

“Els termòmetres d’oxigen de la Terra”

Simulació de com els testimonis de sondejos en sediments oceànics i en gels continentals enregistren els canvis de temperatura de la Terra en el passat.

Hi ha dues formes estables d’àtoms d’oxigen (isòtops) útils per a la investigació de canvis passats en el clima de la Terra: l’oxigen-16 (^{16}O - amb 8 protons i 8 neutrons al nucli), més lleuger, i l’oxigen-18 (^{18}O – amb 8 protons i 10 neutrons), lleugerament més pesant. D’ells, l’ ^{16}O és el més comú, essent unes 500 vegades més abundant a la natura que la forma més pesada. En les aigües oceàniques, aquesta proporció varia amb els canvis de temperatura de l’aigua. L’anàlisi química dels àtoms d’oxigen de les capes de carbonat càlcic (CaCO_3) dels microfòssils marins o de les mostres d’aigua (H_2O) dels testimonis de gel, permet estimar la temperatura de la Terra en el passat. (Fig. 1).

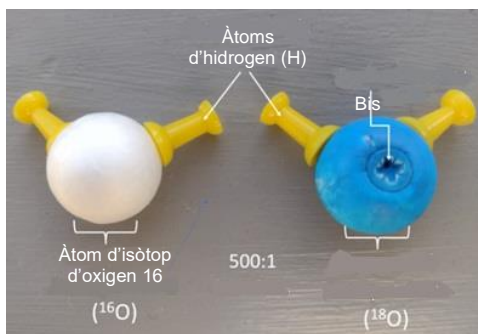


Fig. 1: Models de dues molècules d’aigua que simulen diferents isòtops d’oxigen. (Pete Loader)

La simulació

Els isòtops d’oxigen de les molècules d’aigua es poden simular utilitzant boles de poliestirè de dos colors (en aquest cas blanc i blau) amb un petit pes (un bis o una xinxeta) inserit en les boles blaves de l’isòtop ^{18}O per fer-les més pesades. Les boles d’ambdós colors es mesclen en un recipient transparent (que representa l’aigua de mar de l’oceà) en una proporció 50:50 de blanc i blau (per facilitar la comparació). Es recorda als alumnes que cadascuna de les boles blanques de ^{16}O és 500 cops més abundant a la natura que les boles blaves de ^{18}O . (Els àtoms d’hidrogen s’ometen a la simulació per simplificar).

- Demaneu als alumnes que prediguin què passarà si el recipient de l’oceà s’agita enèrgicament amunt i avall: les boles més lleugeres tenen més probabilitats d’escapar que les més pesades.
- Demostreu-ho deixant que les boles escapin cap a la tapadora d’una caixa que representa els núvols.
- Expliqueu que això representa l’evaporació de l’aigua de l’oceà a l’atmosfera i el seu emmagatzematge als núvols.
- Demostreu que, inevitablement, “l’aigua de l’oceà” es fraccionarà, amb una proporció més gran de boles blanques més lleugeres que escapen més fàcilment cap als “núvols” que les boles blaves que dominen l’aigua de l’oceà. (Fig. 2).



Fig. 2: Fraccionament dels isòtops d’oxigen durant l’evaporació (Pete Loader)

A continuació, es poden explorar dos escenaris: un amb la Terra sotmesa a condicions interglacials més càlides, com ara, (amb poques capes de gel sobre la terra) i un altre en condicions glacials (amb extenses capes de gel sobre la terra).

Períodes interglacials (amb poques capes de gel sobre la terra centrades en els pols)

Després d’agitar enèrgicament el recipient, l’aigua recollida als “núvols” es transfereix a un altre recipient que representa la precipitació sobre la terra en forma de pluja. Una inspecció del balanç de $^{18}\text{O}:$ ^{16}O mostra que hi ha una major proporció de boles de ^{16}O que arriben a la terra, la qual cosa contrasta amb la major proporció de boles de ^{18}O a l’oceà. Tanmateix, com que aquesta aigua torna finalment a l’oceà a través dels rius, la proporció a l’oceà segueix sent la normal (50:50 en aquesta simulació).

Retorneu les boles de la “terra” a l’oceà per demostrar-ho.

Expliqueu que qualsevol microorganisme inclourà per tant aquesta proporció en el CaCO_3 de les seves closques durant aquest temps. Quan aquestes criatures moren, les seves closques s’acumulen al fons de l’oceà en forma de sediment i registren l’equilibri d’oxigen a l’oceà (aquí 50:50). Demostreu-ho agafant una mostra representativa de boles de l’oceà en un got de plàstic transparent per representar una mostra obtinguda d’un testimoni d’un sondeig perforat al sediment oceànic.

Períodes glacials (amb extenses capes de gel que avancen des dels pols fins cobrir els continents).

Aquest cop, l'aigua recollida dels "núvols" es transfereix a un altre recipient transparent a la terra que representa la caiguda de neu sobre una capa de gel. Una inspecció del balanç de $^{18}\text{O}:$ ^{16}O mostra novament que hi ha una proporció més gran de boles blanques de ^{16}O que arriben a la terra en comparació amb la major proporció de ^{18}O blau a l'oceà. Aquest cop, tanmateix, l'aigua rica en ^{16}O quedarà atrapada a la capa de gel i no tornarà a l'oceà.

Expliqueu que les closques dels microorganismes que s'acumulen als sediments del fons oceànic mostraran, per tant, una major concentració de ^{18}O en el CaCO_3 de les seves closques durant els períodes interglacials. Demostreu-ho agafant una mostra representativa de les boles de l'oceà en un got de plàstic transparent per representar un testimoni de sondeig perforat al sediment oceànic. (Fig. 3).

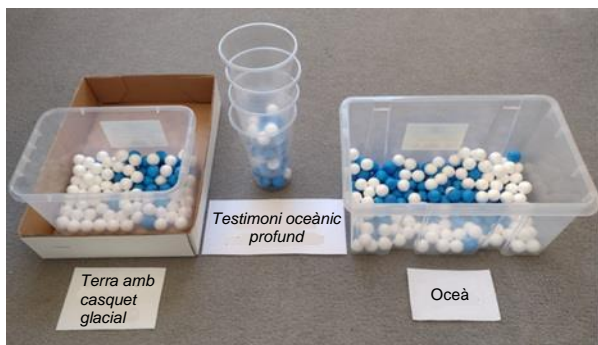


Fig. 3: ^{16}O atrapat en un casquet polar i registrat en sediments oceànics (Pete Loader)

Ambdues simulacions es repeteixen 3 o 4 cops per representar el creixement i la reducció de les capes de gel durant les condicions glacials/interglacials. Cada cop es col·loca una nova mostra (en un got de plàstic) sobre l'anterior per representar la seqüència que es podria trobar en un testimoni de sondeig de sediments oceànics profunds. (Fig. 4).

Demaneu als alumnes que dibuixin un gràfic d'aquests diferents proporcions en funció de la profunditat del testimoni (vegeu la ELI - "Interpretació de les temperatures de la Terra a partir de testimonis simulats de gel i aigües profundes"). Això demostra els canvis en la temperatura de la Terra al llarg del temps, reflectint la presència, el volum i l'extensió d les capes de gel a la terra. (Fig. 5).

Anàlisi de testimonis de gel

Demaneu als alumnes que prediguin els canvis probables en l'equilibri isotòpic d'oxigen $^{18}\text{O}:$ ^{16}O que podrien registrar-se al testimoni d'una capa de gel als pols a mesura que la temperatura de la Terra primer es refreda, i després s'escalfa, amb el temps – les proporcions en un testimoni de gel seran oposades a les dels sediments oceànics profunds – com més freda sigui la temperatura, menys ^{18}O contindrà (i viceversa). (Fig. 4).

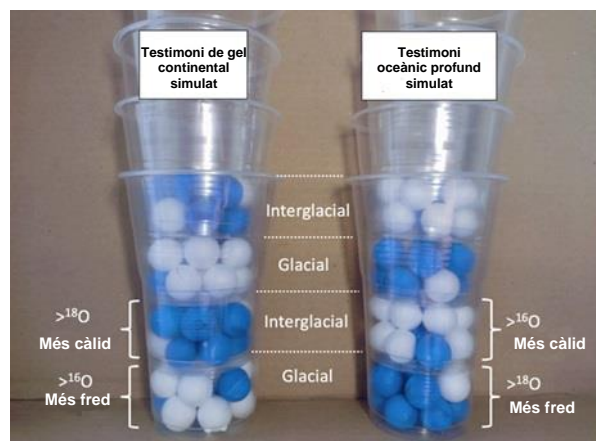


Fig. 4: Testimoni de gel continental comparat amb un de sediments oceànics profunds (Pete Loader)

Fitxa tècnica

Títol: "Els termòmetres d'oxigen de la terra"

Subtítol: Simulació de com els testimonis de sondejos en sediments oceànics i en gels continentals enregistren els canvis de temperatura de la Terra en el passat.

Tema: Simulació de com l'anàlisi d'isòtops d'oxigen de sediments oceànics profunds i testimonis de gels continentals proporciona un registre dels canvis passat en les temperatures de la Terra.

Edat dels alumnes: de 15 anys en endavant

Temps necessari: 20 minuts

Aprenentatges dels alumnes: Els alumnes poden:

- mostrar com les proporcions relatives de dos isòtops d'oxigen (^{18}O y ^{16}O) a la natura afecten la densitat de l'aigua dels oceans;

- explicar per què l'equilibri d'isòtops $^{18}\text{O}:$ ^{16}O als sediments oceànics proporciona una aproximació a la temperatura de la Terra en el moment de la seva formació;
- explicar que les concentracions més altes de ^{18}O (més baixes de ^{16}O) als sediments oceànics profunds demostren l'existència de condicions glacials més fredes a la Terra, mentre que les condicions interglacials estan representades per concentracions més baixes de ^{18}O (més altes de ^{16}O).
- Dibuixar un gràfic de les temperatures més càlides/fredes de la Terra a partir d'un testimoni simulat de sediments oceànics profunds.
- explicar per què una anàlisi de la relació $^{18}\text{O}:$ ^{16}O de les dades dels testimonis de gel és oposada a la dels sediments oceànics profunds, pel que fa al fraccionament durant el cicle de l'aigua.

Context: Les proves contradictòries sobre les proporcions dels isòtops ^{18}O en relació a les de ^{16}O

als sediments oceànics profunds i els testimonis de gel poden induir a erro. Aquesta simulació és una simplificació dels processos implicats que aporta proves de canvis climàtics de la temperatura de la Terra.

Ampliació de l'activitat: Els alumnes poden avançar a l'Earthlearningidea, "La simulació dels isòtops d'oxigen amb llaminadures". Demostració de com l'indicador indirecte dels isòtops d'oxigen registra les temperatures de la Terra en el passat, i l'Earthlearningidea corresponent, "Interpretant les temperatures de la Terra a partir de testimonis simulats de gel i aigües profundes. Usar llaminadures per simular proporcions dels isòtops d'oxigen als testimonis" per obtenir una aproximació diferent i més sofisticada a aquest tema.

Principis subjacents

- A la natura trobem dos isòtops estables de l'oxigen (^{18}O y ^{16}O) en una proporció $^{18}\text{O}:^{16}\text{O}$ d'aproximadament 1:500. Aquest registre de l'equilibri $^{18}\text{O}:^{16}\text{O}$ s'emmagatzema al carbonat de les closques dels sediments oceànics profunds i a les molècules d'aigua de les capes de gel.
- La composició isotòpica de l'aigua oceànica canvia amb la temperatura i el creixement i la fusió de les capes de gel.
- A mesura que l'aigua oceànica s'evapora durant el cicle de l'aigua, es produeix un fraccionament natural, amb més molècules de aigua ^{16}O , més lleugeres, precipitades sobre la terra deixant l'oceà amb una major proporció de molècules d'aigua ^{18}O , més pesades.
- Durant els períodes interglacials, l'equilibri $^{18}\text{O}:^{16}\text{O}$ es conserva, ja que l'aigua de pluja retorna ràpidament a l'oceà pels rius.
- Durant els períodes glacials més freds, l'equilibri s'altera perquè la humitat atmosfèrica no es retorna tan ràpidament a l'oceà en quedar atrapada a les capes de gel.
- Aquest equilibri queda registrat a les closques i esquelets dels organismes marins. Aquests s'enriqueixen en ^{18}O durant els períodes glacials més freds, quan el volum de gel a terra és més gran, i menor en ^{18}O durant els interglacials més càlids. (Fig. 5).
- L'equilibri $^{18}\text{O}:^{16}\text{O}$ en els testimonis de gel és l'oposat. Un ^{18}O relativament més alt representa períodes interglacials més càlids (i viceversa).

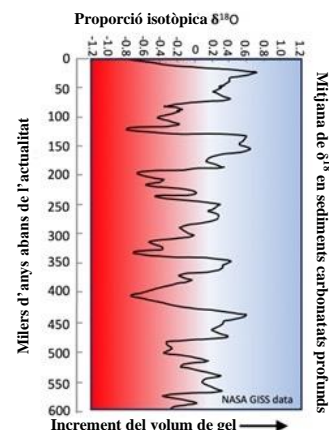


Fig. 5: Canvis en les proporcions de ^{18}O registrats en sediments carbonatats oceànics (dades del GISS de la NASA)

Desenvolupament d'habilitats cognitives: La simulació permet desenvolupar un patró a través de la construcció; es produeix un conflicte cognitiu perquè un major contingut en ^{18}O en un testimoni de sediment indica la temperatura oposada a la d'un testimoni de gel. La metacognició requereix el desenvolupament d'habilitats pont entre la simulació i la realitat.

Material:

- boles de poliestirè de 2 cm (o similar)
- pintura (per distingir entre isòtops, si és necessari)
- bisos auto perforants/xinxetes
- recipients transparents de plàstic (veure fotografia)
- safates/tapes de caixes de cartró (per representar la terra i recollir les boles)

Enllaços útils:

- http://www.earthlearningidea.com/PDF/275_Catala_n.pdf
- http://www.earthlearningidea.com/PDF/276_Catala_n.pdf

Font: Escrita por Pete Loader de l'Equip d'ELI i basada en una idea de Duncan Hawley, publicada prèviament com Earthlearningidea (veure enllaços útils).

© L'Equip d'Earthlearningidea. L'equip d'Earthlearningidea produeix periòdicament una idea didàctica de baix cost, amb els mínims recursos, per a educadors i professors de Ciències de la Terra a nivell escolar, amb una discussió online sobre cada idea per tal de desenvolupar una xarxa de suport global. "Earthlearningidea" té un finançament mínim i es produeix majoritàriament de forma voluntària. No s'aplica el Copyright del material d'aquesta unitat si s'usa al laboratori o a l'aula. El Copyright de materials d'altres editors els segueix pertanyent. Qualsevol organització que vulgui usar aquest material haurà de posar-se en contacte amb l'equip d'Earthlearningidea. Ens hem esforçat a localitzar i contactar els propietaris del copyright dels materials d'aquesta activitat i obtenir el seu permís. Si us plau, poseu-vos en contacte amb nosaltres si, tanmateix, creieu que s'ha vulnerat el vostre copyright: us agraïrem qualsevol informació que ens ajudi a actualitzar els nostres registres. Si teniu dificultats per llegir aquests documents, si us plau, poseu-vos en contacte amb l'equip d'Earthlearningidea per obtenir ajuda.

