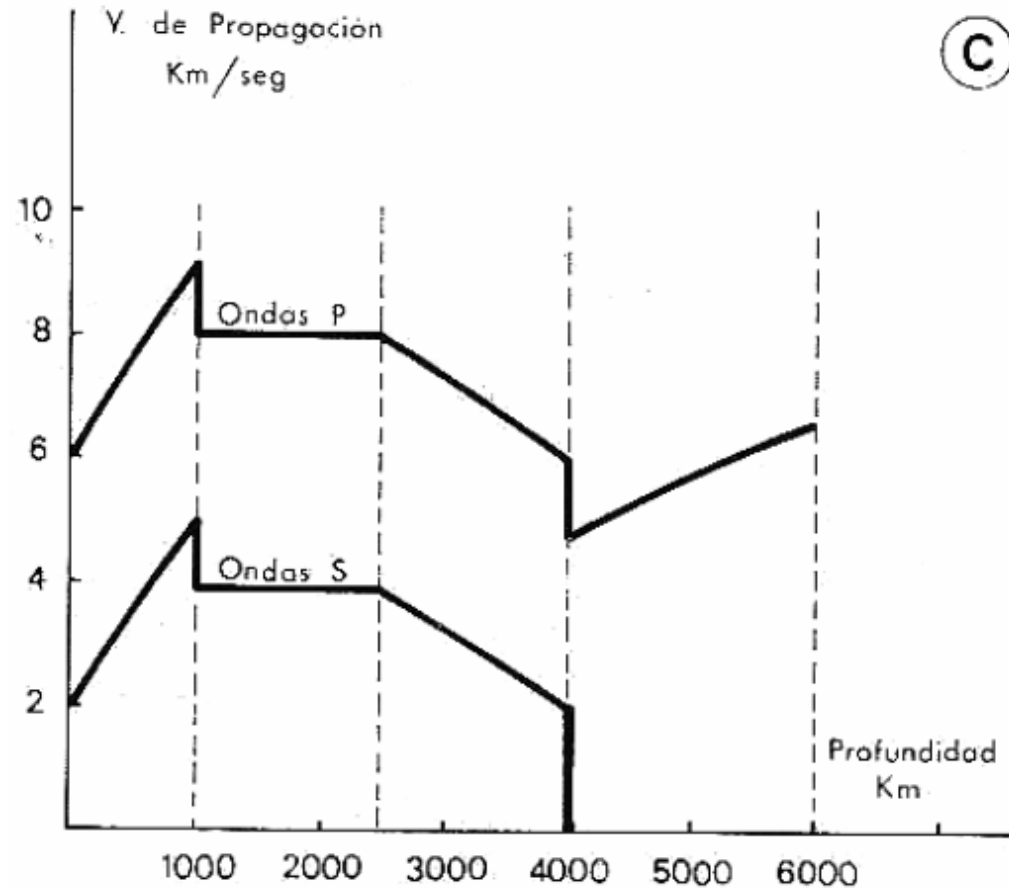
Desde la superficie hasta los 4600 km los materiales son sólidos con un descenso progresivo de la rigidez. De los 4600 a los 6700 km los materiales se comportan como "líquidos", siendo además homogéneos, pues no varía la velocidad de las ondas P. La estructura interna del planeta es pues heterogénea.



Deduce la posible estructura de cada uno de los planetas, respondiendo a las siguientes cuestiones:

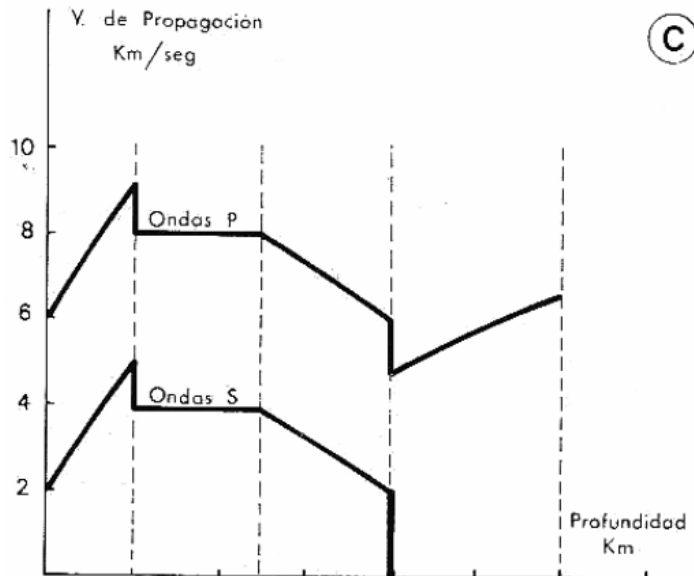
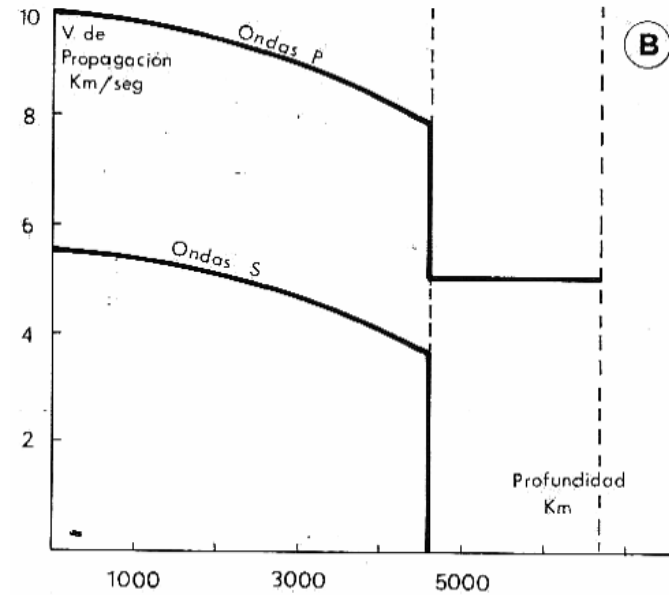
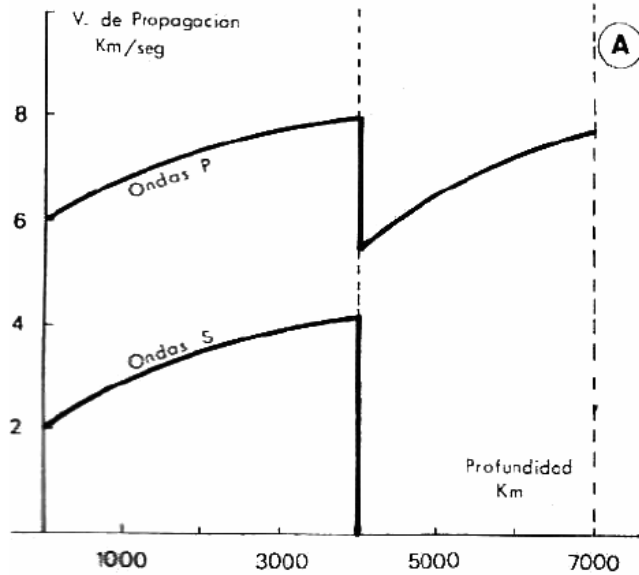
1. Señala las variaciones de rigidez y estado físico en las distintas zonas del planeta y razona si la estructura interna es homogénea o heterogénea.

Desde la superficie hasta los 4000 km los materiales son sólidos. Desde la superficie hasta los 1000 km los materiales van siendo cada vez más rígidos. De los 1000 km a los 2500 km los materiales son homogéneos no variando su rigidez. De los 2500 km a los 4000 km la rigidez va disminuyendo. De los 4000 a los 6000 km los materiales se comportan como "líquidos", aumentando la rigidez con la profundidad. La estructura interna del planeta es pues heterogénea.



(C)

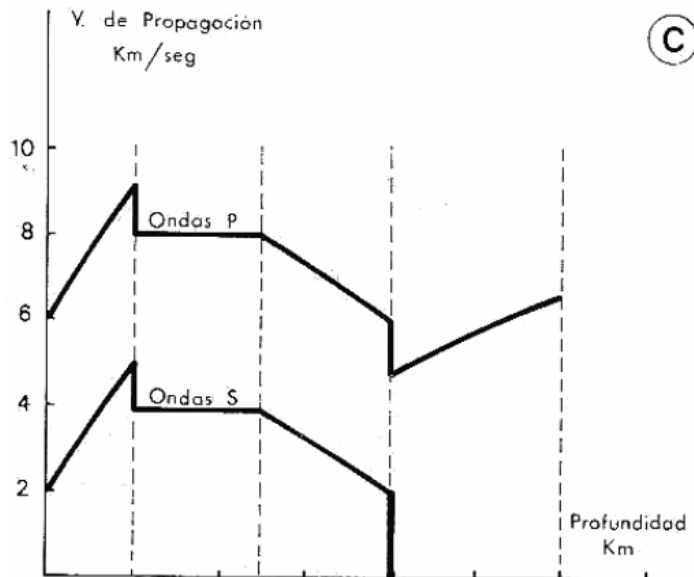
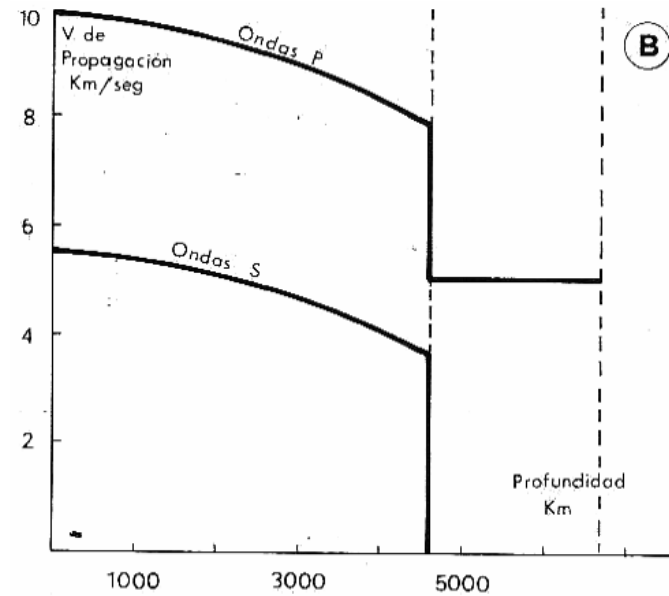
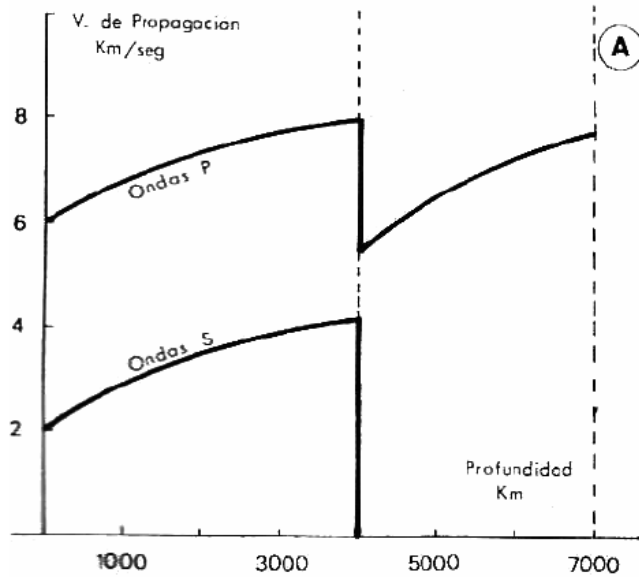
2. Localiza a qué profundidad se encuentran las discontinuidades del planeta e indica cuántas capas deduces.



Planeta A: presenta una discontinuidad a 4000 km que define dos capas:

- de 0 a 4000 km
- de 4000 a 7000 km

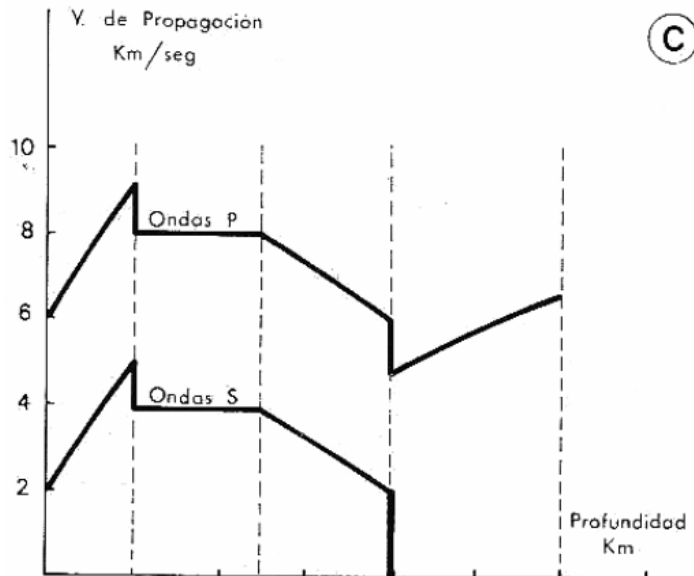
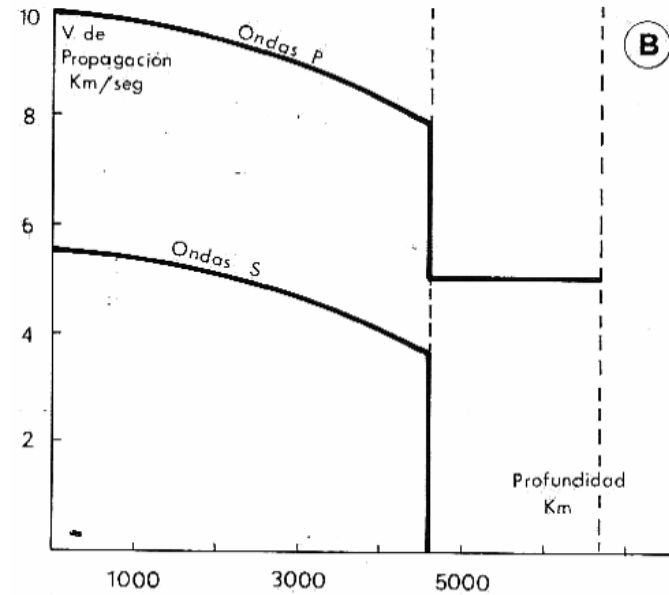
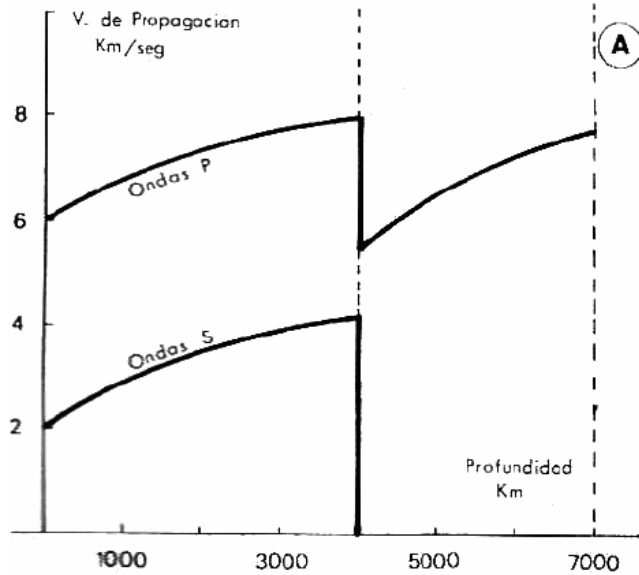
2. Localiza a qué profundidad se encuentran las discontinuidades del planeta e indica cuántas capas deduces.



Planeta B: presenta una discontinuidad a 4600 km que define dos capas:

- de 0 a 4600 km
- de 4600 a 6700 km

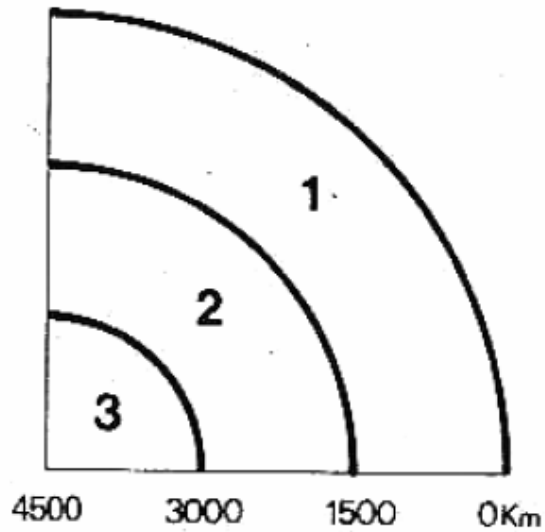
2. Localiza a qué profundidad se encuentran las discontinuidades del planeta e indica cuántas capas deduces.



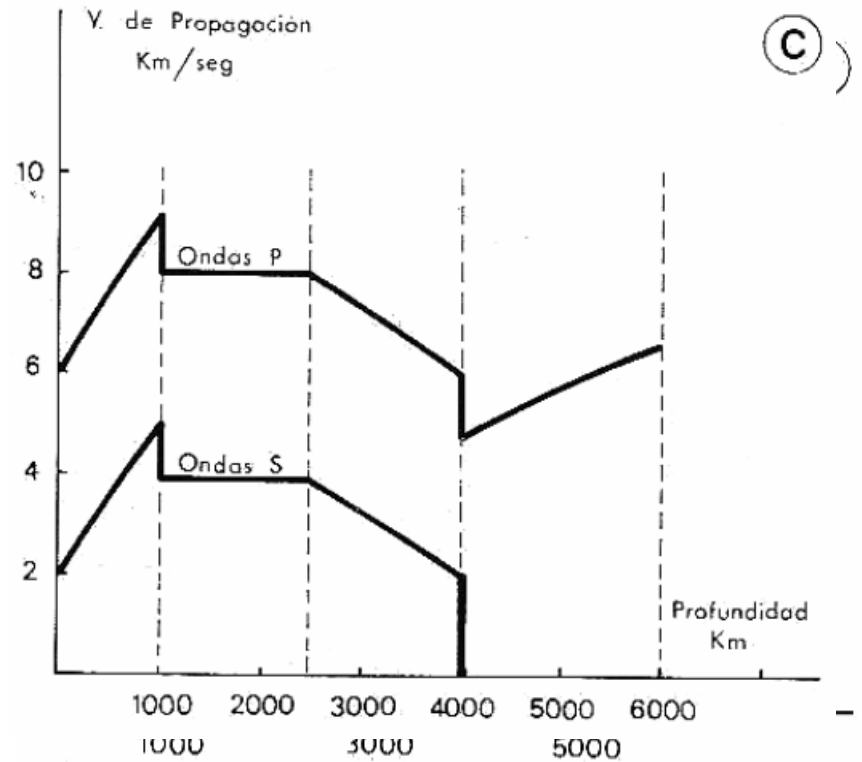
Planeta C: presenta tres discontinuidades:

- a 1000 km
 - a 2400 km
 - a 4000 km
- Las cuales definen 4 capas:
- de 0 a 1000 km
 - de 1000 a 2400 km
 - de 2400 a 4000 km
 - de 4000 a 6000 km

3. Haz un esquema análogo al representado a continuación de la posible estructura de cada planeta, indicando las características de cada capa



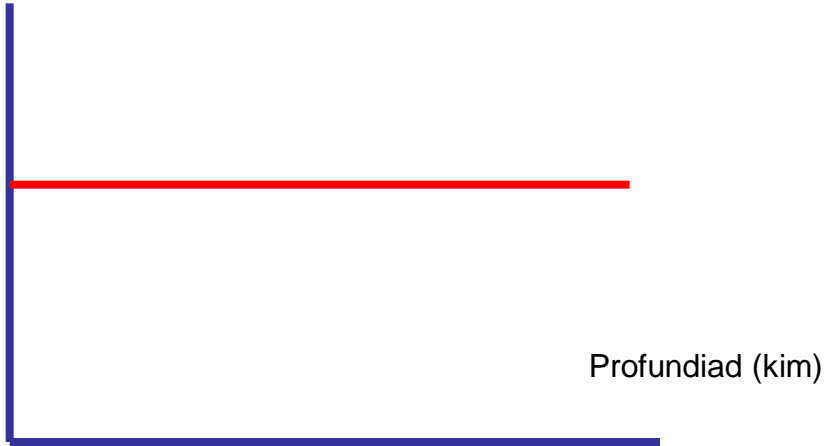
- 1.—Capa sólida heterogénea, de rigidez creciente.
- 2.—Capa fluida.
- 3.—Capa sólida homogénea.



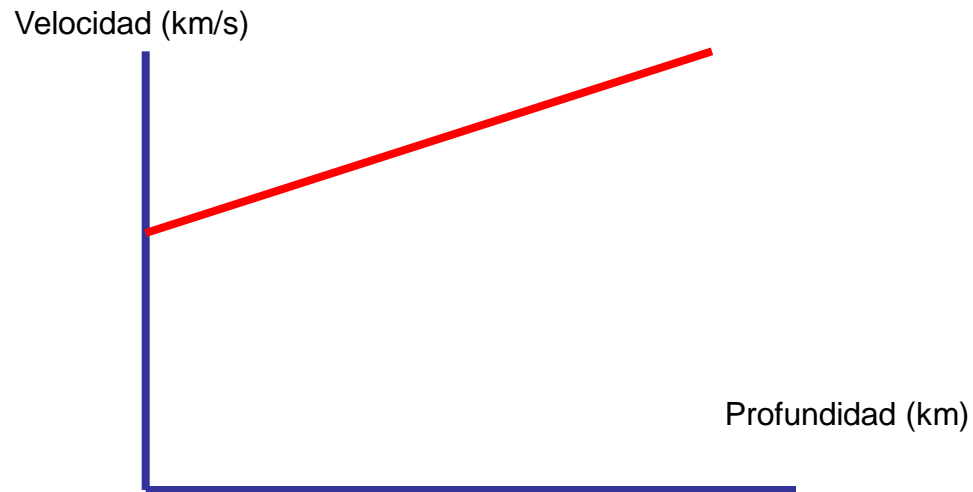
C) Haz tres gráficas que representen la velocidad de propagación de las ondas sísmicas:

1. En un planeta homogéneo.

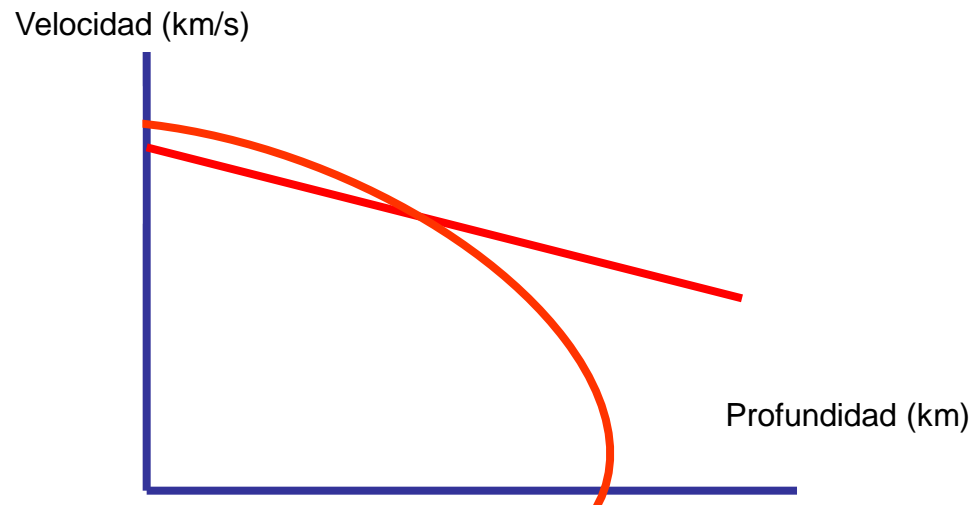
Velocidad (km/s)



2. En un planeta heterogéneo en el que la rigidez aumenta de una forma gradual.

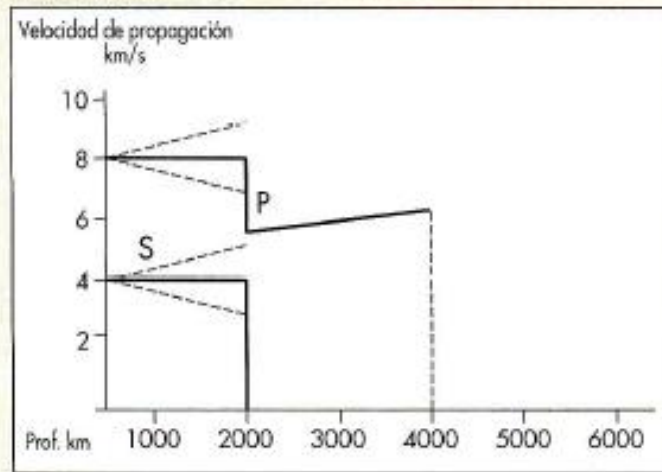


3. En un planeta heterogéneo, en el que la rigidez sea decreciente.



ACTIV

Primero estudiaremos juntos esta gráfica que corresponde a un planeta muy sencillo, el planeta **Isusko**.

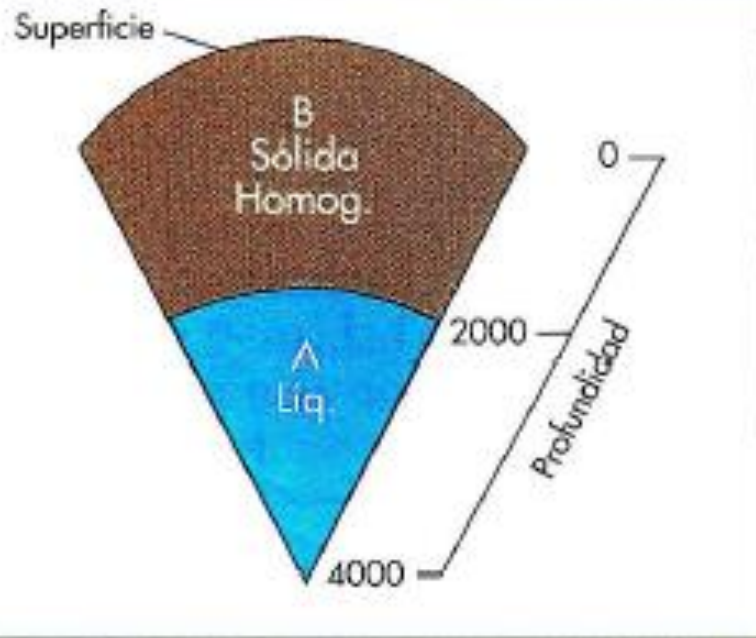


- 1.º Existe una discontinuidad de primer orden al variar tan bruscamente la velocidad de los dos tipos de ondas sísmicas.
- 2.º La capa que aparece a los 2.000 km de profundidad es fluida, puesto que las ondas **S** no se transmiten en ella.
- 3.º La rigidez de esta capa líquida aumenta, dado que la velocidad de las ondas **P** después de descender bruscamente vuelve a elevarse de forma continuada.

En realidad no se puede hablar de rigidez en los líquidos sino de **compresibilidad**, que es la capacidad de un líquido para comprimirse más o menos, una menor compresibilidad equivale a una mayor rigidez, pero seguiremos hablando de rigidez para no introducir un concepto más en la exposición de los hechos.

Ahora estamos capacitados para preguntarnos: ¿Cuántas discontinuidades existen y a qué profundidad? Vemos que solamente hay una discontinuidad de primer orden a los 2.000 km de profundidad.

Por lo tanto, este planeta está compuesto por dos capas que representamos en el esquema siguiente. La capa externa **B** es homogénea y se extiende desde la superficie hasta los 2.000 km de profundidad. La capa interna **A**, desde 2.000 km de profundidad hasta el centro del planeta, es fluida y su rigidez creciente.

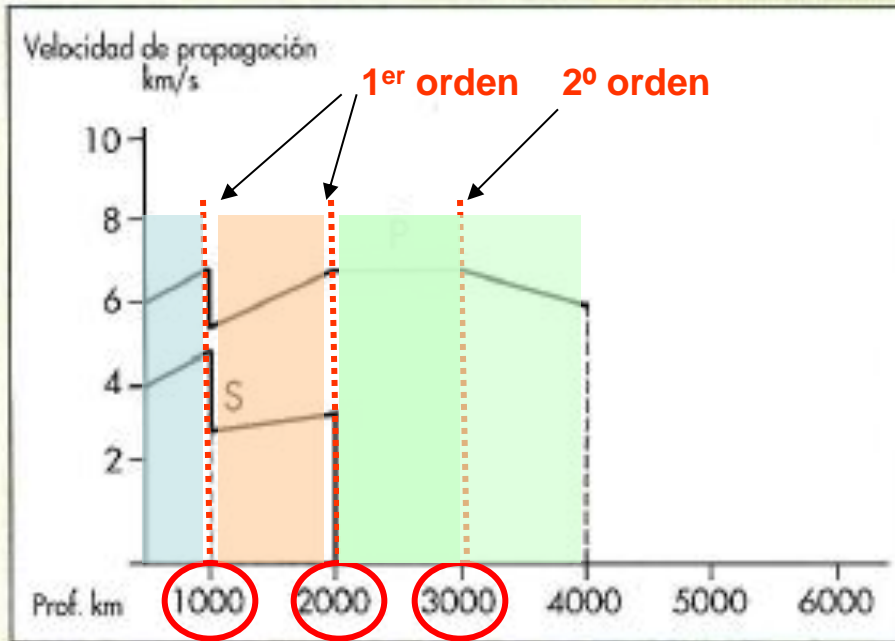


de las ondas **P**.

¿Qué significan estos datos?

Ahora, sin ninguna ayuda, debes lanzarte a interpretar otras gráficas de propagación de ondas sísmicas para averiguar la estructura de las zonas por las que estas ondas se propagan.

La gráfica siguiente corresponde a la propagación de ondas sísmicas P y S en el planeta Olivé.



Haz un estudio de dicho planeta indicando:

- Cuántas discontinuidades existen de 1º y 2º orden e indica a qué profundidad se encuentra cada una de ellas.

- Teniendo en cuenta que una discontinuidad de primer orden separa capas distintas, indica cuántas capas forman el planeta Olivé y la profundidad a la que se encuentran las discontinuidades de primer orden.

El planeta está formado por 3 capas:

- De 0 a 1000 km
- De 1000 a 2000 km
- De 2000 a 4000 km

- Puesto que las discontinuidades de segundo orden suponen subcapas dentro de una determinada capa, que tienen diferentes propiedades y en las que por tanto, las ondas sísmicas se comportan de distinta forma, ¿qué subcapas existen dentro de cada capa?

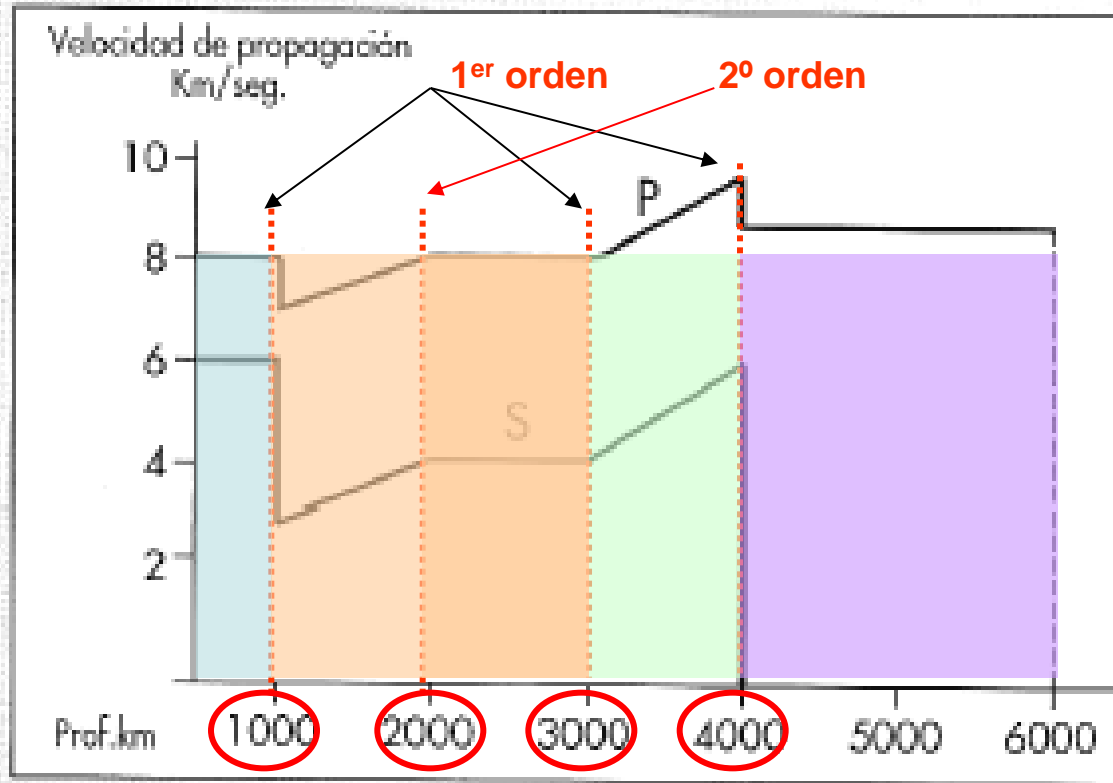
La capa más interna está formada a su vez por dos subcapas:

- De 2000 a 3000 km
- De 3000 a 4000 km

Por último, haz un esquema que represente un cuadrante del planeta, como el que hicimos en el caso de Isusko y dibuja:

- Las capas del planeta.
- Si existen subcapas, cuáles, a qué profundidad se encuentran, los más importantes.....
- Indica cuáles son sus características, como rigidez, homogeneidad, etc.

Observa ahora la gráfica de velocidad de propagación de las ondas sísmicas de otro planeta, al que esta vez llamaremos **Sileno**, y repite el estudio hecho con el planeta anterior.



El planeta está formado por 4 capas:

- *De 0 a 1000 km*
- *De 1000 a 3000 km. Tiene 2 subcapas:*
 - * *de 1000 a 2000 km*
 - * *de 2000 a 3000 km*
- *De 3000 a 4000 km*
- *De 4000 a 6000 km*

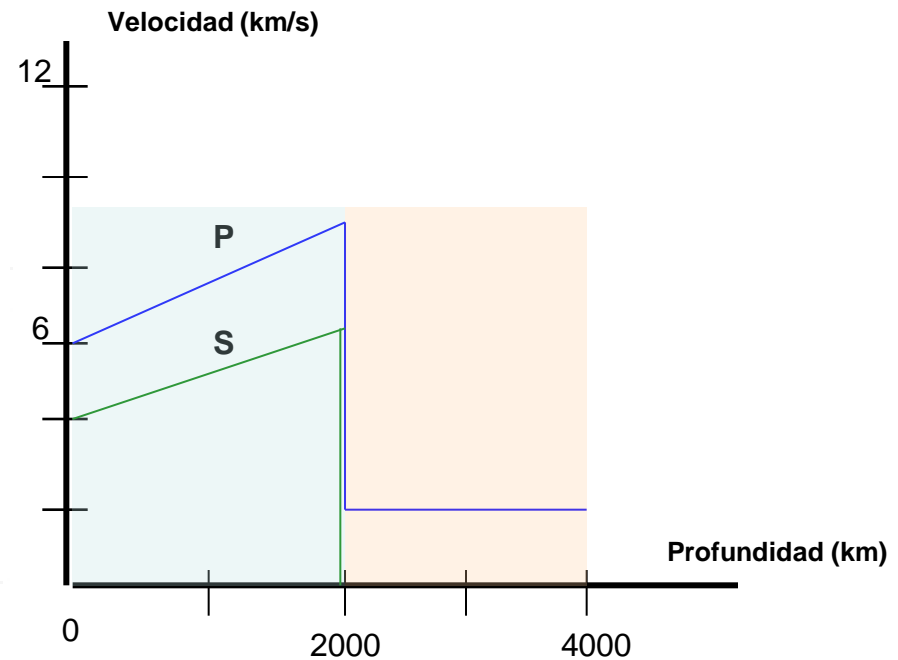
Ahora siguiendo el orden inverso vas a radiografiar el planeta imaginario **Osiris**, a partir de los valores obtenidos de las características de las ondas **P** y **S**.

Primero debes preparar los ejes de coordenadas para hacer la gráfica de la propagación de las ondas sísmicas. Gradúa el eje de ordenadas para valores de 0 a 12 km/s de velocidad de propagación y el de las abscisas para valores de la profundidad de 0 a 4.000 km., teniendo en cuenta que este planeta tiene este radio.

Datos:

- Transmisión de las ondas **P**: La velocidad en la superficie es de 6 km/s y aumenta gradualmente hasta alcanzar los 9 km/s a los 2.000 km de profundidad, donde disminuye bruscamente hasta 2 km/s.
- Transmisión de las ondas **S**: En la superficie se transmiten con una velocidad de 4 km/s, alcanzado los 6 km/s a los 2.000 km de profundidad, donde desaparecen.

Dibuja la gráfica e interprétala, estarás entonces en condiciones de conocer la radiografía del planeta **Osiris**.

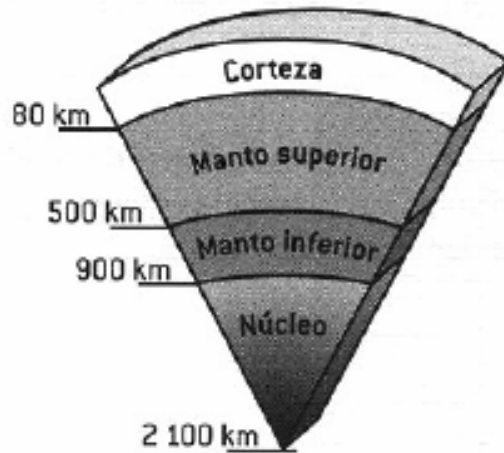


El planeta está formado por 2 capas:

- *De 0 a 2000 km: sólida y de rigidez creciente (heterogénea).*
- *De 2000 a 4000 km: líquida y homogénea.*

ACTIVIDAD – 5.3 -

En la figura se representa la estructura de un planeta imaginario, el estado de los materiales que integran sus capas y sus comportamientos al paso de las ondas sísmicas. Dibuja la gráfica de velocidades de propagación de las ondas P y S en el interior de ese planeta imaginario. Explica los resultados.



- Corteza sólida.
- Manto inferior parcialmente fundido.
- Núcleo fundido.

El planeta está formado por 3 capas:

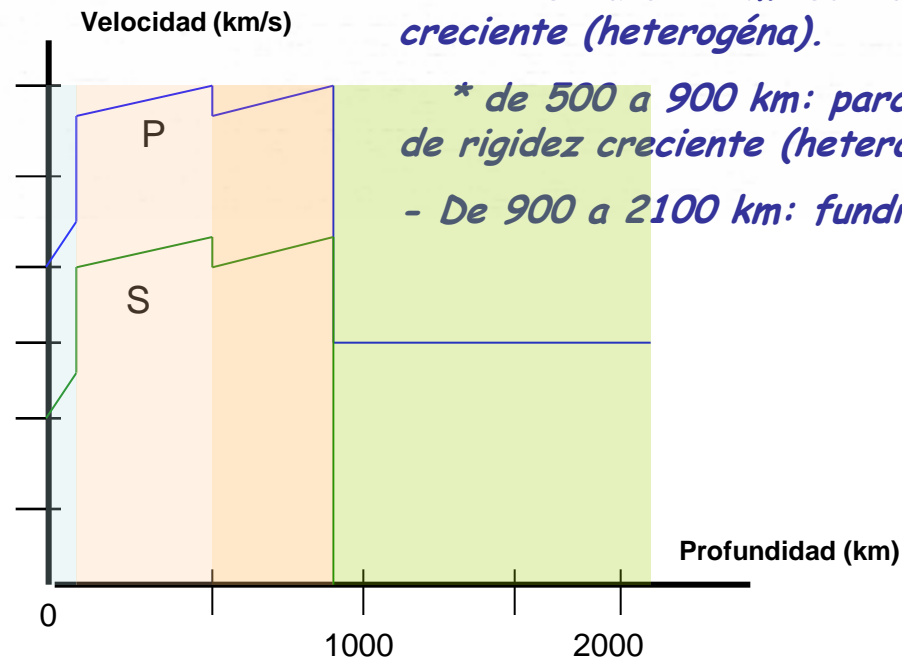
- De 0 a 80 km: sólida y de rigidez creciente (heterogénea).

- De 80 a 900 km: formada por 2 subcapas:

** de 80 a 500 km: sólida de rigidez creciente (heterogénea).*

** de 500 a 900 km: parcialmente fundida de rigidez creciente (heterogénea).*

- De 900 a 2100 km: fundida y homogénea.



ACTIVIDAD – 5.4 -

Las velocidades de propagación de las ondas sísmicas P y S vienen reflejadas en las siguientes fórmulas:

$$V_p = \sqrt{\frac{4/3 E + K}{D}} \qquad V_s = \sqrt{\frac{E}{D}}$$

En las que:

E es el coeficiente de rigidez de los materiales por los que atraviesan las ondas, y que en los fluidos vale cero.

K es el coeficiente de incompresibilidad que tiene siempre valor positivo, mayor en los sólidos, menor en los líquidos y menor aún en los gases.

D es la densidad.

a) ¿Explica esta fórmula por qué la velocidad de propagación de las ondas P es siempre mayor que la de las S?

Sí, pues el numerador de la fracción que hay dentro de la raíz cuadrada tiene un numerador que en el caso de las ondas P siempre será mayor que el de la fórmula de las ondas S.

ACTIVIDAD – 5.4 -

Las velocidades de propagación de las ondas sísmicas P y S vienen reflejadas en las siguientes fórmulas:

$$V_p = \sqrt{\frac{4/3 E + K}{D}} \qquad V_s = \sqrt{\frac{E}{D}}$$

En las que:

E es el coeficiente de rigidez de los materiales por los que atraviesan las ondas, y que en los fluidos vale cero.

K es el coeficiente de incompresibilidad que tiene siempre valor positivo, mayor en los sólidos, menor en los líquidos y menor aún en los gases.

D es la densidad.

- ¿Explica esta fórmula por qué la velocidad de propagación de las ondas P es siempre mayor que la de las S?
- ¿En qué tipo de medios no se propagan las ondas S?

Solamente en aquellos medios donde la rigidez no sea nula, es decir, en los medios sólidos, ya que en la fórmula de la velocidad de las ondas S, cuando el coeficiente de rigidez sea cero, como ocurre en los medios fluidos (líquidos y gases) el valor de su velocidad será igualmente cero.

ACTIVIDAD – 5.4 -

Las velocidades de propagación de las ondas sísmicas P y S vienen reflejadas en las siguientes fórmulas:

$$V_p = \sqrt{\frac{4/3 E + K}{D}} \qquad V_s = \sqrt{\frac{E}{D}}$$

En las que:

E es el coeficiente de rigidez de los materiales por los que atraviesan las ondas, y que en los fluidos vale cero.

K es el coeficiente de incompresibilidad que tiene siempre valor positivo, mayor en los sólidos, menor en los líquidos y menor aún en los gases.

D es la densidad.

- ¿Explica esta fórmula por qué la velocidad de propagación de las ondas P es siempre mayor que la de las S?
- ¿En qué tipo de medios no se propagan las ondas S?
- ¿Por qué si la densidad de los materiales aumenta en profundidad y es inversamente proporcional a la velocidad de propagación de las ondas, esta también aumenta en profundidad?

Los otros dos factores que influyen en el valor de la velocidad de las ondas sísmicas son el coeficiente de rigidez y el coeficiente de incompresibilidad, y dado que en las fórmulas de las velocidades el valor de estos factores está en el numerador de la fracción, si experimentalmente se sabe que la velocidad va aumentando con la profundidad quiere decir que los dos factores anteriores varían en profundidad en mayor proporción que lo hace la densidad.

ACTIVIDAD – 5.5 – “Adiós a la astenosfera”

En 1993, el National Research Council, la máxima institución científica norteamericana, publicó una especie de compendio sobre ciencias de la Tierra que tituló *Solid Earth Sciences and Society*. En él, y dentro del capítulo denominado *Understanding our active planet*, había una clara definición de la astenosfera versión *Gutenberg*: «... la astenosfera, una región de unos cuantos cientos de kilómetros en el manto superior caracterizada por la baja velocidad de las ondas S, donde los materiales se acercan a su punto de fusión y donde puede estar concentrado el flujo del manto...». Sin embargo, paradoja flagrante, en este mismo artículo se ilustra una sección de la Tierra en la que la astenosfera simplemente ha desaparecido. ¿Motivo? La circulación total en el manto detectada por la tomografía sísmica al definir la subducción de la litosfera hasta el núcleo.

Por fin, y puesto que todo el manto fluye, los datos habían convertido en innecesario un nivel donde se concentrara el flujo del manto. La astenosfera no había sido la única víctima de este avance: las dorsales también habían sido destronadas, y por el mismo motivo, si la subducción llegaba al núcleo, también las corrientes ascendentes deberían surgir de él, y todos los datos (tanto tomográficos como geoquímicos y dinámicos [p. ej., Ziegler, 1993]) indicaban que las dorsales tenían fuentes de alimentación superficiales, salvo en las áreas (como Islandia) en las que coincidían con un punto caliente.

Así pues, la situación transicional que representaba *Solid Earth Sciences and Society* duró muy poco. En un libro sobre dinámica terrestre publicado en 1999 (*Dynamic Earth: Plates, Plumes and Mantle Convection*, del australiano G. F. Davies) podemos leer:

¿Un nivel de despegue?

La idea de que las placas se deslizaban sobre un nivel de muy baja viscosidad situado bajo la litosfera se originó al principio de la historia de la tectónica de placas. Sin embargo, el argumento que acabamos de presentar [que el esfuerzo requerido para que el manto sublitosférico arrastre las placas no precisa de un nivel de baja viscosidad entre ambos] demuestra que tal nivel es innecesario para explicar los movimientos de las placas. De hecho, las velocidades de estas pueden

ser justificadas en términos generales con un manto de viscosidad uniforme. Además, y como ya se demostró, una capa de unos 100 km de espesor no sirve como nivel de despegue a no ser que su viscosidad sea tres o cuatro órdenes de magnitud menor que la del manto adyacente.

Este epitafio es el preludio del futuro en el que el término mismo de astenosfera empezará a desaparecer del léxico geológico.

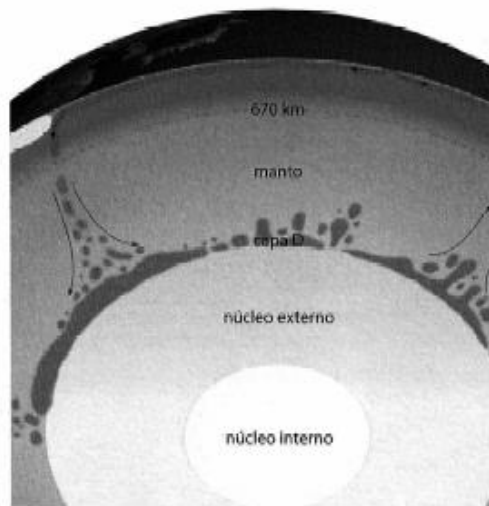
Paul Tackley, uno de los pioneros de la tomografía del manto, ha escrito para la revista *Science* un artículo de revisión de estos temas que comienza con las siguientes palabras, no novedosas pero sí muy claras:

La convección en estado sólido del manto terrestre (2 900 km de espesor) es el mecanismo motor de la tectónica de placas y de toda la actividad geológica asociada a esta en la superficie de nuestro planeta, como son la deriva continental, la sismicidad, el vulcanismo y las orogénias. La convección en el manto y la tectónica de placas constituyen un solo sistema, en el que las placas oceánicas son la cubierta térmica superior, enriada en la convección. El motor del lento movimiento de las placas y del manto es el calor radiactivo y el enfriamiento residual del planeta a través de sus 4 500 millones de años de historia (Tackley, 2000).

Ya no hay menciones a la astenosfera, sino radiografías del manto en las que aparecen superplumas y superzonas de subducción. De cara al futuro, se podría discutir la posibilidad de mantener el término en su sentido original (el de

Barrell: «todo el manto por debajo de la litosfera»). Sin embargo, esa opción (semejante a la de mantener otros términos, como el de geosinclinal, con acepciones limitadas) supondría introducir una seria ambigüedad en toda la geología del siglo XXI.

La esfera débil seguirá persistiendo unas décadas, por inercia, hasta su total desaparición, como un perfecto ejemplo histórico de las prisas que nunca deberían llevar los científicos, ni siquiera durante las revoluciones. Sería aconsejable que no persistiese en los libros de texto durante un tiempo tan largo.



Convección mantéfica.

CUESTIONES

- 1 Este artículo, publicado en la revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, plantea cómo la evolución del conocimiento define la ciencia, en este caso la geología. Elabora una breve reflexión sobre este hecho y su importancia.
- 2 ¿Por qué se afirma que la astenosfera ha desaparecido?
- 3 ¿Qué quiere decir el autor con que las dorsales también han sido destronadas?
- 4 ¿Qué mecanismo defiende el texto como motor de la dinámica terrestre?
- 5 Observa la ilustración de esta página. ¿Cómo explicas la existencia de la capa D? Razona tu respuesta.

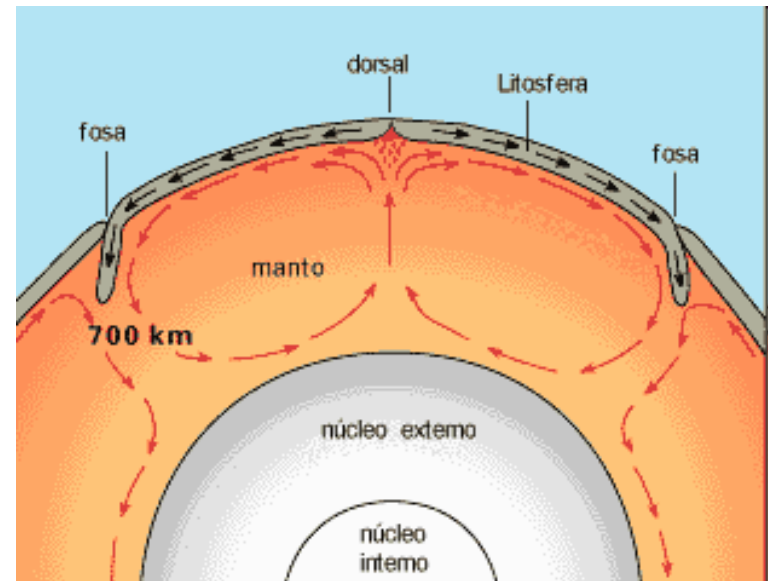
1.- Este artículo es un buen ejemplo de cómo es el funcionamiento de la Ciencia real. En algunas ocasiones, los científicos se apresuran a proclamar hechos, fenómenos o procesos, sin una comprobación experimental que los avalen. Esta actitud poco científica, tiene, tarde o temprano sus días contados. Es decir, al igual que el concepto de astenosfera, otros han tenido un surgimiento, evolución y defunción, como no podía ser de otra manera si verdaderamente nos movemos dentro del ámbito científico.

CUESTIONES

- 1 Este artículo, publicado en la revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, plantea cómo la evolución del conocimiento define la ciencia, en este caso la geología. Elabora una breve reflexión sobre este hecho y su importancia.
- 2 ¿Por qué se afirma que la astenosfera ha desaparecido?

- 3 ¿Qué quiere decir el autor con que las dorsales también han sido destronadas?
- 4 ¿Qué mecanismo defiende el texto como motor de la dinámica terrestre?
- 5 Observa la ilustración de esta página. ¿Cómo explicas la existencia de la capa D? Razona tu respuesta.

2. - Porque los resultados de tomografía sísmica para todo el manto indican que la litosfera sufre una subducción hasta el núcleo, es decir, las corrientes de convección, que en un principio se decía que estaban localizadas en la zona del manto superior denominada astenosfera, parece que realmente se producen por todo el manto.



CUESTIONES

1 Este artículo, publicado en la revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, plantea cómo la evolución del conocimiento define la ciencia, en este caso la geología. Elabora una breve reflexión sobre este hecho y su importancia.

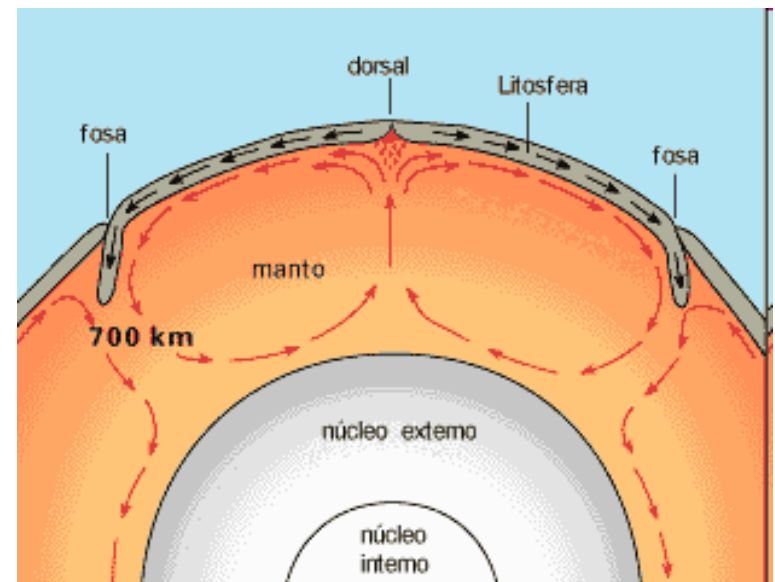
2 ¿Por qué se afirma que la astenosfera ha desaparecido?

3 ¿Qué quiere decir el autor con que las dorsales también han sido destronadas?

4 ¿Qué mecanismo defiende el texto como motor de la dinámica terrestre?

5 Observa la ilustración de esta página. ¿Cómo explicas la existencia de la capa D? Razona tu respuesta.

3. - Que la fuente de materiales "fluidos" que alimenta a las dorsales no se encuentra en zonas superficiales de la astenosfera, sino en corrientes ascendentes profundas procedentes del núcleo.



CUESTIONES

1 Este artículo, publicado en la revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, plantea cómo la evolución del conocimiento define la ciencia, en este caso la geología. Elabora una breve reflexión sobre este hecho y su importancia.

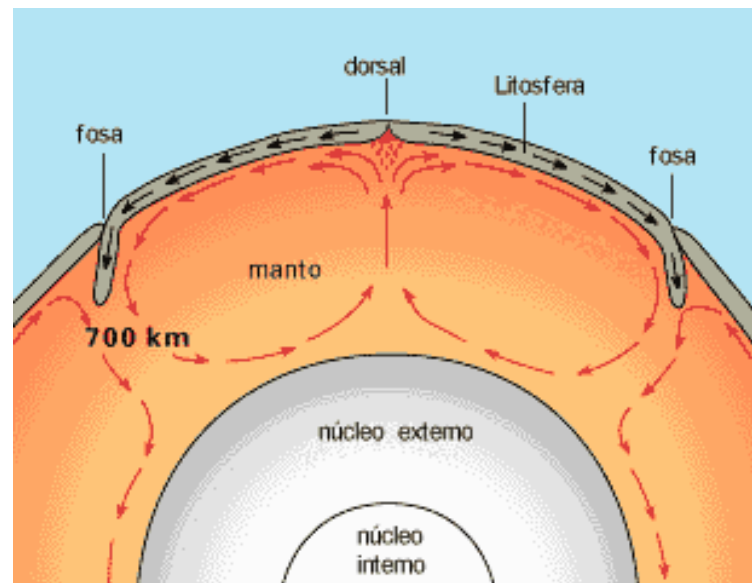
2 ¿Por qué se afirma que la astenosfera ha desaparecido?

3 ¿Qué quiere decir el autor con que las dorsales también han sido destronadas?

4 ¿Qué mecanismo defiende el texto como motor de la dinámica terrestre?

5 Observa la ilustración de esta página. ¿Cómo explicas la existencia de la capa D? Razona tu respuesta.

4.- El mecanismo motor de la tectónica de placas es la convección en estado sólido del manto terrestre. El motor del lento movimiento de las placas y del manto es el calor radiactivo y en enfriamiento residual del planeta a través de sus 4500 millones de años de historia.



ACTIVIDAD – 5.6 -

«El 13 de noviembre de 1985 entró en erupción el Nevado del Ruiz, en los Andes colombianos, causando 25 000 muertos y muchos millones de pérdidas económicas. Sin embargo, la magnitud del evento fue menor de la prevista por los mapas de riesgo previamente elaborados.

Dicho volcán posee un cono muy elevado, con una fuerte pendiente surcada por ríos y un casquete de hielo en su cima. Antes de la erupción, el volcán incrementó su actividad fumarólica, los sismógrafos allí instalados detectaron un aumento de la actividad sísmica y se produjeron lluvias de ceniza y flujos de lodo en los ríos. Los expertos recomendaron medidas de evacuación, que no se llevaron a efecto porque la población estaba en plena cosecha de café.

Cuando comenzó el paroxismo se produjeron explosiones freato-magmáticas que provocaron una gran columna eruptiva, flujos piroclásticos, licuación del hielo y la generación de lahares de forma masiva que llegaron a la ciudad de Armero, situada a 50 km de distancia y que quedó sepultada bajo 40 m de barro. Aunque se ordenó la evacuación, la radio recomendó a la población que no se desplazara.» *(La escasa percepción del riesgo fue la causante de las 25 000 víctimas mortales.)*



a) ¿En qué lugar de las placas terrestres se asienta este volcán? ¿Qué tipo de vulcanismo manifiesta durante la erupción? ¿Qué acontecimientos avallan tu afirmación?



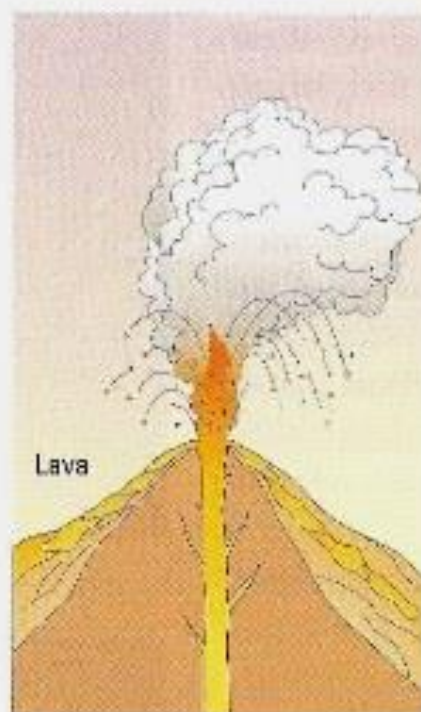
está situado en la zona de subducción de la placa de Nazca bajo América del Sur. El tipo de vulcanismo que manifiesta es bastante explosivo, pero no alcanza un grado máximo de peligrosidad (que habían previsto en los mapas de riesgo, Fig. 6.16.a), podría tratarse de un tipo de erupción vulcaniana debido a que se forma una gran columna eruptiva (concretamente fue de unos 10 km de altura) y enormes cantidades de cenizas y otros piroclastos. El problema fue que la cima del volcán estaba nevada y la nieve se derritió bruscamente dando lugar a la formación de lahares que arrasaron pueblos enteros, debido a la rapidez con que discurrían por la fuerte pendiente.



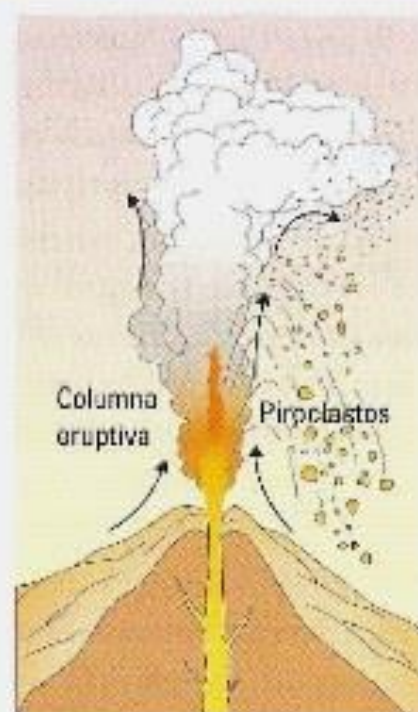
Erupción hawaiana. Emisión de lava de baja viscosidad y con muy poca cantidad de materiales piroclásticos. Los gases se liberan lentamente, las explosiones son mínimas. Su nombre se debe a los volcanes de las Islas Hawái.



Erupción estromboliana. La emisión de lava no es continua y las explosiones son esporádicas, lanzando al aire productos piroclásticos. El nombre se debe al volcán Stromboli de Sicilia (Italia).



Erupción vulcaniana. Emiten lavas poco fluidas y muy viscosas, que se solidifican con rapidez. Se forman grandes nubes de piroclastos y se emiten abundantes cenizas.



Erupción pliniana. Lavas muy viscosas y explosiones muy violentas. Debe su nombre al escritor y naturalista Plinio, que murió mientras contemplaba y estudiaba la erupción del Vesuvio, que sepultó la ciudad de Pompeya.

a) ¿En qué lugar de las placas terrestres se asienta este volcán? ¿Qué tipo de vulcanismo manifiesta durante la erupción? ¿Qué acontecimientos avallan tu afirmación?



está situado en la zona de subducción de la placa de Nazca bajo América del Sur. El tipo de vulcanismo que manifiesta es bastante explosivo, pero no alcanza un grado máximo de peligrosidad (que habían previsto en los mapas de riesgo, Fig. 6.16.a), podría tratarse de un tipo de erupción vulcaniana debido a que se forma una gran columna eruptiva (concretamente fue de unos 10 km de altura) y enormes cantidades de cenizas y otros piroclastos. El problema fue que la cima del volcán estaba nevada y la nieve se derritió bruscamente dando lugar a la formación de lahares que arrasaron pueblos enteros, debido a la rapidez con que discurrían por la fuerte pendiente.

b) Cita todas las medidas de predicción y prevención que se llevaron a cabo. ¿Fueron las adecuadas? ¿Crees que se pudo evitar el desastre?

Habría que citar las medidas de prevención que se llevaron a cabo: elaboración de un mapa de riesgo cuya previsión fue superior al evento; se dictaron las medidas de evacuación, pero no se llevaron a efecto, por lo que se produjo un desastre que perfectamente podría haberse evitado.

- c) Compara los riesgos producidos por este tipo de vulcanismo con el previsto en algunas zonas de Canarias, que sería, según previsiones elaboradas a partir de mapas de riesgo, de flujo de lavas fluidas a favor de fuertes pendientes y caída de piroclastos con poco radio de acción.

según los mapas de riesgo, que parece tratarse de una erupción de peligrosidad mínima, más o menos de tipo Hawaiano (lavas muy fluidas y piroclastos de poco radio de acción), permitiendo tomar medidas de evacuación y provocando algunos daños materiales, como el arrasamiento de cosechas o cortes en las vías de comunicación, sin peligro para la población, salvo en las proximidades del volcán.

«La peligrosidad de la erupción del volcán Saint Helens (EEUU), del 18 de mayo de 1980 (Fig. 6.12), superó las previsiones hechas a partir de un mapa de riesgo: la columna eruptiva ascendió por encima de los 20 km de altura; se produjeron lahares y una explosión lateral que originó una nube ardiente en su flanco norte, que arrancó y chamuscó 600 km² de bosque. Sin embargo, las medidas de evacuación fueron bastante eficaces y sólo se produjeron 57 muertes.»

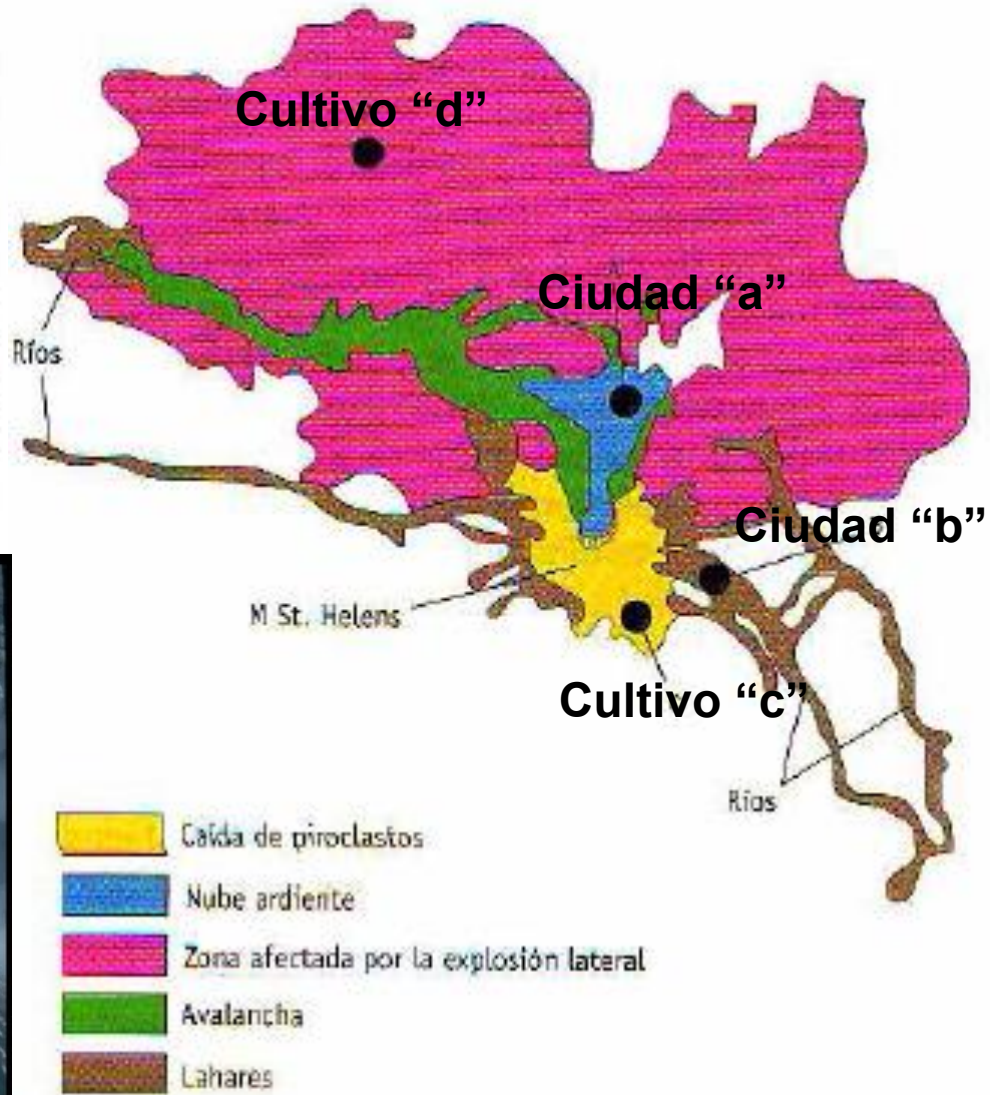


Fig. 6.12. Mapa de riesgos previo a la erupción del Saint Helens.

a) ¿Qué riesgos volcánicos, o derivados, aparecen reflejados en este mapa? Explica el origen de cada uno de los mismos. ¿Qué factores condicionan su distribución espacial?

Se puede observar como riesgo volcánico directo una zona de caída de piroclastos y como riesgos derivados avalanchas, lahares, una nube ardiente cuya explosión lateral arrasó una extensa zona en la que los árboles fueron arrancados de cuajo y chamuscados. Cada una de las áreas afectadas presenta un color en el mapa. Los factores que determinan la distribución espacial son: la altura alcanzada por la columna eruptiva, la presencia de viento, las fuertes pendientes y la existencia de una explosión lateral.

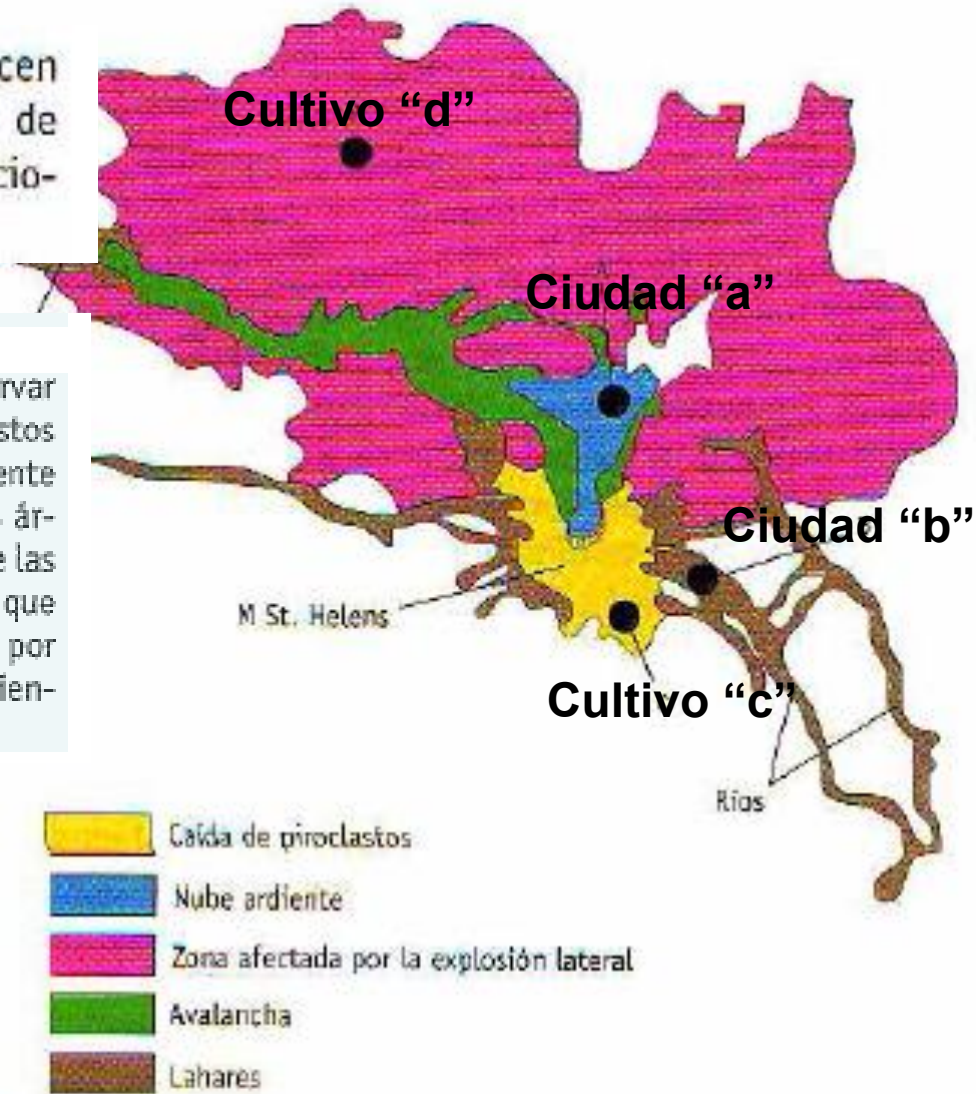
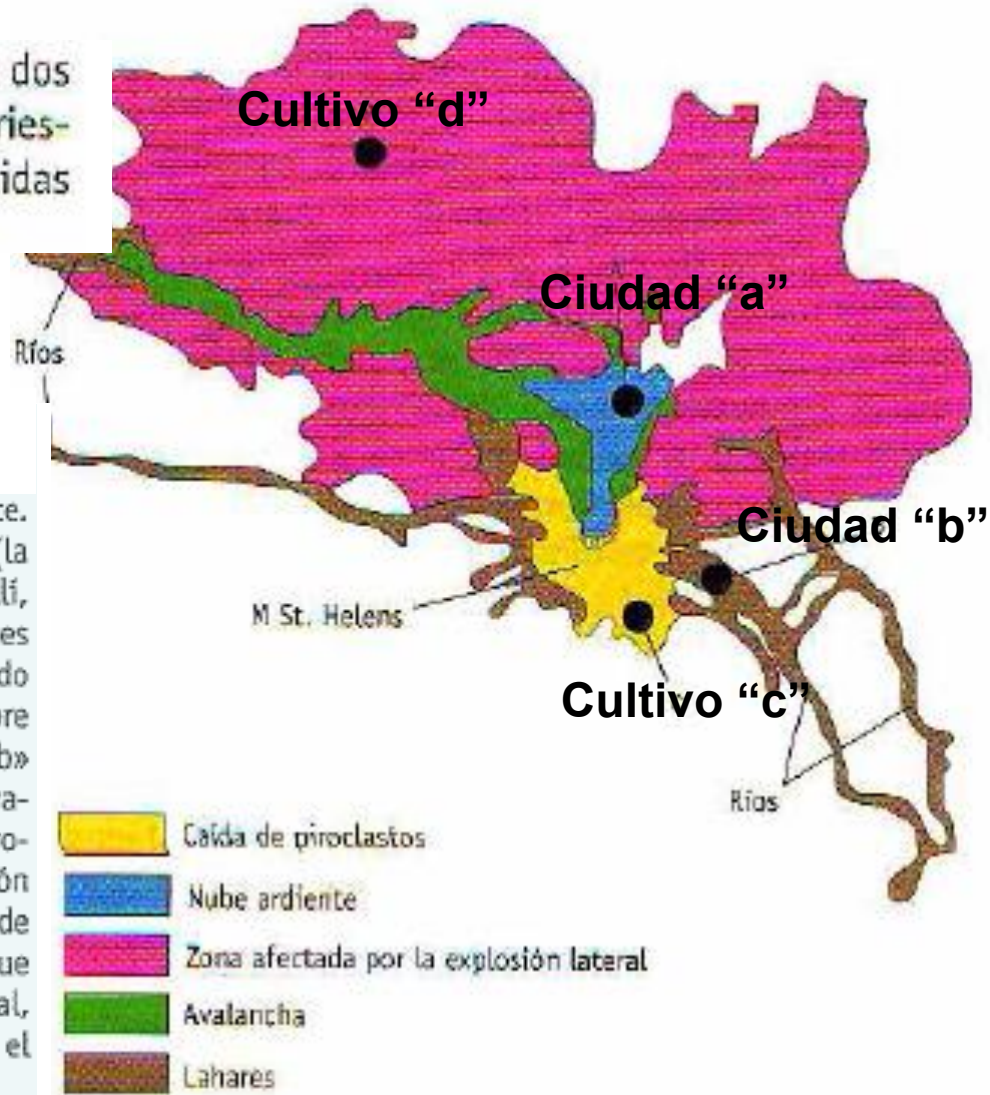


Fig. 6.12. Mapa de riesgos previo a la erupción del Saint Helens.

b) Suponiendo que en los lugares A y B hubiese dos ciudades y en las zonas C y D cultivos, ¿qué riesgos acechan a cada uno de ellos? ¿Qué medidas deberían tomarse en cada caso?



Las ciudad «a» se ve afectada por una nube ardiente. Dicha ciudad no debería estar ubicada tan próxima al volcán (la primera medida sería de restricción de uso); pero, de estar allí, debería contar con un edificio incombustible, a prueba de nubes ardientes, que sirviera de refugio a la población; además, cuando exista el riesgo, son mejores las medidas de evacuación, siempre que se disponga del tiempo necesario para ello. La ciudad «b» se ve afectada por lahares, por lo que las medidas serían de evacuación. En los cultivos «c» caerán siempre cenizas y otros piroclastos arrasando las cosechas, las medidas serían de restricción total por estar demasiado próximos al volcán. En los cultivos de la zona «d» se producen daños por combustión, en el caso que nos ocupa; pero, de no haber tenido lugar la explosión lateral, no se habrían visto afectados. Luego una medida podría ser el establecimiento obligatorio de seguros.

Fig. 6.12. Mapa de riesgos previo a la erupción del Saint Helens.



Lahar tras una erupción, Monte Saint Helens.

c) Compara los factores de riesgo, los métodos de predicción y las medidas de prevención de esta erupción con la del Nevado del Ruiz de la Actividad 3. ¿A qué conclusiones llegas?

en el caso de EEUU, aunque el mapa de riesgos (método de predicción) realizó previsiones de magnitud inferior a las que acaecieron posteriormente, sin embargo, los sistemas de protección civil evitaron muchos muertos.

Por el contrario, en el caso del Nevado del Ruiz, con un mapa de riesgos en el que se suponía una erupción mucho peor de la que acaeció, sin embargo, se produjeron más muertos, porque no funcionaron los sistemas de evacuación.

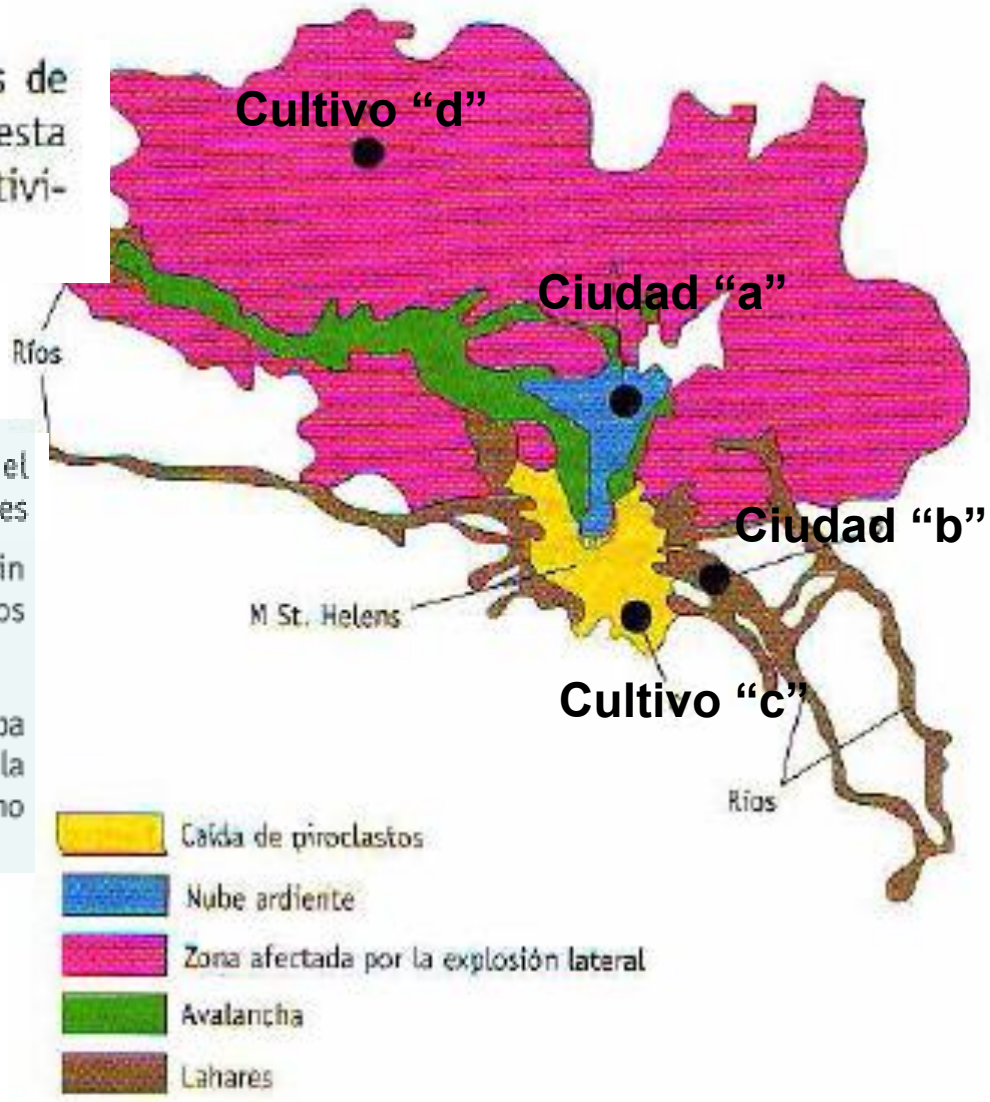


Fig. 6.12. Mapa de riesgos previo a la erupción del Saint Helens.

8> Mira la Figura 6.35 y explica qué puede ocurrir si un terreno poco coherente, constituido por arenas o arcillas, está situado sobre estratos calizos. ¿Se trata de una subsidencia o de un colapso? ¿Por qué?

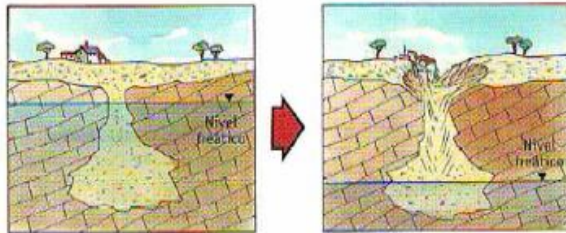


Fig. 6.35.

9> Lee esta noticia en la que se representa un riesgo ocurrido en la ciudad de Murcia en 1995: «La sequía y la sobreexplotación de las aguas subterráneas han originado un descenso del nivel freático, que ha dado lugar a una profunda desecación del suelo en el que se asienta la ciudad, constituido por arcillas y limos.»

Situación de cimentación

- A. Pilotes flotantes.
- B. Losas y zapatas sobre pilotes de madera.
- C. Pilotes empotrados.

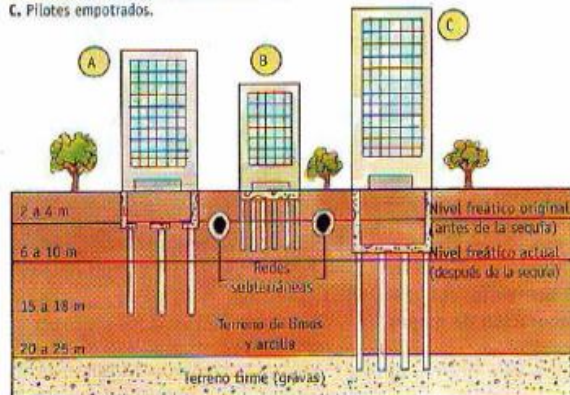


Fig. 6.36.

- a) ¿De qué tipo de riesgo se trata? ¿Cuáles son sus causas naturales y antrópicas?
- b) ¿Qué problemas puede ocasionar en las construcciones? Según la Figura 6.36, ¿cuáles de los edificios son los más seguros? ¿Por qué?

c) En conclusión, ¿cuáles son las medidas estructurales que se deben adoptar para hacer frente a este riesgo? ¿Qué otras medidas podrían adoptarse para hacer frente a esta situación?

10> «El trazado del AVE Madrid-Lleida a su paso por Zaragoza tiene un riesgo de hundimientos del terreno 4000 veces superior a lo aceptable según expertos del Instituto Geológico Nacional y el Colegio de Geólogos de Aragón, a lo largo de un corredor de 35 km de longitud junto a la ribera del Ebro. La línea del AVE discurre por terrenos yesíferos en los que se producen con frecuencia dolinas de subsidencia y de colapso, de profundidades en torno a los 15 m y de muy rápida evolución temporal, tres de las cuales se han producido durante el año 2003. Además, en esa misma zona hace 30 años se hundió un edificio 60 minutos después de la aparición de las grietas.»

- a) ¿Qué diferencias hay entre las dolinas de subsidencia y las de colapso?
- b) ¿Por qué los yesos, al igual que las calizas, son susceptibles a dolinas? ¿En cuál de esos tipos de terreno la formación de dolinas es más rápida? ¿Por qué?
- c) ¿Cuáles son las causas condicionantes y desencadenantes, tanto naturales como inducidas, de este riesgo? (Fig. 6.37.) ¿Cuáles son las medidas más adecuadas para hacerles frente?

- Simas, dolinas o campos de dolinas.
- Terrazas fluviales y limos sobre yesos karstificados.
- Limos yesíferos colapsables.
- Yesos masivos.

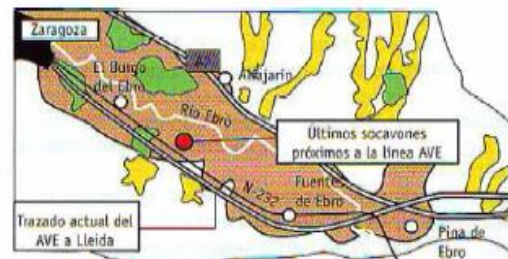


Fig. 6.37. Trazado de la línea de AVE Madrid-Barcelona a su paso por Zaragoza. (Fuente: El Mundo, 10-11-2003; modificado.)