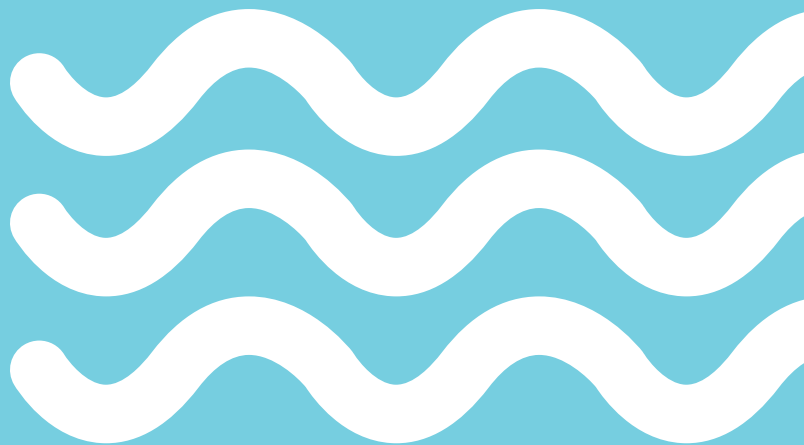


LA PRESSIÓ I EL BUSSEIG



Projecte "Apropant el mar a les Terres de l'Ebre" (FCT-16-11457) finançat per:



Alumnat a qui va dirigit:

Alumnat de 3er, 4rt d'ESO i Batxillerat.

Àrees/Matèries:

Física, Biologia, Biodiversitat, Ciències ambientals, Ciències de la Terra, Química i El cos humà.

Descripció:

Coneixes els efectes de les pressions en les persones que bussegen? I sobre les persones que fan apnea? Mitjançant les lleis de Dalton i Boyle trobarem la resposta a aquestes preguntes. A més, coneixerem perquè els mamífers marins poden assolir unes profunditats tant grans i passar tant de temps sota l'aigua. Finalment descobrirem els fons marins, els peixos de profunditat i altres curiositats relacionades amb la fondària.

Aspectes metodològics:

Es farà una sessió explicativa d'una hora on es comenta l'efecte de la pressió a les persones que bussegen o practiquen apnea. A més, parlarem les adaptacions biològiques dels mamífers marins i alguns peixos a la profunditat.

Per acabar, s'ha d'omplir un qüestionari de recerca sobre el tema del fons marí.

De manera opcional, es pot proposar a l'alumnat fer un bateig de submarinisme per comprovar de primera mà com ens afecta la pressió.

Objectius:

- Entendre com afecten les pressions als animals, i les diferències entre animals.
- Assolir els coneixements per comprendre les lleis físiques que ens afecten a causa de la pressió.
- Conèixer totes aquelles espècies amb adaptacions biològiques per a sobreviure a les profunditats.

Competències bàsiques de l'àmbit científicotecnològic:

- **Competència 1.** Identificar i caracteritzar els sistemes físics i químics des de la perspectiva dels models, per comunicar i predir el comportament dels fenòmens naturals.
- **Competència 4.** Identificar i resoldre problemes científics susceptibles de ser investigats en l'àmbit escolar, que impliquin el disseny, la realització i la comunicació d'investigacions experimentals.
- **Competència 12.** Adoptar mesures de prevenció i hàbits saludables en l'àmbit individual i social, fonamentades en el coneixement de les estratègies de detecció i resposta del cos humà.

Recursos:

- Guia didàctica
- Qüestionari

LA PRESSIÓ I EL BUSSEIG

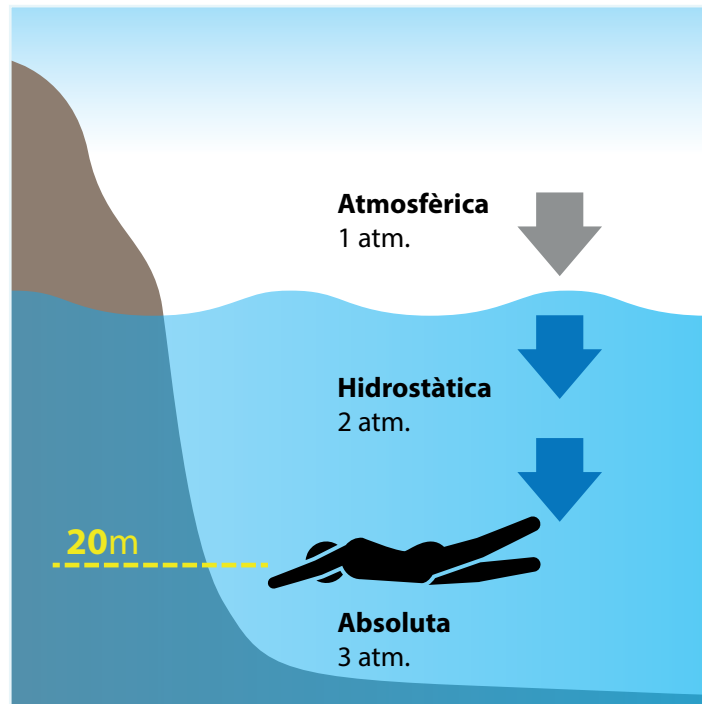
Què és la pressió? És una magnitud física que mesura la força en una superfície.

Parlarem de dos tipus de pressions: la que ens trobem a la superfície de la terra, i la de l'aigua.

La pressió atmosfèrica s'origina per la força que la columna d'aire exerceix sobre nostre. En canvi, quan estem submergits sota l'aigua, és la columna d'aigua i el seu pes els quals produeixen la pressió hidrostàtica. La pressió sota l'aigua augmenta de manera molt ràpida perquè la densitat de l'aigua de mar és 1,027gr/ml, mentre que la de l'aire és 0,0012gr/ml. Com podeu comprovar, existeix una gran diferència entre la densitat de l'aire i de l'aigua, ja que l'aigua és aproximadament 800 vegades més densa.

Parlant en termes de pressió, el pes dels 320km d'altura de l'atmosfera produeixen una pressió de tan sols 1,013bar, que també s'anomena 1 atmosfera (atm). En canvi, per assolir aquesta mateixa pressió en aigua salada únicament hem de baixar 10 metres de profunditat.

Les unitats de pressió utilitzades en la nomenclatura del busseig poden ser tant l'atmosfera com el bar.



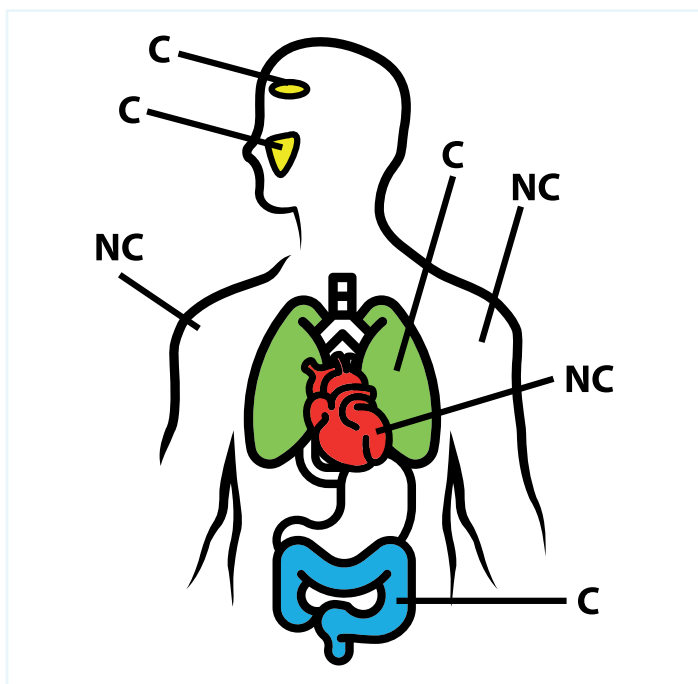
Gràfica de pressió atmosfèrica, pressió hidrostàtica i pressió absoluta. (Font: Buceodonosti)

Nomenclatura:

1 bar = 10 mH₂O = 100 kPa = 10 N/cm² = 1 kg/cm² = 1 atm

Pressió atmosfèrica = 1 bar = 1 atm

Pressió hidrostàtica = 1 bar / 10 metres



Gràfic on es representen les zones del nostre cos que es comprimeixen per la pressió amb una C (sinus, pulmons, intestins) i les zones que no es comprimeixen amb una NC (la resta del cos humà). (Font: Univerity of Bristol).

Com que l'aigua dolça pesa 1gr/ml, és a dir, una mica menys que l'aigua salada, es necessiten 10,3 metres de canvi de profunditat per assolir 1 atm (0,3 metres més que amb l'aigua salada).

Quan parlem de pressió absoluta ens referim a la suma de les dues pressions i es calcula habitualment afegint una atmosfera a la pressió hidrostàtica.

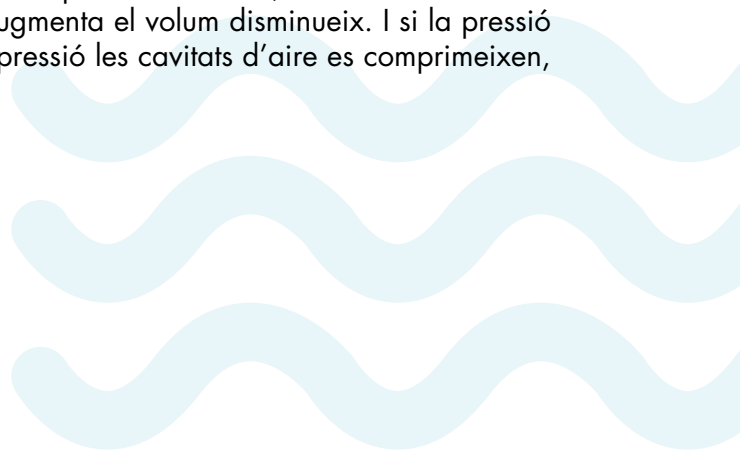
Per tant, quan es busseja a una profunditat de 20 metres la pressió hidrostàtica es considera que serà de 2 bar, i la pressió absoluta de 3 bars.

El canvi de pressió és proporcionalment major a poca profunditat perquè en els primers 10 metres significa la duplicació de la pressió superficial. Si estem a superfície i baixem a 10 metres, passem d'1 a 2 bar, duplicant la pressió (2:1=2). Mentre que a 30 metres si baixem a 40, suposa passar de 4 a 5 bars (5:4=1,25).

COM ENS AFECTA AL COS?

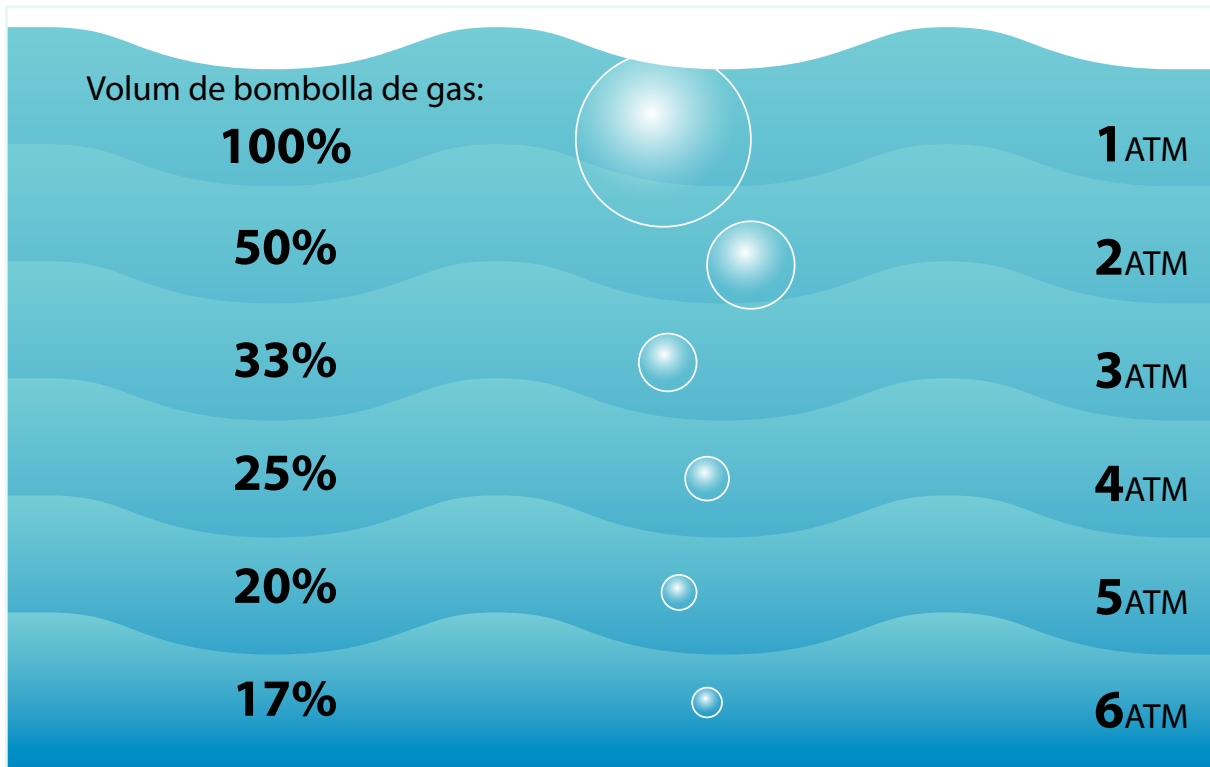
El nostre cos té una composició d'un 70% de líquid. Les porcions de líquid no es veuen afectades ni presenten dificultats respecte als canvis de pressió. Però els gasos sí que es veuen afectats, per tant, totes aquelles cavitats d'aire que tinguem en el nostre organisme patiran l'efecte de la pressió.

La llei de Boyle explica perfectament aquest fenomen: si la temperatura es manté constant, el volum d'un gas variarà inversament proporcional a la pressió absoluta, i la densitat variarà directament. Dit d'una altra manera, si la pressió augmenta el volum disminueix. I si la pressió disminueix el volum augmentarà. Per tant, a major pressió les cavitats d'aire es comprimeixen, i a menor pressió aquestes cavitats s'expandeixen.



Fórmula de Boyle:

$$(P1 * V1)/T1 = (P2 * V2)/T2$$



Representació de l'expansió i compressió dels gasos. (Font: Richard L. Byyny i Lee W. Shockley).

Els espais amb gasos en el cos humà estan sotmesos a canvis de volum durant una immersió. Quan es baixa, l'aire es comença a comprimir, disminuint el volum, i quan es comença a fer l'ascens, el volum augmenta.

Per aquesta raó els bussejadors han d'aprendre tècniques apropiades per compensar cadascun dels espais d'aire del seu cos que poden estar sotmesos a pressió.

Les parts del nostre cos que es troben afectades són els sins, l'oïda, les dents, els pulmons i cavitats d'aire externes creades per nosaltres mateixos amb part del nostre equip.

1. SINS

Tenim 4 parells de sins paranasals: els frontals, els maxil·lars, els etmoïdals, i els esfenoidals. Estan connectats al conducte nasal per tubs estrets que poden estar bloquejats quan estem refredats. Si es queda el gas atrapat als sins, sense poder ser compensat, a mesura que fem la immersió i la pressió augmenta, es sent un dolor agut.

2. OÏDA

L'oïda mitjana està separada de l'ambient exterior per la membrana timpànica. Connectada amb l'oïda mitjana hi ha la trompa d'Eustaquí que fa connexió amb la gola. Aquesta trompa permet el pas de l'aire cap a l'oïda interna i mitjana, i així compensem la pressió.

Les tècniques per compensar l'oïda mitjana quan es troba comprimida per la pressió són: a) La tècnica de Valsalva, és a dir, tancar el nas i intentar treure aire per ell provocant que l'aire vagi a les oïdes. b) La tècnica del moviment de mandíbula per permetre el pas de l'aire lliurement per la trompa d'Eustaquí. Aquest últim mètode és el que s'utilitza en els avions, per aquesta raó molta gent mastega xiclet o menja caramels, o es dona un xumet o biberó als nadons (ja que sols no saben compensar).

3. DENTS

Quan les dents estan empastades per alguna càries és possible que es quedi alguna bombolla d'aire entre la dent i l'empast. A mesura que el o la submarinista comença a baixar, els teixits pressuritzats seran atrets cap als espais de gas tancat. Per tant, es desenvolupa un dolor molt agut.

4. PULMONS

Quan es busseja no existeix pressió als pulmons perquè contínuament anem respirant. A mesura que baixem i la pressió puja, per mantindre el mateix volum dels pulmons, el nostre organisme respirarà més aire. En canvi, quan fem l'ascens cap a superfície, l'aire que tenim als pulmons començarà a expandir-se, i és també el nostre propi organisme qui s'encarregarà de treure tot aquest aire que ens sobra a través de l'expiració.

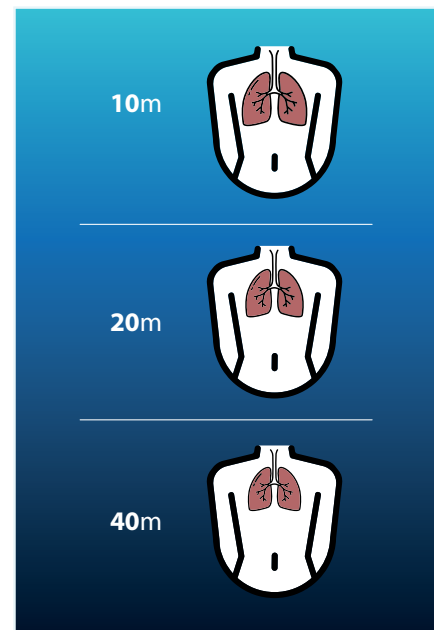
En canvi, els i les apneïstes sí que senten la pressió de tòrax. La profunditat on es comença a sentir és a partir de 20 metres.

5. MÀSCARA

Entre la màscara i la nostra cara es crea un nou espai d'aire. A mesura que anem baixant notarem com la màscara començarà a estrènyer. I com compensem quan es comença a comprimir? Exhalem aire pel nas i d'aquesta manera desfem el buit que s'estava creant.

6. VESTIT ISOTÈRMIC

Igual que amb la màscara, amb el vestit isotèrmic (neoprè que en diem col·loquialment) podem crear nous espais d'aire. Si tenim mal col·locat el vestit ens pot fer una compressió i fer-nos un petit hematoma a la pell.



Representació de les pressions al pulmó
(Font: Nutrició activa).

Fins ara hem parlat del que hem de fer quan la pressió ens comprimeix els espais aeris, però quan pugem també hem de tenir molta cura. Quan ascendim, tot aquell aire respirat o utilitzat per compensar, començarà a expandir-se. Tal i com hem explicat abans, quan disminueix la pressió, augmenta el volum. Per poder controlar aquests canvis de pressions i alliberar tot aquell aire que ens sobra, hem de fer un ascens lent i controlat. La regla és de 9m per minut, i així evitarem danys o perills.

Què passa si pugem ràpid? Quan fem un ascens ràpid i no controlem l'expansió de l'aire, poden passar diferents malalties com la sobre-expansió pulmonar, el pneumotòrax, l'emfisema i l'embòlia de gas arterial.

1. SOBREPRESSIÓ PULMONAR

La sobrepressió pulmonar succeeix quan un bussejador aguanta l'aire i fa un ascens ràpid. L'aire dels pulmons s'expandeix i es produeix una ruptura dels alvèols.

2. PNEUMOTÒRAX

És el gas que s'escapa dels pulmons i es mou per les capes dels pulmons, entre la pleura visceral i la pleura parietal.

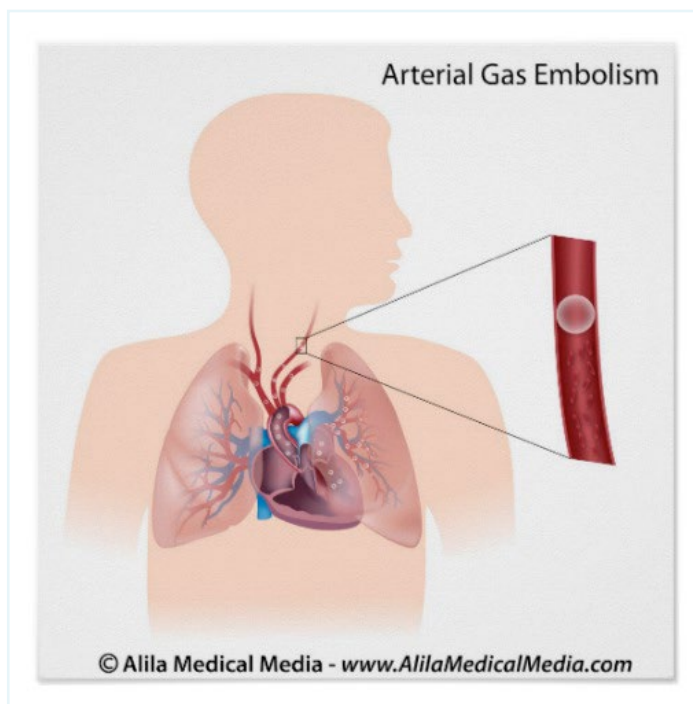
Aquest aire pot provocar altres malalties com l'emfisema o una embòlia.

3. EMFISEMA

Existeixen dos emfisemes: l'emfisema subcutani, el qual es produeix quan el gas escapat es mou per la tràquea fins a la regió de la clavícula i el coll entre la pell (regió anomenada supraclavicular), i l'emfisema mediastinal, que és el que va a la zona del cor i provoca una força cap a aquest i als vasos sanguinis que l'envolten.

4. EMBÒLIA DE GAS ARTERIAL

Bombolles de l'aire escapat dels pulmons entren en el torrent sanguini provocant una obstrucció en algun vas sanguini.



Representació d'una embòlia de gas arterial.
(Font: Alila Medical Media).

A part de l'efecte de la pressió en el nostre cos, cal aprofundir en factors com la Llei de Dalton, per a entendre altres possibles malalties causades pels gasos que inhalem.

La llei de la pressió parcial de Dalton explica com la pressió total exercida per una mescla de gasos és igual a la suma de les pressions parcials de cada gas.

PRESSIÓ TOTAL (atm)	PROFUNDITAT	P.PARCIAL O ₂ (atm)	P.PARCIAL N ₂ (atm)
1	0	0,21	0,79
2	10	0,42	1,58
3	20	0,63	2,37
4	30	0,84	3,16
5	40	1,05	3,95

L'aire té un 21% d'oxigen, un 78% de nitrogen i un 1% d'altres gasos inerts. Però, per a fer els càlculs de les pressions parcials considerarem un 20% d'oxigen i un 80% de nitrogen.

A mesura que anem baixant la pressió absoluta augmenta, per tant, la pressió parcial de cada gas també comença a augmentar. A una pressió absoluta de 2 atm (10 metres), la pressió parcial de l'O₂ és de 0,42bar i la del N₂ és de 1,58bar.

$$P.\text{absoluta} = P.\text{parcial O}_2 + P.\text{parcial N}_2$$

$$2\text{bar} = 0,42\text{bar} + 1,58\text{bar}$$

Per al nostre organisme una pressió parcial d'oxigen d'1,6bar és tòxica, i una pressió parcial de nitrogen de 3,2bar és perjudicial.

Pp O₂ 1,6 bar Si s'arriben a profunditats en que la pressió de l'oxigen sigui d'1,6bar, el o la submarinista podria arribar a patir convulsions i atacs.

Pp N₂ 3,2 bar El nitrogen a aquesta pressió es fa molt petit, i és capaç d'anar de cèl·lula en cèl·lula pel nostre cos, però té tendència a anar al teixit adipós. El teixit que recobreix les neurones (Mielina) està format per cèl·lules adiposes, per tant, quan el nitrogen s'hi adhereix, provoca lentitud de pensament i reacció. Aquest fet se l'anomena Efecte Narcòtic.

Quines reaccions podem tenir a l'efecte narcòtic? Et pots sentir molt bé com si estiguessis en estat d'embriaguesa o, tot el contrari, i sentir marejos, vertigen i desmais. A més a més, quan les bombolles de nitrogen es fan tant petites (a grans profunditats o per ús de gasos comprimits), el nostre organisme no és capaç d'extraure el nitrogen, així que si féssim un ascens ràpid i les bombolles s'expandessin, podríem patir qualsevol de les malalties de descompressió, és a dir, qualsevol malaltia provocada per una bombolla lliure en els teixits o en el torrent sanguini.



MAMÍFERS MARINS

Perquè nosaltres tenim tants problemes per aguantar l'aire i en canvi un dofí pot baixar a grans profunditats tan fàcilment? Resulta que les adaptacions del sistema respiratori dels mamífers marins han estat eficaces i han aconseguit l'òptima oxigenació de la sang gràcies a l'estructura alveolar, molt superior a la d'altres animals. A banda, també presenten un diafragma situat en posició obliqua que permet augmentar la capacitat pulmonar. Parlem-ne en detall:

Primer de tot, els mamífers marins presenten un volum pulmonar petit per unitat de pes, i això fa afavorir les immersions profundes superiors a 1000 metres, evitant d'aquesta manera les bombolles de gas a la sang.

Abans de fer una immersió, a diferència de nosaltres, els animals expulsen l'aire evitant una embòlia gasosa en baixar a grans profunditats.

Un mamífer terrestre elimina un 20% dels gasos continguts als alvèols; en els cetacis és fins a un 90%. Per tant, en cada respiració un cetaci allibera quasi la totalitat de l'anhidrid carbònic.

En segon lloc, els mamífers marins tenen una concentració de mioglobina al múscul molt major que la de qualsevol animal. La mioglobina és una proteïna molt similar a l'hemoglobina de la sang, i la seva funció és similar: acumular oxigen i alliberar-lo. Mentre que l'hemoglobina serveix per transportar l'oxigen per la sang, la mioglobina acumula l'oxigen al múscul per a ser utilitzable en les fibres musculars. Sabies que els músculs poden arribar a tenir entre un 40 i 50% d'oxigen, la sang un altre 40% i el 10% restant es troba en els pulmons?

La mioglobina dels mamífers terrestres té càrregues elèctriques que serveixen per donar-li l'estructura tridimensional tant característica. Quan hi ha molta mioglobina, es creen interferències entre elles i les diferents estructures es comencen a unir. Llavors es crea una acumulació de mioglobina que deixa de funcionar.

L'evolució va permetre que els mamífers marins canviessin les càrregues elèctriques de les proteïnes, fent que es repelessin entre elles. D'aquesta forma s'aconsegueix augmentar la concentració de les diferents unitats de mioglobina i que es mantinguin independents mentre fan la seva funció.

En tercer lloc, el seu sistema circulatori pot redirigir la sang a aquells òrgans que ho necessiten més com el cervell o el cor, i això es pot fer mitjançant la constricció dels vasos que rodegen als teixits i òrgans, és a dir, el tancament d'alguns vasos. Aquesta adaptació s'anomena isquèmia selectiva.

Per últim, els mamífers marins poden suportar nivells de CO_2 majors que els mamífers terrestres -fins a 2,5 vegades més- i la saturació arterial d'oxigen pot disminuir fins a un 15%. Per tant, la tendència és una acidosi progressiva, primer de la sang i després metabòlica (acid làctic).

Així doncs, com poden els mamífers marins (cetacis) baixar tant profund i fer apnees tant llargues?

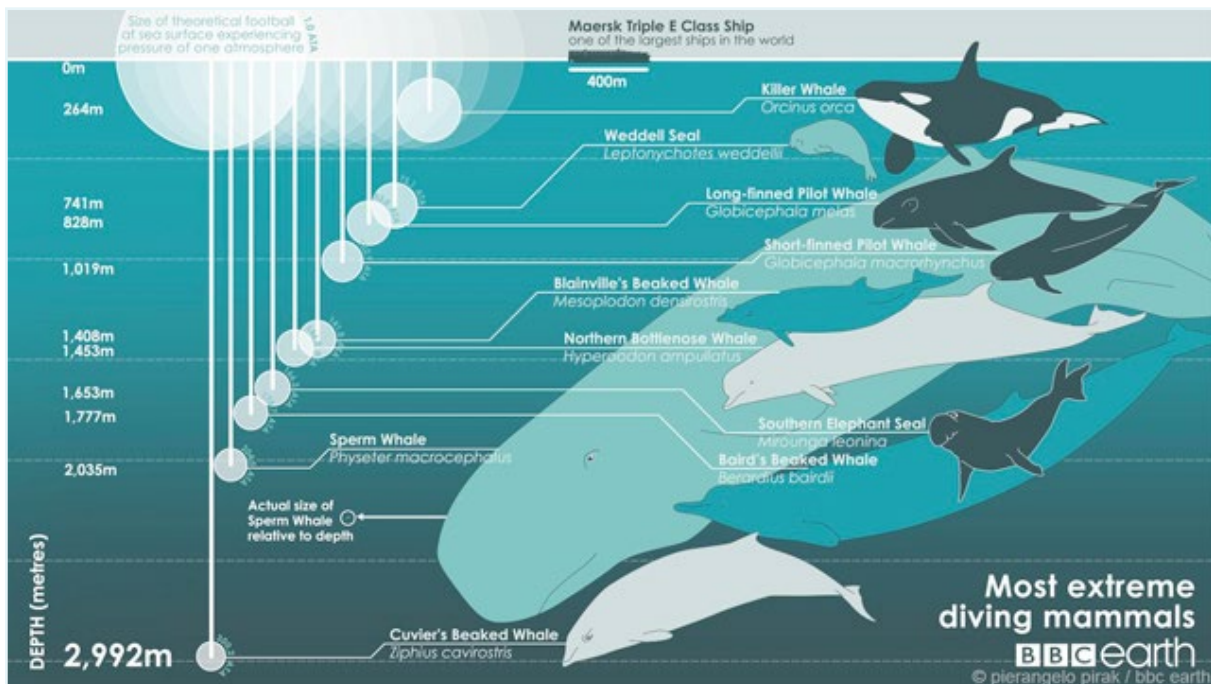
1. Adaptació de la mioglobina
2. Augment de la mioglobina
3. Volum pulmons més petit
4. Intercanvi gasos del 90%
5. Isquèmia selectiva
6. Major adaptació a la hipòxia
7. Acidosis progressiva

El rècord del mamífer marí que pot baixar a major profunditat i durant més temps se l'emporta el Zífid o balena amb bec de Cuvier (*Ziphius cavirostris*). Aquests cetacis es poden submergir fins a 2.992m amb una durada de 137 minuts. L'anterior rècord el tenien els elefants marins, amb un registre de 2.388 metres de profunditat i 120 minuts.

Cada mamífer marí baixa a certes profunditats depenent de la seva adaptació i depenent del què busca, que principalment és el seu aliment. La majoria de mamífers marins es concentren en la capa mesopelàgica (200-1000 metres de profunditat) per fer les seves apnees i caçar.



Zífid o balena amb bec de Cuvier (*Ziphius cavirostris*).
(Font: Universidad de La Laguna).

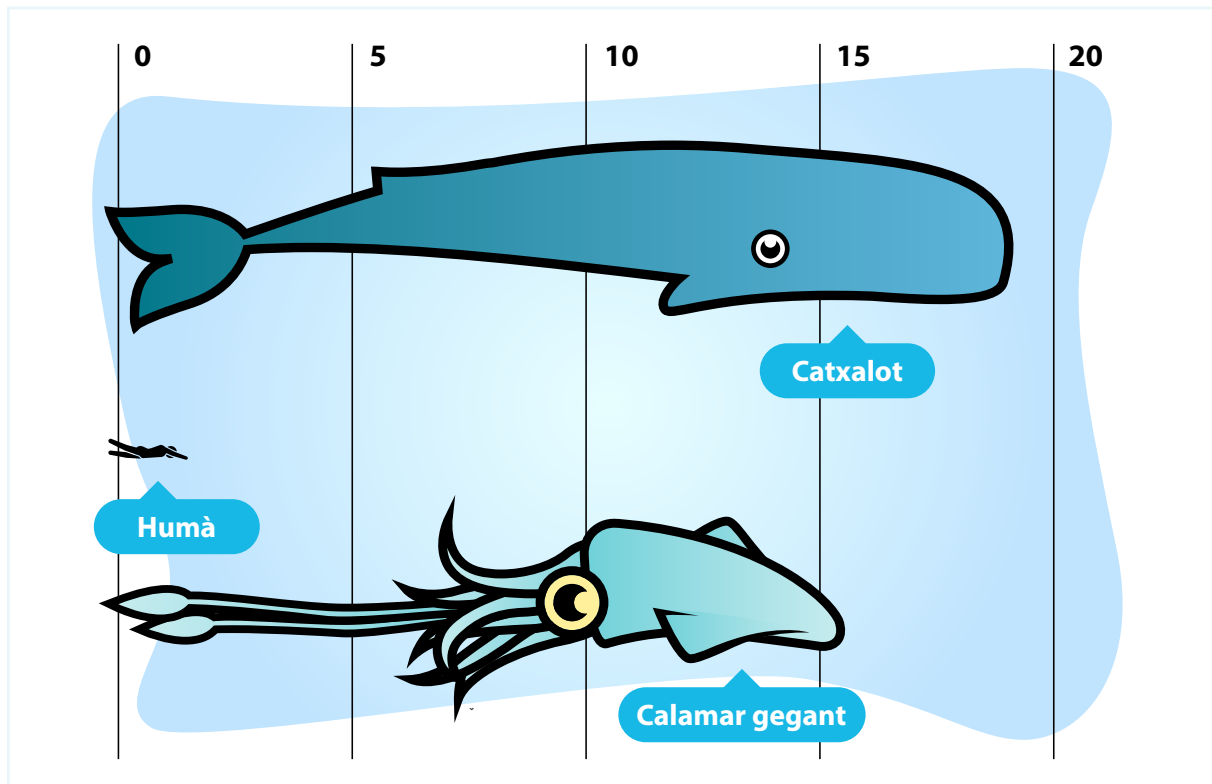


Profunditats màximes que baixa cada mamífer marí. (Font: BBC).

Les capes de l'oceà es divideixen depenent de les profunditat i les condicions de pressió i llum.

- Zona epipelàgica: dels 0 als 200 metres. Zona amb molta llum i amb molta vida.
- Zona mesopelàgica: dels 200 als 1.000 metres. Encara arriba una mica de llum, però és insuficient per a poder fer la fotosíntesi. Per tant, no hi ha algues.
- Zona batipelàgica: entre els 1.000 i els 4.000 metres. Zona molt fosca i amb molta pressió. Viuen animals com el calamar gegant.
- Zona abissal: de 4.000 a 6.000 metres. Els organismes sobreviuen gràcies a la matèria orgànica que cau de capes superiors, per depredació i per quimiosíntesi (obtenció d'energia de substàncies inorgàniques).
- Zona hadal: de 6.000 metres a 11.000 metres.

Si ens fixem en el catxalot, és dels pocs mamífers que baixa a profunditats tant altes fins arribar a la capa batipelàgica. Aquest animal és conegut per ser un gran depredador, i és dels pocs que caça als calamars gegants, els qual únicament viuen a profunditats de 2.000 metres aproximadament.



Proporció del Calamar gegant respecte la Balena blava i un bussejador. (Font: Sail and Trip).



Els calamars gegants, com diu la paraula, són animals de grans dimensions, i fins i tot hi ha ressenyes de que s'han vist de més de 20 metres de longitud. Es creu que són els responsables de les llegendes del Kraken, una criatura marina mitològica que emergeix de les profunditats per destrossar els vaixells i menjar-se els mariners.

LA MIDA A LES PROFUNDITATS

Com hem vist en l'apartat anterior, sembla que existeix una relació entre la profunditat i la mida de les espècies.

Estem acostumats a associar diverses espècies a una mida concreta. Per exemple, una aranya sempre serà petita, però, ara imaginem-nos, que existeix una espècie d'aranya marina que viu a grans profunditats i és gegant. Doncs això és el que passa amb algunes espècies que viuen en el fons marí. A continuació us ensenyem 5 espècies gegants que viuen a grans profunditats.



1. CRANC GEGANT DEL JAPÓ. (*MACROCHEIRA KAEMPFER*).

És un cranc aranya que viu a les profunditats de les costes japoneses. Pot arribar a fer 2 metres. (Imatge 9 de Daily mail)



2. ISÒPODE GEGANT. (*BATHYNOMUS GIGANTEUS*).

Viu a les aigües fredes i profundes de l'Atlàntic. Un isòpode acostuma a fer 2 centímetres, però aquest arriba fins als 50 centímetres. (Imatge 10 de NOAA)



3. MAGNAPÍNID.

És una espècie de calamar d'aspecte fantasmagòric i arriba a fer 6 metres de llargada. (Imatge 11 de la NOAA)



4. POP GEGANT. (*ENTEROCTOPUS DOFLEINI*)

Es troba a la zona del Pacífic Nord. L'exemplar més gran trobat va ser de 9 metres. (Imatge 12 de National Geographic)



5. CALAMAR COLOSSAL. (*MESONYCHOTEUTHIS HAMILTONI*)

Es troba per la zona de Nova Zelanda, Antàrtida i Sud-àfrica. La seva mida mitjana és de 15 metres de longitud. (Imatge 13 de Eloy Alonso a Astúries).

Per què hi ha tantes espècies a les profunditats que són tant grans? Aquest fenomen se'l coneix com a gegantisme abissal. És un procés evolutiu que han patit algunes espècies d'invertebrats. No està clar el motiu, però es creu que és pel poc aliment, la temperatura freda i les grans pressions.

PEIXOS DE PROFUNDITAT

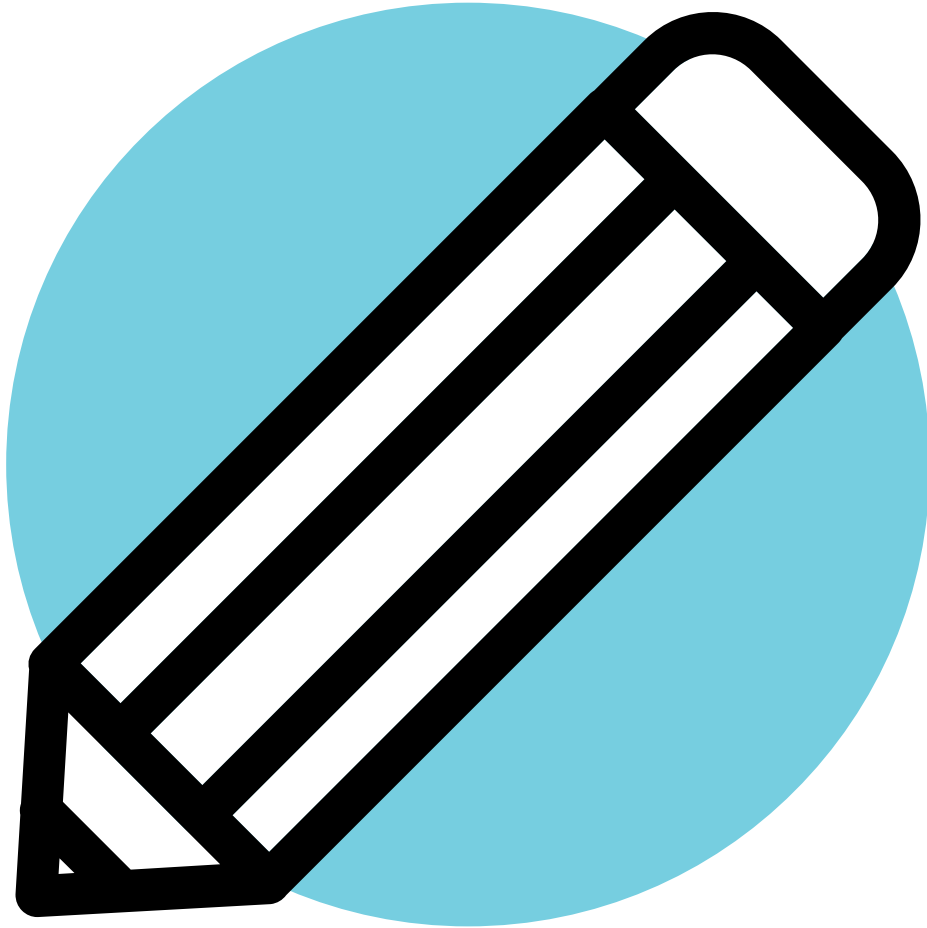
Els peixos abissals o de profunditat han evolucionat per sobreviure a les altes pressions. Els teixits d'aquests individus presenten grans quantitats d'aigua per tenir la mateixa pressió que la de l'entorn i així no morir aixafats per la pressió.

A més, presenten una substància química a les cèl·lules per evitar el col·lapse de les proteïnes a alta pressió que s'anomena TRIMETILAMINA N-ÒXID (TMAO).

A major profunditat, major quantitat de TMAO, i també més aigua per osmosi. El nivell màxim on viuen els peixos és de 8.000 metres de profunditat, i es creu que a tanta profunditat les cèl·lules s'inflen tant que el cervell deixa de funcionar i exploten les cèl·lules roges de la sang.



Fotografia feta per a l'estudi biomèdic de les espècies de profunditat de Paul H. Yanceya, ackenzie E. Gerringera, Jeffrey C. Drazenb, Ashley A. Rowdenc i Alan Jamiesond.



ACTIVITAT I QÜESTIONARI



Col·loca les espècies que hi ha a continuació en el dibuix segons la profunditat on viuen o fins on poden arribar. Fes un dibuix i una petita descripció de cada espècie.

Espècies:

Calamar colossal

Mesonychoteuthis hamiltoni

Cranc japonès gegant

Macrocheira kaempferi

Tonyina

Thunnus thynnus

Algues

Cuc

Riftia pachyptila

Peix Quimera

Hydrolagus sp.

Rajada

Dasyatis pastinaca

Tauró toro

Alopias vulpinus

Dofí mular

Tursiops truncatus

Orca

Orcinus orca

Pop

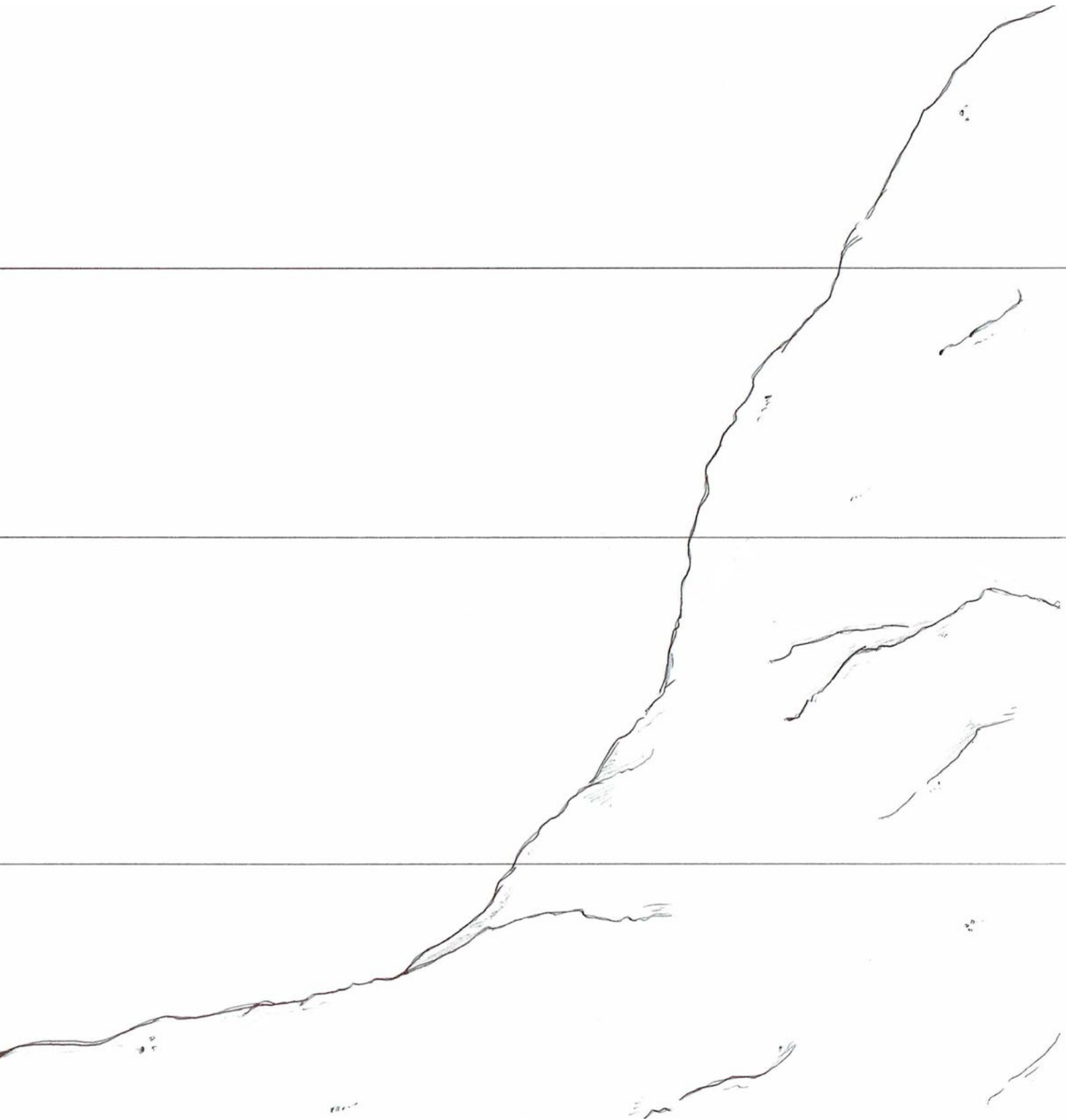
Grimpoteuthis discoveryi

Submarinista

Apneista

Pingüí emperador

Aptenodytes forsteri



RESULTATS

Calamar colossal: *Mesonychoteuthis hamiltoni* → 2000 metres.

Cranc japonès gegant: *Macrocheira kaempferi* → 300 metres.

Tonyina: *Thunnus thynnus* → de 0 a 1000 metres.

Algues → de 0 a 100 metres

Cuc: *Riftia pachyptila* → entre els 2000 i 4000 metres.

Peix Quimera: *Hydrolagus sp.* → fins a 700 metres.

Rajada: *Dasyatis pastinaca* → entre els 5 i 75 metres.

Tauró toro: *Alopias vulpinus* → dels 0 fins als 500 metres.

Dofí mular: *Tursiops truncatus* → dels 0 als 300 metres.

Orca: *Orcinus orca* → de 0 a 200 metres.

Pop: *Grimpoteuthis discoveryi* → de 2600 a 4870 metres.

Submarinista recreatiu → 40 metres

Apneista → 100 metres

Pingüí emperador: *Aptenodytes forsteri* → de 0 a 500 metres.

ENLLAÇOS D'INTERÈS

<http://fisiologi.com/paginas/BUCEO/presionagua.htm>

<http://bucearencanarias.es/nueva%20landive/medicina/presiones/index.htm>

https://www.ecured.cu/index.php/Mam%C3%ADferos_marinos

http://www.planetabuceo.com/index.php?option=com_k2&view=item&id=166:record-de-buceo-entre-mam%C3%ADferos-marinos&Itemid=101

<https://es.noticias.yahoo.com/blogs/apuntes-naturaleza/explican-c%C3%B3mo-evolucion%C3%B3-el-buceo-en-mam%C3%ADferos-marinos-081045789.html>

<http://www.pnas.org/content/111/12/4461.abstract>

<https://www.vistaalmar.es/ciencia-tecnologia/biologia/3847-a-que-profundidad-maxima-puede-nadar-un-pez.html>

<https://www.anthias.es/records-de-apnea-animales-marinos/>



Projecte "Apropant el mar a les Terres de l'Ebre" (FCT-16-11457) finançat per:



FUNDACIÓN ESPAÑOLA
PARA LA CIENCIA
Y LA TECNOLOGÍA

