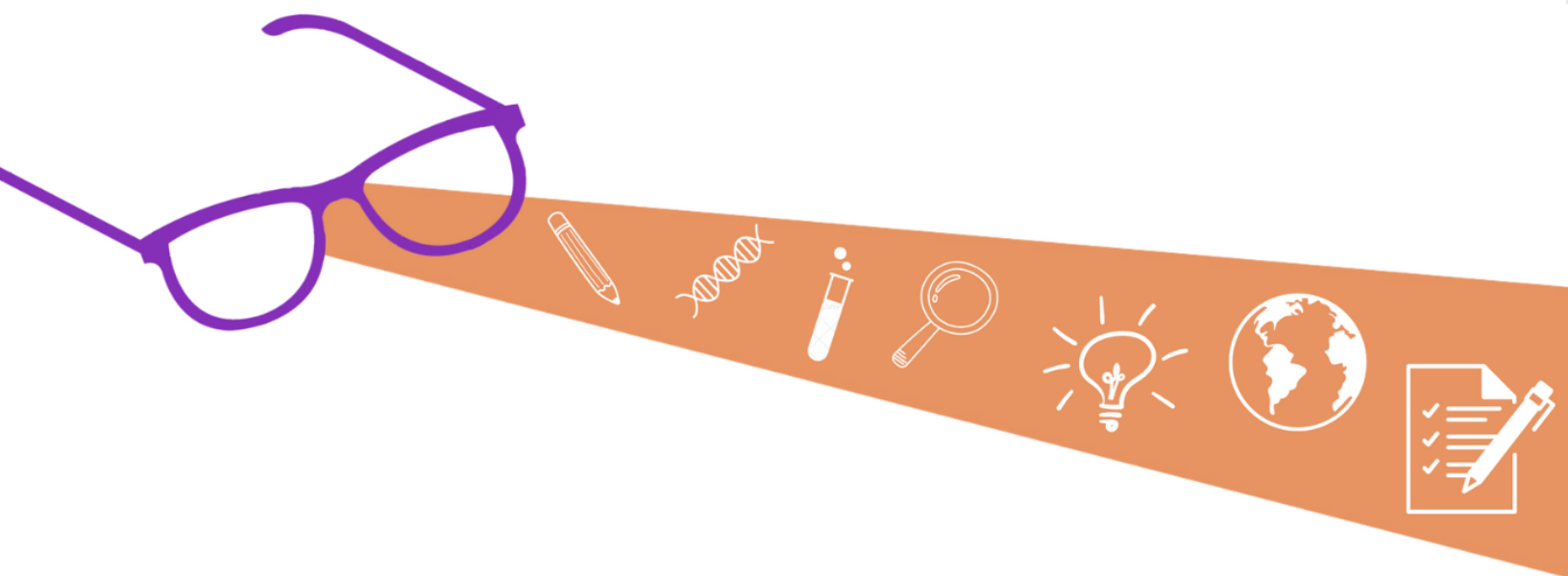


Per a una transformació ecosocial: Ulleres **ecofeministes** per mirar el canvi climàtic i els seus impactes des de **l'escola**



Marc Pérez Casals

**Màster de Formació del Professorat de Secundària Obligatòria
i Batxillerat, Formació Professional i Ensenyament d'Idiomes**

Especialitat en Biologia i Geologia

Tutora: Mireia Esparza
Juny del 2025



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Agraïments

Aquest treball no seria possible sense l'ajut de diverses persones que m'han acompanyat des del naixement d'aquest projecte.

Gràcies a la meva tutora, Mireia Esparza, per donar-me tanta llibertat, per donar-me suport i per motivar-me a continuar endavant.

Gràcies al Quique Vergara, per ser un referent en docència i haver-me ajudat i guiat per ser un professor crític i que estima la seva feina.

Gràcies a la Sandra Entrena, per confiar en mi i en la meua proposta esbojarrada ecofeminista i donar-me llibertat i confiança a l'aula.

Gràcies als meus pares, David i Mayte, pel seu suport incondicional i pel seu guiatge i, en especial, a la meua mare, per endinsar-me al fascinat món de l'educació i per ser una referent de la professió de la qual per fi podré dir que és la meua vocació.

Gràcies, Bernabé, per escoltar-me parlar durant in comptables hores del meu projecte, per fer-me costat i ajudar-me en tot moment. Per acompanyar-me pel camí que junts tracem.

Resum

Aquest treball presenta una proposta didàctica innovadora basada en l'ecofeminisme com a eix per abordar l'ensenyament del canvi climàtic a la matèria de Biologia de primer de Batxillerat. S'ha dissenyat una Situació d'Aprenentatge (SA) mitjançant l'Estudi de Cas Dirigit com a mètode pedagògic vertebrador de tot el projecte en què, el treball cooperatiu, és clau per assolir l'objectiu de fomentar un aprenentatge significatiu, crític i competencial. Per aconseguir-ho, s'integren els sabers científics amb una mirada ecosocial i feminista, promovent la presa de consciència sobre l'ecodependència i interdependència que té la nostra espècie. Alhora, posa en valor les competències lingüístiques com a part fonamental de la pràctica científica, especialment en la comunicació i divulgació del saber.

A través d'activitats com el joc de rol, l'escriptura d'articles científics i pràctiques de laboratori, l'alumnat construeix el coneixement i desenvolupa les eines necessàries per comprendre els impactes ecosocials de la crisi climàtica. Els resultats mostren una millora significativa del coneixement i la capacitat d'anàlisi de l'alumnat. Es conclou que aquesta proposta pot esdevenir un recurs valuós per a una educació crítica i transformadora, connectada amb els grans reptes del segle XXI.

Paraules clau

Ecofeminisme, Transició ecosocial, Canvi climàtic, Batxillerat,
Situació d'Aprenentatge, Estudi de Cas Dirigit.

Abstract

This project presents an innovative didactic proposal based on ecofeminism as a central axis for addressing the teaching of climate change within the biology curriculum of first-year upper secondary education. A Learning Situation (LS or SA in Catalan) has been designed using the Directed Case Study as the pedagogical backbone of the entire project. Cooperative work plays a key role in achieving the goal of promoting meaningful, critical and competency-based learning. To this end, the LS integrates scientific knowledge with an ecosocial and feminist perspective, fostering awareness of the ecodependence and interdependence of our species. At the same time, it highlights linguistic competences as a fundamental part of scientific practice, especially in the communication and dissemination of knowledge.

Through activities such as role-playing, scientific articles writing, and laboratory practice, students build knowledge and develop the tools needed to understand the ecosocial impacts

of the climate crisis. The results obtained show a significant improvement in student's knowledge and analytical capacity. It is concluded that this proposal can serve as a valuable resource for a critical and transformative education that responds to the major challenges of the 21st century.

Keywords

Ecofeminism, Ecosocial transition, Secondary Education, Climate change, Learning Situation, Directed Case Study.

Glossari

Ecofeminisme

Corrent de pensament i acció que vincula l'ecologisme i el feminisme, posant la vida i la cura al centre del model social.

Educació ecosocial

Enfocament educatiu integral que treballa el conjunt de crisis interrelacionades — ecològiques, climàtiques i socials— causades pel model de desenvolupament actual i promou la sostenibilitat ambiental, la justícia social i l'ètica de la cura.

Estudi de Cas Dirigit (ECD)

Metodologia dins de l'Aprenentatge Basat en Projectes (ABP) basada en escenaris reals que plantegen problemes científics i socials per resoldre col·lectivament.

Fruit final

Nom simbòlic per designar el resultat del procés d'aprenentatge, evitant la noció capitalista de “producte”.

Punt d'avituallament

Espai d'aturada dins la Situació d'Aprenentatge per revisar el procés d'aprenentatge i afavorir l'autoavaluació.

Taller

Nom assignat a les càpsules informatives de curta durada que imparteix la docent en algunes sessions.

Bastida

Recurs o suport didàctic temporal per facilitar l'autonomia de l'alumnat en tasques complexes.

Gamificació

Estratègia didàctica que utilitza elements del joc per augmentar la motivació i la implicació en l'aprenentatge.

Índex

1. INTRODUCCIÓ	7
2. OBJECTIUS	9
3. MARC TEÒRIC	9
3.1. UNA CRISI ECOLÒGICA I SOCIAL	9
<i>La translimitació planetària i el maquiavel·lisme del capitalisme.....</i>	<i>9</i>
<i>La invisibilitat de les cures.....</i>	<i>11</i>
<i>El desequilibri social en les afectacions climàtiques.....</i>	<i>12</i>
3.2. L'ECOFEMINISME: EL CAMÍ CAP A LA TRANSICIÓ ECOSOCIAL	13
3.3. ECOFEMINISME A L'ESCOLA	16
<i>Per una educació ecosocial</i>	<i>16</i>
<i>Mancances ecosocials del currículum</i>	<i>17</i>
<i>Pràctica docent: com aplicar l'ecofeminisme a l'aula?</i>	<i>19</i>
4. METODOLOGIA	21
4.1. APRENENTATGE BASAT EN PROJECTES: ESTUDI DE CAS DIRIGIT.....	21
4.2. JUSTIFICACIÓ DE LA SEQÜENCIACIÓ DE LA SITUACIÓ D'APRENENTATGE	23
4.3. APLICACIÓ DE LA SA I VALIDACIÓ DEL PROJECTE	26
5. RESULTATS.....	27
5.1. DOSSIER DE LA SA	27
5.2. DESENVOLUPAMENT DE LES ACTIVITATS	41
6. DISCUSSIÓ.....	54
6.1. ANÀLISI DE LES DADES DE LES ACTIVITATS APLICADES	54
<i>KPSI inicial i final</i>	<i>54</i>
<i>Qüestionari coneixements previs i taula "llapis al mig de taula"</i>	<i>56</i>
<i>Diàris d'Indagació</i>	<i>57</i>
6.2. TRACTAMENT DE L'ECOFEMINISME A LES PRÀCTIQUES	57
6.3. VALIDACIÓ EXTERNA.....	59
6.4. DISCUSSIÓ FINAL	60
7. CONCLUSIÓ.....	62
8. BIBLIOGRAFIA	64
9. ANNEXOS.....	68

1. Introducció

El canvi climàtic representa un dels majors desafiaments de la nostra era, amb efectes que impacten directament als sistemes ecològics, econòmics i socials d'arreu del món. Es tracta d'una crisi global sense precedents que posa en perill tot el que ens sosté com a espècie humana: la natura, els recursos que ens ofereix i la forma que tenim de relacionar-nos amb aquesta i entre nosaltres. Hem construït una cultura que mira la natura i les persones des de la superioritat, l'exterioritat i la instrumentalitat; una cultura que oculta la vulnerabilitat humana i invisibilitza les relacions i els treballs que fan possible la vida (FUHEM, 2021).

Aquesta complexa problemàtica de profunda desigualtat exigeix una resposta integral que no només abordi les causes i conseqüències del canvi climàtic, sinó que també promogui un canvi cultural profund orientat a una convivència sostenible, una vertadera transformació ecosocial. En aquest context, l'ecofeminisme emergeix com un corrent de pensament i acció transformadora que assenyalava les connexions entre l'explotació de la Terra i les opressions que pateixen les dones. És una proposta que no s'amaga darrere de la falsa neutralitat: denuncia, proposa i convida a vincular-nos amb la terra, amb les persones i amb el coneixement i l'aprenentatge (Herrero, 2022).

L'ecofeminisme aporta valors i pràctiques basades en la interdependència, l'ecodependència i la cura mútua, elements clau per construir un futur més equitatiu i respectuós amb el medi ambient. Com diu Yayo Herrero al llibre de *Educación para la sostenibilidad de la Vida: una mirada ecofeminista a la educación* (2022): «l'ecofeminisme és una proposta basada en el diàleg de sabers, la construcció col·lectiva i la transdisciplinarietat [...] que estimula l'adquisició de sabers i capacitats que haurien de ser esteses i assumides pel conjunt de les persones i institucions públiques i privades —entre elles, especialment les educatives— per intentar evitar el més que previsible col·lapse ecològic i social».

L'educació, per tant, esdevé una eina clau per sensibilitzar, formar i capacitar les noves generacions, oferint-los eines per comprendre i actuar davant d'aquesta crisi. Alhora, el sistema educatiu també forma part del problema: contribueix a mantenir invisibles aquestes interdependències i eco-dependències en una societat que viu desconnectada de la natura, on «la ficció de poder viure emancipats de la natura, del nostre propi cos o de la resta de persones, constitueix un eix central del projecte civilitzatori occidental» (Santiago Muíño, Riechmann, & Herrero, 2018).

Incorporar una mirada ecofeminista dins del context educatiu pot tenir un potencial transformador especialment rellevant. L'educació pot obrir noves maneres de veure,

comprendre i habitar el món, d'experimentar-lo i de gaudir-lo; pot il·luminar l'invisible o enfosquir creences, combatre opressions o aixafar desitjos i possibilitats de vida, alliberar o sotmetre. L'aprenentatge ens inscriu al món i, alhora, fa que el desbordem, que el contestem, que desitgem transformar-lo (Garcés, 2020).

Cal, però, un objectiu clar i cal fixar-lo a l'inici de la intenció educativa per aconseguir que els camins de l'educació transformin i no destrueixin, que construeixin i assegurin una societat més justa, igualitària, empàtica i ecodependent. Cal reflexionar sobre si l'educació actual permet assolir coneixements que preparin a les noves generacions per a un futur millor. Reflexionar sobre si el que s'ensenyava té un propòsit transformador o bé transmissiu i reproductor de coneixements. Reflexionar sobre quins valors i competències cal ensenyar per assegurar la sostenibilitat de la nostra espècie sense renunciar a l'essència que ens fa ser qui som. «És necessari plantejar-se una finalitat per a l'educació si no volem assistir al final de la mateixa» (Postman, 1999).

És per això, que, aquest treball de final de màster, planteja un projecte d'innovació educativa a través de l'elaboració d'una situació d'aprenentatge (SA) per a estudiants de 1r de Batxillerat científic que integra els sabers curriculars d'ecologia, medi ambient i canvi climàtic en la matèria de Biologia. Es pretén tractar aquests sabers i les competències associades al seu aprenentatge a través d'un eix vertebrador de perspectiva ecofeminista que permeti integrar de forma holística els coneixements curriculars esmentats amb els valors socials, humanistes i ambientals que integren els ecofeminismes.

L'objectiu és oferir a l'alumnat noves maneres d'entendre la crisi climàtica i repensar el seu paper en la transformació social per a la capacitat d'una transició cap a la sostenibilitat. La SA pretén promoure una comprensió crítica del canvi climàtic, alhora que fomenta la reflexió sobre les desigualtats de gènere i les relacions de dominació presents en aquest fenomen. El propòsit últim és que les estudiants adquireixin eines i valors per esdevenir agents actius en la construcció d'una transició ecosocial justa i sostenible.

2. Objectius

Es proposa un objectiu general per a aquest projecte:

- 1- Incorporar l'**ecofeminisme** a l'educació formal com a model humanista i ecològic per posar de manifest la **importància** de la transformació de la societat per a la **transició ecosocial**.

Alhora, per assolir l'objectiu general, se'n proposen 3 d'específics:

- a. Dissenyar una **situació d'aprenentatge com a projecte d'innovació docent** per oferir una **nova forma** de tractar els sabers curriculars d'ecologia, medi ambient, canvi climàtic i sostenibilitat a través de l'ecofeminisme com a eix holístic i vertebrador dels continguts que aconsegueixi, alhora, la capacició i participació activa de l'alumnat.
- b. **Proposar i aplicar tècniques pedagògiques** per millorar l'aprenentatge en tota la diversitat d'alumnat i que aquest sigui significatiu.
- c. **Validar la situació d'aprenentatge** comprovant-ne la qualitat i funcionalitat per assegurar l'aprenentatge significatiu de l'alumnat.

3. Marc Teòric

3.1. Una crisi ecològica i social

La translimitació planetària i el maquiavel·lisme del capitalisme

Quan la humanitat passava per la dècada dels 1980, amb una edat joveníssima de poc més de dos-cents mil anys, va ser quan va travessar una línia vermella impensable i sense precedents.

Es parla aproximadament d'aquesta data perquè, el capitalisme globalitzat —amb la revolució industrial com a pare del model socioeconòmic—, «va “perfeccionar” els mecanismes d'apropiació de terra, aigua, energia, animals, minerals, urbanització massiva, privatitzacions i explotació del treball humà» (Herrero, 2022), arribant a la translimitació dels recursos que extraïem del planeta per alimentar una economia falsament venuda com a infinita.

Però el creixement econòmic té una data de caducitat i és més propera del que es vol fer creure. El declivi energètic i dels minerals, la desorbitada generació de residus, el canvi climàtic i l'alteració dels cicles naturals ho imposen (Herrero, 2013).

Aquesta realitat planteja un únic escenari futur: el decreixement, l'inevitable final. Ara bé, per arribar a aquest escenari es pot fer a través de dos camins molt diferents per la repercussió que tindrà a les societats humanes: hi podem anar a través d'un precipici —el col·lapse dels sistemes naturals, econòmics i socials—, o bé pel camí segur i bell —el decreixement controlat, planificat, just i pacífic—, però el requisit d'aquesta segona via és que comencem com més aviat millor perquè, de fet, ja anem tard.

Per justificar el primer camí —el precipici— es ven la concepció falsa que la tecnologia ens traurà del forat en el qual estem caient, però aquest discurs no és més que una fal·làcia que pretén dominar la incontrolabilitat de la natura. Aquest domini s'origina amb el naixement de l'empirisme amb Francis Bacon, que va començar a usar metàfores relacionades amb la tortura per descriure el procés científic, suggerint que la naturalesa havia de ser "forçada" a sotmetre's a l'interrogatori del científic per revelar els seus secrets mitjançant l'experimentació (Merchant, 2008). Aquesta perspectiva reflecteix una actitud de dominació sobre la naturalesa per extreure'n coneixement útil en ser concebuda com un sistema de parts inerts i, per tant, prestada a ser manipulada i controlada.

Com a resultat, va néixer un optimisme tecnològic del qual s'aprofita i s'alimenta el model econòmic actual principal. D'aquesta forma, el capitalisme deixa de ser un sistema econòmic i es converteix, també, en un de social i antropològic que modela el pensament, creences i actituds de la gent de la qual s'alimenta per sobreviure, una vertadera filosofia perversa. «Des d'aquesta perspectiva, allò que s'ha anomenat desenvolupament es transforma en explotació d'éssers vius, també humans, i en deteriorament ecològic» (Herrero, 2022).

El decreixement només pot tenir lloc si es realitza de forma global, justa i igualitària, però, també, de forma ininterrompuda. Això significa un compromís planetari —una tasca titànica— que necessita una transformació de les societats més responsables d'aquest declivi climàtic, les més riques i tecnològicament desenvolupades —una tasca quasi utòpica—. En aquest context, la transició cap a la sostenibilitat sembla impossible en un model que encoratja les desigualtats socials, que premia el consumisme, que es val de l'extractivisme per funcionar, que potencia l'individualisme com a valor humanista i que, alhora, invisibilitza tots els impactes negatius que genera per mantenir a les persones del sistema com a veritables presoners del capitalisme, això sí, sempre "feliços" i "ben cuidats".

Ara bé, aquelles persones que no són "productives" per al sistema, són les primeres que viuen els impactes i les conseqüències socioecològiques que genera el mateix. Aquestes afecten desproporcionadament les persones més empobrides, als subjectes

racialitzats i a les dones, especialment vulnerables i responsables del manteniment quotidià i generacional de la vida (Martí Comas, 2025).

La invisibilitat de les cures

Amb la revolució industrial i el creixement del capitalisme, es van produir una sèrie de transformacions en l'ús i explotació de materials naturals, però també va modificar les concepcions socials, que van calar profundament en el pensament, hàbits i valors de les persones, corrompent el sistema de dues formes diferents però íntimament relacionades.

La primera té a veure amb l'explotació de recursos naturals. El mercat, en reduir el concepte de valor al preu, comptabilitza les externalitats negatives (com l'esgotament de recursos o l'alteració dels cicles naturals) sense valorar si el que es produeix és necessari o no i, d'aquesta forma, confon la producció amb la simple extracció (Naredo, 2006). Aquesta forma de mesurar i valorar ha provocat la independència de la producció respecte a la materialitat de la Terra i les necessitats humanes (Herrero, 2013). Vendre armament o contaminar un riu comptabilitzen com a riquesa, mentre que la pau o la conservació de la natura poden no influir en els indicadors econòmics (Pérez Orozco, 2006). Però quant val l'assimilació de diòxid de carboni per part dels embornals de carboni?, i la pol·linització dels insectes? En no tenir un valor monetari, aquests serveis ecosistèmics queden exclosos de l'economia i oblidats de la moral social, creant una falsa sensació d'independència de la natura.

La sega forma té a veure amb l'exclusió de l'economia de les feines relacionades amb les cures així com els treballs de reproducció social que promouen l'ordre social patriarcal (Federici, 2010). El motiu és que els indicadors econòmics convencionals no són capaços de comptabilitzar com a riquesa els béns i treballs imprescindibles des del punt de vista del benestar social (Herrero, 2013), com ara cuidar, mantenir, netejar, alimentar, reproduir, etc., que, majoritàriament, es continuen realitzant gratuïtament per la natura mateixa i per les dones (Grupo de Ecofeminismo, 2011).

«Aquesta divisió ha resultat molt funcional al mercat perquè permet l'aïllament de l'espai domèstic no monetitzat respecte a l'espai visible de l'economia. [...] L'espai públic és l'espai de la producció i el privat el de la reproducció. Aquest darrer passa a considerar-se residual, secundari o simplement invisible» (Herrero, 2013).

Aquesta repartició de tasques no es deu a una atribució "natural" del gènere femení i ni molt menys s'ha assignat de forma atzarosa o lliure. Tot i que, en alguns discursos aquesta responsabilitat s'hagi vinculat a una pretesa essència amorosa femenina, no és una qüestió

de simple altruisme, sinó que ha estat imposada pel patriarcat a partir del deure i de la por (Mellor, 1997).

El desequilibri social en les afectacions climàtiques

La crisi climàtica, per motius físics i biològics —efecte albedo, gruixos diferents de l'atmosfera, incidència de la llum solar, biodiversitat...— no afecta de la mateixa forma a tot el planeta, però la resiliència de les societats i la seva capacitat d'adaptació als seus efectes són els vertaders factors que determinen els impactes que poden patir. Evidentment, les repercussions d'una sequera no seran les mateixes en un poblat indígena que en una ciutat occidental —de fet, els pobles indígenes són a la primera línia dels efectes del canvi climàtic (Survival, 2009)—. No obstant això, viure en una gran ciutat tampoc garanteix la protecció de tots els seus habitants perquè, de fet, s'ha estudiat que un percentatge cada vegada més gran de desequilibri social provocat per les afectacions climàtiques afecta en les persones pertanyents als sectors més desprotegits dels països enriquits (Herrero, 2022).

S'hi suma, a més, la bretxa de gènere, com algunes organitzacions han demostrat —incloent-hi les Nacions Unides—. Segons la UICN, hi ha un impacte diferenciat dels desastres naturals sobre les dones i la infància, de manera que aquestes moren en números més elevats que els homes adults (International Union for Conservation of Nature (IUCN), s.d). Un cas paradigmàtic, per exemple, és el del tsunami que va assolir les costes de l'Oceà Índic el 2004, en què el 70% de les víctimes mortals van ser dones (Okai, 2022).

Un cop més, la desigualtat esmentada no és atzarosa ni trivial, sinó que té un origen cultural i social, com ara la posició econòmica desafavorida de les dones, el menyspreu dels seus drets socials i els rols de gènere i les seves tasques, imposades pel patriarcat. Per exemple, en el cas del tsunami, es va atribuir una mortalitat més gran a les dones al fet que, per rols de gènere, no sabien nedar. També, després de l'huracà Katrina, el 80% de les persones que no van ser evacuades van ser dones, les quals no van poder o no es van voler traslladar a causa de les seves responsabilitats com a cuidadores (Aguado Caso, y otros, 2022).

En els països empobrits, les dones són més vulnerables als efectes de l'escalfament global perquè normalment els seus mitjans de vida depenen primordialment del medi natural com a agricultores i com a proveïdores (Aguado Caso, y otros, 2022). Gran part de la responsabilitat de produir i processar aliments i de garantir el manteniment de les seves llars recau en elles. Per això pateixen de manera més profunda l'impacte del clima extrem,

la desaparició de l'aigua, la degradació de la terra i els desplaçaments forçosos (Herrero, 2022).

Al repartiment territorial desigual en l'ús d'aquests béns s'hi suma la seva distribució, fortament polaritzada. Amb el deteriorament ambiental, l'accés de les dones als recursos bàsics es fa més complex a les zones rurals, però també a les zones urbanes (Grupo de Ecofeminismo, 2011). Per exemple, a l'onada de calor que va assolar Europa el 2003, el percentatge de morts entre dones (d'edat avançada) va ser més elevat que entre homes (International Union for Conservation of Nature (IUCN), s.d).

De fet, un estudi realitzat a Espanya demostra que les dones són més vulnerables que els homes a la calor. A banda de les diferències fisiològiques, també hi influeixen factors socials atribuïts al gènere, com per exemple, la forma de vestir-se, d'organitzar-se el treball o per la forma que està establerta la temperatura de confort a l'interior dels edificis (basada en estàndards masculins) (Navas, y otros, 2022). A més, també s'han estudiat efectes indirectes, com per exemple, en el cas de dones embarassades, que hi ha una associació entre l'increment de temperatures i el nombre de parts prematurs o el baix pes dels nadons (Virgina Arroyo et al., 2016).

No és estrany, doncs, que les dones adquireixin un rol protagonista en la defensa del territori i la natura davant dels interessos corporatius. Tampoc no és difícil imaginar per què la violència contra les defensores de la terra no deixa d'augmentar. De fet, entre 2012 i 2014 les agressions contra defensores a Mesoamèrica es van duplicar (García Torres, 2018). Un exemple tràgic d'aquesta realitat és Berta Cáceres, activista lenca assassinada el 2016 per oposar-se a la construcció d'una presa al seu territori. La seva mort simbolitza la impunitat amb què operen molts projectes extractius, així com la resistència activa de les dones que defensen la vida (Global Witness, 2017).

De la dominació històrica, constant i agressiva per part del patriarcat a les dones i a la natura sorgeix un moviment de denúncia i de protesta, l'ecofeminisme.

3.2. L'ecofeminisme: el camí cap a la transició ecosocial

La primera vegada que es va fer servir el terme ecofeminisme, va ser el 1974 per Françoise d'Eaubonne, que en el llibre «*Feminismo o la muerte*» demostrava la profunda relació entre la superpoblació humana, la devastació de la naturalesa i la dominació masculina. Des de llavors, ha estat un corrent de pensament i un moviment social que ha anat prenent força, però, de fet, no es tracta d'un moviment sol, sinó que es parla de

múltiples ecofeminismes sorgits en diverses societats i cultures al llarg de centenars d'anys per denunciar diferents injustícies comunes.

L'ecofeminisme «clàssic», segons Alicia Puleo, defineix l'oposició de la naturalesa femenina materna i dedicada a les cures de la vida amb una masculinitat agressiva i guerrera (Puleo, 2004), però aquesta concepció va generar rebuig a un feminisme que buscava la igualtat entre homes i dones en lloc de tractar de separar-los.

És difícil trobar l'origen en què el repartiment de tasques es divideix entre ambdós gèneres. Desmentint la idea que ja al paleolític les dones eren recol·lectores i els homes caçadors gràcies a estudis recents (Haas et al., 2020), es podria considerar que el trencament entre persones i natura i, alhora, la separació de tasques entre homes i dones, es dona a la Grècia Antiga. A la democràcia atenesa, el polític era l'home lliure que tenia el poder de decidir i organitzar la vida comuna. Mentrestant, les dones ocupaven el seu lloc en l'espai domèstic i de reproducció social i, els esclaus i esclaves, de forma obligada, cultivaven, pescaven i extreien materials de la natura per mantenir les condicions de vida. Igualment, els "homes filòsofs" eren els únics que tenien la condició de ciutadans (Herrero, 2022). De fet, el mateix Sòcrates va separar l'ànima del cos, l'humà de la natura. D'aquesta forma, l'home (mascle) s'allibera de les seves responsabilitats i obligacions terrenals: de cuidar els altres i de si mateix, de cuidar la casa i l'alimentació de la família, de cuidar la descendència i l'ascendència. La consolidació d'aquesta visió irreal de la identitat humana, utilitzada com a legitimació del domini, ha conduït a la civilització destructiva actual (Plumwood, 1993).

Resumir tants segles d'abús, menyspreu, degradació social, subordinació i invisibilització de les dones no és l'objectiu d'aquest treball. No obstant això, per contextualitzar d'una forma profunda però breu el per què del sorgiment del moviment ecofeminista de denúncia al capitalisme i al patriarcat, es farà un repàs des de la segona revolució industrial (1870-1914) de com, ambdós factors, han explotat la natura i els cossos de les dones per al seu profit, resumit de l'article «Menos para vivir mejor. Ecofeminismos, anticapitalismo y mundo urbano» (Grupo de Ecofeminismo, 2011).

A mesura que els canvis tecnològics acceleraven, es transformaven els rols de gènere i la vida quotidiana. Les tasques es dividiren entre llar i feina, reproducció i producció, imposant un model territorial que també va reorganitzar la urbanització. Les ciutats es van ampliar i segmentar físicament i socialment, definint l'ordenació territorial de tot el món fins als nostres dies, un model que predisposa al consum massiu fruit d'un creixement econòmic que sobreviu de l'explotació de les colònies i les desigualtats que aquest mateix genera.

A més, la urbanització va desplaçar les dones amb treball agrícola cap a la gestió domèstica basada en un model de consum infinit. Potenciat i promogut a través dels mitjans de comunicació dirigits a les “noves dones urbanes”, apareix la indústria conservera, les tècniques de refrigeració i l'agricultura a gran escala, incentivant la compra d'electrodomèstics (amb una gran demanda energètica), promovent una neteja excessiva de les llars i la compra excessiva de productes alimentaris i comercials. Les dones, a partir d'ara, han d'ocupar-se d'alimentar la família pagant diners en lloc de cultivar elles mateixes el menjar, fet que, lluny d'alliberar-les, va reforçar la seva responsabilitat en la cura de llars, ara, insostenibles i va minvar la seva autosuficiència i eficàcia.

L'expansió de les ciutats, també va provocar la desaparició de xarxes comunitàries de suport, fent augmentar l'exigència de les tasques domèstiques i convertint a aquestes i als desplaçaments en accions contaminants amb l'ús de productes químics i transport motoritzat respectivament. I malgrat que el temps disponible per a les tasques de cures es va veure acotat amb la incorporació de les dones al món assalariat als anys 1970, no es va produir un repartiment equitatiu d'aquestes tasques, ni a les llars ni al conjunt de la societat, que van continuar sent assumides per les dones amb jornades dobles (dins i fora de casa), retallant el temps de vida privada o externalitzant el treball de cures cap a altres persones subcontractades —majoritàriament dones immigrants o de classes socials desfavorides—

En definitiva, i en paraules de Vandana Shiva —científica, ecofeminista i activista índia— i Maria Mies —sociòloga i escriptora alemanya—, els ecofeminismes denuncien les societats industrials extractivistes, que han estat i continuen construint-se i mantenint-se per mitjà de la subordinació de les dones, de la colonització dels pobles “estrangers” i de les seves terres, i de la natura» (Shiva & Mies, 1997). Mentrestant, els seus coneixements i saviesa són menyspreats o invisibilitzats i es reforça la divisió occidental entre cultura i natura i entre raó i cos, desencadenant el deteriorament dels territoris i els ecosistemes (Bosch, Carrasco, & Grau, 2005).

En conclusió, per poder escapar de les dinàmiques socials de disbauxa mogudes pel patriarcat i el capitalisme i, així, assegurar una vida digna i justa per a les generacions del futur, cal transformar l'ètica i la lògica de les generacions presents. Per aconseguir-ho, l'educació sembla ser l'única eina que pot aconseguir una vertadera transformació ecosocial.

3.3. Ecofeminisme a l'escola

Per una educació ecosocial

Ara més que mai, es necessita una educació que, en lloc de perpetuar una cultura que arrabassi els drets socials i naturals de les generacions futures, es fonamenti en la recerca del sosteniment de la vida. Una educació que situï la vida al centre de la reflexió i de l'experiència, que permeti imaginar, construir i experimentar alternatives al model socioeconòmic en el qual vivim. «El món serà molt diferent de com ha sigut fins ara i, si és així, no es pot continuar educant com si no passés res» (Herrero, 2022).

Com visibilitza FUHEM en el llibre *«Educar para la transformación ecosocial»* (2021), l'educació formal ha treballat els temes ecosocials amb una fracció restringida de l'alumnat, en gran mesura amb aquell que escollia la matèria de Ciències de la Terra i del Medi Ambient a batxillerat o amb aquell que tenia la sort de tenir un professorat sensibilitzat al respecte. Però si la crisi ecosocial és una problemàtica central i una amenaça per a la vida, per què l'ensenyament dels seus continguts queda circumscrit a una matèria optativa i, a més, limitada al batxillerat científic?

La interconnexió dels múltiples factors ecosocials que implica la crisi climàtica és gairebé impossible de treballar a l'aula sense un enfocament holístic i interdisciplinari. La fragmentació i l'especialització en matèries d'aquests coneixements suposa una de les limitacions més grans de l'educació (FUHEM, 2021). Si la crisi actual és polièdrica, la resposta també ho ha de ser (Gutiérrez Bastida, 2022).

Com a solució, es proposa l'educació ecosocial, un model que posa èmfasi en l'estudi integral de la problemàtica climàtica, que té en compte les dimensions física, emocional, intel·lectual, espiritual, social i ètica de les persones i que està encaminada a indignar, educar i capacitar per canviar realitats i contextos (Gutiérrez Bastida, 2022). «L'educació haurà de fer que els i les estudiants siguin més resilents als canvis inevitables que hauran de resoldre en el futur» (Assadourian, 2017).

D'aquesta forma, no només s'oferirà eines a l'alumnat per comprendre i estar en el món, per analitzar i criticar la realitat, per reflexionar èticament les seves accions i relacions (FUHEM, 2021); sinó que també li servirà per convertir-se en un agent de canvi actiu (Gutiérrez Bastida, 2022) que vetlli per la cura de les persones i de la natura.

Així doncs, si es pretén que les escoles siguin promotores de la transició ecosocial, cal un canvi en dos pilars clau: què s'ensenyà i la forma en què es fa. Dit d'una altra forma, cal replantejar els continguts del currículum, ja que, a la majoria dels centres, els sabers bàsics

s'apliquen a les aules gairebé sense cap reflexió crítica (González Reyes & Gómez Chuliá, 2022); però també cal repensar la pràctica docent diària.

Per aquest motiu, a continuació s'analitzaran quines mancances té el currículum en els terrenys ambiental i social que dificulten un aprenentatge significatiu i integral de la magnitud de la crisi ecosocial i, posteriorment, es parlarà sobre com l'ecofeminisme és una porta d'entrada a la transició ecosocial per a l'educació formal.

Mancances ecosocials del currículum

Es té la preocupació fonamentada que el que s'aprèn no prepara per a un futur millor (Herrero, 2022) i el canvi del currículum i l'enfocament de l'ensenyament a partir de contextos de l'any 2022 volen donar resposta a aquest dubte. Però, la reforma educativa que té lloc a tot el sistema espanyol s'ha basat en un marc ecosocial prou profund? És a dir, el nou currículum pretén una transformació moral de les joves estudiants per a una mobilització que assegurí un futur més just i sostenible?, o bé s'ha quedat ancorat en la transmissió de sabers amb una nova etiqueta de "sostenibilitat"? Hem d'educar perquè les persones comprenguin els grans desafiaments que ha plantejat la crisi climàtica, però, també, perquè un cop adquirits els coneixements, valors i habilitats, s'organitzin per enfrontar-los. El canvi només podrà tenir lloc si es tracten les injustícies socials i ambientals des del mateix currículum per arribar a la profunda comprensió dels impactes que genera, i generarà, la crisi climàtica en els sistemes humans i naturals i l'amenaça que representen.

Són varies les autores i els autors que s'han proposat analitzar quines mancances té el nou currículum, en especial, en la matèria de Biologia.

José Manuel Gutiérrez Bastida —mestre i pedagog especialitzat en educació ambiental—, en el context de l'Educació Ambiental (EA), analitza els punts en què aquesta ha fallat en els darrers cinquanta anys. Referint-se expressament a l'educació formal diu: «moltes experiències d'EA s'han centrat exclusivament [...] en el que és ecològic [...] i hem dedicat poc o gens de temps a fomentar la comprensió de les causes dels problemes ambientals» (Gutiérrez Bastida, 2019).

Yayo Herrero i el seu equip, a més, han estudiat quins són aquests aspectes ambientals mancants en el currículum (Herrero, 2022). En general, el currículum espanyol presenta greus mancances en el tractament de la crisi ecosocial, ja que no només la minimitza o oculta, sinó que fins i tot perpetua visions del món insostenibles i proposa falses solucions. Els continguts legitimen un model econòmic basat en el creixement il·limitat, subordinant la natura i la vida al mercat sense qüestionar-ne els impactes negatius al medi ambient o les

desigualtats socials i la injustícia. Quan es mencionen els problemes ecològics, es fa sense vincular-los a les seves causes estructurals, i les solucions proposades són individuals i insuficients o irrelevantes.

A més, la història es presenta com un camí lineal d'avenç i millora, on les societats no occidentals són considerades endarrerides i s'ignoren les relacions de dominació, explotació i saqueig dels països enriquets respecte als empobrits. Es menyspreen les pràctiques i cultures sostenibles, mentre que els llibres de text ometen els límits físics del planeta i la necessitat de decreixement, legitimant que el creixement econòmic no ha de tenir cap mena de trava.

En conclusió, si ha de ser la matèria de Biologia i la Geologia l'encarregada de transmetre tots aquests coneixements, ha de tenir la responsabilitat d'introduir i prioritzar aquells aspectes que permetin comprendre què significa la crisi ecosocial actual i analitzar els elements que poden contribuir a construir una societat més justa, alliberada de relacions de dominació i que busqui solucions davant de les diverses problemàtiques ambientals per fer conscient l'alumnat de la dependència de la nostra espècie de les persones i de la natura (FUHEM, 2021).

Per un currículum ecosocial

Un currículum ecosocial ofereix recer a les invisibilitats del currículum oficial de les quals se n'ha parlat, però, a més, també busca organitzar els continguts de la crisi global i els problemes ecosocials com a objectes d'estudi (Gutiérrez Bastida, 2020) per desenvolupar en l'alumnat les habilitats i actituds necessàries per implicar-lo i empoderar-lo i, al mateix temps, capacitar-lo per buscar solucions de manera cooperativa, per dialogar-les i també per justificar-les.

Alhora, també és vital remarcar que, així com la inclusió d'aquests nous sabers i competències en el currículum és important, tot això mancaria de sentit sense una avaluació focalitzada en els aspectes ecosocials, ja que, sense aquest abordatge curricular, el missatge que es transmetria és que, en realitat, aquests temes no són centrals (FUHEM, 2021).

Hi ha una forma d'incloure tots aquests sabers, competències i objectius pedagògics i formadors ecosocials en la perspectiva educativa: l'ecofeminisme. «La perspectiva ecofeminista ajuda a donar una nova visió, ja que implica la revisió d'una sèrie de dualismes vertebradors del nostre pensament: naturalesa-cultura, animal-humà, afectivitat-intel·lecte, cos-ment... (Puleo, 2015).

De fet, el que es proposa no és un canvi curricular, sinó un canvi de perspectiva: mirar l'educació a través d'unes ulleres ecofeministes per transformar-la en una d'ecosocial. Per aquest motiu, en el darrer punt d'aquest *Marc Teòric* es parlarà de com, a través d'una perspectiva ecofeminista en la pràctica educativa, es pot treballar un currículum i una ètica ecosocial.

Pràctica docent: com aplicar l'ecofeminisme a l'aula?

Educar a través de l'ecofeminisme significa visibilitzar les injustícies socials i de gènere que mouen les societats riques i les explotacions del medi natural que les alimenten. Vol dir fer reaprendre la interdependència i ecodependència que ens han definit com a espècie al llarg de la nostra història; educar per ser feliços, posar la vida al centre de les nostres preocupacions i exposar nous hàbits i costums que no comprometin la sostenibilitat i que reforci l'ajuda mútua. Significa desmantellar l'antropocentrisme, el masclisme i el capitalisme substituint-los per l'ecocentrisme, el feminisme i el decreixement.

Per tal de fer-ho possible, cal que els i les docents canviïn no només els continguts, sinó, també, la forma en què ensenyen. Les competències, actituds i hàbits són transmesos a través de la imitació (Bandura, 1977), per tant, cal que el professorat prediqui amb l'exemple.

Tal com s'ha justificat en l'apartat anterior, és vital que l'alumnat es formi d'una manera integral, destacant tot el relacionat amb allò afectivosocial per construir persones amb els mateixos drets i oportunitats (Abasolo & del Pozo, 2015). Però és impossible educar amb aquests objectius si, dins de les escoles, encara hi ha tendències o pensaments masclistes entre l'alumnat. Un cop més, el currículum n'és un dels responsables, ja que si no es pretén incloure aquestes visions dins dels tractaments curriculars, la programació generalista de les matèries, juntament amb una orientació del professorat asèptica, dona com a resultat un alumnat ni feminista ni masclista (Rodríguez, Martín, Salobral, Abasolo, & del Pozo, 2015). Però un alumnat que no és masclista no significa que sigui feminista, i aquí radica el problema. A l'estudi «Jóvenes y género. El estado de la cuestión» (Megías Quirós & Ballesteros Guerra, 2015), es realitzen afirmacions difícils d'encaixar, com que gairebé el 30% dels homes d'entre 12 i 24 creu que «quan la dona és agredida pel seu marit, alguna cosa deu haver fet ella per provocar-ho» i, a més, que la violència dins de casa és un «assumpte de la família» i que «no n'ha de sortir». Això significa no ser ni feminista ni masclista per a aquests autors.

És per això, que els centres educatius han de vetllar per una coeducació amb perspectiva de gènere optant per una transversalització en totes les matèries del cabal de coneixements d'investigacions feministes. Nieves Salobral Martín (2015) ens proposa fer-ho afegint l'ordre cultural del domini masclista en els sabers curriculars i treballant les mateixes inclinacions de l'alumnat, en els seus coneixements i emocions, així com en les seves orientacions i expectatives, tot, a través de píndoles d'humor crític.

Finalment, un bon ensenyament actitudinal, també pot recaure en el ritme en què s'ensenyava. Al llibre «Elogio de la educación lenta», Joan Domènech defensa que l'educació lenta és un paradigma que no pretén fer les coses a poc a poc, sinó saber trobar el temps just per a cadascú i per a cada moment i aplicar-lo a cada activitat pedagògica (Domènech, 2009).

Donar un sentit educatiu a la noció del temps transmet un aprenentatge molt potent, relacionat amb els ritmes naturals de la Terra i de les cures humanes. L'alimentació, la defecació, el son, la higiene... totes les cures comporten ritmes que corresponen a fins diferents de la producció o l'obtenció de beneficis. El treball domèstic exigeix una altra relació amb el temps, i quan aquests tempos es veuen forçats, les persones es posen malaltes, de la mateixa manera que ho fan els ecosistemes quan s'acceleren els ritmes de regeneració natural (Grupo de Ecofeminismo, 2011).

L'experiència de viure en lentitud, inusual en la nostra cultura de velocitat, pot portar aprenentatges fonamentals, com l'aprenentatge de la complexitat (Herrero, 2022), així com obrir el camí al jovent al compromís amb les generacions futures i a la capacitat de pensar escapant del curt termini dominant (Domènech, 2009).

En conclusió, l'ecofeminisme és una oportunitat per reaprendre que som vida vulnerable i inserida en una trama complexa, per esmenar "l'analfabetisme ecològic" fundacional de la civilització industrial que ensenya a mirar la natura i els nostres cossos com si estiguéssim flotant fora d'ells, una oportunitat per aprendre a mirar des de "dins de la vida i de la Terra" i per visibilitzar les relacions de cura mútua com a indefugibles per sostenir les vides. Tot això, com diu Yayo Herrero (2022), és un exercici de rebel·lia i desobediència, però, també, d'amor.

4. Metodologia

4.1. Aprenentatge Basat en Projectes: Estudi de Cas Dirigit

Hi ha diversos mètodes pedagògics que permeten el tractament més complet de les necessitats educatives ecosocials pel seu ensenyament competencial i actitudinal. Un d'ells, destacable també per la flexibilitat curricular i participació activa que ofereix, és l'Aprenentatge Basat en Projectes (ABP).

Aquesta Situació d'Aprenentatge sobre Canvi Climàtic ha estat dissenyada per al curs de 1r de Batxillerat Científic i forma part d'un binomi amb una SA sobre Ecologia ja dissenyada i que l'alumnat haurà fet prèviament, en què l'estructura pedagògica principal és la Indagació científica. En canvi, l'eix científic vertebrador de la programació de la SA d'aquest treball és l'Estudi de Cas Dirigit, un tipus específic d'ABP, per la qual se segueix un ordre lògic de complexitat i sofisticació de les competències científiques requerides. D'aquesta forma, tots els sabers adquirits sobre ecologia, així com tots els coneixements, actituds i procediments assolits sobre Indagació, són la base per comprendre els impactes ecològics, ambientals i socials de la crisi climàtica per, d'aquesta forma i un cop finalitzades ambdues situacions, tenir una comprensió profunda de la crisi ecosocial actual.

L'Aprenentatge Basat en Projectes és una metodologia activa que permet tractar les problemàtiques ecosocials amb la seva magnitud holística completa, que parteix de l'ensenyament de la profunditat de la realitat que viu l'alumnat i que es proposa la recerca de respostes a problemes relacionant-los amb el seu àmbit experiencial a través de la indagació, la investigació, el contrast d'informació i l'experimentació (FUHEM, 2021).

Per la seva naturalesa, l'ABP és un model que “simula” la ciència en l'àmbit escolar com cap altra metodologia pedagògica de les ciències, incorporant l'anàlisi i interpretació d'evidències, la formulació de preguntes, la modelització científica i la reflexió crítica, etc.

En definitiva, aquesta metodologia respon a les necessitats competencials que la reforma educativa demana, i ho fa, a més, amb el desenvolupament de les tres dimensions que defineixen la competència científica: la dimensió conceptual (identificar, interpretar i usar models científics), la dimensió procedimental (ús d'habilitats de raonament científic per analitzar dades, formular preguntes investigables, formular hipòtesis, dissenyar experiments, fer prediccions, extreure conclusions...) i la dimensió epistèmica (creació de coneixement científic: argumentació, validació d'informació, comunicació...); totes tres dimensions es poden resumir en les següents preguntes: «Què en sabem?», «Com sabem

el que sabem?» i «Com sabem que sabem el que sabem?», respectivament (Domènech-Casal, 2019).

La tipologia específica d'ABP que s'ha escollit és l'Estudi de Cas Dirigit (ECD), ja que ofereix un marc didàctic ideal per desplegar un aprenentatge profund, crític i competencial dels continguts de canvi climàtic i ecofeminisme. En l'ECD, es proposa a l'alumnat un escenari, una situació contextualitzada (real o versemblant) amb proves a interpretar que inclouen un problema a resoldre (Wasserman, 1994). De fet, com va definir-ho Jordi Domènech Casal: «un estudi de cas s'assembla molt a l'escena d'un crim: una sèrie d'evidències disponibles per reconstruir (i eventualment resoldre) un problema. Per fer-ho, és necessari usar conceptes per interpretar l'escenari, pensar científicament per fer deduccions, determinar si ja n'estem prou segurs o ens calen més evidències...» (Domènech-Casal, 2019). En definitiva, un territori didàctic en el qual es despleguen còmodament les tres dimensions de la competència científica. Les característiques clau d'aquesta metodologia són:

- El punt de partida és una situació real o versemblant que incorpora conflictes o dilemes científics i socials.
- Les evidències s'aporten progressivament al llarg del procés, fet que permet a l'alumnat reformular hipòtesis i revisar explicacions (dimensió epistèmica).
- La resolució del cas requereix l'ús de conceptes científics, el disseny d'experiments i l'argumentació en contextos de debat i consens activant habilitats d'anàlisi, inducció, deducció, disseny experimental, argumentació i validació epistèmica (dimensió procedimental).
- La construcció del coneixement es realitza durant el procés de resolució, amb l'acompanyament de classes teòriques puntuals que ajuden a connectar conceptes amb el problema treballat per usar i justificar els models científics (dimensió conceptual).
- S'estableixen dinàmiques epistemològiques pròpies de les ciències en contextos propis de les ciències.
- S'elabora un producte o esdeveniment final en format científic (article, pòster, congrés, informe tècnic, peritatge, etc.).

En aquest sentit, podem considerar que els estudis de cas estan entremig de la Indagació (ECBI) —on el focus recau en la construcció de models científics— i l'ABP, perquè es desenvolupen procediments propis de les ciències (com dissenyar experiments, treure conclusions de dades i comunicar científicament) i perquè existeix un propòsit

(interpretar i resoldre un escenari) en el qual es construeixen de forma instrumental els coneixements.

En conclusió, l'elecció de l'Estudi de Cas Dirigit com a metodologia central de la Situació d'Aprenentatge es fonamenta en la seva capacitat única per recrear la manera com es construeix el coneixement, projectant la idea que la ciència és: un procés (i no un producte) que és social (i no individual), creatiu (i no rutinari), basat en proves, i que genera un coneixement parcial (i no total) i provisional (i no definitiu) (Domènech-Casal, 2019). D'aquesta forma, es fomenta una mirada científica que promou la pràctica viva i crítica que encaixa amb l'objectiu de formar un alumnat capaç de comprendre, qüestionar i transformar la realitat des d'una perspectiva ecosocial i ecofeminista. Aquest aprenentatge només es pot donar de manera significativa amb marcs contextuais i contextos epistèmics reals i propis de les ciències per desenvolupar plenament les habilitats i competències científiques.

Finalment, el tractament del canvi climàtic en zones i territoris locals, ofereix un context i un repte únic i significatiu per desplegar tot l'aprenentatge ecosocial que la seva solució demana i amaga.

4.2. Justificació de la Seqüenciació de la Situació d'Aprenentatge

La seqüenciació d'ambdues situacions d'aprenentatge ha estat degudament dissenyada perquè els sabers, habilitats i aptituds que hagin adquirit al llarg del binomi els serveixi per enfrontar el repte final: elaborar un informe sobre els impactes ambientals i ecosocials dels estudis de cas en una revista científic. Des d'un inici, l'alumnat es posarà a la pell del grup d'expertes per estudiar, analitzar, argumentar i justificar els impactes ecològics (SA sobre Ecologia), i ambientals i socials (SA sobre Canvi Climàtic i que és aquest Treball de Final de Màster) per, un cop assolits els coneixements, exposar-los i comunicar-los durant el Congrés amb l'ajut de pòsters divulgatius que hauran confeccionat durant la SA. Per l'assimilació dels sabers necessaris per realitzar el Congrés, es treballarà amb grups cooperatius en sessions intercalades de Gamificació, Indagació i Estudi de Cas Dirigit, així com petites píndoles informatives de format transmissiu i que, com a *fruit* final del binomi de situacions, s'elaborarà un informe científic per grups. A partir d'ara, en lloc de referir-se a la paraula *producte* —de càrrega capitalista que desentona amb l'esperit transformador i crític que es pretén amb aquesta SA— s'usarà la paraula *fruit* —de càrrega orgànica, viva, vinculada al procés i no al consum—.

Els contextos que treballa cada un dels 5 grups són diferents, 1 ecosistema per grup, 5 en total (amb repeticions de contextos si s'escau). Aquests ecosistemes (Àrtic, Amazònic,

Forestal de la Garrotxa, Litoral del Delta de l'Ebre i Edàfic de Lleida) han estat degudament escollits perquè tinguessin una espècie clau de la xarxa tròfica que provoca un desequilibri ecològic, aspecte que és l'objectiu d'estudi de la primera SA, i que part de les causes són ambientals (canvi climàtic) i antropogèniques, que és l'objectiu d'estudi d'aquesta segona SA, a més a més de les conseqüències ecosocials que provoqui la degradació dels mateixos ecosistemes i la modelització dels factors ambientals.

Pel que fa a la programació d'aquesta SA, s'ha dissenyat per respondre als principis de l'Estudi de Cas Dirigit emmarcat dins l'Aprenentatge Basat en Projectes. En aquest enfocament, l'ABP no segueix estrictament una seqüència cronològica d'exploració, introducció, estructuració i aplicació (Jorba & Casellas, 1996), ja que aquestes fases es donen de manera recurrent i dinàmica dins d'una mateixa activitat sense seguir una progressió lineal. Tot i això, en tractar-se aquest treball d'una Situació d'Aprenentatge, sí que se seguirà l'estructura general de les 4 activitats integradores de la SA perquè el lector tingui una idea més clara de la seqüència.

Alhora, la seqüenciació d'Estudis de Cas Dirigits preveu les diferents etapes i identifica els suports i les entrades d'informació que necessitarà l'alumnat, així com el tipus de dinàmiques d'aula que se seguiran i quants i en quin moment s'entregaran els diferents fruits parcials que, junts, conformaran el fruit final (**Figura 1**).

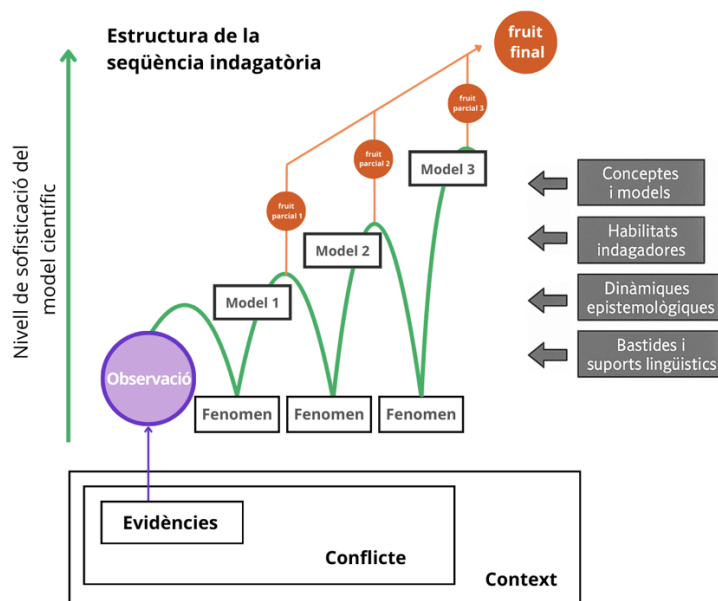


Figura 1. Esquema general de l'estructura didàctica d'un projecte d'Estudi de Cas Dirigit. **Font:** Elaboració pròpia a partir de (Domènech-Casal, 2019).

Per altra banda, per a dissenyar un Estudi de Cas Dirigit, es necessita un Escenari de d'on partir, una Demanda que es fa a l'alumnat i la Seqüència que es seguirà (**Taula 1**):

ESCENARI		DEMANDA		SEQÜÈNCIA
una... SITUACIÓ	on a partir de... ELEMENTS	has de resoldre... CONFLICTE	instrumentalitzant... CONTINGUTS	amb l'ajut de... DINÀMIQUES I SUPORTS
Judici	Testimonis	Saber què ha	Conceptes i Models	Seminari socràtic
Consulta	Dades	passat	científics	Sessió magistral
mèdica	indirectes	Identificar la causa	destreses de	Jocs de rol
Anàlisi	Articles de	Prendre un decisió	representació de	Preguntes guia
d'explotació	diari	Definir	dades	Rols i equips
Assessoria	Proves	Trobar la millor	Destreses	...
ambiental	Experiments	solució	d'argumentació	
...	...	...	...	

Taula 1. Taula resum dels elements d'un Estudi de Cas Dirigit. **Font:** adaptació de (Domènech-Casal, 2023).

Així doncs, l'itinerari proposat en la SA segueix les següents etapes: 1) Presentació del cas i evidències inicials; 2) Formulació de preguntes i hipòtesis; 3) Incorporació progressiva de noves proves; 4) Aplicació i instrumentalització de models científics; 5) Construcció i revisió d'explicacions provisionals; 6) Elaboració d'un fruit final científic (article científic); 7) Reflexió metacognitiva sobre el procés i les conclusions.

A més a més, al llarg de les activitats s'oferirà a l'alumnat tot un ventall de bastides científiques per a poder realitzar amb èxit els estudis dels casos seguint el mètode científic i bastides lingüístiques per poder dur a terme la divulgació escrita i oral dels seus resultats. Aquestes ajudes distals estan dissenyades perquè l'alumnat guanyi autonomia al llarg del projecte i acabi podent acomplir les tasques en els terminis requerits sense l'ajuda explícita del docent, seguint el concepte de Lev Vygotsky de Zona de Desenvolupament Proximal (Vygotsky, 1978). Per aquest motiu, és convenient comentar que totes les bastides i materials d'ajuda han estat dissenyats i elaborats per al projecte, però realment són únicament necessàries per a la SA sobre Ecologia, en què l'alumnat comença a aprendre a fer-les servir i es familiaritza amb els procediments de la Indagació i el mètode científic. Com que l'objectiu és que cada vegada necessitin menys aquestes ajudes, la idea és que en aquesta segona SA sobre Canvi Climàtic, que és la que es desenvolupa en aquest treball, l'alumnat no les hauria de fer servir. Malgrat això, tots els materials i bastides estan

disponibles a l'[Annex 13](#), aquests són: [Bastida d'Indagació](#), [Cas exemple àguila imperial](#), [Bastida de lectura](#), [Bastida de validació de fonts](#).

Per altra banda, per estructurar el projecte, també s'aplica el Protocol TPoP (Domènech-Casal, 2015), que facilita l'entrada d'informació, la reflexió contínua i el treball autònom cooperatiu i que combina 3 tipus de sessions:

1. Tallers: sessions breus en gran grup de 15 minuts de durada on el professor o una altra font explica de manera transmissiva conceptes amb precisió lèxica científica.
2. Portafolis: sessions breus de 15 minuts (com a mínim 3 distribuïdes al llarg del projecte) de reflexió sobre els aprenentatges.
3. Projecte: treball d'elaboració i recerca per equips que ocupa la major part del temps en què la funció del docent és l'orientació i el guiatge.

Finalment, la seqüenciació integra "punts d'avituallament" com a espais d'avaluació formativa, on l'alumnat reflexiona sobre el seu progrés i identifica les seves necessitats abans d'avançar cap a la següent fase. Aquesta estructura assegura una narrativa de projecte contínua i un aprenentatge significatiu, en què la transferència de sabers i competències no és una etapa final, sinó que impregna tot el procés. Per aquest motiu, no només cal fer servir aquesta estratègia durant l'activitat d'estructuració, en què el projecte ja ha passat el seu zenit, sinó que cal integrar activitats d'estructuració en tot el procés.

4.3. Aplicació de la SA i validació del projecte

Durant el meu període de pràctiques, mentre aplicava la SA sobre Ecologia (primera SA del binomi), vaig poder aplicar algunes de les activitats d'aquest projecte i fer-ne una petita avaluació de com evolucionaven els seus coneixements sobre Canvi Climàtic. L'explicació de les activitats realitzades i la impressió per part de l'alumnat es comenten a la **Discussió**.

Per altra banda, cal mencionar que el meu tutor de Pràcticum II ha realitzat la validació del projecte, del qual se'n parlarà, també, a la **Discussió**. Ambientòleg de formació, abans de començar la seva carrera professional com a docent el 2009, va ser consultor i auditor ambiental i també director tècnic. La seva trajectòria com a professor l'ha dut, a més de ser tutor varis anys, a ser director acadèmic de programes de Medi Ambient, membre del grup de treball EcoFemSteam, coordinador pedagògic del seu centre des del 2018 fins a l'actualitat i, recentment, ha començat a impartir docència al grau de Magisteri Infantil i en el Màster de formació de professorat de secundària de la UB. Per la seva experiència professional ambiental i com a docent en contacte amb l'ecofeminisme, resulta especialment rellevant la seva opinió i validació del projecte.

5. Resultats

5.1. Dossier de la SA

INFORMACIÓ GENERAL	
Títol:	Planeta en Joc: estudiants a la recerca d'una Terra habitable
Curs (nivell educatiu):	1r de Batxillerat
Matèries:	Biologia
Llengua de vehiculació:	català

DESCRIPCIÓ: el context i el repte que planteja

Actualment, vivim una crisi ecosocial sense precedents. El canvi climàtic, provocat per l'acció humana i per una economia capitalista i extractivista, ha generat impactes negatius tan en el medi natural com en els sistemes humans socials i econòmics. Per comprendre la magnitud holística de les conseqüències d'aquesta crisi, és vital comprendre com afecta el Canvi Climàtic a la Terra. Alhora, també ho és aprendre a "canviar d'ulleres" per comprendre com afecten les nostres accions al medi ambient, però inequívocament, també en els sistemes humans socials i econòmics.

Aquest projecte pretén aportar a l'educació una nova forma de mirar la crisi climàtica i oferir a l'alumnat noves vies de pensament en referència al paper que tenen com a individus en la tasca de transformació social per a la capacitat d'una transició cap a la sostenibilitat. Per fer-ho, s'integren els sabers curriculars d'ecologia, medi ambient i canvi climàtic en la matèria de Biologia. Es pretén tractar-los de forma holística a través d'un eix vertebrador de perspectiva ecofeminista amb els valors socials, humanistes i naturals que integren els ecofeminismes. Es busca fomentar una comprensió crítica de les causes i efectes del canvi climàtic alhora que promogui la reflexió sobre les desigualtats de gènere i les relacions de dominació en aquest fenomen. L'objectiu final és proporcionar als estudiants eines i valors per repensar la seva relació amb el medi ambient i amb la societat i que, d'aquesta forma, prenguin un rol actiu i protagonista per a la transformació ecosocial.

Per altra banda, aquesta SA parteix de la idea que la ciència es fonamenta amb dues parts: la investigació i la divulgació. Per aquest mateix motiu, la comunicació científica i el caràcter divulgatiu en aquesta SA són un objectiu tan clar com el mateix aprenentatge dels sabers de la matèria de biologia.

Context específic:

Aquesta Situació d'Aprenentatge sobre Canvi Climàtic ha estat dissenyada per al curs de 1r de Batxillerat Científic i forma part d'un binomi amb una SA anterior que l'alumnat ja haurà fet sobre Ecologia, ja que el que aprenen en la primera els serveix com a base teòrica per comprendre els impactes ecològics de la crisi climàtica i, en aquesta, treballaran els impactes ambientals i socials relacionats per, finalitzades les dues situacions, tenir una comprensió profunda de la crisi ecosocial actual.

Els sabers, habilitats i aptituds que adquiriran al final d'ambdues situacions els servirà per enfrontar el **repte** final: redactar un article científic amb les problemàtiques ambientals i ecosocials dels seus casos concrets estudiats (ecosistemes àrtic, amazònic, forestal, litoral i edàfic). Aquestes competències científicolingüístiques han estat degudament seqüenciades perquè, en un inici, l'alumnat es posi a la pell del grup d'expertes per estudiar, analitzar, argumentar i justificar els impactes ecològics, en primer terme, i ambientals i socials, en segon terme, per, un cop assolits els coneixements, divulgar-los amb l'elaboració d'un article científic. Per l'assimilació dels sabers necessaris per crear el **fruit final**, es treballarà amb sessions intercalades entre **Grups Cooperatius**, en què la comunicació i socialització dels coneixements serà clau per al correcte aprenentatge de l'alumnat, i els **Grups d'Expertes** de la SA inicial d'Ecologia. La metodologia que estructura aquesta SA és l'**Estudi de Cas Dirigit**.

TRACTAMENT DE LES COMPETÈNCIES CLAU

Competència matemàtica i competència en ciència, tecnologia i enginyeria

- Utilitza el pensament científic per entendre i explicar fenòmens relacionats amb la Biologia, confiant en el coneixement com a motor de desenvolupament, plantejant-se hipòtesis i comprovant-les mitjançant l'observació, l'experimentació i la investigació i mostrant una actitud crítica sobre l'abast i les limitacions dels mètodes emprats.
- Planteja i desenvolupa projectes dissenyant i creant models per utilitzar productes que donin solució a un problema de forma col·laborativa, procurant la participació de tot el grup, resolent pacíficament els conflictes que puguin sorgir, adaptant-se davant la incertesa i avaluant el producte obtingut d'acord amb els objectius proposats, la sostenibilitat i l'impacte transformador a la societat.
- Interpreta i transmet els elements més rellevants d'investigacions de manera clara i precisa en diferents formats (gràfics, taules, diagrames, fórmules, esquemes, símbols...) i aprofitant la cultura digital amb ètica i responsabilitat i valorant de manera crítica la contribució de la ciència en el canvi de les condicions de vida per compartir i construir nous coneixements.
- Planeja i emprèn accions fonamentades científicament per preservar el medi ambient, practicant el consum responsable, aplicant principis d'ètica i seguretat per crear valor i transformar el seu entorn de manera sostenible adquirint compromisos com a ciutadà en l'àmbit local i global.

Competència personal, social i d'aprendre a aprendre

- Regula i expressa les seves emocions enfortint l'optimisme, la resiliència, l'autoeficàcia i la recerca de propòsit i motivació cap a l'aprenentatge per gestionar els reptes i canvis i harmonitzar-los amb els seus propis objectius.
- Comprèn proactivament les perspectives i les experiències dels altres i les incorpora al seu aprenentatge per participar en el treball en grup distribuint i acceptant tasques i responsabilitats de manera equitativa i emprant estratègies cooperatives.
- Fa autoavaluacions sobre el seu procés d'aprenentatge, buscant fonts fiables per validar, sustentar i contrastar la informació i per obtenir conclusions rellevants.
- Planifica objectius a mitjà termini i desenvolupa processos metacognitius de retroalimentació per aprendre dels seus errors en el procés de construcció de coneixement.

Competència en comunicació lingüística

- S'expressa de forma oral i escrita amb fluïdesa, coherència, correcció i adequació als diferents contextos socials i acadèmics, i participa en interaccions comunicatives amb actitud cooperativa i respectuosa tant per intercanviar informació, crear coneixement i argumentar les seves opinions com per establir i tenir cura de les relacions interpersonals.
- Contrasta de manera autònoma informació procedent de diferents fonts avaluant-ne la fiabilitat i pertinència evitant els riscos de manipulació i desinformació per comunicar-la de manera clara i rigorosa adoptant un punt de vista creatiu i crític alhora que respectuós amb la propietat intel·lectual.
- Posa les pràctiques comunicatives al servei de la convivència democràtica, la resolució dialogada de conflictes i la igualtat de drets

de totes les persones, rebutjant els abusos de poder a través de la paraula, per afavorir-ne un ús eficaç i ètic.

Competència ciutadana

- Analitza fets, normes i idees relatives a la dimensió social, històrica, cívica i moral de la pròpia identitat per contribuir a la consolidació de la seva maduresa personal i social, adquirir una consciència ciutadana i responsable, desenvolupar l'autonomia i l'esperit crític i establir una interacció pacífica i respectuosa amb els altres i amb l'entorn.
- Adopta un judici propi i argumentat davant de problemes ètics i filosòfics fonamentals i d'actualitat, afrontant amb actitud dialogant la pluralitat de valors i idees, rebutjant tota mena de discriminació i violència, i promovent activament la igualtat efectiva entre dones i homes.
- Comprèn les relacions sistèmiques d'interdependència, eco dependència i interconnexió entre actuacions locals i globals i adopta, conscientment i motivadament, un estil de vida sostenible i ecosocialment responsable.

Competència emprenedora

- Analitza necessitats i oportunitats i afronta reptes amb sentit crític, fent balanç de la seva sostenibilitat i valorant l'impacte que puguin suposar en l'entorn, per presentar idees i solucions innovadores, ètiques i sostenibles dirigides a crear valor en l'àmbit personal, social, cultural i econòmic.
- Desenvolupa el procés de creació d'idees i solucions valuoses i pren decisions, de manera raonada, utilitzant estratègies àgils de planificació i gestió i reflexionant sobre el procés realitzat i el resultat obtingut, per dur a terme el procés de creació de prototips innovadors i de valor, considerant l'experiència com una oportunitat per aprendre.

BREU DESCRIPCIÓ DE COM S'ABORDEN ELS VECTORS

1. Aprenentatges competencials: la situació d'aprenentatge està dissenyada perquè l'alumnat prengui un rol actiu en el seu aprenentatge així com en la presa de decisions dins del marc acadèmic per promoure un desenvolupament sostenible a través del joc de rol Projecte Tramuntana. L'adquisició dels coneixements al llarg de les sessions serà a través dels estudis de cas i el treball cooperatiu per crear els continguts per a una correcta comunicació dels resultats obtinguts a partir d'una reflexió i demostració d'aptituds crítiques quant a l'ús de fonts d'informació fiables així com en referència a aptituds comunicatives per una divulgació científica rigorosa i entenedora.

2. Perspectiva de gènere: la situació d'aprenentatge sencera es basa en la visibilització de la degradació de les dones en la història i de com els impactes ambientals tenen un biaix de gènere per motius socials. En aquest sentit, la perspectiva de gènere pren un paper protagonista i es pretén que l'alumnat pugui comprendre com el sistema socioeconòmic en què vivim influeix i condiona a les dones, no només dels països occidentals, sinó d'arreu del món. D'aquesta forma, també es faran activitats per reflexionar qui és qui duu la càrrega de les cures en la majoria de societats i què planteja això com a sistema humà. Al llarg del projecte es donarà rellevància a científiques que han estat silenciades en la història de la ciència o que segueixen sense ser visibilitzades, es fomentarà la participació equitativa i es duran a terme activitats per reflexionar sobre el rol de les dones en la formació i manteniment de vida.

4. Qualitat de l'educació de les llengües: al llarg de la situació d'aprenentatge i les diferents activitats proposades redunden en la qualitat de l'educació lingüística, ja que mobilitzen les competències específiques de la comprensió lectora, la producció escrita i la comunicació oral. Per altra banda, també es reivindica la importància del llenguatge per a la ciència, no només a l'hora de comunicar-la, sinó també en el moment de concebre-la i idear-la per equips, processar-la en coneixement a través de la reflexió i acabar creant un text en format d'article científic final.

6. La promoció d'una ciutadania democràtica, crítica i compromesa i amb consciència global: la situació d'aprenentatge incideix en la presa de decisions per la millora de l'entorn natural i social. Les competències i sabers que adquiriran serviran per prendre consciència i preuar el medi ambient, el paisatge i relacions ecològiques que el conformen així com la fragilitat a la qual està exposada davant del Canvi Climàtic i els impactes humans. D'aquesta forma, el joc de rol i la redacció de l'article científic estan destinats a justificar una correcta gestió i conservació dels ecosistemes per defensar un desenvolupament sostenible i també té la intencionalitat que adquireixin hàbits i conductes favorables per mitigar el Canvi Climàtic i preservar l'entorn natural.

COMPETÈNCIES ESPECÍFIQUES

Competències específiques (CE)	Matèria
CEB1: <u>interpretar, comunicar informació i dades procedents de treballs científics, i argumentar amb precisió i utilitzant diferents formats, per analitzar conceptes, processos, mètodes, experiments o resultats de les ciències biològiques.</u>	Biologia
CEB4: <u>aplicar els aprenentatges de manera integrada i les diverses formes de raonament pròpies de la ciència, per plantejar i resoldre problemes relacionats amb les ciències biològiques, cercant i utilitzant les estratègies adequades, analitzant críticament les solucions i reformulant el procediment, si calgués.</u>	Biologia
CEB5: <u>dissenyar, promoure i executar iniciatives de conservació del medi ambient basades en fonaments científics i analitzar els impactes d'activitats humanes sobre el medi ambient o la disponibilitat de recursos, a partir d'informació en diferents formats per promoure i adoptar hàbits compatibles amb el desenvolupament sostenible.</u>	Biologia
CEC3: <u>Produir textos orals i multimodals, amb atenció preferent als textos acadèmics, amb el rigor, la coherència, la fluïdesa i el registre adequats, atenent les convencions pròpies dels diferents gèneres discursius, i participar en interaccions orals amb una actitud cooperativa i respectuosa, tant per construir coneixement i establir vincles personals, com per intervenir de manera activa i informada en diferents contextos socials.</u>	Llengua catalana i literatura
CEC5: <u>Produir textos escrits i multimodals coherents, cohesionats, adequats i correctes, amb especial atenció als gèneres discursius de l'àmbit acadèmic i amb regulació dels iguals i autoregulació autònoma, per construir coneixement i donar resposta de manera informada, eficaç i creativa a propòsits comunicatius concrets.</u>	Llengua catalana i literatura

SABERS

	Saber	Matèria
S1	Plantejament amb perspectiva científica d'hipòtesis, preguntes, problemes i conjectures investigables en el context escolar.	Biologia. Projecte científic
S3	Fonts fiables d'informació: cerca, reconeixement i utilització en recerques experimentals o estudis observacionals formulats a l'aula.	Biologia. Projecte científic
S4	Experiències científiques de laboratori o de camp en el context escolar: disseny, planificació i realització. Contrast d'hipòtesis. Controls experimentals.	Biologia. Projecte científic
S5	Mètodes d'anàlisi de resultats: organització, representació i eines estadístiques, aplicables a les recerques plantejades.	Biologia. Projecte científic
S6	Estratègies de comunicació científica: vocabulari científic, formats (informes, vídeos, models, gràfics i d'altres) i eines digitals.	Biologia. Projecte científic
S7	La tasca científica i les persones dedicades a la ciència: contribució a les ciències biològiques, geològiques i ambientals i importància social. El paper de la dona a la ciència. Casos històrics amb biaix de gènere.	Biologia. Projecte científic
S8	L'evolució històrica del saber científic: la ciència com a tasca col·lectiva, interdisciplinària i en contínua construcció.	Biologia. Projecte científic
S31	El medi ambient com a motor econòmic i social: importància i necessitat de l'adopció d'un model de desenvolupament sostenible, a partir de casos de l'entorn proper i global.	Biologia. Ecologia i sostenibilitat
S33	El canvi cap a un model de desenvolupament sostenible: iniciatives locals i globals.	Biologia. Ecologia i sostenibilitat
S35	El canvi climàtic: la seva relació amb el cicle del carboni, causes i conseqüències sobre la salut, economia, ecologia i societat.	Biologia. Ecologia i sostenibilitat

OBJECTIUS D'APRENTATGE I CRITERIS D'AVUACIÓ

Objectius d'aprenentatge	Criteris d'avaluació
Comunicar informacions relacionades amb els models ambientals i sostenibles d'estudi transmetent-los i promovent-los de manera clara i rigorosa, usant la terminologia científica i responent de manera fonamentada a les qüestions que puguin sorgir durant el procés per tal de fomentar divulgació científica rigorosa (CEB1, CEB5, CEC3, CEC5; S1, S6, S31, S35).	A. Elaborar textos escrits multimodals per estructurar el coneixement de manera eficaç i creativa en el marc de la creació dels pòsters divulgatius i informes finals. B. Comunicar i argumentar els resultats obtinguts dels factors i impactes ambientals estudiats durant l'estudi de cas en el marc del Congrés de l'IPCC, en el joc de rols i l'informe final.
Treballar de forma cooperativa en l'anàlisi i interpretació d'informació i en la resolució de problemes investigables per desenvolupar habilitats de treball en equip així com per assumir i assolir diferents rols i tasques que es despleguen del treball en equips cooperatius (CEB1; S1, S3).	C. Demostrar habilitats cooperatives i de socialització amb les companyes durant les sessions d'interpretació d'informació de les sessions d'estudi de cas. D. Avaluar els propis resultats obtinguts i el procés seguit per arribar-hi relacionant-ho amb l'eficiència del treball en equip en el marc dels moments l'autoavaluació al portafolis.
Demostrar l'ús de diferents estratègies d'anàlisi de dades per resoldre problemes o donar explicació a processos ecològics i ambientals fent servir recursos variats com ara dades i informació, raonament lògic i modelització a partir de dissenys experimentals; modificant els procediments usats per interpretar i resoldre'ls per fomentar l'esperit crític i el mètode científic (CEB4; S4, S5)	E. Analitzar críticament la solució a problemes ambientals i modificar els procediments utilitzats o conclusions obtingudes fent servir recursos variats davant de noves dades aportades durant l'estudi de cas dirigit. F. Aplicar els aprenentatges de manera integrada en la modelització dels casos estudiats en el marc del disseny experimental al laboratori per equips.
Analitzar críticament la solució a problemes ecosocials a partir del coneixement històric científic sobre algunes nocions falsament esteses com a sostenibles o justes socialment, i modificar les conclusions obtingudes si no són viables amb perspectives ecosocials amb l'objectiu de promoure la idea que la ciència és col·lectiva i està en contínua construcció (CEB4; S7, S8).	G. Justificar la ciència com un procés en contínua construcció i canvi inequívoc per reflexionar sobre conceptes o idees científiques i socials que no promouen una transició ecosocial ni feminista en les sessions d'estudi de cas, el joc de rol i l'elaboració de l'informe final.

Analitzar els impactes que generen els nostres sistemes socioeconòmics sobre el medi ambient, que n'és el seu motor, a partir d'informació en diferents formats i com la disponibilitat de recursos és cada vegada més reduïda a causa de l'activitat humana i del canvi climàtic i la seva relació amb el cicle del carboni i conseqüències sobre la salut, economia, ecologia i societat per fomentar un activisme ecològic (<i>CEB5; S31, S35</i>).	H. Analitzar les causes i les conseqüències ecològiques i socioeconòmiques (ecosocials) dels principals problemes ambientals, locals i globals, concebent-los com a grans reptes de la humanitat i basant-se en les dades i models científics treballats al llarg dels estudis de cas.
Promoure la importància d'una correcta conservació del medi natural a partir del coneixement d'iniciatives de conservació locals i globals, així com de restauració i mitigació com els indicadors de sostenibilitat i conèixer els factors ambientals que es veuen modificats pel canvi climàtic per incorporar hàbits compatibles amb el desenvolupament sostenible (<i>CEB5; S32, S33</i>).	I. Justificar la importància de dur a terme iniciatives locals i globals per una correcta gestió, conservació i restauració dels ecosistemes argumentant-ho amb els impactes ambientals i ecològics antropogènics i recalcar la urgència d'adoptar-los per una eficient mitigació del canvi climàtic en el marc de la creació del Congrés de l'IPCC, el joc de rols i l'informe final.

ESQUEMA DE LA SA

	DESCRIPCIÓ	AGRUP	TEMP	MATERIALS	AVALUACIÓ
EXPLORACIÓ					
S1	KPSI inicial + Introducció ecofeminisme: dones científiques i notícies (TV3) + Context i reptes	Agrupament 1-2-4	1h	Targetes rols cooperatius + KPSI inicial + Dones científiques	-
INTRODUCCIÓ CONEIXEMENTS					
S2	FASE 1 (1a part): Estudi de Cas Dirigit, modelització de conceptes climàtics en 1 grup: AQUA .	Grups Cooperatius	1h	Diari Investigació + Materials FASE 1.1	-
S3	Taller 1 : embornals de carboni i tipping points + FASE 1 (2a part) Estudi de Cas Dirigit, modelització de conceptes climàtics amb grup: AQUA . [fruit parcial 1: anàlisi inicial]	Grups Cooperatius	1h	Diari Investigació + Materials FASE 1.2	A. Continuada (competencial)
S4	Taller 2 : acidificació, serveis ecosistèmics i pèrdua biodiversitat + FASE 2 : Estudi de Cas Dirigit, impactes ecològics i socials amb grup: AQUA + 1r punt avituallament	Grups Cooperatius	2h	Diari Investigació + Materials FASE 2 + Punt avituallament	-
S5	Taller 3 : efecte hivernacle, projeccions de futur IPCC i mitigació + FASE 3 : Estudi de Cas Dirigit, modelització conceptes climàtics i impactes ecosocials en 2 grups: TERRA i SILVA . [fruit parcial 2: esborrany article]	Grups Expertes 1+1	2h	Diari Investigació + Materials FASE 3	A. Continuada (competencial)

S6	Estructura cooperativa <i>Llapis al mig de la taula</i> per estructurar coneixements + 2n punt avituallament	Grups Cooperatius	1h	<u>Taula CC</u> + <u>Punt avituallament</u>	A. Continuada (sabers)
S7	FASE 4: Laboratori: modelització dels casos concrets en 3 grups: AQUA , TERRA i SILVA [fruit parcial 3: informe laboratori]	Grups Expertes 1+1+1	2h	<u>Pauta modelització laboratori</u>	A. Continuada (competencial)
ESTRUCTURACIÓ CONEIXEMENTS					
S8	Redacció de l'article científic [fruit final: article final]	Grups Expertes	1h	<u>Pauta article final</u>	A. Final (sabers)
APLICACIÓ CONEIXEMENTS					
S9	Joc de rols Parc Tramuntana: quan el vent no bufa per a tothom	Individual	2h	<u>PlayDecide-Games</u>	-
S10	Prova final individual + Coavaluació d'un article	Individual i Grups Cooperatius	1h	<u>Activitat final</u>	A. Ind. (sabers) + coavaluació (competencial)
S11	Sessió tancament literari + KPSI final	Individual	1h	<u>KPSI final</u>	-

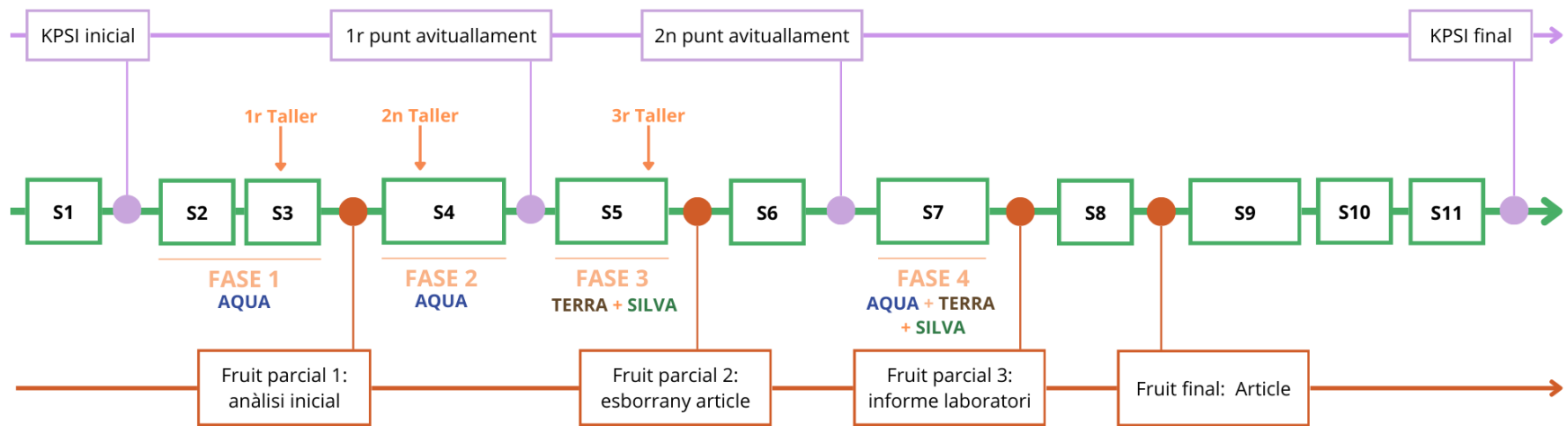


Figura 2. Esquema de la SA d'Estudi de Cas Dirigit sobre Canvi Climàtic. **Font:** Elaboració pròpia.

MESURES I SUPORTS PER A L'ATENCIÓ A LA DIVERSITAT

MESURES I SUPORTS UNIVERALS

Totes les sessions han estat dissenyades perquè siguin tan amples com sigui possible pel que fa a la inclusió de diversitats seguint el plantejament del Disseny Universal per a l'Aprenentatge (**DUA**). D'aquesta forma, les sessions dissenyades d'Estudi de Cas Dirigit tenen en compte:

- **Agrupaments:** els equips cooperatius i d'expertes heterogenis permeten treballar la diversitat de diferents formes, ja siguin grups heterogenis en capacitat de donar-rebre ajuda, en capacitats acadèmiques, en realitats socioeconòmiques, etc. Aquest plantejament dels equips permet que les alumnes que necessiten més ajuda han estat agrupades amb aquelles que poden oferir-la, però respectant 3 tipus de complexitats cognitives dels casos que treballen.
 1. Casos de complexitat cognitiva alta: Ecosistema Forestal i Ecosistema Àrtic.
 2. Casos de complexitat cognitiva mitja: Ecosistema Litoral i Ecosistema Amazònic.
 3. Cas de complexitat cognitiva baixa: Ecosistema Edàfic.

Aquesta complexitat cognitiva s'ha respectat en la SA d'aquest treball, tot i que en formar grups més grans (AQUA, TERRA i SILVA), les alumnes poden ajudar-se més entre elles, factor que afecta positivament en aquest sentit.

Així doncs, l'alumnat més capacitat té assignat un cas més complex pels elements que el componen i, en canvi, aquelles alumnes que necessiten més ajuda tenen assignat un cas menys complex perquè puguin assolir els sabers ecològics de forma més directa.

- **Ajudes:** per altra banda, les sessions d'Estudi de Cas Dirigit han estat dissenyades perquè l'alumnat vagi assolint la seva autonomia de forma progressiva, amb la idea que en les darreres sessions necessiti menys l'ajuda del professorat, d'acord amb la teoria de la Zona Proximal de Desenvolupament (**ZDP**) de Lev Vygotski. Aquestes ajudes són:
 - **Distals:** s'han creat un ventall de bastides didàctiques perquè l'alumnat tingui un guiatge al llarg de tot el procés d'Estudi de Cas Dirigit sense la necessitat que el professor guiï als grups de forma continuada.

- **Proximals:** el docent ofereix ajuda durant les sessions de classe tenint en compte les necessitats específiques de cada alumne i fent-se servir de les avaluacions continuades de cada sessió per tal que cada grup i alumne millori de cara a la pròxima sessió.
- **Avaluació continuada:** com s'ha comentat, el docent porta un registre de totes les activitats que es fan durant la SA (test previ, Diaris d'Investigació, [pla de l'equip](#) ([Annex 2](#)), punts d'avituallament, **fruits parcials** i **final**...) per poder oferir a l'alumnat un feedback continu que el permeti millorar a cada sessió. Aquestes avaluacions són sobretot a nivell competencial i per fer un seguiment de com van evolucionant els seus coneixements sobre Canvi Climàtic, però en cap cas es qualifiquen els sabers adquirits durant les observacions a l'aula.
- **Diversitat de mètodes pedagògics:** per tal de mantenir l'atenció de l'alumnat i que no perdin l'interès en les sessions d'Indagació s'han dissenyat sessions que són més vivencials i manipulatives a través de la Gamificació, el treball de laboratori o la redacció literària. Aquest canvi d'aires no només és positiu per a tota la classe pel fet d'oferir diferents formes d'aprendre, sinó que, a més, també és beneficiós per a l'alumnat TDA o TDAH en ser classes que no es necessita un nivell d'atenció focalitzat en l'escolta activa al discurs del docent. De fet, cap de les sessions dissenyades en aquest SA ha estat programada amb una classe transmissiva o "magistral" més enllà dels Tallers, preferint oferir sessions més vivencials en què l'alumnat és el centre de l'aprenentatge en lloc de ser-ho el docent. Tots els sabers més complexos, abstractes o clau per al seu aprenentatge són tractats a classe de forma manipulativa o a través d'activitats grupals i després són recollits i oferts a l'alumnat amb documents que es donen després de la classe.

MESURES I SUPORTS ADDICIONALS

Tot i la universalitat del disseny de les sessions, és veritat que hi ha un cas particular que no s'ha pogut atendre: la dislèxia. Per oferir una adaptació més inclusiva per alumnes amb aquest diagnòstic, es podrien oferir documents amb la lletra més grossa, amb paraules clau marcades amb negreta i d'altres colors, etc. Aquestes mesures són coses que ja s'han intentat adaptar de manera general en els textos que s'ofereix a l'alumnat.

Finalment, en activitats que requereixin una habilitat més exigent d'escriptura, com ara la redacció dels **fruits parcials** i **final** o la prova final, se'ls ofereix més temps d'acord amb les mesures del Departament d'Educació.

5.2. Desenvolupament de les activitats

S1 – Dones Científiques

Objectius de la sessió:

- A) Explorar els coneixements sobre canvi climàtic i el rol de les dones en la ciència.
- B) Familiaritzar-se amb els objectius i estructura de la proposta didàctica.

Desenvolupament de la sessió:

1. En iniciar la sessió, les alumnes faran individualment un **KPSI inicial** perquè, tant elles com el docent, sàpiga el seu coneixement sobre temàtiques ecosocials (5').
Tot seguit, s'acomplirà l'activitat Dones Científiques. En una primera part, l'alumnat es trobarà amb la fitxa de 20 científiques de diferents èpoques repartides per l'aula, per la qual aniran movent-se per anar coneixent-les a totes de manera **individual i** amb una pregunta de partida: Per què totes les biografies són de dones, i per què aquestes i no unes altres?
Caldrà que cada alumne esculli 2 biografies¹ que els hagi cridat l'atenció. Després, per **parelles**, reflexionaran sobre la pregunta de partida amb el document **Fitxa de Treball: Dones Científiques** (10').
2. En una segona part, hauran de contestar en **grups de 4** (ajuntant-se 2 parelles, intentant que no es repeteixin les biografies) les preguntes que hi ha en el document. Aquestes serveixen perquè aprofundeixin en altres aspectes que potser no havien pensat: la seva religió, el seu context social, la seva ètnia, la discriminació que van patir, la seva invisibilització, etc. (15').
3. En acabat, es posarà un fragment del telenotícies vespre de TV3 del 8 de març del 2025, en què es va retransmetre la manifestació del 8M que tenia com a tema principal: «*Les cures sostenen la vida*», un aspecte clau de l'ecofeminisme. Després de la visualització, el docent fomentarà la conversa: què en penseu del tema d'aquest any del 8M? Creieu que és un problema que afecta a totes les societats?, etc. (15').
4. Finalment, s'explicarà l'estructura que se seguirà al llarg de la SA, emfatitzant que a partir d'ara es centraran en la recerca d'informació de les causes ambientals dels problemes ecològics que han estudiat fins ara amb els seus ecosistemes particulars i que també estudiaran els impactes ambientals i socioeconòmics que es poden patir de la seva degradació ecològica. Es farà un breu resum del que s'ha fet en aquesta sessió

¹ Cal tenir en compte, per a la preparació dels materials, que caldrà fer dos (o tres) còpies de cada biografia per assegurar que cada alumne pugui tenir 2 fitxes.

i s'explicarà què faran a la següent i durant les sessions d'Estudi de Cas Dirigit més una explicació del repte d'aquesta SA: la redacció d'un article per a una revista científica (10').

Materials S1 ([Annex 1](#)):

- [KPSI inicial](#)
- [Fitxa de treball: Dones Científiques](#)
- [Fitxes Científiques](#)
- [Telenotícies vespre TV3, 8M 2025: 4:37-5:37; 6:27-8:45](#) (Disponible a: <https://www.3cat.cat/3cat/telenoticies-cap-de-setmana-vespre-08032025/video/6329296/>)

S2, S3, S4 i S5 – Estudi de Cas Dirigit

Objectius de les sessions:

- A) Tractar les dades i materials que es proporcionin als diferents **agrupaments** per modelitzar els diferents conceptes ambientals, les problemàtiques ambientals que planteja el canvi climàtic en cadascun d'ells i els impactes ecosocials que provoquen.
- B) Adaptació i domini per part de l'alumnat de la nova metodologia pedagògica (Estudi de Cas Dirigit) i del seu rol cooperatiu (coordinador, responsable de gestió, supervisor i relacions públiques) a la nova dinàmica.
- C) Desenvolupar habilitats científicolingüístiques per, en etapes successives, analitzar, comprendre i divulgar el coneixement científic i social dels contextos estudiats en els **fruits parcials** i **final** del projecte, l'article científic.

Què s'espera de l'alumnat:

- Acabar les tasques que se'ls encomana: omplir els Diaris d'Investigació, completar els punts d'avituallament i elaborar els **fruits parcials**.
- Treballar de forma cooperativa per assolir les tasques encomanades en el temps requerit seguint les funcions de cada rol cooperatiu assignat.

Desenvolupament de les sessions:

FASE 1: Modelització dels factors i impactes ambientals dels sistemes aquàtics

1. En aquesta primera **FASE**, tota la classe treballa amb el mateix context, formant el grup **AQUA**, d'aquesta forma, es formaran **grups cooperatius** de 3-4 alumnes (barrejades sense importar l'ecosistema treballat a la SA sobre Ecologia) i es treballarà amb el **Diari d'Investigació**, que és on recolliran tota la informació de les **fitxes de treball** i on aniran contrastant i construint la modelització de cada concepte. A més a més, al final de cada

fitxa de treball i de cada apartat del Diari d'Investigació, es fa una petita estructuració del que han après, que correspon al final de cada sessió i als **fruits parcials** al final de cada **FASE**.

Es modelitza l'AMOC (Cinta Termohalina Meridional de l'Atlàntic), i es separa en dues parts perquè l'alumnat construeixi primer el model "natural" i, en la segona part, es donen noves dades per explicar el model "alterat" a causa del canvi climàtic:

1) Part 1: Modelització de l'AMOC (55'):

- Estudi de l'augment de temperatures de les aigües oceàniques.
- Estudi de l'augment del desgel.
- Estudi de la densitat de les aigües i el funcionament de l'AMOC.

2) Part 2: Modelització del feedback positiu de l'AMOC:

2. Es fa el **Taller 1**², sobre embornals de carboni i *tipping points* ([Annex 2](#)) (15').
3. En acabat, es donen noves dades que modifiquen la modelització feta a la 1a part de la **FASE 1** (40'):
 - Estudi de l'efecte albedo i la radiació.
 - Estudi de l'escalfament desigual de l'atmosfera i de l'aigua.
 - Canvis en corrents oceànics (AMOC) a causa de les anomalies de densitat.
4. La darrera part de la **FASE 1** del **Diari d'Investigació** correspon al **fruit parcial 1**.

FASE 2: Impactes ecosocials de la problemàtica dels sistemes aquàtics

1. Es fa el **Taller 2**, acidificació, serveis ecosistèmics i pèrdua de biodiversitat ([Annex 2](#)) (15').
2. Es reprèn el projecte que, encara amb el grup **AQUA**, s'estudien els impactes ecosocials derivats de la problemàtica ambiental vista des de diferents impactes. Per això es creen 3 subgrups de treball per treballar de manera separada (90'):
 - a. **Grup Pesca:** aquest grup investiga com l'acidificació dels oceans, l'escalfament global i l'arribada d'espècies invasores estan alterant els ecosistemes marins del Mediterrani i afectant l'activitat pesquera. Analitzen com aquestes transformacions comprometen l'alimentació, les economies costaneres i els recursos locals. També reflexionen sobre el paper de la gestió pesquera, les reserves marines i la necessitat de canviar de model per protegir la biodiversitat i garantir la sostenibilitat alimentària.

² Per a cada Taller, a banda de la presentació, hi ha una guia docent per saber quins sabers cal explicar a cada moment.

- b. **Grup One Health:** aquest grup se centra en la crisi dels microplàstics i el seu impacte sobre la salut dels ecosistemes i de les persones. A través de l'estudi del seu cicle al medi marí i de la seva bioacumulació en la cadena alimentària, analitzaran com arriben al nostre organisme i quins efectes poden tenir. El grup reflexionarà sobre la relació entre contaminació, alimentació i salut pública, tot incorporant la perspectiva One Health, que entén la salut humana, animal i ambiental com a interconnectades.
 - c. **Grup Inuit:** Aquest grup estudia com el col·lapse de l'AMOC i l'escalfament de l'Àrtic estan posant en risc la cultura i la supervivència dels pobles inuits. Analitzaran els efectes sobre la caça, la pesca i els cicles ecològics dels quals depenen (com la sincronia entre fitoplàncton i aus marines). També coneixeran com els mateixos pobles inuit, a través del Consell Circumpolar Inuit, denuncien les afectacions ecològiques, sanitàries i culturals, i reivindiquen sobirania alimentària i capacitat d'autogestió ambiental des d'una perspectiva indígena.
3. Finalment, es fa el **1r punt d'avituallament**, en què l'alumnat fa una primera estructuració i reflexió sobre el que ha après fins ara, sobre com ha treballat dins de l'equip i quins dubtes o preguntes té encara sobre els conceptes ([Annex 2](#)) (10').

FASE 3: modelització dels factors i impactes dels sistemes terrestres

1. Es fa el **Taller 3**, sobre l'efecte hivernacle, les projeccions de futur IPCC i la mitigació ([Annex 2](#)) (15').
2. Un cop acabada la modelització i l'estudi dels impactes ecosocials dels sistemes aquàtics, es deixa el grup **AQUA** i se'n formen 2 de nous: **TERRA** i **SILVA**. El grup **TERRA**, està format pels ecosistemes Amazònic i Edàfic originals de la SA sobre Ecologia i estudia com el canvi climàtic altera els sòls (mediterranis i amazònics) i el reciclatge de nutrients a causa de la sequera i a l'activitat humana (contaminació d'aqüífers i sòls, monocultius i agricultura intensiva), duent a la degradació de l'ecosistema i a la seva possible desertificació. Per altra banda, també s'estudien els impactes ecosocials que provoca la seva degradació.

El grup **SILVA** està format pels ecosistemes Forestal, Àrtic i Litoral originals de la SA sobre Ecologia i estudia com el canvi climàtic altera la successió ecològica dels boscos madurs mediterranis degut a la sequera i l'augment de les temperatures i com això fa que el risc d'incendi augmenti. Es tractaran dades, mapes i gràfics de l'augment de temperatures a Catalunya, la disminució de precipitació, dades anuals de sequera i

incendis i, per estudiar els impactes ecosocials, mapes de distribució del mosquit tigre (i com la malària afecta de diferent forma en homes i en dones per tractar l'ecofeminisme) (70').

3. El darrer apartat de la **FASE 3** del **Diari d'Investigació** correspon al **fruit parcial 2**.

Materials ([Annex 2](#)):

- [Rols cooperatius](#)
- [Taller 1](#)
- [Taller 2](#)
- [Taller 3](#)
- [Diari d'Investigació](#), i per treballar els continguts, només s'han elaborat les fitxes de treball de les **FASES 1 i 2**:
 - [FT1: Temperatura](#)
 - [FT2: Desgel](#)
 - [FT3: Densitat](#)
 - [FT4: Albedo](#)
 - [FT5: Anomalies densitat](#)
 - [FT6: Pesca](#)
 - [TF7: Microplàstics](#)
 - [TF8: Inuit](#)
- [Punt avituallament](#)
- [Pla de l'equip](#)

***Nota:** per cada grup (AQUA, SYLVUS i TERRA), hi ha un material que està destinat a que el docent tingui la informació necessària de cada concepte i que és més extens i profund del que l'alumnat necessita: [Guia docent: AQUA: F1](#) i [Guia docent: AQUA: F2](#) ([Annex 3](#)). De la mateixa forma, per a cada Taller, hi ha un document amb els sabers que ha de tenir la docent: [Guia docent: Taller 1](#), [Guia docent: Taller 2](#) i [Guia docent: Taller 3](#) ([Annex 3](#)). Per últim, la bibliografia que s'ha usat per elaborar tots aquests materials està disponible a l'**Annex 4**.

S6 – Llapis al mig de taula

Objectius de la sessió:

- A) Fer una primera estructuració dels aprenentatges adquirits fins al moment mobilitzant-los durant la comunicació d'aquests.

- B) Participar de manera activa en l'ensenyament-aprenentatge dels coneixements que l'altre grup no ha investigat.

Desenvolupament de la sessió

1. Un cop acabada la investigació de la **FASE 3**, com que les alumnes que hagin estat al grup **TERRA** no sabran què han investigat al grup **SILVA** i a l'inrevés, es fa una activitat per explicar-se entre les companyes el que han après i què han fet per fer-ho. També s'expliquen els coneixements de la **FASE 2**, ja que han treballat en 3 grups diferents (Pesca, One Health i Inuit). Aquesta estructura cooperativa es diu Llapis al mig de taula, i consisteix a crear nous grups de 4 per barrejar membres de cada grup anterior per explicar-se entre totes els coneixements assolits. L'activitat consisteix en dues parts:
 - a. Amb els llapis al mig de taula, cada grup s'explica què ha après (causes ambientals i conseqüències ecosocials) i què ha fet per aprendre-ho (com l'han modelitzat, amb quines dades o gràfics...), la resta de persones s'asseguren que ho comprenen tot i fan les preguntes necessàries en cas que no sigui així. La norma és que no poden prendre apunts de què s'està parlant (20').
 - b. Passats els 20 minuts, tothom agafa el llapis i, sense poder parlar, omple les taules que la professora els reparteix. En aquestes taules hi ha preguntes sobre el que han parlat, però mai seran reproductives, sinó que han d'implicar una mobilització dels coneixements (20').

D'aquesta forma, es fa una primera estructuració del coneixement assolit al llarg de les sessions d'Estudi de Cas Dirigit de manera oral.

2. Finalment, es fa el **2n punt d'avituellament**, en què l'alumnat fa una segona estructuració i reflexió sobre el que ha après fins ara, sobre com ha treballat dins de l'equip i quins dubtes o preguntes té encara sobre els conceptes (15').

Materials:

- **Taula CC** ([Annex 5](#)).
- **Punt avituallament**

S7 – FASE 4: Modelització al laboratori per Grups d'Expertes

Objectius de la sessió:

- A) Desenvolupar una modelització al laboratori dels casos estudiats a través d'un disseny experimental investigador guiat.
- B) Demostrar habilitats i actituds científiques relacionades amb el treball al laboratori.

Explicació de la sessió:

Aquesta activitat al laboratori ha estat pensada perquè el seu grau d'obertura sigui el més ample possible, és a dir per crear el coneixement científic: l'alumnat tindrà la responsabilitat de formular les hipòtesis, les estratègies per a la seva solució, els mètodes de recollida de dades i la diversitat de solucions que s'admeten, però l'objectiu i repte els venen donats. Per tant, es tracta d'una investigació guiada.

L'objectiu és que el protagonisme i l'exercici científic es responsabilitza a l'alumnat partint de la idea que, en estar al batxillerat, hauran fet al llarg de l'ESO pràctiques al laboratori amb una obertura progressiva de les investigacions. Arribat a aquest nivell d'obertura, es pretén que l'alumnat mobilitzi diferents habilitats científiques: construir hipòtesis, dissenyar experiments i extreure'n conclusions. Tot i això, en haver estudiat els casos amb anterioritat, les conclusions no seran productives en sabers, però sí en competències, ja que no aprendran nous continguts sinó que es pretén que demostrin el seu coneixement dissenyant-ne la modelització al laboratori. Per tant, aquesta activitat és, alhora, la darrera activitat d'introducció de coneixements, però també una estructuració pel fet que han de mobilitzar els aprenentatges assolits, i una aplicació, pel fet que han de crear alguna cosa amb aquests.

Cal esperar que en incrementar el grau d'obertura de les pràctiques, també ho faci la **serendípia** (resultats inesperats a causa de l'atzar, factors descontrolats o el disseny poc robust dels experiments), però, de fet, aquesta és una font freqüent i important de resultats científics. Promoure la serendípia és una manera d'enfortir l'actitud científica de l'alumnat, que haurà de trobar explicacions raonables pels seus resultats i tractar amb discrepàncies imprevistes (Llewellyn, 2005).

La sessió al laboratori compta amb dues parts marcades, però cal que siguin **2 hores** seguides perquè es pugui fer bé la pràctica:

- 1) Plantejament, planificació i realització experimental.
- 2) Tractament de dades i avaluació de resultats.

La redacció i comunicació de la investigació forma part de l'article científic, que és el **fruit final** de la SA. Tot i això, també es fa un informe sobre la investigació, que és el **fruit parcial 3** i que serveix com a pràctica per la redacció de l'article final donada la correspondència dels apartats dels articles científics amb els diferents tipus de raonament i tipus textuais que es donen en l'experimentació al laboratori.

Durant la sessió, a través de la **bastida de l'informe de laboratori**, s'explicitaran les estructures lingüístiques pròpies de les seccions de l'informe (i per consegüent, les seccions de l'article) que cal anar escrivint de manera paral·lela al llarg de les etapes de realització

de la pràctica seguint l'estructura dels articles científics (Introducció, Material i Mètodes, Resultats, Discussió i Conclusions). Aquestes estructures estan destinades a agilitzar l'ús de les habilitats cognitivo-lingüístiques necessàries per al desenvolupament dels raonaments científics, i són: explicitar les funcions semàntiques de cada secció (Introducció, Material i Mètodes, Resultats, Discussió, Conclusions) i els connectors gramaticals a les quals solen anar atribuïdes a cada tipus textual (descripció, justificació, argumentació) segons la secció (Domènech-Casal, 2013). De fet, la bastida de l'informe és la mateixa bastida d'Indagació que es fa servir en la primera SA sobre Ecologia per guiar l'activitat indagatòria, per la qual cosa l'alumnat ja estarà familiaritzat amb l'estructura i redacció científica.

L'objectiu és que, mitjançant l'ús de la bastida i la **plantilla de l'informe**, l'alumnat millori, no només els textos, sinó també que profunditzi en els raonaments i conceptes de l'experiència, orientant-la cap a la comunicació, conceptualització i modelització dels resultats.

Sovint pensar com explicarem allò que estem fent permet entendre millor el procediment o raonament. Orientar totes les fases d'un experiment cap a la seva comunicació en millora la seva comprensió profunda, com ara han descrit experiències universitàries i de secundària (Caamaño, 2002; Sabaj, 2009; Menoyo, 2010).

Desenvolupament de la sessió:

1. Cada **Grup d'Expertes** modelitzarà al laboratori un model ambiental o impacte climàtic del seu ecosistema concret. Com s'ha dit, a la primera hora es fa el plantejament, planificació i realització de l'experiment i, a la segona hora (aproximadament), es fa el tractament de dades i conclusions. A continuació es presenten breument cada pràctica i el seu objectiu depenent de cada grup:
 - a. **Ecosistema Àrtic: modelització AMOC.** El seu objectiu és que elles mateixes ideen com modelar i emular els corrents oceànics a través de la salinitat i temperatura d'aigües per canviar-ne les densitats. Comptaran amb el material necessari per fer-ho (un cabàs de plàstic transparent, aigua freda, un bullidor d'aigua, colorant alimentari...) perquè els doni alguna pista.
 - b. **Ecosistema Litoral: investigació sobre l'acidificació.** El seu objectiu és que elles mateixes ideen un experiment per comprovar els efectes de l'àcid en les closques calcàries d'animals marins. Comptaran amb el material necessari per fer-ho (vasos de precipitats, àcid clorhídric, guants, cullera, petxines...) perquè els doni alguna pista.

- c. **Ecosistema Forestal: investigació del canvi del règim climàtic a través de la dendroecologia.** El seu objectiu és aprendre a llegir els anells de pins de diferents regions per justificar el canvi de temperatures i la reducció de disponibilitat d'aigua de les darreres dècades. Comptaran amb el material necessari per fer-ho (anells d'arbres, regle, taules de datació) perquè els doni alguna pista. A més a més, aquesta pràctica és la que disposarà de més ajuda directa del docent en ser un camp nou per l'alumnat.
- d. **Ecosistema Amazònic i Edàfic: quantificació de la capacitat de retenció de cations (Cu^{2+}) de dos sòls contrastats** ("Amazònic" vs. Edàfic de Lleida). El seu objectiu és comprovar que els sòls antics i hipermeteoritzats de l'Amazones són més àcids i tenen menor capacitat d'intercanvi catiònic que els sòls edàfics mediterranis, significat la baixa quantitat de matèria orgànica comparada als sòls de Lleida. Això fa que els sòls amazònics siguin més vulnerables a l'acidificació i que, alhora, sigui encara més vulnerable a l'erosió. Els sòls mediterranis, però, si s'exploten massa, poden arribar a tenir resultats similars. En ser una pràctica més complexa, participen en el mateix experiment 2 grups. A més, també se'ls donarà els materials per donar-los pistes (2 ampolles de 2L tallades a la meitat, paper de filtre, mostra tamisada de cada sòl (el sòl amazònic serà un de sorrenc per imitar els resultats que s'obtingrien tot i tenir característiques molt diferents), solució CuSO_4 0,4 N (color blau), un vas de precipitats i un cronòmetre).
2. Finalment, un cop tots els grups han redactat les seves conclusions i han netejat el seu espai de laboratori, la docent recordarà que aquest informe també formarà part del **fruit final** de la SA, per la qual cosa cal que revisin si ho han escrit tot de manera correcta.

Materials ([Annex 6](#)):

- [Bastida informe laboratori](#)
- [Plantilla informe](#)

S8 – [Redacció de l'article científic](#)

Objectius de la sessió:

- A) Estructurar els coneixements adquirits al llarg dels tallers i del projecte.
- B) Redactar l'article científic.

Desenvolupament de la sessió:

Els **Grups d'Expertes** redactaran un article científic com a **fruit final** del binomi d'SSAA, i que, per tant, reculli tota la investigació feta sobre el seu ecosistema, les seves problemàtiques ambientals i els impactes ecosocials que se'n deriven. Ho faran a partir de la **Fitxa de treball: Article**, on se'ls explica el repte, el que han de fer i se'ls dona bastides i la rúbrica d'avaluació per guiar-los durant el procés.

Tenen **1h** en total per fer-ho, però no parteixen des de zero. Els **fruits parcials**, el primer l'anàlisi inicial i el segon l'esborrany de l'article, són entregues anteriors destinades a orientar la redacció i el contingut dels articles a través de feedback que dona el docent amb les correccions. Al final de la sessió, o a casa, ompliran la **rúbrica d'autoavaluació** del seu article, que forma part de la seva avaluació continuada.

Per altra banda, cal explicitar que, durant la Situació d'Aprenentatge sobre Ecologia (la primera que es fa del binomi), els **Grups d'Expertes** han après a redactar articles seguint el mètode científic i la importància de cada apartat (introducció, mètodes, resultats, conclusions i referències) a través dels **Diaris d'Indagació**, dels quals se'n tornaran a parlar a la *Discussió*.

Per tant, aquest article és la culminació d'un aprenentatge competencial en la redacció i divulgació científica feta al llarg de les dues Situacions d'Aprenentatge.

Materials ([Annex 7](#)):

- [Fitxa de treball: Article](#)
- [Plantilla article](#) (bastida)
- [Rúbrica autoavaluació article](#)

S9 – Joc de rol amb PlayDecide games: Projecte Tramuntana

Objectius de la sessió:

- A) Aplicar els coneixements adquirits al llarg dels tallers i del projecte.
- B) Socialitzar els coneixements i debatre de manera productiva la controvèrsia proposada.
- C) Arribar a un consens amb el grup socio-científicament justificat.

Desenvolupament de la sessió:

Com a primera activitat d'aplicació es farà un joc de rol amb cartes que s'ha dissenyat a través del lloc web PlayDecide games. Aquesta plataforma compta amb una varietat immensa de jocs ja preparats per debatre temes molt diversos que elaboren tota mena de perfils, però sobretot docents. La metodologia del joc sempre és la mateixa, hi ha un context el qual els jugadors s'hi ha de familiaritzar, unes cartes de personatges les quals l'alumnat

ha de posar-se en el seu rol, unes cartes d'informació i unes cartes de problemàtiques que ajuden a veure des de diferents perspectives el tema, a formar o aclarir noves opinions i a promoure el debat i, finalment, unes “Policy positions” o Escenaris els quals els jugadors han de decidir al final del joc amb quins volen quedar-se.

El joc és adequat per a jugadors a partir de 13 anys i dura **80 minuts** i el nombre ideal de jugadors és de 4 a 8.

Per aquesta SA, s'ha elaborat un nou joc amb el context del projecte Tramuntana, un parc eòlic marí que es vol instal·lar al mig del Golf de Roses i que actualment està en fase d'avaluació ambiental i negociació de contractes. Per tant, el que es pretén és que es mobilitzin tots els coneixements adquirits al llarg de tot el projecte tractant un nou context i debatre sobre l'ètica de construir un parc eòlic que subministri energia verda a bona part de Girona, però que té moltes controvèrsies ecosocials que impliquen també el desenvolupament sostenible.

Un cop tots els **Grups Cooperatius** hagin acabat el joc, en els darrers **30 minuts** es fa una reflexió dels Escenaris (*Policy positions*) que han sortit i si és la millor solució científica i social o si han tingut problemes perquè tots els rols estiguessin d'acord amb la decisió final. Per acabar, es fa un tancament de la sessió extrapolant aquest projecte amb d'altres d'actuals i reflexionar sobre les seves complexitats.

Materials:

- Enllaç del joc disponible a: <https://playdecide.eu/ca/node/169360>³.

S10 – Activitat individual

Objectius de la sessió:

- A) Aplicar els aprenentatges que han assolit al llarg de la SA en un context diferent.

Desenvolupament de la sessió:

1. A la primera part de sessió, l'alumnat farà una prova final per fer una avaluació **individual** dels sabers que ha anat construint al llarg de la SA. Fins ara, la major part de l'avaluació ha estat grupal, per això es fa aquesta petita prova. L'activitat ha estat dissenyada amb l'objectiu que sigui una prova fàcil d'avaluar pel docent i ràpida de fer per l'alumnat.
S'ha partit d'un context comú: «*Emporverd és un poble fictici de l'Empordà, situat entre el mar i els boscos. Des de fa uns anys, la comunitat està notant canvis ambientals que afecten la vida quotidiana: la pesca, l'agricultura i el cultiu de vinyes centenàries, els*

³En el web, surt com a creador del joc el meu tutor de pràctiques que va tenir l'amabilitat de cedir-me el seu compte per crear el joc degut a que no vaig poder registrar-m'hi correctament.

incendis, la disponibilitat d'aigua o la biodiversitat. L'Ajuntament ha obert un espai de consulta ciutadana per recollir diagnòstics i propostes de futur»; però les preguntes estan vinculades a 3 articles diferents de National Geographic orientades a tractar la problemàtica marina, forestal o edàfica. Es permet l'elecció d'un d'aquests 3 temes amb la condició que si escullen la pregunta relacionada amb el seu cas d'estudi (per exemple les alumnes de l'ecosistema forestal escullen la relacionada amb els boscos), hagin de contestar a una pregunta extra per demostrar el coneixement sobre connexions ecosistèmiques, feedbacks i interdependència; evitant que les respostes siguin una transferència de l'aprenentatge obtingut del grup. Totes les preguntes són preguntes curtes i obertes, però acotades i parteixen de sabers que tot l'alumnat ja ha construït: factors ambientals, impactes ecosocials i mirada crítica que permeten avaluar l'aplicació i transferència dels continguts assolits a partir de fonts reals i actuals (30').

2. A mesura que van acabant o, màxim, passats trenta minuts, cada alumne llegirà un article científic d'un grup diferent del seu (5'). En els darrers 20 minuts, es formaran cinc consells editorials (un per a cada revista i article), que seran Grups Cooperatius, i avaluaran l'article a partir de la Rúbrica coavaluació Article, que ja es va introduir durant la sessió de la redacció dels articles, en el qual han de decidir també si el publicarien o no a la seva revista.

Materials ([Annex 8](#)):

- [Prova individual](#)
- [Rúbrica coavaluació Article](#)

S11 – Tancament

Objectius de la sessió:

- A) Treballar els aprenentatges adquirits des d'un vessant més artístic i lingüístic, mobilitzant emocions que hagin pogut aflorar durant el projecte.
- B) Imaginar col·lectivament un futur desitjable, ecosocial i just, a partir dels aprenentatges sobre ecologia, canvi climàtic i ecofeminisme, donant espai a la creativitat, l'esperança i l'acció transformadora.

Desenvolupament de la sessió:

1. Com a sessió de tancament es farà una activitat de creació literària imaginant ecotopies. El concepte d'ecotopia va aparèixer per primera vegada amb la novel·la d'Ernest Callenbach el 1975 amb el títol «Ecotopia: The Notebooks and Reports of William Weston». En aquesta novel·la es planteja un futur en que una utopia ecologista no és

un futur inaccessible, sinó el present de la novel·la (ambientada a l'any 1999). És una novel·la rellevant en el sentit que va ser el primer cop que es plantejava un futur harmoniós amb la natura i no catastrofista o distòpic (com novel·les o pel·lícules clàssiques: *1984*, *MadMax*, *Armageddon*, *Waterworld*...), fet que és important per crear un imaginari col·lectiu i que ens serveixi com a brúixola per “desutopitzar” les ecotopies. Per aquest motiu, es pretén que, un cop estudiades les dues Situacions d'Aprenentatge del binomi Ecologia-Canvi climàtic i haver vist quins impactes ecosocials patim actualment i quins poden sorgir de nous, és important creuar a l'altra banda de l'ecologisme: l'esperança i la bellesa. Per fer-ho, es destina aquest espai al final de tot l'aprenentatge per donar veu a les emocions, per imaginar i crear un petit relat ecotòpic. L'ideal seria que es fes de manera individual, però en comptar tan sols amb 1h, l'activitat es farà per **parelles**: **10 minuts** inicials d'inspiració i posada en comú d'idees, **30 minuts** per l'escriptura per parelles i **10 minuts** finals de lectura de fragments i tancament col·lectiu.

2. En aquesta sessió, també es farà el **KPSI final** per tal que l'alumnat sigui conscient de tots els aprenentatges adquirits i perquè la docent pugui veure l'impacte educatiu del projecte. En fer-ho durant aquesta sessió més “especial” literària (tenint en compte que són alumnes de 1r de batxillerat científic), el KPSI es pot fer a l'inici o al final de la sessió, segons el criteri de la professora (**10'**).

Materials ([Annex 9](#)):

- [Relat ecotòpic](#)
- [KPSI final](#)

6. Discussió

Aquest apartat té com a objectiu fer una anàlisi dels diferents resultats que s'han obtingut durant l'aplicació d'aquesta Situació d'Aprenentatge (SA) per fer una validació de la utilitat de la proposta per l'aprenentatge sobre el canvi climàtic amb una mirada ecofeminista.

Durant el meu període de pràctiques vaig poder aplicar algunes de les activitats d'aquesta SA, per aquest motiu, la discussió dels resultats es farà a través de l'anàlisi de les activitats d'avaluació i observació implementades d'aquesta SA, amb especial atenció a l'evolució del coneixement de l'alumnat sobre el canvi climàtic i l'ecofeminisme. A més, també es farà una reflexió dels continguts que més han costat d'aprendre i d'aquells que va caldre acabar d'ajustar. Per últim, també s'hi recullen les percepcions del meu tutor de pràctiques com a indicador qualitatiu de la validesa i el potencial educatiu de la proposta.

6.1. Anàlisi de les dades de les activitats aplicades

KPSI inicial i final

A continuació es fa una anàlisi semiquantitativa i comparativa entre el KPSI inicial i final ([Annex 1](#) i [Annex 9](#), respectivament) que es van fer a l'alumnat abans i després de la meua intervenció, ja que a més de fer la SA sobre Ecologia vaig poder aplicar algunes sessions de la SA sobre Canvi Climàtic.

Els criteris són sempre: 1) No en sé res; 2) En sé una mica; 3) Ho sé però no ho sabria explicar; 4) Ho sé i ho sabria explicar a una companya.

En general, els resultats del qüestionari KPSI mostren una evolució molt significativa en el nivell de coneixement percebut per part de l'alumnat. Si es mira la **Figura 3**, es representa la mitjana per cada criteri de cada pregunta, i la mitjana i mediana general abans (2,27 i 2, respectivament) i la mitjana i mediana general després de la intervenció (3,57 i 4, respectivament). Analitzant concretament les dades, es pot veure que hi ha reducció molt significativa del percentatge d'alumnes que no en saben res (del 38% al 3%) i una reducció també notable de l'alumnat que sap poc sobre el tema. En el tercer criteri (*Ho sé però sabria explicar-ho*), veiem que hi ha un augment en el KPSI final respecte a l'inicial, que pot explicar-se pel fet, segurament, l'alumnat que havia contestat un dels dos criteris més baixos de coneixement ara es trobava en aquest grup. Finalment, hi ha un augment molt significatiu d'alumnes que saben i poden explicar (del 17% al 59%), pràcticament triplicant el nombre d'estudiants que demostren un coneixement realment assolit i transmissible.

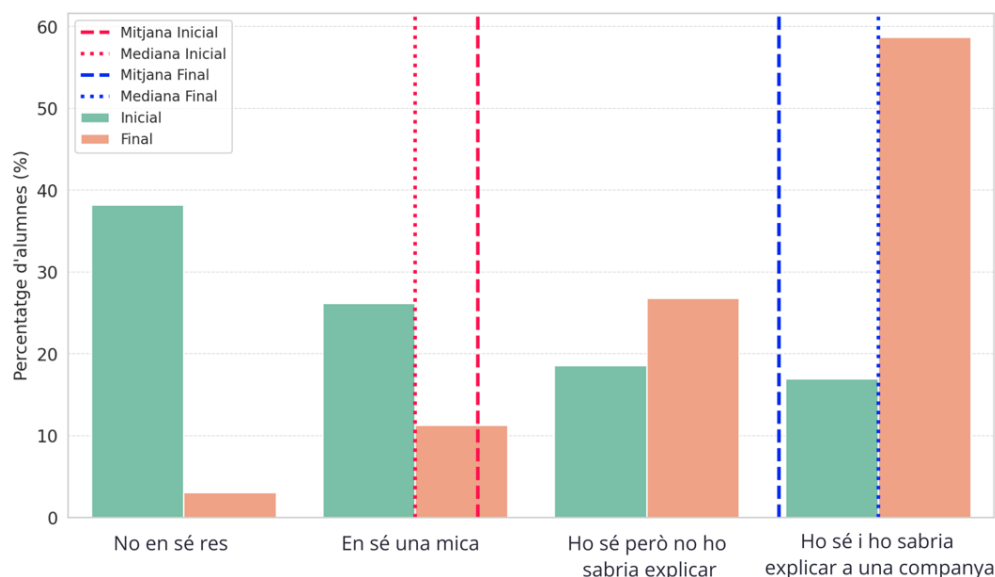


Figura 3. Gràfic comparatiu de l'evolució global del coneixement percebut sobre canvi climàtic abans i després de la SA a través dels KPSI realitzats i la mitjana i mediana de cada moment. **Font:** elaboració pròpia.

Per altra banda, si interpretem la **Figura 4**, que indica el grau més alt de comprensió de totes les preguntes comparant l'inici i el final de la SA, podem veure quins eren els coneixements inicials de l'alumnat i com han evolucionat. En general, l'evolució és molt positiva en tots els ítems, especialment en temes com AMOC, embornals de carboni, espècies invasores i microplàstics, que passen d'un 0% o 30% a més del 70–80%. Per contra, el concepte de canvi climàtic sembla ser el que menys canvi ha tingut (una diferència de menys d'un 25%). A més, els conceptes més nous i complexos com ecofeminisme i el cicle del carboni són els que mantenen un percentatge més baix d'alumnat que els sap explicar, tot i la millora significativa.

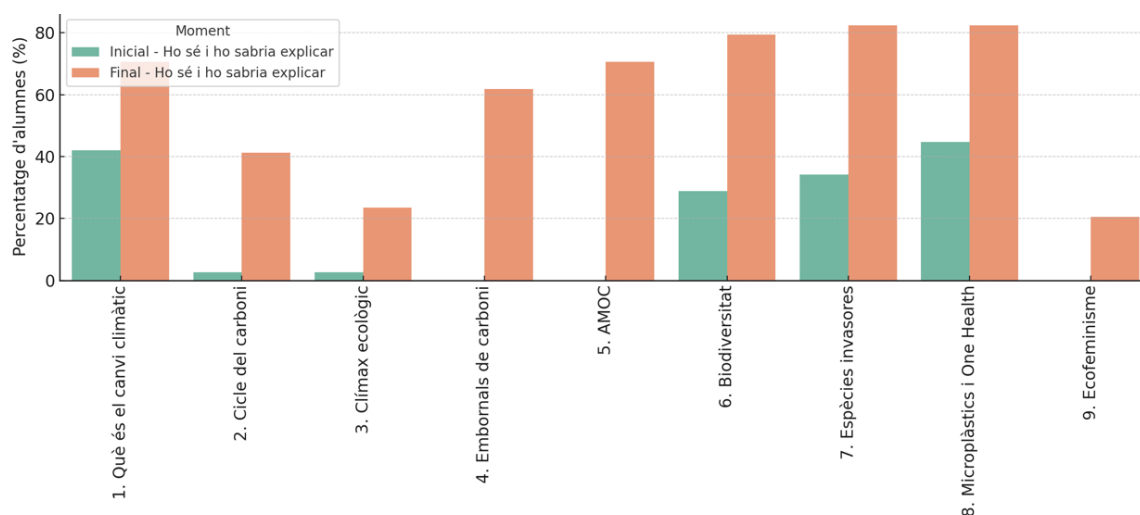


Figura 4. Gràfic comparatiu dels KPSI entre el criteri 'Ho sé i ho sabria explicar a una companya' abans i després de la SA. **Font:** elaboració pròpia.

La SA, doncs, no només ha facilitat l'adquisició de coneixement científic rellevant, sinó també la capacitat de verbalitzar-lo i compartir-lo amb les companyes, indicador d'un aprenentatge profund i funcional.

Qüestionari coneixements previs i taula "llapis al mig de taula"

A més dels KPSI, l'alumnat també va fer un qüestionari breu sobre canvi climàtic, en què les preguntes eren de redactar i també tractaven aspectes ecosocials ([Annex 10](#)). Aquestes dades s'han interpretat de manera qualitativa i s'han comparat amb l'anàlisi qualitativa de les taules sobre canvi climàtic que van fer amb l'activitat de "Llapis del mig de taula" (exemple de taula omplerta de dues alumnes a l'[Annex 11](#)). Cal esmentar que el que l'alumnat va aprendre sobre canvi climàtic va ser en format breu i diferent del proposat en aquest treball a causa de la manca de temps. Tot i això, la millora entre l'abans i el després de la meua intervenció és significativa com es pot comprovar a la **Figura 5**, en què abans de la SA, la majoria d'alumnes es concentraven en els nivells 1 i 2 (coneixement molt baix o baix) i, després de la SA, hi ha un desplaçament clar cap als nivells 3 i 4, especialment cap al 4, que representa un grau de coneixement alt.

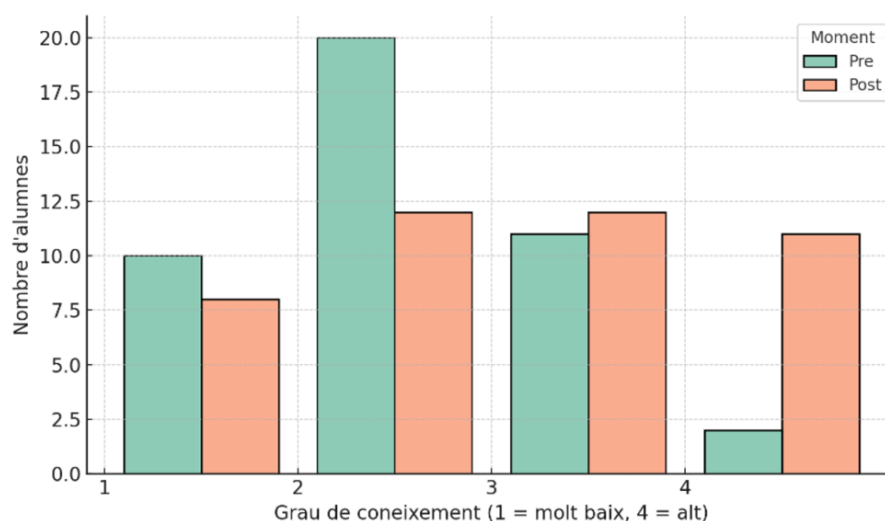


Figura 5. Gràfic comparatiu de l'evolució entre el grau qualitatiu de coneixement sobre canvi climàtic (1 el més baix i 4 el més alt) abans (qüestionaris) i després (Taula CC) de la SA. **Font:** elaboració pròpia.

A banda, també s'han analitzat les dades comparant-les amb un recull que es va fer analitzant les mancances de coneixement que es va detectar en la primera sessió de "Llapis a mig de taula" ([Annex 11](#)) i que es va fer servir per donar *feedback* a l'alumnat i que pogués corregir les seves taules.

El contrast entre les activitats inicials i finals mostra una evolució clara cap a una millor apropiació conceptual dels sabers sobre canvi climàtic. L'alumnat ha integrat vocabulari i

estructures de pensament científic, especialment en aquells casos on hi ha hagut modelització progressiva (com l'AMOC o els embornals). Tot i això, alguns aprenentatges, com l'albedo, la distinció entre espècies invasores i al·lòctones o els efectes sistèmics dels microplàstics i fertilitzants, encara no han estat plenament consolidats. Aquestes àrees assenyalen espais de millora per a futures aplicacions i millores de la SA, especialment en allò que requereix una mirada ecosistèmica i relacional més complexa.

Diaris d'Indagació

Finalment, cal mencionar que els Diaris d'Indagació, els fruits parcials de la SA sobre Ecologia (la primera part del binomi de SSAA), són els precedents de l'article científic. És a dir, la plantilla que omple l'alumnat durant la Indagació de la primera SA és la mateixa estructura que fan servir per redactar l'article científic, **fruit final** d'aquesta SA. Per aquest motiu, és especialment rellevant donar un exemple de Diari d'Investigació elaborat per un grup d'alumnes de les meves pràctiques ([Annex 12](#)) per veure la qualitat del Diari i fer-se una idea de la qualitat dels articles científics que podrien fer en aquest projecte.

6.2. Tractament de l'ecofeminisme a les pràctiques

Ja s'ha explicat que durant el meu període de pràctiques vaig aplicar certes activitats d'aquest projecte barrejant-les amb la meua intervenció amb la SA sobre Ecologia. A continuació s'exposen alguns exemples amb materials fotogràfics.



Figura 6. Fotografia de l'inici del Congrés de l'IPCC per la transició ecosocial. **Font:** Elaboració pròpia.

A la **Figura 6** es pot veure el Congrés que es va fer sobre la transició ecosocial, en què l'alumnat exposava els casos estudiats sobre els seus ecosistemes i les problemàtiques ecològiques i també ambientals i ecosocials que tenien (**Figura 7**). L'exposició la feien amb

pòsters (fruits finals de la SA) que els servia com a suport per al seu discurs (**Figura 8**). Aquest era el repte de la SA sobre Ecologia i es va contextualitzar amb els grups de recerca de l'IPCC, que es va fer una explicació del grup d'expertes sobre qui són i què fan.



Figura 7. Fotografia d'un grup exposant el seu cas. **Font:** Elaboració pròpia.

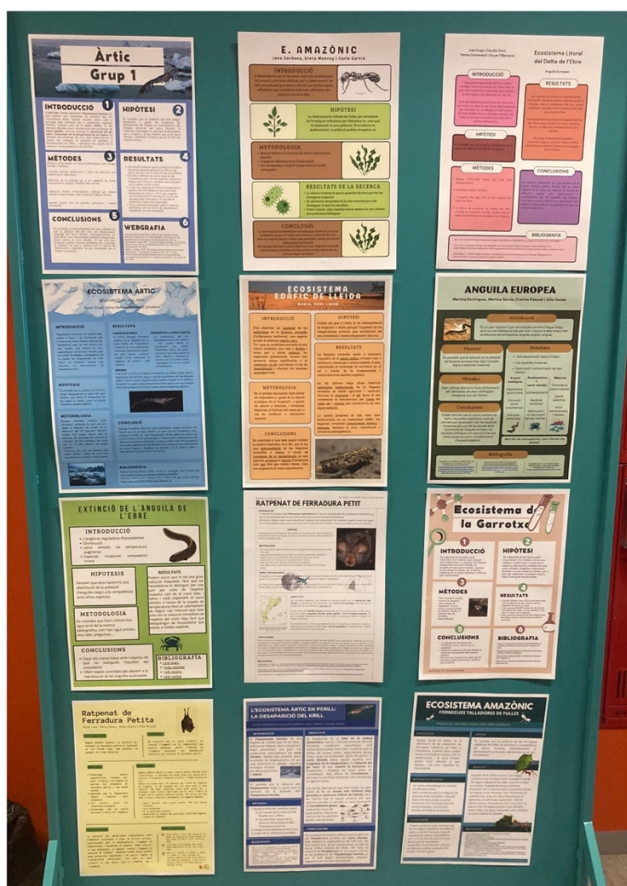


Figura 8. Fotografia dels pòsters que va elaborar l'alumnat com a fruit final de la SA sobre Ecologia en què també s'hi van incloure els impactes ambientals i ecosocials de cada cas. **Font:** elaboració pròpia.

A més a més, com a ponent del Congrés, va venir la Mireia Carreras, cap del grup de recerca educativa EcoFemiSteam, per fer una xerrada sobre què és l'ecofeminisme i quins són els reptes que es proposa el moviment (**Figura 9**).



Figura 9. Fotografia de la ponència sobre ecofeminisme de Mireia Carreras. **Font:** elaboració pròpia.

Aquesta ponència suposa un primer apropament a l'ecofeminisme per part de l'alumnat anterior a l'activitat d'Exploració de Coneixements proposat en aquest projecte.

Finalment, és rellevant explicar que la major part de l'alumnat va mostrar un interès i empatia pel discurs que va exposar Carreras durant la ponència i, acabat el Congrés, es va fer una posada en comú teòrica i emocional amb l'alumnat reprenent dubtes o neguits sobre el tema. Cal mencionar que, el concepte d'ecofeminisme, no els venia de nou, ja que durant la indagació en els seus casos concrets, vaig incloure estudis i articles que parlaven sobre l'impacte desigual del canvi climàtic en les dones.

6.3. Validació externa

A continuació, adjuntaré la valoració externa del meu tutor de pràctiques:

«El treball esdevé un reflex coherent amb una preocupació genuïna per la ciència com a eina per interpretar la realitat i transformar-la, i per l'alumnat com a agent actiu del seu propi aprenentatge.

Enfocament metodològic: fortaleeses i suggeriments:

L'ús de l'Estudi de Cas Dirigit dins el marc de l'Aprentatge Basat en Projectes és especialment pertinent i mostra un bon coneixement de metodologies actives. La combinació d'aquest enfocament amb una estructura clara en set fases (de la presentació del cas fins a la reflexió metacognitiva) evidencia una intenció didàctica molt pensada i ajustada al cicle d'aprenentatge de Jorba i Casellas. Tot i que es menciona que no se segueix estrictament la seqüència clàssica (exploració, introducció, estructuració i aplicació), en realitat hi ha una transversalitat fluïda que la recull de manera orgànica, especialment en la manera com el model científic es va co-construint i revisant.

Millora suggerida: es podria reforçar la fase d'estructuració amb una activitat més explícita de sistematització dels coneixements adquirits, per exemple amb una co-creació d'un mapa conceptual col·laboratiu.

Coherència curricular i competencial:

El treball fa una lectura molt encertada del currículum competencial actual. Hi ha una alineació clara amb els sabers i les competències específiques de Biologia i Geologia del currículum d'ESO (segons el Decret 175/2022), especialment en el tractament de les relacions ecosistèmiques, factors ambientals i modelització científica.

Destaca també la inclusió d'aspectes transversals com la sostenibilitat, el pensament crític i la comunicació científica, que connecten amb les competències transversals del currículum (com la ciutadana, la científica i la comunicativa).

Millora suggerida: aprofundir en la triangulació d'evidències d'aprenentatge, especificant millor com s'avaluarà l'evolució de cada competència (rúbriques, portafolis, observació directa...).

Conclusió:

En definitiva, la SA és una proposta rigorosa, innovadora i profundament coherent. Ens recorda que la didàctica de la ciència no només ensenya coneixements, sinó que construeix ciutadania crítica».

6.4. Discussió final

Els resultats obtinguts permeten afirmar que la situació d'aprenentatge (SA) ha estat eficaç per afavorir un aprenentatge significatiu i profund sobre el canvi climàtic. Tant les dades quantitatives (KPSI, autoavaluació i qüestionari final) com les observacions qualitatives mostren una evolució clara: l'alumnat no només ha incrementat el seu grau de coneixement, sinó que ha millorat notablement la seva capacitat per explicar i transmetre aquests sabers a través del treball cooperatiu i la modelització científica. Per altra banda, pel que fa al

mètode pedagògic que va estructurar la SA, la Indagació, també va tenir molt bons resultats i l'alumnat va mostrar una millora significativa en l'eficiència del treball en grup i bons resultats finals. Aquest fet és rellevant perquè l'Estudi de Cas Dirigit, a part de dependre dels mateixos grups, també va una passa més enllà, fet que es pot interpretar com un bon inici per assolir les competències científiques i socials que comporten de la Investigació.

Pel que fa a l'ecofeminisme, tot i ser un concepte inicialment desconegut per la majoria, al final del projecte més del 75% de l'alumnat va ser capaç de reconèixer-ne els principis i relacionar-los amb la crisi ecosocial. Aquesta dada, sumada a la qualitat dels debats i les produccions finals, indica que la mirada ecofeminista ha estat ben integrada i ha despertat interès i reflexió crítica en bona part de l'alumnat.

Finalment, cal destacar que el projecte ha aconseguit connectar emocionalment i intel·lectualment amb l'alumnat, ja que l'aplicació de les sessions sobre canvi climàtic en les pràctiques va tenir una bona acollida.

Per aquest motiu, es pot afirmar que l'ús de metodologies actives com l'Estudi de Cas Dirigit, el joc de rol o la creació literària seran factors potenciadors de l'aprenentatge significatiu dels coneixements (metodologies que no es van fer servir a les pràctiques tot i els resultats positius) i que afavoriran la implicació i el compromís amb el repte proposat.

En conclusió, la SA ha demostrat ser una eina potent per educar en clau ecosocial, articulant coneixement científic, pensament crític i esperança transformadora.

7. Conclusió

La valoració global del projecte respecte als objectius plantejats per al treball és positiva, ja que la majoria s'han assolit satisfactòriament. No obstant això, l'objectiu principal — incorporació de l'ecofeminisme en l'educació formal com a marc transformador que promou una mirada crítica i humanista envers la transició ecosocial—, ha estat l'aspecte més difícil d'assolir. La primera dificultat ha estat la manca de precedents educatius en l'aplicació d'una mirada ecofeminista per tractar les problemàtiques ecosocials derivades del canvi climàtic, dificultant, d'aquesta forma, partir d'un imaginari col·lectiu o des d'unes bases establertes. La segona dificultat, més complexa, ha estat articular aquest enfocament dins dels sabers —definites i rígids— d'ecologia, medi ambient i canvi climàtic que demana el currículum, fet que ha permès demostrar parcialment la viabilitat del tractament de l'ecofeminisme com a projecte d'innovació educativa, però amb una reflexió encara superficial, principalment degut a la manca de temps i a la flexibilitat del currículum.

Respecte al primer objectiu específic —dissenyar una SA centrada en l'ecofeminisme com a eix holístic i vertebrador per la capacitat i participació activa de l'alumnat —, la proposta ha permès tractar els sabers curriculars de la matèria de Biologia de manera holística i, alhora, coherent i compromesa a través del tractament de les problemàtiques ecosocials, superant, així, l'enfocament purament tecnocràtic i fragmentat habitual. Aquest disseny ha promogut la participació activa de l'alumnat, desenvolupant habilitats crítiques i competencials clau per entendre la interrelació entre les qüestions ecològiques, socials i de gènere.

Pel que fa al segon objectiu específic —l'aplicació de tècniques pedagògiques actives per millorar l'aprenentatge significatiu en tota la diversitat d'alumnat—, la valoració és molt positiva. L'Estudi de Cas Dirigit com a mètode pedagògic vertebrador d'aquesta SA ha permès assolir un aprenentatge significatiu, a més d'autonomia, pensament crític, empatia i, alhora, obrir un espai universal d'aprenentatge. En aquest sentit, la Investigació com a pràctica científica i com a pas següent lògic de la Indagació guiada (usat en la primera part del binomi de SSAA), juntament amb la cooperació, la comunicació i divulgació; han estat fonamentals pel correcte desplegament i assoliment de les competències socials i científicolingüístiques.

Finalment, respecte al tercer objectiu —validar la SA—, s'ha constatat la funcionalitat i qualitat dels materials, recursos i dinàmiques proposades mitjançant les rúbriques d'avaluació i els resultats obtinguts per l'alumnat. Tanmateix, es fa palès que la integració

efectiva de l'ecofeminisme requereix més temps i una millor articulació interdisciplinària per evitar superficialitat i presses.

En aquest sentit, com a propostes futures, seria interessant, per una banda, implementar aquest projecte (el binomi complet) dins d'un marc interdisciplinari més ampli, incloent-hi assignatures com català (per la càrrega lingüística evident), ciències socials (per tractar de forma més profunda els aspectes ecosocials), i matemàtiques (pel tractament rigorós de les dades). Aquest enfocament ampliaria la profunditat ecosocial i oferiria més temps de desenvolupament adequat al format d'Aprenentatge Basat en Projectes. Així mateix, incorporar tècniques gamificades estructurals —com un sistema de monedes, insígnies i personatges d'ajuda— milloraria la motivació i la implicació activa de l'alumnat, augmentant la rellevància i impacte del projecte.

En conclusió, aquest treball evidencia que, malgrat els reptes, incorporar l'ecofeminisme en l'educació formal és possible, necessari i altament beneficiós per a l'alumnat. Alhora, indica camins futurs per millorar-ne l'aplicació, suggerint la innovació pedagògica i la interdisciplinarietat com a claus per assolir una educació més profunda, transformadora i coherent amb els reptes ecosocials actuals. Al cap i a la fi, per comprendre plenament el món que ens envolta, cal posar-se les ulleres de la ciència, però també les de l'empatia, la solidaritat i la justícia social. Potser el que realment necessitem és mirar-nos la natura i la vida amb ulls propis per admirar-ne la bellesa i la diversitat i, aleshores, utilitzar totes les ulleres necessàries —científiques, humanistes, socials i feministes— per ensenyar i defensar la saviesa que s'hi amaga.

8. Bibliografia

- Abasolo, O., & del Pozo, O. (2015). Hacer visible lo invisible. La importancia del bienestar y los cuidados en los centros educativos de FUHEM. *FUHEM Ecosocial*.
- Aguado Caso, M., del Viso Pavón, N., Navas Martín, M. Á., Tirado Herrero, S., Narocki, C., Ramón Sánchez, Á., . . . Blanca Quesada, R. (2022). Desigualdades climáticas: Impactos y responsabilidades de los eventos meteorológicos extremos.
- Assadourian, E. (2017). Educación ecosocial: cómo educar frente a la crisis ecológica. A W. Institute, *La situación del mundo 2017: educar para la sostenibilidad*. FUHEM Ecosocial.
- Bandura, A. (1977). *Social learning theory*. Prentice-Hall.
- Bosch, A., Carrasco, C., & Grau, E. (2005). Verde que te quiero violeta. Encuentros y desencuentros entre feminismo y ecologismo. A E. Tello, *La historia cuenta: del desarrollo económico al crecimiento humano sostenible* (p. 48). Barcelona: Ediciones El Viejo Topo.
- Caamaño, A. (2002). ¿Cómo transformar los trabajos prácticos tradicionales en trabajos prácticos investigativos? *Aula de Innovación Educativa*, 113, 21-26.
- Domènech, J. (2009). *Elogio de la educación lenta*. Barcelona: Graó.
- Domènech-Casal, J. (2013). Secuencias de apertura experimental y escritura de artículos en el laboratorio: un itinerario de mejora de los trabajos prácticos en el laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(3), 249-262.
- Domènech-Casal, J. (2015). Una secuencia didáctica de modelización, indagación y creación del conocimiento científico en torno a la deriva continental y la tectónica de placas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 186-197.
- Domènech-Casal, J. (2019). *Aprenentatge basat en projectes, treballs pràctics i controvèrsies: 28 propostes i reflexions per ensenyar ciències*. Barcelona: Rosa Sensat.
- Domènech-Casal, J. (2022). *Mueve la lengua, que el cerebro te seguirá*. Barcelona, España: Graó.
- Domènech-Casal, J. (29 / 01 / 2023). *Jordi Domènech ePortfolio*. Recollit de Els estudis de cas com a activitat investigativa a l'aula de ciències: <https://jordidomenechportfolio.wordpress.com/2023/01/29/els-estudis-de-cas-com-a-activitat-investigativa-a-laula-de-ciencies/>

- Federici, S. (2010). *Calibán y la Bruja, mujeres cuerpo y la acumulación originaria*. Madrid, España: Traficantes de sueños.
- FUHEM. (2021). *Educación para la transformación ecosocial. Orientaciones para la incorporación de la dimensión ecosocial al currículo*. FUHEM.
- Garcés, M. (2020). *Escuela de aprendices*. Barcelona: Galaxia Gutenberg.
- García Torres, M. (2018). *El IBEX 35 en guerra contra la vida. Transnacionales españolas y conflictos socioecológicos en América Latina. Un análisis ecofeminista*. Recollit de Ecologistas en Acción: <https://www.ecologistasenaccion.org/35721/ibex-35-guerra-la-vida/>
- Global Witness. (2017). *Defenders of the Earth: Global killings of land and environmental defenders in 2016*. Recollit de <https://www.globalwitness.org/en/campaigns/environmental-activists/defenders-earth/>
- González Reyes, L., & Gómez Chuliá, C. (2022). La competencia ecosocial en un contexto de crisis multidimensional. *Revista Internacional de Educación para la Justicia Social*, 11(22), 29-43.
- Grupo de Ecofeminismo. (2011). Menos para vivir mejor. Ecofeminismos, anticapitalismo y mundo urbano. Ecologistas en acción. *Ecologistas en acción*.
- Gutiérrez Bastida, J. M. (2019). *50 años de educación ambiental: Un balance incompleto hacia la educación ecosocial en el Antropoceno*. CENAM. Boletín Carpeta Informativa del CENAM.
- Gutiérrez Bastida, J. M. (2020). Antropoceno: tiempo para la ética ecosocial y la educación ecociudadana. *Revista de Educación Social*, 28.
- Gutiérrez Bastida, J. M. (2022). *Competencia ecosocial. Crisis ecosocial, alternativas y educación*. Madrid: Bubok.
- Haas et al. (2020). Female hunters of early Americas. *Science advances*, 6(45).
- Herrero, Y. (2013). Pautas ecofeministas para repensar el mundo. *FUHEM*, 22(1-4). Recollit de Boletín ECOS: https://www.fuhem.es/media/cdv/file/biblioteca/Boletin_ECOS/22/Pautas-ecofeministas-para-repensar-el-mundo_Y_HERRERO.pdf
- Herrero, Y. (2022). *Educación para la sostenibilidad de la vida: Una mirada ecofeminista a la educación*. Barcelona: Octaedro.
- International Union for Conservation of Nature (IUCN). (s.d). *Fact sheet*. Recollit de https://www.unisdr.org/files/48152_disasterandgenderstatistics.pdf

- Jorba, J., & Casellas, E. (1996). *La regulació i l'autoregulació dels aprenentatges: Una perspectiva constructivista*. Barcelona: Institut de Ciències de l'Educació, Universitat Autònoma de Barcelona..
- Llewellyn, D. (2005). *Teaching High School Science Through Inquiry: A Case Study Approach*. Thousand Oaks, Ca: Corwin Press.
- Martí Comas, J. (Gener / 2025). *Decreixement ecofeminista: Desaccelerar per recuperar la vida*. Recollit de https://odg.cat/wp-content/uploads/2025/02/Decreixement-ecofeminista.-Desaccelerar-per-recuperar-la-vida_2025_ODG_web.pdf
- Megías Quirós, I., & Ballesteros Guerra, J. C. (2015). *Jóvenes y género. El estado de la cuestión*. Fad. Centro Reina Sofía sobre Adolescencia y Juventud.
- Mellor, M. (1997). *Feminismo y ecología*. México DF: Siglo XXI.
- Menoyo, M. P. (2010). ¡Yo me apunto a hacer trabajos de investigación! La voz del profesorado y el alumnado. *Aula de Innovación Educativa*. *Aula de Innovación Educativa*, 195, 56-62.
- Merchant, C. (2008). The Violence of Impediments: Francis Bacon and the Origins of Experimentation. *Isis*, 99(4), 731-760.
- Naredo, J. M. (2006). *Raíces económicas del deterioro ecológico y social. Más allá de los dogmas*. Madrid: Siglo XXI.
- Navas, M., López, J., Ascaso, M., Sarmiento, R., Follos, F., Vellón, J., . . . Díaz, J. (2022). Gender differences in adaptation to heat in Spain (1983–2018). (núm.215), 1-9.
- Okai, A. (2022). *Women are hit hardest in disasters, so why are responses too often gender-blind?* United Nations Development Programme.
- Pérez Orozco, A. (2006). Perspectivas feministas en torno a la economía: el caso de los cuidados. *Consejo Económico y Social*.
- Plumwood, V. (1993). *Feminism and the Mastery of Nature*. Londres: Routledge.
- Postman, N. (1999). *El fin de la educación*. Barcelona: Octaedro.
- Puleo, A. (2004). Luces y sombras de la teoría y la praxis ecofeministas. A M. L. Cavana, A. Puleo, & C. Segura, *Mujeres y ecología. Historia, pensamiento y sociedad*. Madrid: Al-Mudayna.
- Puleo, A. (2015). Ese oscuro objeto del deseo: cuerpo y violencia. *Revista Investigaciones Feministas*, 16, 122-138.
- Rodríguez, C., Martín, G., Salobral, N., Abasolo, O., & del Pozo, A. (2015). Construcción de la desigualdad de género en la educación. *FUHEM Ecosocial*.

- Sabaj, O. (2009). Descubriendo algunos problemas en la redacción de Artículos de Investigación Científica (AIC) de alumnos de postgrado. *Revista Signos*, 42(69), 107-127.
- Salobral Martín, N. (2015). *La quimera de una "cultura neutra de género" en la escuela pública*. FUHEM Ecosocial.
- Santiago Muíño, E., Riechmann, J., & Herrero, Y. (2018). *Petróleo*. Barcelona, Espanya: Arcadia.
- Shiva, V., & Mies, M. (1997). *Ecofeminismo*. Barcelona: Icaria Editorial.
- Survival. (2009). *La verdad más incómoda de todas. El cambio climático y los pueblos indígenas*. Informe de Survival International, United Nations Development Programme, Human Development Report.
- Virgina Arroyo et al. (2016). Short term effect of air pollution, noise and heat waves on preterm births in Madrid (Spain). *Environmental Research*(núm.145), 162-168.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. (V. J.-S. M. Cole, Ed.) Harvard University Press.
- Wasserman, S. (1994). *Using cases to study teaching*. Phi Delta Kappa Educational Foundation.

9. Annexos

Enllaç a la versió descarregable de tots els materials de la SA:

https://drive.google.com/drive/folders/1XU8IPq-cCRlkW2BuH8OzstCh10Do_yBK?usp=sharing

9.1. Annex 1 – Materials Sessió 1

KPSI inicial

KPSI inicial Canvi climàtic25/5/25 21:09

KPSI inicial Canvi climàtic

Aquest KPSI et servirà per saber quins són els teus coneixements previs sobre el canvi climàtic i en quin grau et són familiars.

** Indica que la pregunta es obligatoria*

- 1. Sé què és el canvi climàtic i conec la seva causa principal. ***

Marca solo un óvalo.

☐ No sé res

☐ En sé una mica

☐ Ho sé, però no ho sabria explicar

☐ Ho sé i ho sabria explicar a una companya
- 2. Sé dibuixar el recorregut que fa el CO2 a la Terra (cicle del Carboni) i com l'activitat humana el modifica.**

Marca solo un óvalo.

☐ No sé què és ni ho podria dibuixar

☐ Sé el que és però no ho podria dibuixar

☐ Sé el que és i ho podria dibuixar però no explicar

☐ Sé el que és i ho podria dibuixar i explicar

<https://docs.google.com/forms/u/0/d/1xVvzLqxSaSsXa8QJwPY11ByGH4MJJhzq-1rP-B9Zdhg/printform>Pàgina 1 de de 6

3. **3. Sé què són els *Tipping points* (punts de no retorn climàtics). ***

Marca solo un óvalo.

- ☐ No sé res
- ☐ En sé una mica
- ☐ Ho sé, però no ho sabria explicar
- ☐ Ho sé i ho sabria explicar a una companya

4. **4. Sé què són els embornals o reservoris de carboni i quines funcions tenen en la mitigació del canvi climàtic.**

Marca solo un óvalo.

- ☐ No sé res
- ☐ En sé una mica
- ☐ Ho sé, però no ho sabria explicar
- ☐ Ho sé i ho sabria explicar a una companya

5. **5. Sé què és l'AMOC (circulació termohalina meridional atlàntica) i com es relaciona amb el desgel i altres conseqüències del canvi climàtic.**

Marca solo un óvalo.

- ☐ No sé res
- ☐ En sé una mica
- ☐ Ho sé, però no ho sabria explicar
- ☐ Ho sé i ho sabria explicar a una companya

KPSI inicial Canvi climàtic

25/5/25 21:09

6. **6. Conec els efectes que té el canvi climàtic sobre la biodiversitat del planeta. ***

Marca solo un óvalo.

- ☐ No sé res
- ☐ En sé una mica
- ☐ Ho sé, però no ho sabria explicar
- ☐ Ho sé i ho sabria explicar a una companya

7. **7. Sé què són les espècies invasores i quina relació tenen amb el canvi climàtic. ***

Marca solo un óvalo.

- ☐ No sé res
- ☐ En sé una mica
- ☐ Ho sé, però no ho sabria explicar
- ☐ Ho sé i ho sabria explicar a una companya

8. **8. Sé què són els microplàstics i per què suposen un risc per a la salut humana i de la natura i animals (*One Health*).**

Marca solo un óvalo.

- ☐ No sé res
- ☐ En sé una mica
- ☐ Ho sé, però no ho sabria explicar
- ☐ Ho sé i ho sabria explicar a una companya

9. **9. Sé què és l'economia circular i els efectes que pot tenir en el sistema ambiental i econòmic.**

Marca solo un óvalo.

- ☐ No sé res
- ☐ En sé una mica
- ☐ Ho sé, però no ho sabria explicar
- ☐ Ho sé i ho sabria explicar a una companya

10. **10. Sé què són els Objectius de Desenvolupament Sostenible (ODS) i la transició ecosocial que busquen aconseguir.**

Marca solo un óvalo.

- ☐ No sé res
- ☐ En sé una mica
- ☐ Ho sé, però no ho sabria explicar
- ☐ Ho sé i ho sabria explicar a una companya

11. **11. Sé què és l'ecofeminisme i el que proposa per transformar la societat. ***

Marca solo un óvalo.

- ☐ No sé què és
- ☐ Em sona
- ☐ Ho sé, però no ho sabria explicar
- ☐ Ho sé i ho sabria explicar a una companya

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Fitxa de treball: Dones científiques

Dones Científiques

Pròleg

Existeix un principi bo que va crear l'ordre, la llum i l'home, i un principi dolent que va crear el caos, la foscor i la dona.

Pitàgores,

Filòsof i matemàtic grec, 592-507 a.C.

Han existit dones sabies, com han existit dones guerreres; però mai hi ha hagut dones inventores.

Voltaire,

Diccionari filosòfic (1764).

Tot i el rebuig social, les prohibicions, les dificultats per accedir a l'educació, tot i tenir la vida ocupada en altres tasques, malgrat fins i tot donar per perduda la propietat del seu coneixement, les obres científiques estan plenes de petjades de dones. Ja és hora que els focus de la història les il·luminin. És un simple exercici de justícia i de completar sense oblit la memòria històrica de la ciència.

Eva Ferreira,

Secretària General UPV/EHU

Qui menysprea el saber de les dones empetiteix el seu propi saber.

Jasone Astola Madariaga,

Directora per a la Igualtat UPV/EHU

Hem d'aconseguir una comunitat científica diversa, accessible i igualitària que efectui sense traves la crítica intersubjectiva que ens proporcioni un coneixement fiable. I això no és possible, si deixa de banda la meitat de la humanitat.

Eulàlia Pérez Sedeño,

Professora de Recerca, Dept. Ciència, Tecnologia, Societat, CSIC

Totes les dones científiques em produeixen admiració. Les pioneres a més a més, em sorprenen. S'havien de sentir molt soles. I tot i això, contra tot pronòstic, van aconseguir magnífics resultats. Una cosa confirmada després per tantes i tantes dones capaces de demostrar que a més de sàvies, constants, lliurades, creatives han aconseguit, i segueixen aconseguint, ser innovadores. És obligat que els rendim homenatge, que en coneguem els èxits i que en difonguem els noms i les troballes. Conèixer-les, admirar-les, seguir-les i aprendre del seu exemple constitueixen tasques ineludibles.

M. Carmen Gallastegui,

Premi Euskadi de Recerca en Ciències Socials i Humanitats 2006

Com a proposta inicial, llegeix reposadament les biografies (individualment) parant atenció a les diferents èpoques en què van viure, les condicions familiars i socials a què es van enfrontar, els paral·lelismes o diferències entre les vint dones, els seus èxits científics i l'esforç que va suposar aconseguir-los.

Pregunta de partida: Per què totes les biografies són de dones, i per què aquestes i no unes altres?

Desenvolupament de l'activitat:

1. Llegeix per sobre les 20 fitxes i escull-ne 2 que t'hagin impactat o interessat més.
2. Per parelles, compartiu les biografies escollides i responeu conjuntament a la pregunta de partida:

3. Trobeu una altra parella per formar un grup de 4 i, tot seguit, contesteu a les següents preguntes (podeu buscar informació extra si ho creieu necessari):

- Quines d'aquestes científiques van haver de lluitar a la seva infància o joventut contra l'educació establerta per a les dones i així poder estudiar ciència?

- Quines han patit discriminació per la seva raça o religió?

- Quins van veure el seu treball publicat per homes (en alguns casos sense esmentar-los)?

- Quines van haver de deixar la seva carrera temporalment per càrregues familiars?

- Quines van morir sense que se'ls reconegués degudament el seu important treball?

- Quines van rebre el Premi Nobel?

- Quines d'aquestes científiques van fer una aportació imprescindible per a la ciència, per a la humanitat?

- Hi ha científiques que vincular els seus estudis amb la defensa del territori, el poble o la seva comunitat. Com creus que això va influir en les seves dificultats o oportunitats?

- Quines han treballat per fer la ciència més inclusiva, comunitària o arrelada al territori?

- Quina d'aquestes històries t'ha sorprès més? T'ha fet canviar la mirada sobre la ciència?

Apunts càpsula ecofeminista – Telenotícies TV3

Fitxes científiques



1820-1910

Florence Nightingale

pionera de l'infermeria moderna



Va néixer a Florència l'any 1820, al si d'una família britànica de classe alta. El 1844 en contra de les convencions socials i amb la reprovació de la seva família, va decidir instruir-se com a infermera.

Va viatjar per diversos països, on va continuar el seu aprenentatge i en va relatar les experiències. La seva aportació més cèlebre va tenir lloc durant la Guerra de Crimea: el 1854, ella i un equip de 38 infermeres voluntàries, entrenades per Florence, es van traslladar a la base principal britànica d'operacions. La seva gestió va reduir l'índex de mortaldat a l'hospital militar del 42% al 2%. Durant aquesta guerra es va guanyar el sobrenom de "La dama del llum" per les seves freqüents visites nocturnes als malalts.

Nightingale va establir les bases de la professionalització de la infermeria fundant el 1860 la seva escola a l'Hospital Saint Thomas de Londres. El Jurament Nightingale —efectuat per les infermeres en graduar-se— va ser creat el 1893 i el Dia Internacional de la Infermeria se celebra l'aniversari del seu naixement. Va ser precursora en la representació visual de la informació: diagrames i histogrames circulars. De gran cultura matemàtica, va aplicar els coneixements d'estadística a l'epidemiologia i a l'estadística sanitària. Va ser la primera dona admesa a la Royal Statistical Society britànica i membre honorari de l'American Statistical Association.



1867-1934

Marie Curie

pionera en l'estudi de radiacions



Va néixer a Varsòvia (Polònia) l'any 1867 amb el nom de Marja Skłodowska. Es va llicenciar en Física i en Matemàtiques a la Universitat de la Sorbona (París). En aquesta mateixa universitat va obtenir el 1903 el doctorat en Ciències amb la tesi titulada Investigacions sobre les substàncies radioactives inspirada en els treballs del físic Henri Becquerel. Va ser la primera persona a utilitzar el nom de radioactivitat per descriure la impressió deixada per un compost d'urani col·locat sobre una placa fotogràfica, coberta de paper negre.

El 1895 es va casar amb Pierre Curie, amb qui compartia el seu lliurament exclusiu a la investigació científica, i amb qui va realitzar les seves investigacions sobre la radioactivitat natural. El 1898 van descobrir dos nous elements químics: el poloni i el radi, ambdós continguts al mineral pechblenda. El descobriment del radi va poder suposar a la família Curie l'abandonament de les penúries econòmiques si haguessin patentat la tècnica per aïllar-lo del mineral però van decidir publicar sense restriccions el resultat complet de les seves investigacions, segons el més pur esperit científic.

Marie va obtenir dos premis Nobel, de física el 1903 compartit amb Pierre i Becquerel i de química el 1911, sent fins ara l'única persona a rebre'ls en diferents camps científics, així com una de les dues dones que, fins i tot la data, han obtingut el premi Nobel de física. També va ser la primera dona a qui es va atorgar una càtedra a la universitat de la Sorbona, a partir de la mort de el seu marit, atropellat el 1906. Tots aquests èxits es van deure a la seva forta personalitat caracteritzada per la seva confiança i la seva perseverança obstinades. Va morir l'any 1934 d'una leucèmia causada per l'acumulació de radiacions a la seva medul·la òssia



Jimena Quirós
la primera oceanògrafa espanyola



1899-1983

Va néixer a Ribadesella (Astúries) l'any 1899 i es va convertir en la primera oceanògrafa espanyola. Va estudiar ciències a la Universitat Central de Madrid i el 1921 va obtenir una beca per formar-se a l'Institut d'Oceanografia de París. Va treballar a l'Institut Espanyol d'Oceanografia i va ser una pionera en els estudis de climatologia marina i dinàmica de mars i oceans. Tot i que dominava molts camps de les ciències marines, la seva especialitat era la física: l'estudi de les masses d'aigua de l'oceà, la temperatura, la salinitat o els corrents.

La seva carrera científica es va veure interrompuda per motius polítics: va ser represaliada pel règim franquista pel seu compromís amb la democràcia i amb la lluita per la igualtat de drets de la dona. Des de 1924 va ser vicepresidenta de l'Associació Espanyola de Dones Universitàries i el 1928 va dirigir l'organització de la XII conferència de la Federació Internacional de Dones Universitàries (IFUW), encarregada a Espanya. Tot i això, la dictadura franquista va truncar tant la seva carrera científica com la seva lluita política.

Quirós és avui una figura reivindicada com a símbol de la lluita contra la invisibilització de les dones a la ciència i contra les violències estructurals que han impedit, durant dècades, el desenvolupament de carreres científiques femenines. El seu llegat no només és científic, sinó també social i polític, i és fonamental per reconèixer el paper actiu de les dones en l'exploració marina a Espanya.



Rachel Carson
fundadora del moviment ecologista



1907-1964

Va néixer el 1907 a Springdale, Pennsilvània (EUA). Va ser biòloga marina, escriptora i una de les figures més influents del segle XX en l'àmbit del medi ambient. Carson va començar treballant pel Servei de Pesca i Vida Silvestre dels Estats Units, on es va especialitzar en divulgació científica marina. La seva passió per la natura i les seves habilitats narratives la van portar a escriure diversos llibres, però va ser "Primavera silenciosa" (1962) el que va marcar un abans i un després. Aquest llibre, la seva obra més influent, va denunciar els efectes nocius dels pesticides sintètics, especialment el DDT, sobre el medi ambient i la salut humana. Carson va demostrar com aquests productes s'acumulaven en la cadena alimentària i afectaven greument les aus i altres espècies.

Al mateix temps que acabava els capítols sobre càncer, Carson va descobrir que tenia un tumor de mama que requeria una mastectomia. Amb la preocupació que fos demandada per les companyies i que no tingués la força de defensar el seu llibre mentre que rebia radioteràpia, Carson va enviar els capítols científics als més famosos experts, dels quals va obtenir total suport. El 1962 Carson va distribuir còpies del llibre durant la Conferència ambiental a la Casa Blanca. La seva posterior publicació al The New Yorker no sols va atreure l'atenció del públic en general sinó també de la indústria de la química, que va pressionar per a la cancel·lació de la seva publicació. Els atacs van ser nombrosos i de tota classe. Entre d'altres, el ministre d'Agricultura va escriure una carta al president Eisenhower al·legant que si Carson no estava casada, tot i ser atractiva, probablement era per ser comunista!

La unitat i la força que va suscitar Primavera silenciosa va ajudar a cristal·litzar el moviment ecologista i va servir d'inspiració per a la creació de l'Agència per a la protecció ambiental. La seva obra va alterar l'equilibri de poder al món i va ser un punt de trobada per al moviment social incipient dels anys seixanta.

El seu llegat va molt més enllà de la ciència: Carson va ser una dona que va saber combinar el rigor científic amb la passió per la natura, i una veu clara que va advertir dels perills de l'explotació irracional del planeta.



Dorothy Crowfoot Hodgkin

pionera en la cristal·lografia de raigs X



1910-1994

Nascuda el 1910 a El Caire (Egipte) i criada a Anglaterra, va ser una química excepcional que va obrir camins en la determinació d'estructures moleculars a través de la cristal·lografia de raigs X. L'any 1969 i després de 35 anys de feina, CrowfootHodgkin va desxifrar la complexa estructura completa de la insulina, fet que va tenir una repercussió enorme en el tractament de la diabetis. Va ser la primera dona britànica en rebre un Premi Nobel de Química, l'any 1964, per la seva feina amb la penicil·lina i la vitamina B12. La cristal·lografia de raigs X es va convertir en una eina àmpliament utilitzada i va ser fonamental per més tard determinar les estructures de moltes molècules biològiques l'estudi de les quals és necessari per a la comprensió de les seves funcions.

A més de la seva aportació científica, també va defensar activament la pau, la cooperació internacional i la presència de les dones en la ciència. Va ser una defensora incansable de la ciència oberta i va rebutjar reconeixements que discriminaven per gènere. Va ser una figura clau per entendre com la ciència pot estar al servei de la humanitat i no només del progrés tècnic. El 1987 li va ser atorgat el Premi de la Pau de Lenin del govern soviètic, en reconeixement al seu treball per la pau i el desarmament.

Dorothy va publicar sota el nom de "Dorothy Crowfoot" fins a 1949, quan va ser convençuda per l'editorial d'usar el seu cognom de casada (Hodgkin) en un capítol de The Chemistry of Penicillin en què ella va contribuir. Per aquell llavors portava casada 12 anys, havia donat a llum a tres fills i havia estat triada com a membre de la Royal Society. El seu fill gran recorda que la seva mare va tornar a casa aquell dia i va anunciar amb un to tràgic fingit: «Avui he perdut el meu cognom de soltera». A partir de llavors publicaria com "Dorothy Crowfoot Hodgkin", i aquest va ser el nom que va utilitzar la Fundació Nobel en el seu premi. Actualment, Dorothy és coneguda Dorothy Hodgkin per la Royal Society, per raons de "simplicitat".



Rosalind Elsie Franklin

pionera en l'estudi de l'ADN



1920

Va néixer el 1920 a Kensington (Anglaterra). Tot i l'oposició paterna, va estudiar Química Física i es va doctorar per la Universitat de Cambridge el 1945. Durant tres anys va aprofundir en la tècnica de difracció de raigs X a París, abans de tornar al Regne Unit per unir-se al King's College de Londres com a investigadora. Allà, va aplicar amb excel·lència la tècnica de raigs X a l'estudi de molècules complexes com el carbó, el grafit, virus com el del mosaic del tabac, i, sobretot, l'ADN.

La seva imatge coneguda com a Fotografia 51, obtinguda amb gran precisió tècnica, va ser clau per a la formulació del model d'estructura helicoidal de l'ADN. Però aquesta fotografia va ser mostrada sense el seu consentiment per Maurice Wilkins a James Watson i Francis Crick, que van publicar la seva hipòtesi l'any 1953. Aquest descobriment els va valdre el Premi Nobel de Fisiologia o Medicina el 1962, compartit amb Wilkins. Rosalind Franklin, que havia mort el 1958 per un càncer d'ovaris causat probablement per la seva exposició als raigs X, no va ser esmentada ni reconeguda en aquell moment.

La seva contribució va molt més enllà de la famosa imatge: va ser metòdica, rigorosa i crítica, especialment en el treball amb les dues formes de l'ADN (A i B), i mai no va acceptar interpretacions precipitades. Les condicions de treball al King's College eren hostils per a les dones: no tenien accés al menjador del personal i eren menystingudes. Malgrat això, Franklin va deixar un llegat científic de gran valor i és avui un símbol de les moltes dones que han estat invisibilitzades en la història de la ciència. La seva història representa la necessitat de revisar la narrativa científica amb perspectiva de gènere.



Lynn Margulis

revolucionària de la biologia evolutiva
i la simbiosi



1938 - 2011

Lynn Margulis (1938–2011) va ser una biòloga evolutiva nord-americana que va sacsejar els fonaments de la biologia amb la seva proposta d'una teoria evolutiva basada en la cooperació, més que no pas en la competència. Va ser una de les científiques més influents del segle XX, coneguda per la seva teoria endosimbiòtica, que postula que les cèl·lules eucariotes (amb nucli) es van originar a partir de la simbiosi entre diferents organismes unicel·lulars. Aquesta visió alternativa de l'evolució va ser inicialment rebutjada per moltes revistes científiques, però avui dia forma part del currículum bàsic de la biologia moderna.

Margulis va estudiar a la Universitat de Chicago i va obtenir el doctorat en genètica per la Universitat de Califòrnia, Berkeley. Es va casar jove amb l'astrònom Carl Sagan, amb qui va tenir dos fills, però va desenvolupar una carrera científica pròpia i brillant. Va ser professora a la Universitat de Massachusetts i membre de l'Acadèmia Nacional de Ciències dels Estats Units.

També va ser una col·laboradora clau en el desenvolupament de la hipòtesi Gaia amb el químic James Lovelock, que considera la Terra com un sistema autoregulator en què els organismes vius interactuen amb el medi per mantenir condicions favorables per a la vida. Margulis defensava una visió interdependent, cíclica i ecològica de la vida, que trencava amb l'individualisme reduccionista de la biologia clàssica. Va contribuir també a impulsar el sistema de classificació en cinc regnes dels éssers vius. Va ser catalogada sovint com a extravagant i dissident, però la seva perseverança va fer que, en les darreres dècades de vida, les seves idees fossin àmpliament acceptades i admirades. Avui, Lynn Margulis és un referent de pensament sistèmic i d'ecologia evolutiva, i una font d'inspiració per una ciència més oberta, crítica i connectada amb la vida.



Jane Goodall

pionera en l'estudi dels ximpanzés i
referent mundial en conservació de la natura
1934



Etòloga i ecòloga britànica, va néixer a Londres l'any 1934 dins una família modesta. Des de petita li van apassionar els animals i l'Àfrica. Va estudiar secretariat i va treballar de cambrera per costejar-se el viatge a Kenya on va ser convidada per una amiga.

Allí va ser assistent del paleoantropòleg Louis Leakey, qui interessat en els simis per comprendre l'evolució de l'espècie humana, li va oferir la possibilitat d'estudiar els ximpanzés salvatges al Parc Nacional de Gombe (Tanzània). Allí es va traslladar el 1960 i va suposar l'inici d'una vida dedicada a la investigació d'aquests primats, a la lluita per la supervivència i al medi ambient. Va estudiar el comportament social i familiar dels ximpanzés, utilitzant mètodes nous, encara que controvertits, de recerca (en el seu propi entorn i "vivint" amb ells, considerant-los com a individus). Ha fet una gran feina en matèria de conservació i benestar animal. Atès que el ximpanzé és actualment l'espècie genèticament més propera a l'Homo sapiens, les seves troballes van revolucionar els coneixements que es tenien no només dels ximpanzés, sinó també de l'ésser humà. Va ser la primera persona a descobrir que els ximpanzés eren capaços de fabricar i utilitzar eines, una cosa que fins llavors es considerava exclusiva dels éssers humans.

El 1965 va obtenir el doctorat honorari en Etologia per la Universitat de Cambridge. És la fundadora de l'Institut Jane Goodall per a la Investigació, Educació i Conservació de la Vida Salvatge, i del programa Roots & Shoots (Arrels i Brotes). Va ser presidenta d'Advocates for Animals (Defensors dels Animals) i ha rebut més de 100 premis internacionals, com el Príncep d'Astúries, i és Ambaixadora de la Pau de les Nacions Unides. Pertany al comitè del Projecte dels Drets Humans des de la seva fundació el 1996.

Va trencar barreres com a dona en la ciència i ha dedicat la seva vida a defensar els ecosistemes i la vida salvatge. Ha inspirat generacions amb una visió de respecte, empatia i responsabilitat envers tots els éssers vius.



Wangari Maathai
biòloga, ecologista i lluitadora
per la pau i la dignitat
1940-2011



Nascuda el 1940 a Ithi (Kenya), va ser una pionera en múltiples sentits. Va ser la primera dona d'Àfrica Oriental a obtenir un doctorat, així com la primera dona africana a rebre el Premi Nobel de la Pau, el 2004, per «la seva contribució al desenvolupament sostenible, la democràcia i la pau». La seva vida es va definir per una combinació de coratge, cultura, generositat, vitalisme i una inqüestionable perseverança.

El 1977 va fundar el Green Belt Movement, un moviment format majoritàriament per dones que van plantar més de 50 milions d'arbres per combatre la desforestació i, alhora, generar autonomia i cohesió social. Aquesta iniciativa no només restaurava ecosistemes, sinó que vinculava la regeneració ambiental amb l'empoderament femení. Per aquest projecte va rebre el Right Livelihood Award el 1986.

Quan es va incorporar a la universitat com a professora, li van denegar el lloc inicialment assignat. Maathai va atribuir-ho a prejudicis de gènere i origen ètnic. Malgrat això, es va mantenir ferma i va promoure campanyes per la igualtat salarial i de drets per a les dones dins de l'acadèmia. També va defensar l'educació i la participació activa de les dones en la presa de decisions polítiques i mediambientals.

Va ser membre del Parlament de Kenya i formà part del Consejo de Honor del Consejo para el Futuro del Mundo. Amb una mirada ecofeminista arrelada als sabers comunitaris, va vincular la conservació del medi amb la sobirania dels pobles i els drets humans.

Wangari Maathai és un símbol de resistència no violenta, esperança i justícia. La seva vida ens recorda que plantar un arbre pot ser un acte de llibertat.



Sheila Jasanoff
filòsofa de la ciència i pionera en la
governança tecnocientífica democràtica
1947



Sheila Jasanoff, nascuda el 1943, és una acadèmica indoamericana i una de les figures fundacionals dels Science and Technology Studies, disciplina que estudia la relació entre ciència, tecnologia i societat. Professora a la Universitat de Harvard, ha estat clau per obrir el debat sobre com es construeix socialment el coneixement científic i com aquest està travessat per valors, estructures polítiques i desigualtats de poder.

Una de les seves contribucions més rellevants és el concepte de co-producció, que explica com la ciència i l'ordre social es construeixen mútuament. Així, rebutja la idea d'una ciència neutral i objectiva, i posa de manifest la necessitat de mecanismes participatius i democràtics en la presa de decisions tecnocientífiques. A través d'una anàlisi comparativa en països com els Estats Units, el Regne Unit, Alemanya, Índia i la Unió Europea, ha demostrat com diferents cultures polítiques generen formes diverses d'"epistemologies cíviques", és a dir, maneres col·lectives de valorar l'evidència i deliberar sobre riscos, proves i polítiques públiques.

Els seus llibres *Controlling Chemicals* (1985) i *Designs on Nature* (2005) han estat fonamentals per mostrar com els estats regulen de manera diferent les tecnologies i els riscos en funció de la seva història institucional i cultura política. També ha treballat sobre moviments ambientals, ciència i dret, biotecnologia, el canvi climàtic i la formació de panells d'experts globals com l'IPCC.

Jasanoff defensa una ciència més oberta als sabers plurals, inclosos els sabers locals, feministes i ambientals, i qüestiona l'autoritat tecnocràtica com a única font de veritat. El seu pensament és un referent imprescindible per a una ciència compromesa, crítica i inserida en la democràcia.

A circular portrait of Françoise Barré-Sinoussi, an elderly woman with short grey hair and glasses, wearing a dark top. The portrait is set against a light purple background with a decorative floral border.

Françoise Barré-Sinoussi

co-descobridora del VIH

A small circular icon of the French flag, featuring vertical stripes of blue, white, and red.

1947

Nascuda a París el 1947, Barré-Sinoussi és una viròloga francesa destacada per haver estat una de les descobridores del virus de la immunodeficiència humana (VIH), causant de la SIDA. Aquesta troballa li va valer el Premi Nobel de Medicina el 2008, compartit amb Luc Montagnier. El seu treball a l'Institut Pasteur va canviar el curs de la investigació sobre la SIDA i va impulsar avenços essencials en el diagnòstic i tractament. Més enllà de la seva tasca en laboratoris, Barré-Sinoussi s'ha compromès fermament amb la igualtat en la salut global, defensant l'accés universal als tractaments, especialment en països del Sud global, considerant-se com la líder de la lluita contra el VIH/SIDA.

Barré-Sinoussi també ha estat una activista del paper de la dona en la ciència i ha defensat l'ètica en la recerca biomèdica. Com a científica, s'ha caracteritzat per la seva humilitat, dedicació i compromís social. És un model de com la recerca científica pot anar acompanyada de valors humanitaris i d'una clara vocació per transformar la realitat.



1952

Vandana Shiva

defensora de la sobirania alimentària



Nascuda a Dehradun (Índia) el 1952, és una de les veus més influents de l'ecofeminisme a nivell mundial. Física de formació, el seu compromís social la va portar a fundar el 1982 la Research Foundation for Science, Technology and Ecology, des d'on impulsa iniciatives com el projecte Navdanya, dedicat a la difusió de l'agricultura ecològica i la recuperació de llavors autòctones. També ha fundat la Universitat de les Llavors, el Col·legi Internacional per a la Vida Sostenible, i moviments com Dones Diverses per la Diversitat o Democràcia Viva.

Fortament inspirada en la no-violència de Gandhi, Shiva promou el paper de les dones pageses com a guardians de la biodiversitat agrícola i combat l'economia de mercat imposada per les lleis internacionals de comerç. Ha estat una crítica destacada de la globalització neoliberal i les seves conseqüències sobre el medi ambient, la vida rural i els drets humans. En el seu llibre *Earth Democracy* (2005), proposa un nou paradigma per organitzar la vida social i econòmica a partir de la justícia, la pau i la sostenibilitat basant-se en l'ús de llavors locals i la sobirania alimentària.

Guardonada el 1993 amb el Right Livelihood Award, ha estat clau en la lluita contra les patents sobre la vida, la contaminació genètica i l'ús abusiu de transgènics. Shiva defensa que l'ecofeminisme posa la vida al centre i denuncia la subordinació de la natura i de les dones pel patriarcat capitalista. Per a ella, les dones, encarregades històricament de les cures, són portadores d'una altra manera de relacionar-se amb la terra: una relació basada en la cooperació, la responsabilitat i el respecte pels éssers vius.

La seva obra connecta la crisi ambiental amb la crisi social, mostrant com les formes de dominació sobre la natura i sobre les dones són estructuralment similars. El seu activisme ha tingut un impacte global, inspirant moviments agroecològics i feministes arreu del món.



Sheila Watt-Cloutier
veu inuit del dret a un clima habitable
i a una cultura viva



1953

Sheila Watt-Cloutier va néixer el 1953 a Kuujuaq, al territori de Nunavik (nord del Quebec, Canadà). És una activista i lideressa política inuit reconeguda internacionalment per la seva tasca en la defensa dels drets humans i ambientals de les comunitats àrtiques. Durant més d'una dècada ha estat representant política del poble inuit a escala regional, nacional i internacional. Ha estat presidenta del Consell Circumpolar Inuit, des d'on ha treballat per posar en relleu com el canvi climàtic posa en risc no només el territori, sinó la continuïtat cultural, espiritual i física dels pobles indígenes.

Watt-Cloutier ha estat una de les primeres veus que ha connectat el canvi climàtic amb els drets humans. El 2005, basant-se en l'Arctic Climate Impact Assessment, va presentar una petició legal sense precedents a la Comissió Interamericana de Drets Humans, conjuntament amb 62 caçadors i ancians inuit de tot el Canadà i Alaska. Hi argumentaven que les emissions descontrolades de gasos d'efecte hivernacle per part dels Estats Units violaven els drets culturals i ambientals garantits per la Declaració Americana dels Drets i Deures de l'Home (1948).

Ha denunciat com la pèrdua del gel marí i els contaminants orgànics persistents afecten l'alimentació, la salut i el model de vida tradicional inuit, basat en la caça i l'arrelament al territori. A més de ser activista, és assessora de la Comissió Ecofiscal del Canadà i investigadora principal del Centre for International Governance Innovation, on contribueix a repensar la governança climàtica global des d'una òptica indígena i ecosocial.

Amb una mirada ferma i compassiva, Sheila Watt-Cloutier defensa un món en què la justícia climàtica sigui també justícia cultural i on els pobles indígenes puguin continuar vivint amb dignitat i autonomia al seu territori ancestral.



1961

Sunita Narain

ecologista i ei promotora de la política verda per la justícia global



Nascuda el 1961, és una ecologista, investigadora i activista política índia amb una trajectòria destacada en la defensa de la justícia ambiental i el desenvolupament sostenible. És directora general del Centre for Science and Environment (CSE) a Nova Delhi i també dirigeix la Societat de Comunicacions Ambientals. Edita la revista Down To Earth, una de les més rellevants a l'Índia en temes socioambientals.

Narain és una de les impulsores del concepte de política verda aplicada al desenvolupament, i ha defensat una transició ecològica que no sacrifiqui la igualtat. Els seus interessos de recerca abasten des del canvi climàtic i la governança global fins a la democràcia local, àmbit en què ha treballat extensament en la gestió comunitària de l'aigua i dels boscos. Considera que el respecte als sabers locals i a la gestió descentralitzada és clau per garantir sostenibilitat i justícia.

Ha estat una veu molt crítica amb les polítiques internacionals que imposen restriccions ambientals als països del Sud sense tenir en compte la seva responsabilitat històrica limitada. En aquest sentit, ha denunciat la hipocresia del Nord Global en matèria d'emissions, recursos i justícia climàtica. Defensora del dret universal a l'aigua neta, a l'aire respirable i a l'alimentació segura, ha liderat informes sobre contaminació industrial, qualitat de vida urbana i planificació ecològica.

Amb un pensament sistèmic, arrelat i radicalment pràctic, Narain connecta l'ecologia amb l'economia i la governança. La seva tasca ha estat reconeguda globalment per contribuir a una visió alternativa del desenvolupament, que parteix dels límits del planeta i de la dignitat de les comunitats. És una de les veus més escoltades del Sud Global en els debats internacionals sobre el futur del planeta.



Montserrat Vilà i Planella
ecòloga referent en espècies invasores
i sostenibilitat ecosocial
1965



Nascuda el 1964, Montserrat Vilà és una de les ecòlogues catalanes amb més reconeixement internacional per la seva recerca sobre espècies exòtiques invasores i els seus impactes ecològics, econòmics i socials. Després de doctorar-se al CREAf sota la direcció del Dr. Jaume Terradas, va realitzar una estada postdoctoral a la Universitat de Berkeley (Califòrnia) i posteriorment va continuar la seva carrera com a investigadora al CREAf, la Universitat de Barcelona i, des del 2006, a l'Estación Biológica de Doñana, on és professora d'investigació del CSIC.

La seva trajectòria combina una recerca excel·lent amb una forta vocació de transferència a la gestió ambiental. Ha publicat més de 225 articles científics, dirigit 12 tesis doctorals i coeditat 7 llibres. Des del 2014 fins al 2019 ha estat inclosa cada any en el llistat Highly Cited Researchers de Clarivate Analytics, que identifica l'1% dels científics més citats del món en l'àrea d'Ecologia i Medi Ambient. El 2023 va ser escollida membre de la Reial Acadèmia de Ciències Exactes, Físiques i Naturals d'Espanya i és també membre de l'Institut d'Estudis Catalans.

Ha estat membre de comitès científics tant a escala estatal com europea, com ara el Scientific Forum on Invasive Alien Species de la UE, i ha col·laborat amb la IUCN en la creació de protocols per prioritzar les espècies invasores segons el seu impacte. Com a coordinadora de l'informe IPBES sobre biodiversitat a Europa i Àsia Central, i ara com a membre d'un diagnòstic global d'aquesta plataforma, Vilà aporta una mirada sistèmica sobre la relació entre natura, ciència i societat. El seu paper com a dona en un camp altament masculinitzat la converteix en un model inspirador per a les futures generacions de científiques.



1965

Yayo Herrero

referent ecofeminista i impulsora de la
sostenibilitat de la vida



Nascuda a Madrid el 1965, és una de les figures més influents de l'ecofeminisme i l'educació ecosocial a Europa. Amb una formació transversal —és antropòloga, enginyera tècnica agrícola, educadora social, doctora en societat, política i cultura, i diplomada en educació ambiental—, Herrero representa una veu clau per comprendre les interseccions entre crisi ecològica, justícia social i feminisme. Ha estat directora de la Fundació FUHEM i portaveu estatal d'Ecologistas en Acción, organització on ha tingut un paper actiu des de fa dècades.

La seva recerca i activisme posen al centre la sostenibilitat de la vida, entenent que el sistema capitalista patriarcal es basa en l'explotació simultània dels ecosistemes, dels cossos —especialment femenins— i dels pobles empobrits. Denuncia que el model de desenvolupament dominant promou treballs superflus mentre precaritza o invisibilitza les tasques essencials per al manteniment de la vida, com la cura, la producció alimentària o l'educació. En un món amb límits biofísics, afirma que el creixement econòmic il·limitat és una il·lusió incompatible amb la vida.

Ha escrit o coescrit més de trenta llibres, i participa activament en espais de debat públic, mitjans de comunicació i moviments socials. En les seves conferències i articles defensa una transició ecosocial justa, basada en la relocalització de l'economia, el suport mutu, la inclusió de totes les persones i el respecte pels cicles naturals. A més, ha estat una figura clau per portar aquests debats a l'àmbit educatiu, proposant una pedagogia crítica orientada a formar ciutadania activa, conscient i arrelada al territori.

Yayo Herrero ens convida a repensar radicalment l'economia, la política i l'educació, des d'una perspectiva que posa la vida —i no el benefici— al centre.



1969

Hope Jahren

geoquímica, escriptora i
defensora de les dones a la ciència



Hope Jahren va néixer el 1969 a Minnesota (Estats Units) i és una reconeguda geoquímica i geobiòloga. Ha destacat en l'ús de l'anàlisi d'isòtops estables per reconstruir climes passats i entendre com les plantes responen a les condicions ambientals, tant en ecosistemes actuals com en boscos fòssils de l'Eocè. També va ser pionera en l'extracció d'ADN de paleosòls i en detectar isòtops estables dins l'ADN de multicel·lulars, obrint una nova finestra sobre la relació química entre els organismes i el seu entorn.

El gran públic la coneix sobretot pel seu llibre *Lab Girl* (2016), traduït com *La memòria secreta de les fulles*, on fusiona memòries personals, ciència vegetal i crítica social en un relat profund i poètic. L'obra ha estat qualificada com un himne al món natural i una denúncia valenta del masclisme estructural dins el món acadèmic. Hi descriu amb sensibilitat les tensions, les renúncies i la passió per la recerca que defineixen la vida de moltes científiques.

Jahren ha esdevingut una activista destacada per fer visibles les dificultats de les dones a la ciència. Ha parlat obertament sobre l'assetjament sexual en l'àmbit acadèmic, recomanant la documentació rigorosa i la creació de límits professionals clars. També ha impulsat campanyes de visibilització com *#ManicureMondays*, una iniciativa que reutilitzava una etiqueta superficial de xarxes socials per mostrar mans de dones fent ciència i trencar estereotips.

La seva manera d'entendre la ciència és inclusiva, narrativa i radicalment humana. Hope Jahren no només aporta coneixement científic d'alt nivell, sinó que també obra camí per fer de la recerca un espai més just, sensible i accessible per a totes les persones, especialment les joves que volen dedicar-se a la ciència.



Berta Cáceres
defensora de la terra, la vida
i les comunitats
1971-2016



Nascuda el 1971, va ser una activista indígena lenca, feminista i una de les figures més rellevants de l'ecologisme popular i dels drets indígenes a Llatinoamèrica. Cofundadora del Consejo Cívico de Organizaciones Populares e Indígenas de Honduras (COPINH), va dedicar la seva vida a defensar els territoris del poble lenca davant els projectes extractius i hidroelèctrics que amenaçaven la seva sostenibilitat, sobirania i espiritualitat.

Va ser àmpliament reconeguda per la seva oposició al projecte hidroelèctric Agua Zarca, impulsat per l'empresa DESA, que pretenia construir una presa al riu Gualcarque, un espai sagrat i vital per a la comunitat. Aquest projecte comportava la pèrdua d'accés a l'aigua i als aliments, i va ser autoritzat sense consulta prèvia ni consentiment del poble indígena, com estableix el dret internacional.

El 2015 va rebre el Premi Ambiental Goldman, el màxim reconeixement mundial per a defensors del medi ambient. Va denunciar les relacions entre governs, empreses i institucions financeres que promouen megaprojectes sense considerar-ne els impactes socials ni ambientals. Defensava una visió política-ecològica integral, articulant les lluites antipatriarcal, anticapitalista, anticolonial i antiracista, basada en els sabers i formes de vida comunitàries.

El 2016 va ser assassinada a casa seva després d'anys de rebre amenaces. El crim, atribuït a sectors vinculats a l'empresa promotora del projecte, va generar una onada d'indignació internacional. El seu cas simbolitza la violència sistèmica que viuen les defensores ambientals: segons Global Witness, Hondures és un dels països més perillosos del món per fer activisme ecologista.

Avui, el nom de Berta Cáceres ressona com a bandera de la resistència indígena, l'ecofeminisme i la dignitat, i el seu llegat inspira una nova generació de lluitadores arreu del planeta.



1990

Corina Newsome

ornitòloga, activista i
veu per una ciència inclusiva



Nascuda el 1990 als Estats Units, és una jove ornitòloga, comunicadora científica i activista per la justícia climàtica i racial. Es defineix com Hood Naturalist, un sobrenom que reivindica el seu origen urbà i combat l'estereotip que només les persones criades en ambients rurals poden ser naturalistes. Aquesta identitat, profundament arrelada al territori i a les desigualtats socials, marca el seu enfocament a l'hora de fer ciència i educació ambiental.

Newsome té un grau en biologia de fauna salvatge i zoologia, i ha treballat com a cuidadora i educadora ambiental al Nashville Zoo. Actualment és investigadora de postgrau a la Georgia Southern University, on estudia els efectes del canvi climàtic i la depredació sobre el pardal de costa MacGillivray's seaside sparrow. A més de la recerca, és col·laboradora habitual a revistes com BBC Wildlife i utilitza les xarxes socials i el seu blog per promoure la diversitat en la ciència i la consciència ambiental.

El 2020 es va fer coneguda internacionalment per coorganitzar la campanya #BlackBirdersWeek, una iniciativa nascuda arran del cas de racisme viscut pel birder Christian Cooper a Central Park. Aquesta campanya va tenir un gran ressò als mitjans i va servir per visibilitzar les persones negres que fan ciència al medi natural, desmuntant prejudicis i reivindicant l'accés igualitari a la natura. Es va desenvolupar en col·laboració amb organitzacions com la National Audubon Society i l'Aquari de Monterey Bay.

Newsome representa una nova generació de científiques que uneixen coneixement, divulgació i transformació social. Amb la seva veu ferma i empàtica, obre camins per una ciència més justa, diversa i connectada amb les realitats socials i ambientals del nostre temps.



Greta Thunberg
Activista juvenil pel clima i veu
de la consciència global



2003

Nascuda l'any 2003 a Estocolm (Suècia), ha esdevingut una de les figures més rellevants del moviment ecologista global en el segle XXI. Tot va començar l'agost de 2018, quan amb només 15 anys va decidir fer una vaga escolar davant el Parlament suec per exigir acció real contra el canvi climàtic. Aquella acció solitària va inspirar milions de joves a tot el món i va donar lloc al moviment Fridays for Future, que ha organitzat manifestacions massives per reclamar justícia climàtica.

Amb un discurs directe, informadíssim i desacomplexat, Greta ha interpellat líders polítics i econòmics en fòrums com la COP de les Nacions Unides, el Fòrum de Davos o el Parlament Europeu. La seva famosa frase "How dare you?" (Com gosen?) ha esdevingut icònica en la crítica a la inacció institucional davant d'una crisi que posa en risc el futur de les generacions presents i futures.

Thunberg és també una figura clau per visibilitzar la intersecció entre crisi ecològica i drets humans. Denuncia el colonialisme climàtic, la desigualtat en l'accés als recursos, i la passivitat de les elits. Ho fa amb fermesa i constància, i des d'una sensibilitat personal que també ha volgut fer visible: té el diagnòstic del trastorn d'espectre autista, cosa que ha reivindicat com una fortalesa per mantenir el focus i la coherència.

La seva força rau en la seva autenticitat, en la seva capacitat per generar xarxa global i en la desobediència conscient com a eina política. Greta Thunberg ha contribuït com ningú en els últims anys a posar el canvi climàtic al centre del debat social, i a recordar que el futur és avui i que no hi ha planeta B.

9.2. Annex 2 – Materials Estudi de Cas Dirigit

Rols cooperatius

Es busca COORDINADOR/A d'investigació

 Ets una persona organitzada, que sap escoltar i posar ordre a les idees del grup? T'agrada planificar i repartir les tasques per assegurar-te que tothom participi activament?

Requisits

- ✓ Bona organització i capacitat per distribuir les responsabilitats.
- ✓ Capacitat per escoltar i sintetitzar el que diu el grup.
- ✓ Habilitat per repartir el torn de paraula i assegurar la participació de tothom.

Funcions

-  Establir la tasca que l'equip desenvoluparà a cada moment i dirigir-la per ajudar el grup a mantenir-se enfocat en l'objectiu del projecte.
-  Distribuir les tasques entre els membres de l'equip perquè tothom contribueixi de manera equilibrada.
-  Repartir el torn de paraula perquè totes les veus siguin escoltades garantint que les decisions es prenguin de manera consensuada.



Es busca RESPONSABLE DE GESTIÓ del projecte

 T'agrada que el teu entorn de treball estigui en bones condicions? Et consideres una persona organitzada, ordenada i detallista que li agrada assegurar-se que tot estigui ben fet?

Requisits

- ✓ Capacitat per gestionar de manera eficient el material necessari per al treball de l'equip.
- ✓ Habilitat per garantir un espai de treball ordenat i per mantenir un nivell de soroll adequat.
- ✓ Capacitat de síntesi per unificar les informacions escrites.

Funcions

-  Gestionar i distribuir correctament els materials.
-  Assegurar que el nivell de soroll sigui adequat per al treball.
-  Ocupar-se de què el format dels escrits i suports visuals estiguin cohesionats i ben presentats.



Es busca SUPERVISOR/A de tasques

 Ets una persona metòdica i et fixes en els detalls? Et consideres una persona crítica que s'assegura que la feina es fa correctament i dins del temps establert?

Requisits

- ✓ Habilitat per gestionar el temps de treball de l'equip.
- ✓ Capacitat per supervisar que es compleixen els objectius i terminis.
- ✓ Garantir que es compleixen les instruccions del docent aplicant esperit crític per detectar errors i ajudar l'equip a millorar amb preguntes reflexives.

Funcions

-  Vetllar perquè l'equip realitzi les tasques segons les premisses i temps establerts.
-  Interès per a la investigació i per assegurar que la informació sigui clara, correcta i ben documentada.
-  Valorar diàriament i per escrit l'efectivitat de l'organització de l'equip



Es busca RELACIONS PÚBLIQUES del grup

 Ets una persona comunicativa i t'agrada connectar amb altres persones? Tens facilitat per cercar informació i demanar ajuda quan cal?

Requisits

- ✓ Habilitat per expressar-se clarament i de manera efectiva.
- ✓ Capacitat per interactuar amb la resta d'alumnes per compartir la informació del seu equip
- ✓ Capacitat d'interactuar amb els membres del grup per resoldre dubtes.

Funcions

-  Comunicar-se amb altres equips per cercar ajuda i informació.
-  Fer reflexionar el grup per compartir idees i resoldre dubtes.
-  Seleccionar i compartir informació rellevant amb l'equip, assegurant que les idees es comuniquen amb claredat i sense donar per fet informació no contrastada.



COORDINADOR/A

- Establir i dirigir la tasca en cada moment per mantenir enfocat l'objectiu del projecte.
- Distribuir les tasques perquè tothom treballi equilibradament.
- Repartir el torn de paraula per prendre decisions consensuades.



GESTIÓ

- Gestionar i distribuir correctament els materials.
- Assegurar que el nivell de soroll sigui adequat per al treball.
- Ocupar-se de que el format dels escrits i suports visuals estiguin cohesionats i ben polits.



SUPERVISOR/A

- Vetllar perquè es realitzin les tasques segons les premisses i temps establerts.
- Interès per la investigació i per assegurar que la informació sigui clara, correcta i ben documentada.
- Valorar diàriament i per escrit l'efectivitat de l'organització de l'equip

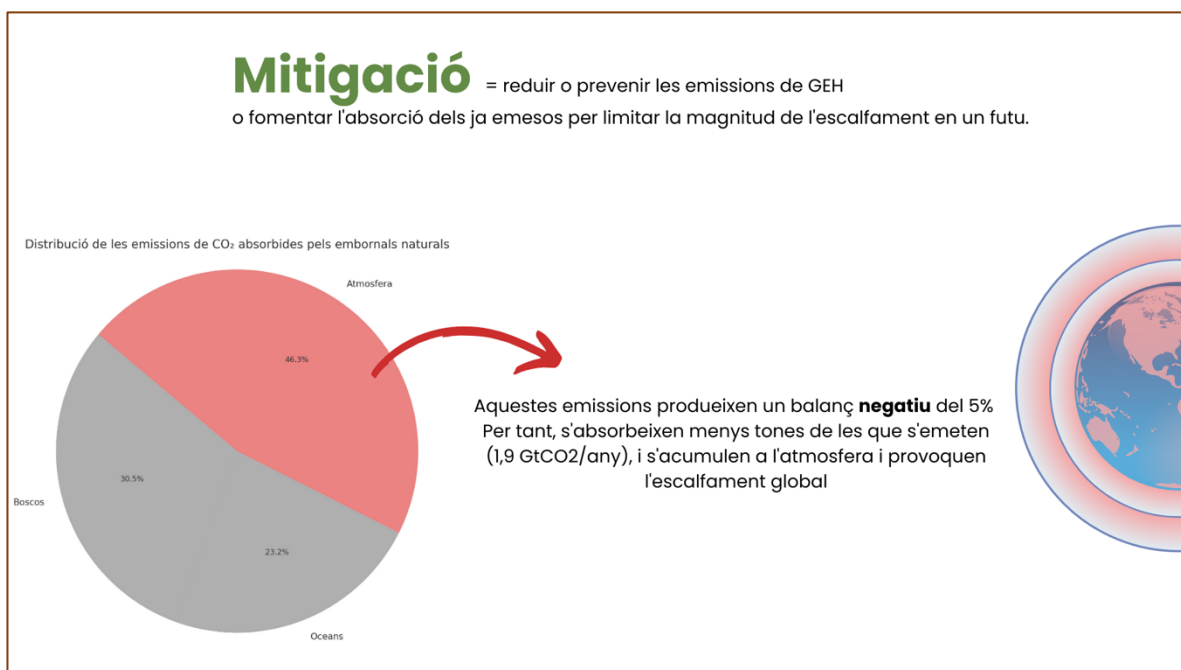
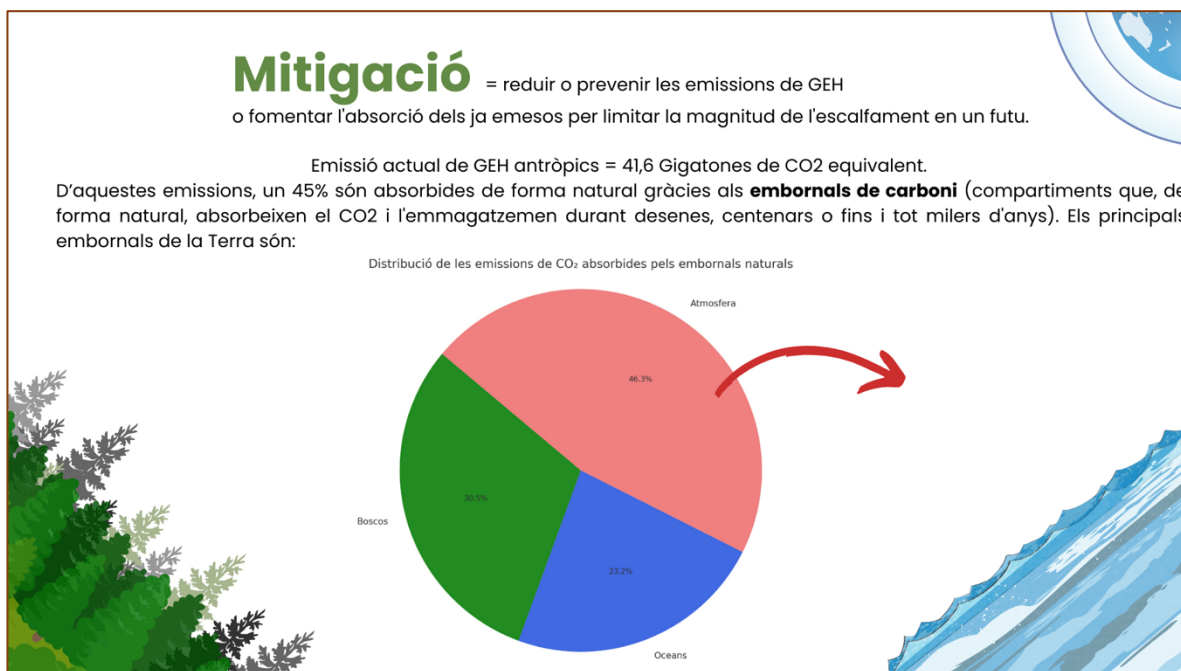


RELACIONS PÚBLIQUES

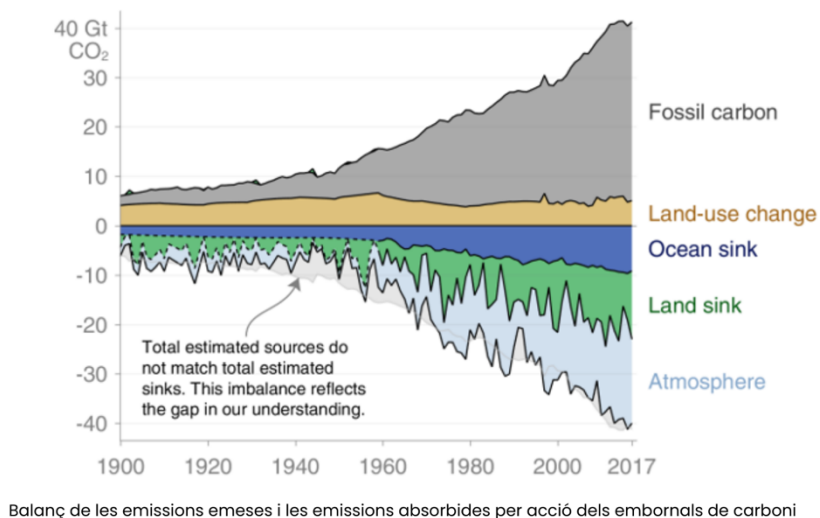
- Comunicar-se amb altres equips per cercar ajuda i informació.
- Fer reflexionar el grup per compartir idees i resoldre dubtes.
- Seleccionar i compartir amb claredat informació rellevant i contrastada amb l'equip.



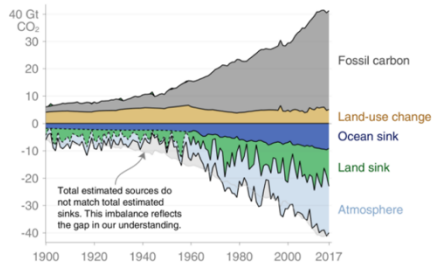
Taller 1



Embornals



el límit dels Embornals



L'economia global ha provocat la duplicació d'emissions en tan sols 30 anys.

La causa és principalment l'ús de combustibles fòssils.

D'altra banda, els oceans i boscos han hagut d'augmentar la seva absorció de CO₂ pel fet que el gradient de concentració és més gran.

Si els embornals no haguessin augmentat l'absorció, ens trobaríem sobre les 800 ppm de CO₂ a l'atmosfera, que suposaria un augment de 3°C de la temperatura = **serveis ecosistèmics**.

S'ha estudiat si la capacitat dels embornals d'absorbir el CO₂ es pot aturar a causa de la seva **saturació**. En el cas de la hidrosfera, podria ser per la manca de disponibilitat d'aigua i sequeres. En el cas de les plantes, es pot deure a la manca de nutrients per dur a terme correctament el creixement.

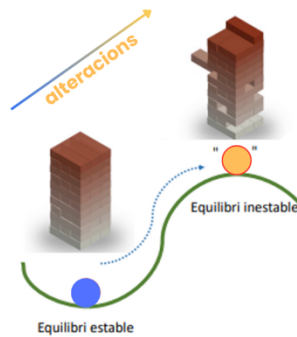
Els embornals absorbeixen cada cop més carboni, però la seva sensibilitat al CO₂ és cada cop menor, conduint a la seva capacitat d'absorció cap a la saturació.

Equilibri fràgil

Els ecosistemes són sistemes **dinàmics** formats per una comunitat d'éssers vius (**biocenosi**) i el medi físic (**biòtop**).

Les interrelacions entre els 2 elements NO són fixes ni estàtiques i poden veure's **alterades** per factors (canvis de temperatura, sequeres, perturbacions causades per l'activitat humana...).

Aquestes alteracions poden provocar **desequilibris** que afectin l'estructura i funcionament de l'ecosistema al llarg del temps.

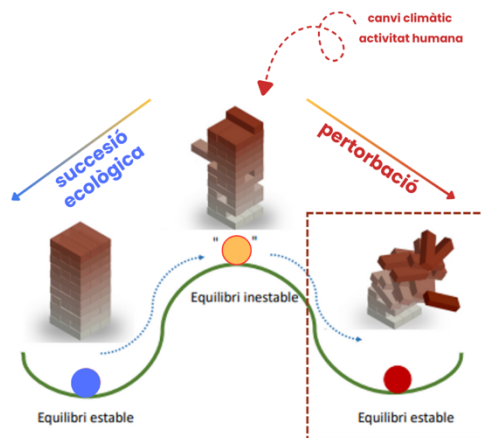


Equilibri fràgil

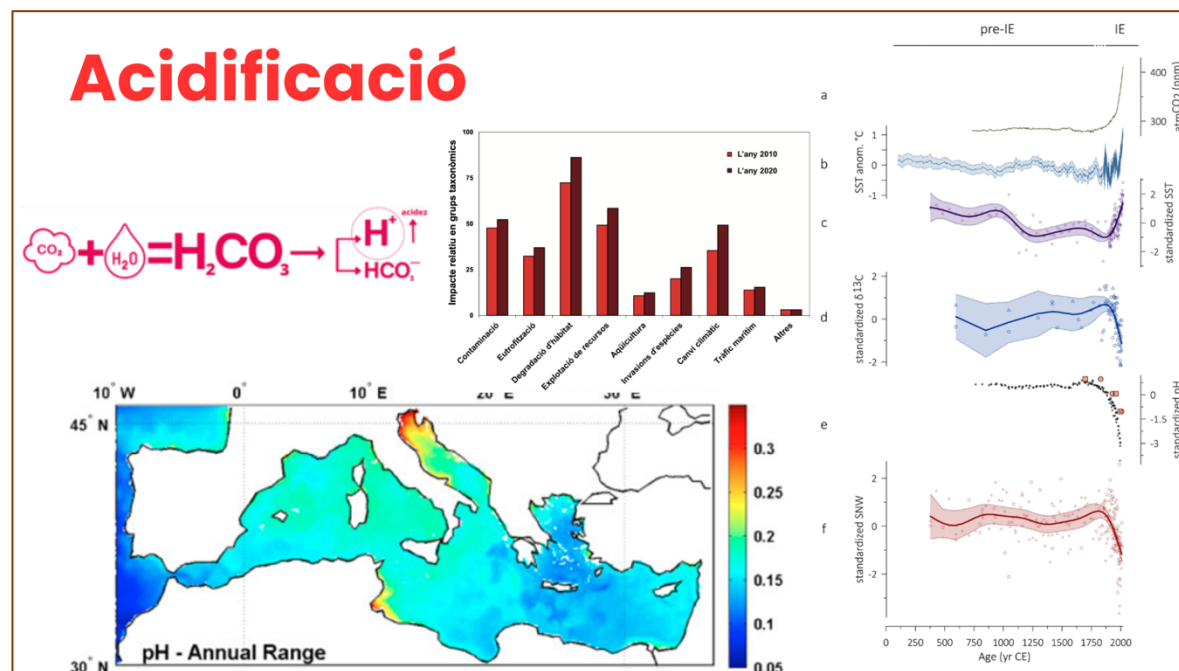
Quan un ecosistema pateix una perturbació, inicia un procés natural de recuperació = **successió ecològica**, que el pot portar novament a un estat d'equilibri o **clímax**.

No obstant això, si les perturbacions són constants o molt intenses, aquest procés es pot veure interromput o degradar-se de manera **irreversible**.

L'activitat humana (fragmentació d'hàbitats, introducció d'espècies invasores o canvi climàtic), accelera aquestes perturbacions.



Taller 2



Riquesa i Biodiversitat

La **riquesa** d'un ecosistema (nombre d'espècies) determina la seva complexitat, i depèn de la biodiversitat i de la producció primària.

Ecosistemes més rics = més estables davant pertorbacions

Exemples:

- Prat d'alta muntanya = clímax de baixa complexitat
- Bosc mediterrani = clímax de mitjana complexitat
- Selva tropical = clímax d'alta complexitat

Els components han **coevolucionat** adaptats al medi, i això els permet resistir millor els canvis.

Biodiversitat = variabilitat genètica, d'espècies i d'ecosistemes.

Nivells:

- Individual = variació genètica evolutiva
- Poblacional (local) = diferents espècies
- Ecosistemes (regional) = diversitat d'hàbitats

Importància ecològica:

- Manté l'equilibri dels ecosistemes
- Proporciona serveis ecològics essencials
- Augmenta la resiliència davant canvis



Pèrdua de Biodiversitat

Els ecosistemes poden perdre el seu equilibri per factors externs, com plagues, incendis o desforestació, fet que provoca una pèrdua de biodiversitat i en dificulta el seu funcionament.

L'extinció és un fenomen natural, però actualment es produeix 50 vegades més ràpid per causes humanes.

Factors principals:

1. **Destrucció i fragmentació d'hàbitats**
2. **Sobreexplotació d'espècies**
3. **Contaminació**
4. **Introducció d'espècies exòtiques**
5. **Canvi climàtic**

Aquestes alteracions afecten tant en el biòtop com en la biocenosi, posant en perill la biodiversitat i la vida al planeta.

Producció primària

La producció primària és la base dels ecosistemes, ja que els organismes **autòtrofs** (com plantes) capturen l'energia solar i la transformen en matèria orgànica.

Aquesta energia passa als consumidors i descomponedors a través de les xarxes tròfiques.

Cal **preservar** i **conservar** els nivells productius per mantenir els ecosistemes funcionals.



L'ésser humà depèn completament del medi ambient per sobreviure. Aquesta dependència s'anomena **ecodependència**.

Modifiquem el medi per satisfer necessitats, però el medi també ens condiciona.

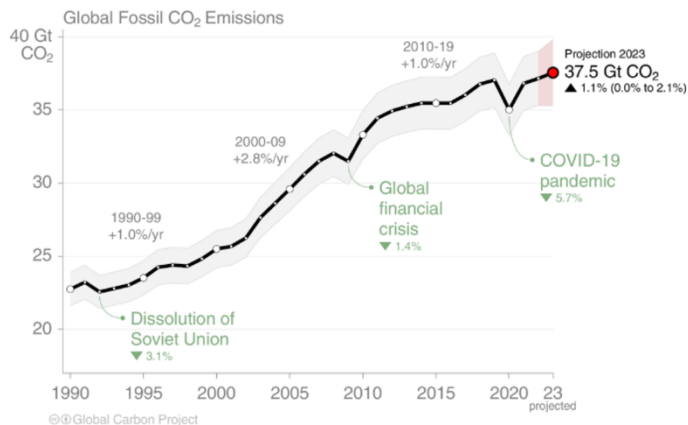
El medi ambient és el conjunt de tots els factors (naturals i humans) que ens envolten i amb els quals interaccionem.

Taller 3

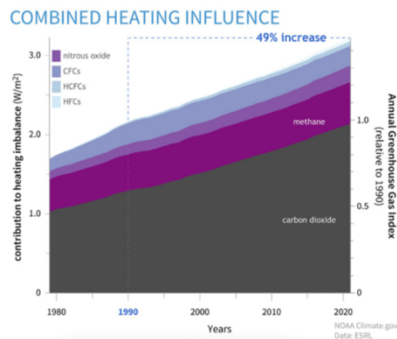
Efecte hivernacle



Efecte hivernacle

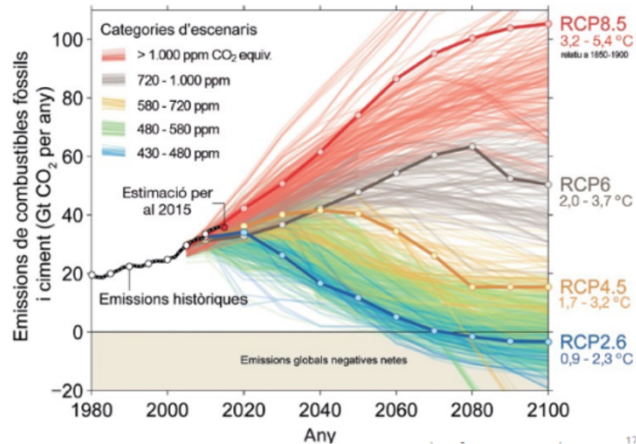


Evolució anual de les emissions globals de CO₂



Influència de l'escalfament causada pels principals GEH produïts per l'home: diòxid de carboni (gris), metà (morat fosc), òxid nitrós (morat mitjà), clorofluorocarburs (CFC, lavanda), hidroclorofluorocarburs (HCFC, blau) i hidrofluorocarburs (HFC, blau clar). En relació amb les condicions del 1750, l'atmosfera actual absorbeix més de 3 watts addicionals d'energia per metre quadrat de superfície terrestre.

Projeccions IPCC



Escenaris des dels més pessimistes (consum creixent) fins als més optimistes (decreixement). Amb la tendència actual, es preveu un escalfament global de 3 °C entre 2080 i 2100.

L'augment de temperatura està directament relacionat amb la concentració de CO₂ a l'atmosfera (en ppm). Superar les 419 ppm va marcar el llindar d'emergència climàtica el 2021, el primer any que es va superar l'increment d'1,5°C tots els mesos, sent el més càlid fins ara.

Diari d'Investigació

DIARI INVESTIGACIÓ FASE 1 – GRUP AQUA

Context i repte

L'Oceà Àrtic limita amb Groenlàndia, Canadà, Alaska, Noruega i Rússia i té la plataforma continental més ampla de qualsevol oceà, que s'estén 1.210 km des de la costa de Sibèria, però també té zones força profundes. La profunditat mitjana és de 3.658m i la màxima és de 5.441m. El mar de Chukchi proporciona una connexió amb l'oceà Pacífic a través de l'estret de Bering, però aquesta connexió és molt estreta i poc profunda, de manera que la major part de l'intercanvi d'aigua es produeix amb l'oceà Atlàntic a través del mar de Groenlàndia.

L'oceà Àrtic està gairebé completament cobert de gel durant vuit mesos a l'any, i una banquisa polar a la deriva cobreix les parts central i occidental durant tot l'any. Les temperatures del mar a gran part de l'Àrtic poques vegades superen els 0 °C.



Figura 1. Mapa Oceà Àrtic i les regions glaçades. Font: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

Actualment, l'escalfament de l'aigua dels oceans està augmentant el nivell del mar a nivell mundial. Combinat amb l'aigua del desgel de les glaceres terrestres, l'augment del nivell del mar amenaça els ecosistemes naturals i les estructures humanes properes a les costes de tot el món.

Per altra banda, el desgel de l'Àrtic i l'augment de les temperatures al Nord de l'Atlàntic estan començant a provocar processos que afecten als corrents que transporten, no només els nutrients d'una banda a l'altra del planeta, sinó també l'escalfor que emmagatzema l'aigua i actua com un regulador tèrmic i climàtic vital.

Entre els diferents sistemes de corrents, n'hi ha un que és particularment important per la regulació climàtica europea i per la salut dels ecosistemes oceànics de l'Atlàntic, l'AMOC (Circulació Termohalina Atlàntica Meridional), coneguda com a cinta transportadora oceànica. El moviment que fan aquestes grans masses d'aigua oceànica és a causa de la diferència de densitats que experimenten durant el desplaçament i la interacció amb el clima.

Sou l'equip d'investigació **AQUA**. El repte que se us demana en aquesta 1a FASE és que modelitzeu com funciona l'AMOC a partir de l'estudi de 3 factors:

1. **Augment de temperatura dels oceans**
2. **El desgel**
3. **Densitat de les aigües oceàniques (salinitat-temperatura)**

1. Explicació 1: Embornals de carboni i tipping points

Inserir aquí els teus apunts. Recorda que han de ser:

- **Exhaustius** (incloure tots els termes de lèxic que hem tractat)
- **Esquemàtics** (mostrar d'alguna manera –fletxes, colors,...-les relacions entre termes)
- **Accessibles** (usar dibuixos, negretes, majúscules o anotacions al marge que faciliti l'accés a les idees)

2. Anàlisi de proves: modelització de l'AMOC

Anàlisi de fitxes Temperatura; Desgel; Densitat.

Fruit parcial 1

Redacta una conclusió amb el que pots deduir de les proves sobre el funcionament de l'AMOC per a cada factor. Ajuda't d'un esquema, dibuix, gràfic o mapa si escau.

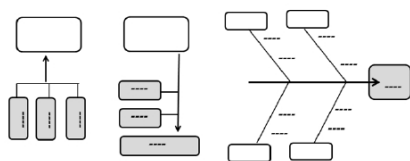
Temperatura	Desgel
Salinitat	Densitat

A partir de les evidències, on **veiem** que....

Podem concloure que **per tant**, probablement...

Això quadra/connecta/es confirma/contradiu amb...

El que queda per explicar és....



Preguntes guia:

A quin punt del planeta es produeix l'enfonsament de les aigües profundes?
Quina relació hi ha entre el flux de l'AMOC i la distribució de gel marí?
Com esperaries que aquests canvis degut al canvi climàtic modifiquin l'AMOC?

FASE 2 – GRUP AQUA

3. Explicació 2: acidificació, serveis ecosistèmics i pèrdua biodiversitat

Inserir aquí els teus apunts. Recorda que han de ser:

- **Exhaustius** (incloure tots els termes de lèxic que hem tractat)
- **Esquemàtics** (mostrar d'alguna manera –fletxes, colors,...-les relacions entre termes)
- **Accessibles** (usar dibuixos, negretes, majúscules o anotacions al marge que faciliti l'accés a les idees)

4. Anàlisi dels impactes ecosocials dels sistemes oceànics i marins

Anàlisi de fitxa Pesca

Redacta una conclusió de les problemàtiques ecosocials que presenta la pesca actualment. Ajuda't d'un esquema, dibuix, gràfic o mapa si escau.

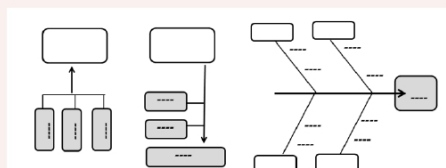
Pesca	Economia
Ecologia	Propostes de millora

A partir de les evidències, on **veiem** que....

Podem concloure que **per tant**, probablement...

Això quadra/connecta/es confirma/contradiu amb...

El que queda per explicar és....



5. Anàlisi dels impactes ecosocials dels sistemes oceànics i marins

Anàlisi de fitxa One Health

Redacta una conclusió de les problemàtiques ecosocials que presenta la pesca actualment. Ajuda't d'un dibuix del recorregut que fan els microplàstics de que arriben als rius i s'acumulen als mars i oceans.

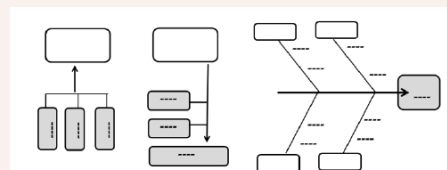
Alimentació-Sanitari	Ecologia

A partir de les evidències, on **veiem que**....

Podem concloure que **per tant**, probablement...

Això quadra/connecta/es confirma/contradiu amb...

El que queda per explicar és....



6. Anàlisi dels impactes ecosocials dels sistemes oceànics i marins

Anàlisi de fitxa Inuit

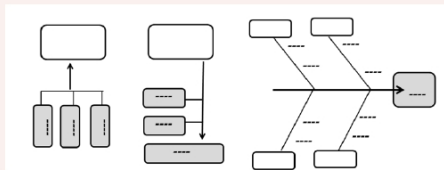
Redacta una conclusió de les problemàtiques ecosocials que pateixen els pobles inuit.

A partir de les evidències, on **veiem que**....

Podem concloure que **per tant**, probablement...

Això quadra/connecta/es confirma/contradiu amb...

El que queda per explicar és....



FASE 3 – GRUP TERRA I GRUP SILVA

7. Explicació 3: Efecte hivernacle, projeccions de futur IPCC i mitigació

Inserir aquí els teus apunts. Recorda que han de ser:

- **Exhaustius** (incloure tots els termes de lèxic que hem tractat)
- **Esquemàtics** (mostrar d'alguna manera –fletxes, colors,...-les relacions entre termes)
- **Accessibles** (usar dibuixos, negretes, majúscules o anotacions al marge que faciliti l'accés a les idees)

8. Anàlisi de proves: modelització del reciclatge de nutrients i la desertificació dels sòls

Anàlisi de fitxes Reciclatge de nutrients; Impactes ambientals i antròpics als sòls; Impactes ecosocials de la degradació dels sòls.

Fruit parcial 2

Redacta una conclusió amb el que pots deduir de les proves sobre el funcionament del reciclatge de nutrients al sòl per a cada factor. Ajuda't d'un esquema, dibuix, gràfic o mapa si escau.

Reciclatge de nutrients	Sequera
Contaminació	Impactes ecosocials

A partir de les evidències, on **veiem que**....

Podem concloure que **per tant**, probablement....

Això quadra/connecta/es confirma/contradiu amb...

El que queda per explicar és....

9. Anàlisi de proves: modelització de la sequera i simplificació dels boscos mediterranis

Anàlisi de fitxes Escalfament i sequera; Incendis; Impactes ecosocials de la degradació dels boscos.

Fruit parcial 2

Redacta una conclusió amb el que pots deduir de les proves sobre el funcionament del reciclatge de nutrients al sòl per a cada factor. Ajuda't d'un esquema, dibuix, gràfic o mapa si escau.

Escalfament i sequera	Incendis
Simplificació boscos	Impactes ecosocials

A partir de les evidències, on **veiem que**....

Podem concloure que **per tant**, probablement....

Això quadra/connecta/es confirma/contradiu amb...

El que queda per explicar és....

Fitxa de Treball 1: Temperatura

Fitxa de treball. **TEMPERATURA** COM S'ESCALFA EL PLANETA?

Com es mou la calor

L'oceà és el col·lector d'energia solar més gran de la Terra.

L'aigua no només cobreix més del 70% de la superfície del nostre planeta, sinó que també pot **absorbir** grans quantitats de calor sense un gran augment de la temperatura per les propietats físiques de l'aigua.

Aquesta tremenda capacitat d'emmagatzemar i alliberar calor durant llargs períodes de temps dona a l'oceà un paper central en l'**estabilització i regulació** del sistema climàtic de la Terra. Les onades, les mareas i els corrents barregen constantment l'oceà, movent la calor de latituds més càlides a la més fredes i a nivells més profunds.

La calor absorbida per l'oceà es mou d'un lloc a un altre, però no desapareix. L'energia calorífica finalment torna a entrar a la resta del sistema terrestre fonent les plataformes de gel, evaporant l'aigua o reescalfant directament l'atmosfera. Així, l'energia calorífica de l'oceà pot escalfar el planeta durant dècades després d'haver estat absorbida.

Si l'oceà absorbeix més calor de la que allibera durant un període de temps determinat, el seu contingut de calor augmenta. Saber quanta energia calorífica absorbeix i allibera l'oceà és essencial per comprendre i modelar el clima global.

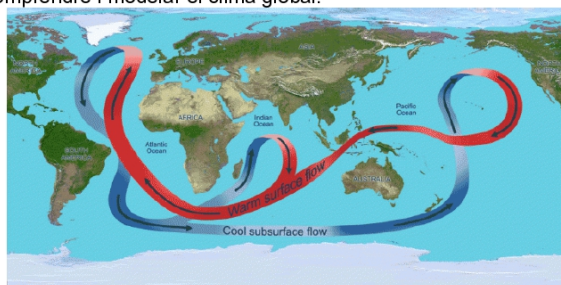


Figura 1. Corrents oceànics globals. Font: NASA.

Canvi al llarg del temps

Més del 90% de l'escalfament que ha tingut lloc a la Terra durant els darrers 50 anys s'ha produït a l'oceà. Estudis recents estimen que l'escalfament de la part superior dels oceans representa aproximadament el 63% de l'augment total de la quantitat de calor emmagatzemada en el sistema climàtic des del 1971 fins al 2010, i l'escalfament des dels 700 metres fins al fons oceànic n'afegeix aproximadament un altre 30%.

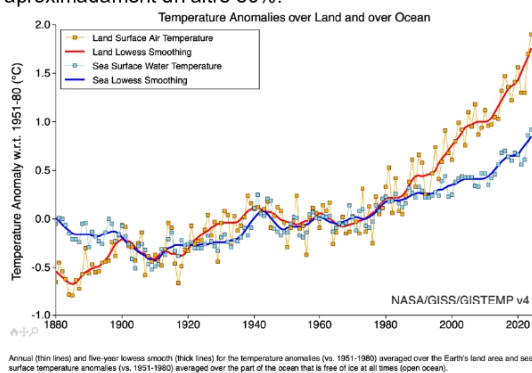


Figura 2. Mitjana de temperatures atmosfèriques i oceàniques des del 1880 fins el 2024. Font: NASA.

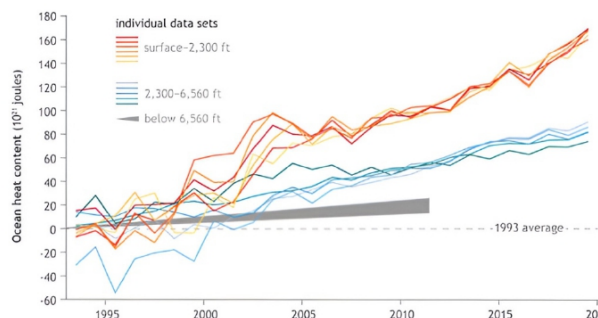


Figura 3. Calor retinguda pels oceans segons la fondària: superfície-700m (línies vermelles) i 700m-1980m (línies vermelles); comparada amb la mitjana entre els anys 1993 i 2019. Font: Climate.gov (NOAA).

De fet, són molts els estudis que demostren que els oceans fa anys que s'estan escalfant:

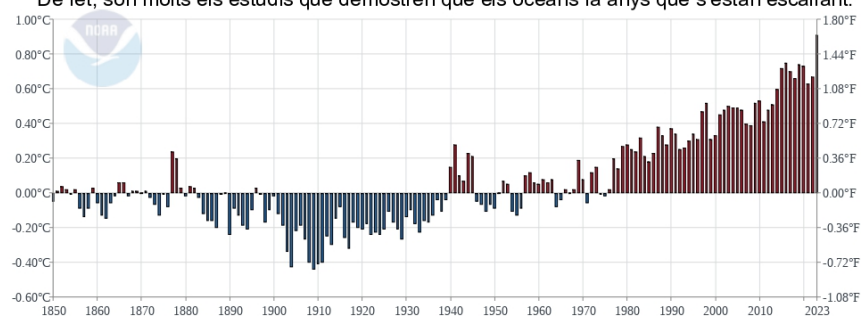


Figura 4. Anomalies tèrmiques oceàniques segons la mitjana entre l'any 1850 i 2023, els valors es representen com a barres per a cada any, de color vermell per a temperatures superiors a la mitjana i blau per a temperatures inferiors a la mitjana. Font: National Center for Environmental Information (NOAA).

[Accés a les dades en format Excel:](#) «»

En el següent mapa, es poden veure les temperatures actuals dels oceans i mars del planeta:

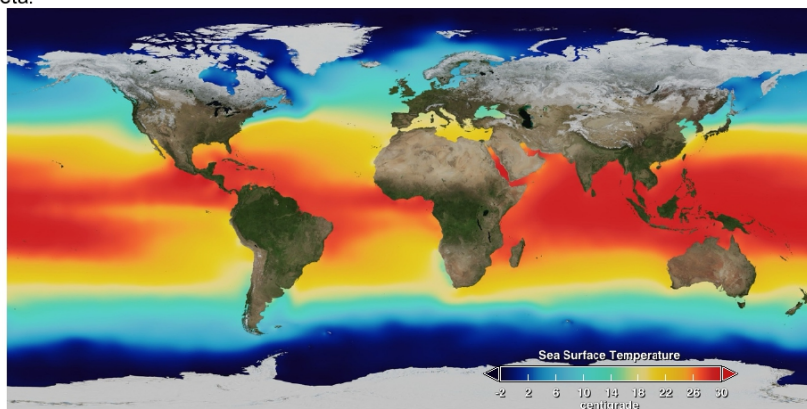


Figura 5. Mapa de temperatures oceàniques i marines (2017). Font: NASA.

A Catalunya, l'augment de temperatures del mar mediterrani no és diferent. En el següent gràfic es mostren dades de l'Estartit (Baix Empordà):

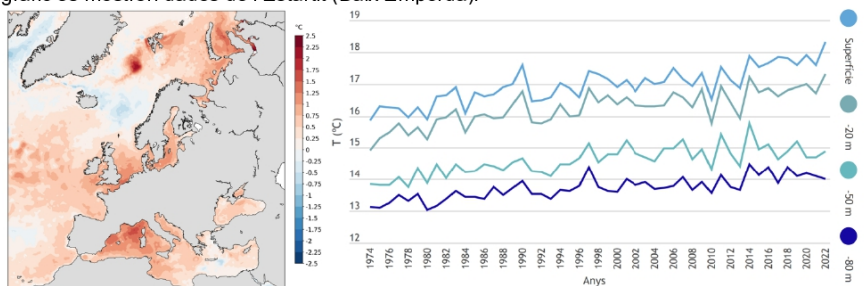


Figura 5. Mapa amb les anomalies mitjanes anuals de la temperatura de la superfície del mar a Europa (°C) per al 2022 en relació amb la mitjana del període de referència 1991-2020 (esquerra). Evolució de la temperatura mitjana anual de l'aigua del mar a l'Estartit a diferents fondàries per al període 1974-2022 (dreta). **Font:** BAIC 2022.

Diferència latitudinal en l'escalfament d'aigua

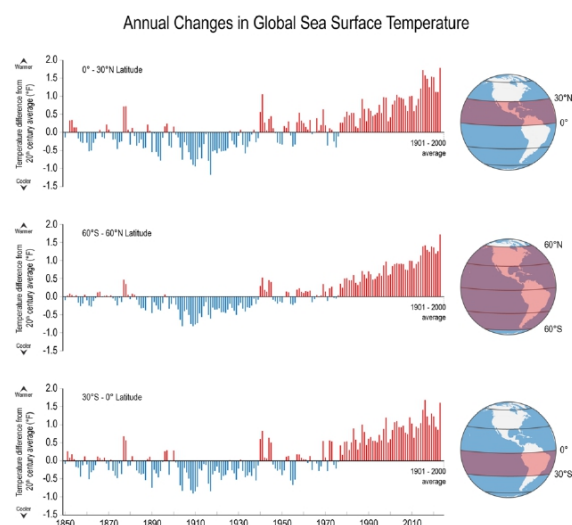


Figura 6. Règims tèrmics oceànics segons la mitjana entre l'any 1850 i 2015 i separat en 3 latituds 0-30°N, 60°S-60°N i 30°S-0°. **Font:** U.S. Global Change Research Program.

* Cal transformar les dades tèrmiques de Fahrenheit a graus Celsius:

$$(X^{\circ}F - 32) \times \frac{5}{9} = ^{\circ}C \rightarrow 32^{\circ}F = 0^{\circ}C$$

A partir de les evidències... (descripció, situació i identificació d'evidències)	Podem concloure que probablement... (que suggereixen o indiquen aquestes evidències)	El fet... és... ja que... per altra banda... (implicacions del model general i connexions amb altres evidències)
Encara queda sense explicar... (observacions que no queden correctament explicades amb el model, noves qüestions derivades de les conclusions, quin tipus de dades ens ajudarien a resoldre-les)		

Preguntes guia

1. Quines latituds són les que s'han esclafat més en els darrers 150 anys?
2. A partir de quines dates comença l'augment anormal de temperatures oceàniques?
3. Com ha variat la temperatura de l'aigua i la cobertura de gel des de 1980?

Fitxa de Treball 2: Desgel

Fitxa de treball. **DESSEL**

A QUIN RITME S'ESTÀ FONENT EL GEL?

L'Àrtic és l'ecosistema més septentrional del planeta. Tot i que aquesta regió generalment congelada, que forma part de la criosfera terrestre, està formada majoritàriament per oceà i terra coberts de gel, encara està plena de vida, incloses persones. Els humans han viscut a l'Àrtic durant milers d'anys. Segons el Consell Àrtic, hi ha aproximadament 4 milions de persones a l'Àrtic, 500.000 de les quals són pobles indígenes.

Durant les últimes quatre dècades, com a mínim, l'entorn àrtic ha experimentat canvis profunds i sense precedents.

Què és el gel marí?

L'oceà Àrtic té uns 16 milions de quilòmetres quadrats, però és l'oceà més petit del món per superfície i volum.

L'ecosistema fred de l'oceà Àrtic està format per molts tipus de formacions de gel, inclòs el gel marí. El gel marí és aigua de mar congelada que flota a la superfície de l'oceà. Els icebergs suren a l'aigua de mar, però estan compostos d'aigua dolça congelada. Són trossos de gel que s'han després d'una glacera. Les glaceres sovint són masses massives de gel que es formen a terra ferma quan la neu caiguda es comprimeix en gel durant centenars d'anys.

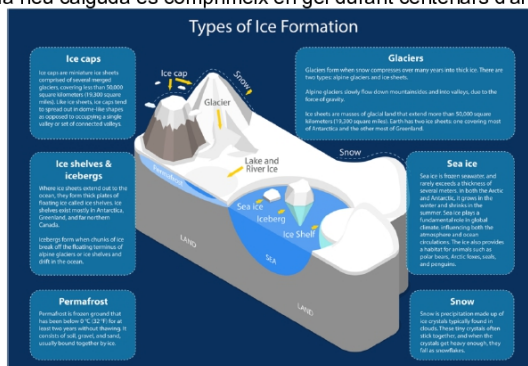


Figura 1. Creixements de gel marí, formacions i desgels estrictament de aigües oceàniques. Això ho separa d'altres formes de gel com els icebergs, glaceres i llacs glaçats, formats per aigua dolça o neu. Font: NOAA i NSIDC.

El gel marí a l'Àrtic augmenta i disminueix en extensió en un mateix anys de manera natural i té un paper vital en la regulació climàtica i de corrents oceànics. A l'hivern creix estenent-se cap a la terra que envolta l'oceà Àrtic. A la primavera, l'extensió del gel marí comença a reduir-se. Tot i això, en els darrers anys s'ha estudiat una anomalia en la quantitat d'extensió que recula:

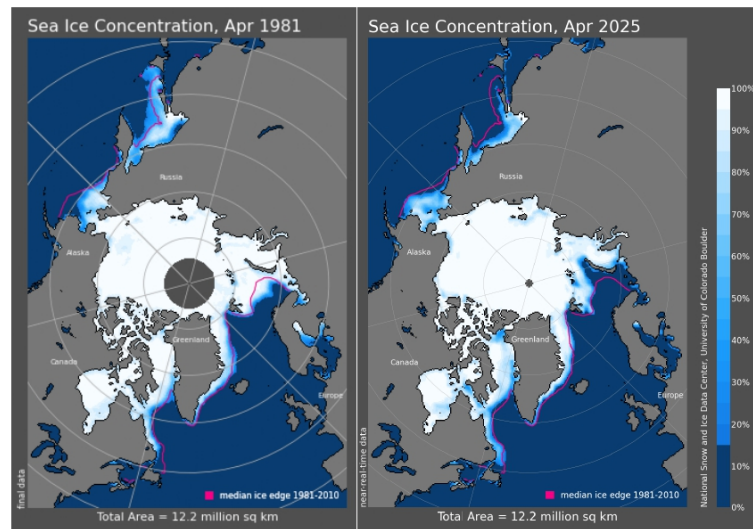


Figura 2. Comparació entre la concentració de gel del 1981 i del 2025 de l'Oceà Àrtic. Font: NOAA.

Northern Hemisphere Extent Anomalies Apr 1979 - 2025

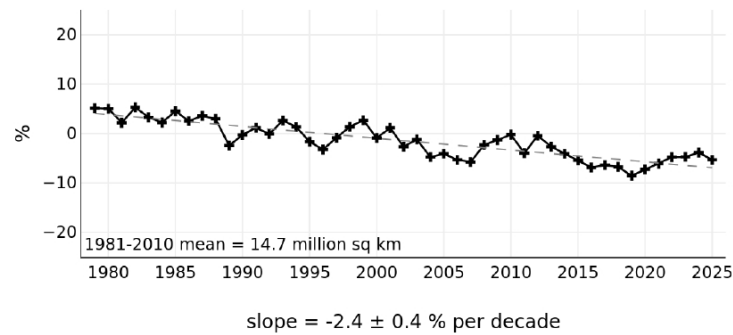


Figura 3. Gràfic que mostra el progressiu encongiment de les masses de gel marí de l'Àrtic en percentatge. Font: National Snow and Ice Data Center.

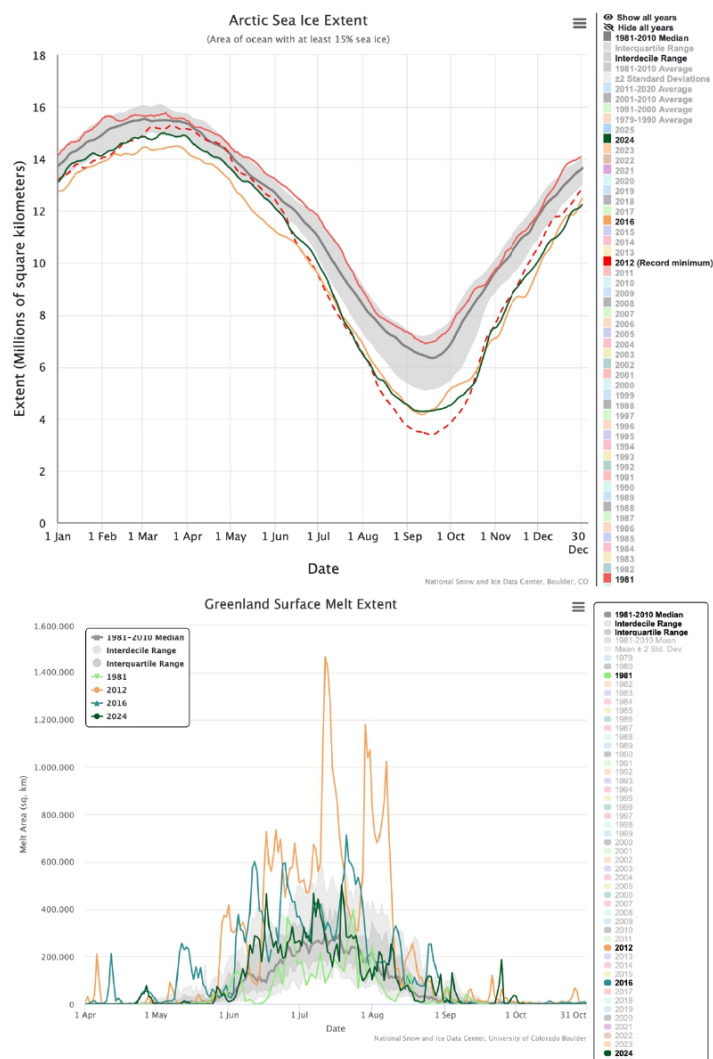


Figura 4. En el gràfic de dalt es pot veure les fluctuacions de la superfície de gel marí al llarg dels mesos en 4 dates diferents: 1981 (primers registres), 2012 (el mínim de superfície registrat), el 2016 i el 2024. En el segon gràfic es poden veure les dades de la superfície fosa de Groenlàndia per les mateixes dates. **Font:** NSIDC.

Finalment, una conseqüència directa del desglaç de masses de gel no marines (glaceres continentals, Antàrtic, etc.), és l'augment del nivell del mar i oceans.

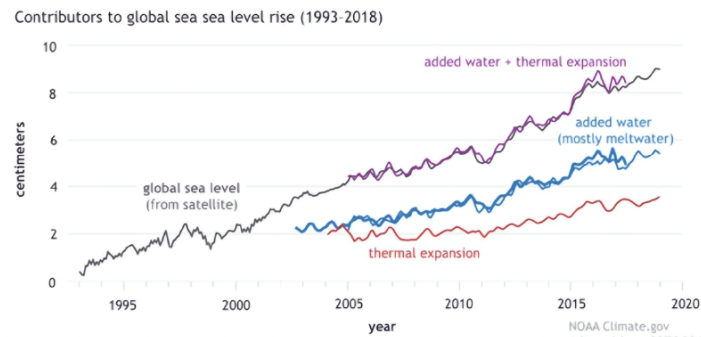


Figura 5. Augment del nivell de mar observat des dels primer registres de satèl·lits (1993) amb diferents estimacions que han contribuït a l'augment del nivell fins a data 2020. **Font:** NOAA.

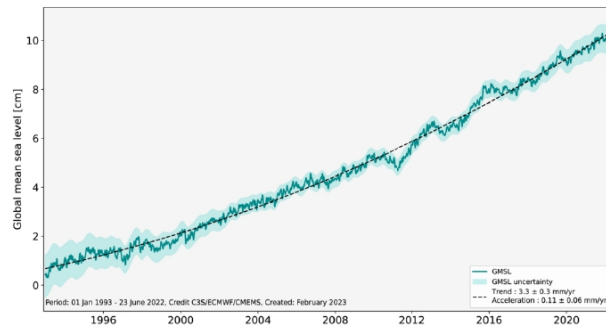


Figura 6. Evolució diària del nivell mitjà global del mar Mediterrani, mesurat per altimetria per satèl·lit, des de gener de 1993 fins a juny de 2022 (línia contínua). **Font:** BAIC 2022.

A partir de les evidències... (descripció, situació i identificació d'evidències)	Podem concloure que probablement... (que suggereixen o indiquen aquestes evidències)	El fet... és... ja que... per altra banda... (implicacions del model general i connexions amb altres evidències)
Encara queda sense explicar... (observacions que no queden correctament explicades amb el model, noves qüestions derivades de les conclusions, quin tipus de dades ens ajudarien a resoldre-les)		

Preguntes guia

1. A quin més arriba al seu màxim d'extensió de gel normalment l'Àrtic? I el mínim?
2. Com ha variat la temperatura de l'aigua i la cobertura de gel des de 1980?
3. Quina és la correlació entre disminució de gel i l'augment de temperatures anòmal?

Fitxa de Treball 3: Densitat

Fitxa de treball. DENSITAT

QUÈ FA VARIAR LA DENSITAT DE L'AIGUA?

La densitat de les aigües depèn de 2 factors físics:

- **Temperatura:** les aigües fredes són més denses que les calentes.
- **Salinitat:** les aigües salades són més denses que les dolces.

La interacció entre aigües de diferents temperatures i diferents salinitats provoca que hi hagi moviments verticals i formen les grans corrents oceàniques profundes. Per altra banda, els vents també provoquen el desplaçament de les masses d'aigua superficials. Ambdós factors són clau per comprendre la dinàmica de corrents dels oceans.

D'aquesta forma, la densitat pot canviar per l'evaporació (concentrant l'aigua de sal) o per l'aportació d'aigua dolça (que disminueixen la salinitat), així com pels canvis de temperatura (provocat per l'escalfament amb el contacte directe amb l'atmosfera, o pel refredament amb el contacte del gel marí i el seu mateix desglaç).

A prop de l'equador, per exemple, l'evaporació fa que la salinitat i la temperatura de l'aigua de mar augmentin. La densitat de l'aigua de mar augmenta a mesura que augmenta la salinitat i disminueix a mesura que augmenta la temperatura.

Així, tot i que l'aigua és més salada, la temperatura més alta impedeix que l'aigua superficial s'enfonsi. Però a mesura que l'aigua flueix cap als pols (impulsada pel vent), es refreda i s'enfonsa a causa de l'augment de la densitat.

Ja heu observat la cinta transportadora d'aigua deguda a les temperatures de les aigües oceàniques i com aquesta es desplaça per tot el planeta, transportant la calor i els nutrients d'una banda a l'altra.

Ara, estudiarem l'AMOC, que és la Circulació Termohalina de Retorn Meridional de l'Atlàntic. Observeu i analitzeu els següents mapes i gràfics per relacionar com la temperatura, la salinitat, la densitat i la topografia del fons oceànic actuen per crear l'AMOC.

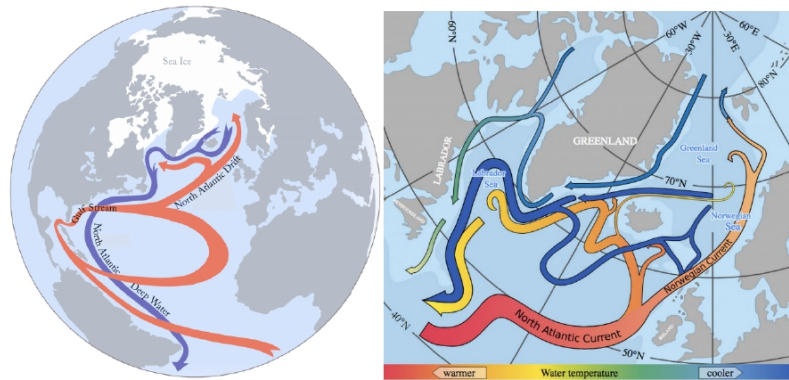


Figura 1. AMOC visualitzada des del globus terraquí a l'esquerra i, a la dreta, el detall de l'AMOC quan arriba a l'Oceà Àrtic.

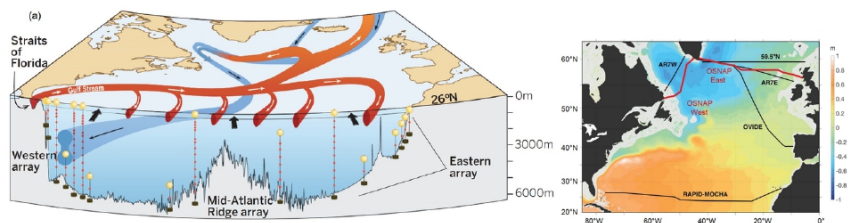


Figura 2. a) L'AMOC vista en profunditat i amb les temperatures de les aigües oceàniques (b). **Font:** Wang, H., Zuo, Z., Zhang, K., Bu, L., & Xiao, D. (2023). Evolution characteristics of the Atlantic Meridional Overturning Circulation and its thermodynamic and dynamic effects on surface air temperature in the Northern Hemisphere. Science China Earth Sciences, 66(6).

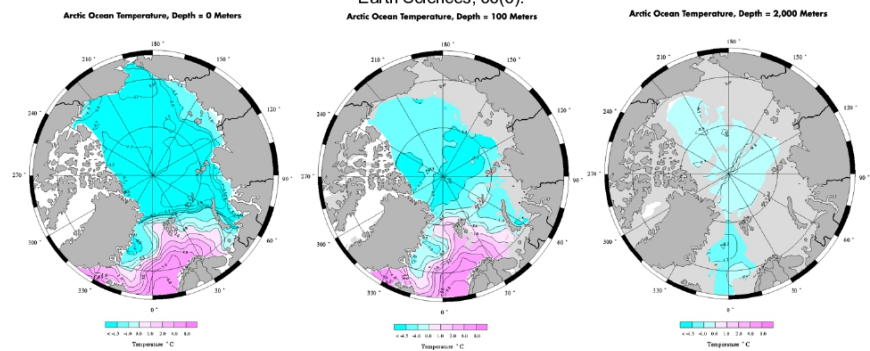


Figura 3. Mapes de temperatura de les aigües de l'Oceà Àrtic en diferents fondàries: 0m, 100m, 2000m (d'esquerra a dreta). **Font:** NOAA.

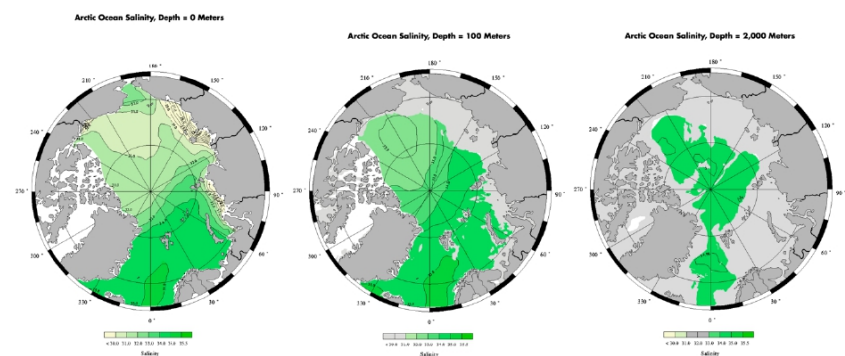


Figura 4. Mapes de salinitat de les aigües de l'Oceà Àrtic en diferents fondàries: 0m, 100m, 2000m (d'esquerra a dreta). **Font:** NOAA.

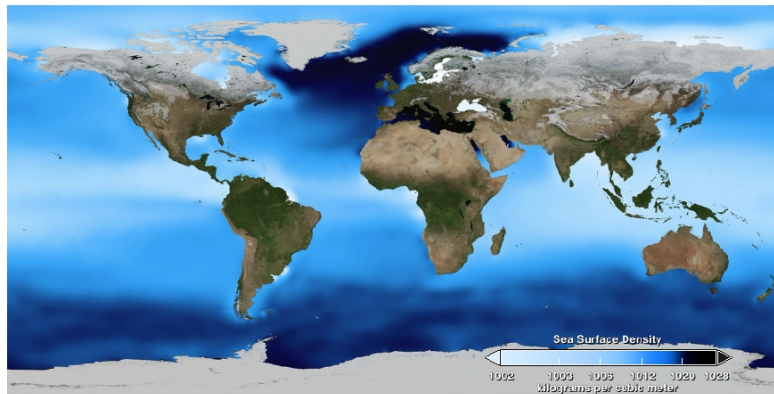


Figura 5. Mapamundi de densitat de les aigües oceàniques i marines. **Font:** NASA.

A partir de les evidències... (descripció, situació i identificació d'evidències)	Podem concloure que probablement... (que suggereixen o indiquen aquestes evidències)	El fet... és... ja que... per altra banda... (implicacions del model general i connexions amb altres evidències)
Encara queda sense explicar... (observacions que no queden correctament explicades amb el model, noves qüestions derivades de les conclusions, quin tipus de dades ens ajudarien a resoldre-les)		

Preguntes guia

1. Com interactuen la salinitat i la temperatura quan les aigües arriben a l'Àrtic?
2. A quin punt del planeta es produeix l'enfonsament de les aigües en l'AMOC (*down welling*)?

Fitxa de Treball 4: Albedo

Fitxa de treball. **ALBEDO**

S'ESCALFA TOT EL PLANETA DE LA MATEIXA FORMA?

A causa de l'escalfament global trobem diversos processos que afecten el sistema en forma de retroalimentació (**feedback positiu**), relacionat amb l'efecte **Albedo**, el desglaç i la densitat de les aigües en el punt de l'enfonsament.

L'**albedo** és la fracció de llum que reflecteix una superfície: si es reflecteix tota, l'albedo = 1. Si es reflecteix el 30%, l'albedo = 0,3. L'albedo de la superfície de la Terra (atmosfera, oceà, superfícies terrestres) determina quanta energia solar entrant, o llum, es reflecteix immediatament a l'espai. Això pot tenir un impacte en el clima.

El **color** de la superfície de la Terra té, per tant, una importància significativa: les superfícies fosques (blau fosc, verd fosc, marró...) reflectiran molta menys llum que no pas les superfícies clares (blanc, blau clar, beix...).

Un altre factor rellevant és l'**angle d'incidència** dels rajos: a menor angle, més gran és el desviament de la reflexió de la llum. Per tant, la posició geogràfica afecta molt aquest factor pel fet que la llum solar xoca en un angle pla contra els pols, produint un alt reflex. Però a l'equador, la llum xoca perpendicularment, reduint la reflexió.

Anomalies tèrmiques a l'Àrtic: l'efecte albedo

Quan es miren les dades de l'augment de les temperatures arreu del planeta, es mostren tendències d'escalfament diferents segons la latitud:

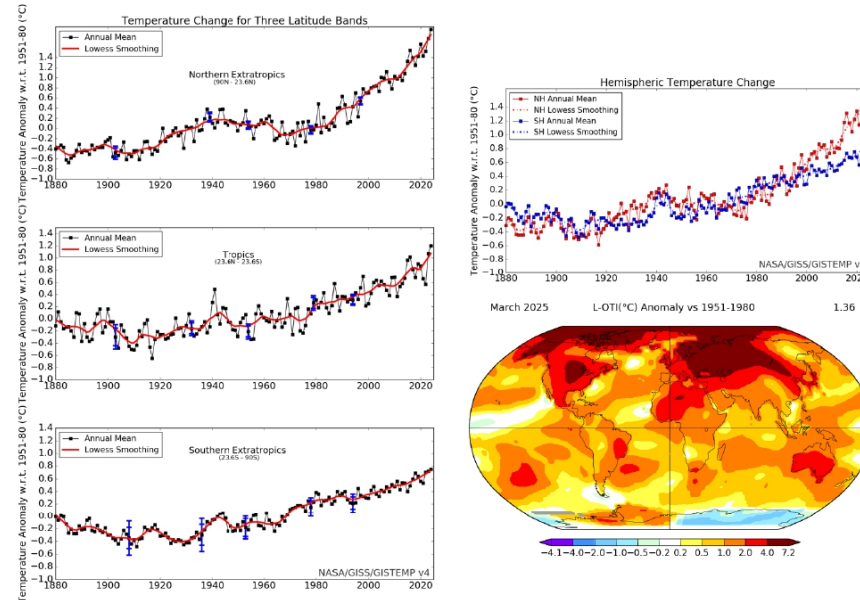


Figura 1. El gràfic de l'esquerra mostra les tendències d'augment de temperatures atmosfèriques per a 3 diferents latituds del planeta. El de la dreta superior, compara l'escalfament de l'hemisferi nord amb el sud. El mapa a la dreta inferior, es mostren les temperatures atmosfèriques del mes de març del 2025. Font: NASA.

Els motius de la diferència latitudinal de l'escalfament són varis:

1. Primer de tot, aquest fenomen és degut a principis bàsics de física, la gravetat. La Terra, en ser ovalada i no esfèrica, els pols estan més a prop del centre del planeta que els equadors, i per aquest motiu, els Gasos d'Efecte Hivernacle (GEH) tendeixen a acumular-se al Nord

- que, pels moviments dels vents polars d'alta altitud, traslladen els gasos cap al pol nord, on s'hi acumulen per **gravetat**.
2. Un altre motiu, relacionat amb la forma ovalada de la Terra, que en ser més ampla que alta, el gruix de l'atmosfera a l'equador és més gran que en els pols.



Figura 2. Dibuix de la Terra en què es mostra el gruix diferent de l'atmosfera.

3. Als tròpics, **tempestes** de pluja intenses capten aire calent a la superfície i l'eleven a altituds majors, per la qual cosa l'escalfament a la superfície no és tan elevat com el que es podria esperar si només es prengués en compte l'augment de CO₂. A l'Àrtic, que majoritàriament no té aquestes tempestes, qualsevol escalfament a la superfície roman a la superfície, va assenyalar l'expert de la NASA. D'altra banda, els fronts i els centres d'alta i baixa pressió a l'atmosfera mouen excessos de calor des dels tròpics cap a les regions polars, i aquest transport de calor s'intensifica en un clima més calent i encara més a l'hivern, quan l'amplificació àrtica és més forta.
4. Una altra explicació és que a l'HN hi ha una **activitat socioeconòmica** humana superior, ja que hi ha més proporció de continent que no pas a l'HS. A més a més, les societats del Nord com ara Europa, Rússia, EEUU i Canadà són països amb activitats econòmiques proporcionalment més contaminant que països que es trobin més al Sud, emetent doncs, més GEH.
5. Finalment, hi ha 2 efectes relacionats amb un procés físic que juguen un paper vital en l'Ampliació Àrtica, **l'albedo**.

Anem a veure els gràfics i dades per entendre millor què passa:

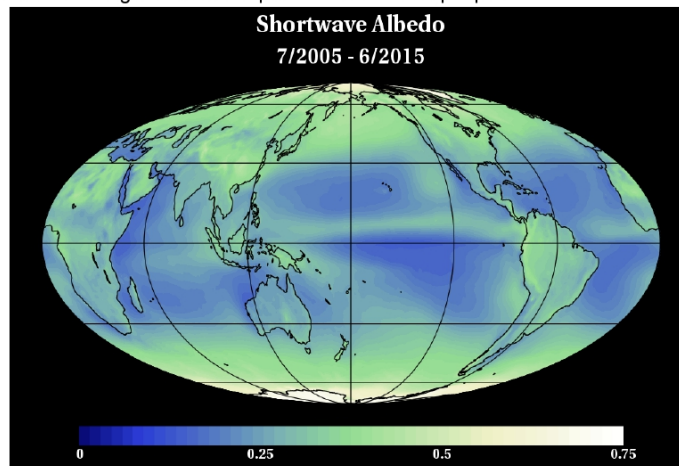


Figura 3. mapa de l'albedo a la Terra. Font: NASA.

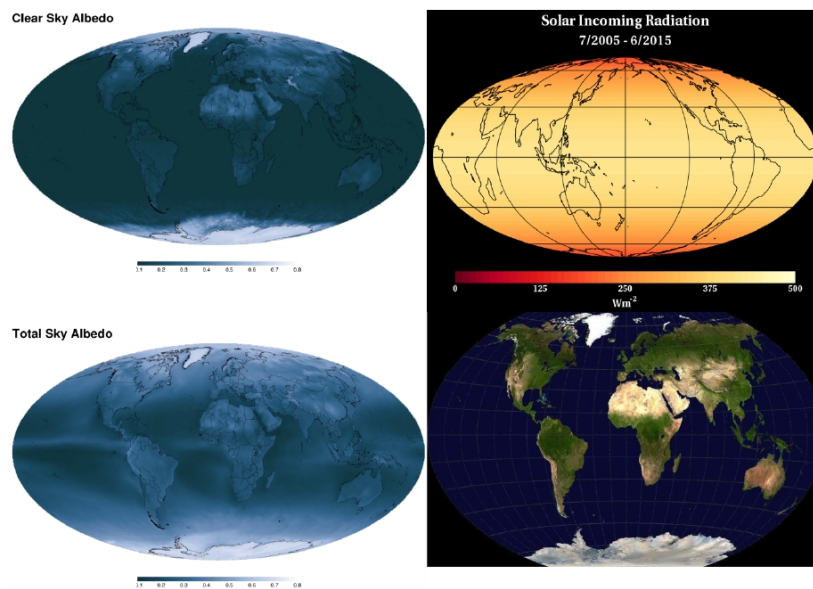


Figura 4. Esquerra: mapa de l'albedo a la Terra. Inferior esquerra: mapa de l'albedo a la Terra amb cel sense núvols i amb núvols. Dreta superior: radiació solar total d'incidència a la Terra. Dreta inferior: mapa de la Terra per comparar els colors de l'hemisferi Nord i Sud. Fonts: NASA.

A partir de les evidències... (descripció, situació i identificació d'evidències)	Podem concloure que probablement... (que suggereixen o indiquen aquestes evidències)	El fet... és... ja que... per altra banda... (implicacions del model general i connexions amb altres evidències)
Encara queda sense explicar... (observacions que no queden correctament explicades amb el model, noves qüestions derivades de les conclusions, quin tipus de dades ens ajudarien a resoldre-les)		

Preguntes guia:

- Com es veu modificat l'efecte albedo quan hi ha núvols en diferència a un dia assolellat?
- Quines diferències de color de la superfície hi ha entre el nord i el sud en les comunitats de vegetació? Com modifica això l'efecte albedo?

Fitxa de Treball 5: Anomalies densitat

Fitxa de treball. **ANOMALIES EN LA DENSITAT** **SI CANVIA LA DENSITAT, CANVIA L'AMOC?**

El permafrost: el gegant que es desperta

Un darrer factor que està relacionat amb l'augment de les temperatures és l'augment del desgel. En augmentar la quantitat de gel i neu fosa, la quantitat d'aigua freda i dolça que va a parar a l'oceà Àrtic és major del normal, refredant i baixant la salinitat de les aigües.

Però a més, un altre factor que influeix en l'amplificació àrtica és el desglaç del **permafrost**, que és el terra que roman congelada per dos o més anys. Aquests sòls congelats contenen el doble de carboni que l'atmosfera actualment, i grans quantitats de metà.

Aquesta reserva de carboni congelat romandrà estable mentre segueixi congelada, però a mesura que el permafrost es desglaci s'espera que contribueixi al creixement de les emissions de CO₂ i metà, causant un escalfament més gran que portarà al seu torn a un desglaç més gran.

Aquest efecte de **retroalimentació** és un altre exemple de **feedback positiu** que es desencadena amb l'escalfament global que provoca el canvi climàtic i que fa que el gel àrtic sigui més vulnerable: com més s'escalfa l'atmosfera, més es desglança el permafrost, que fa augmentar els nivells de CO₂ i metà a l'atmosfera, provocant un efecte hivernacle més gran i fent que augmentin més les temperatures...

Algunes científiques sostenen que esdeveniments climàtics extrems a latituds del sud de l'Àrtic podrien estar vinculats amb canvis en aquesta regió. Temen que l'escalfament de l'Àrtic causi un punt de no retorn o **tipping point**, especialment degut al desglaç del permafrost. Això afectarà la circulació oceànica, el nivell del mar i el clima a nivell mundial, amb profundes conseqüències per als ecosistemes i les poblacions humanes.

Si el gel dels pols desapareix i només queda un mar fosc al seu lloc, la capacitat de reflexió serà aproximadament del 10%.

Anomalies de salinitat a l'Atlàntic

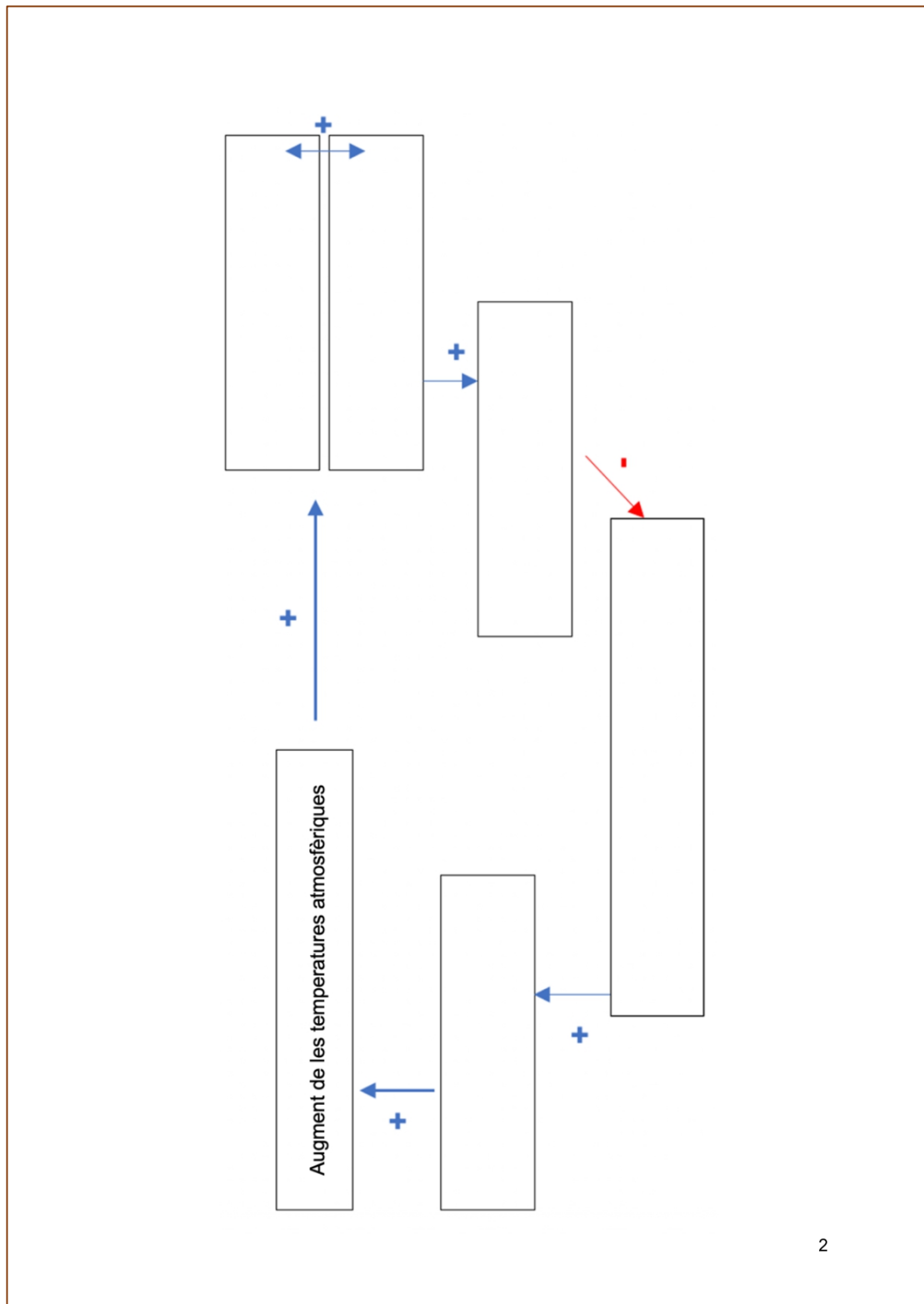
La investigació mostra que durant les últimes dècades, vastes regions de salinitat anormal de la superfície marina, anomenades Grans Anomalies de Salinitat, s'han propagat per l'extrem nord de l'Atlàntic, afectant els ecosistemes locals i l'enfonsament de les masses d'aigua.

A les latituds mitjanes, la salinitat influeix en la profunditat a la qual s'enfonsen les masses d'aigua i fins a quin punt s'estenen a través de l'oceà. La ubicació i la profunditat d'aquestes masses d'aigua controlen com es transporten la calor i la sal entre els tròpics i les latituds altes. Igual que els fronts atmosfèrics que porten un clima inestable, els fronts oceànics que es troben a la interfície entre les masses d'aigua són zones d'alta activitat sovint correlacionades amb pesqueres importants com la de la tonyina.

Als tròpics, la salinitat de la superfície marina es controla principalment per les pluges i l'escolament dels rius; aquestes fonts d'aigua dolça regulen com els oceans interactuen amb l'atmosfera. Afectant gairebé la meitat de la població humana mundial cada any, els monsons són impulsats pels intercanvis a la frontera aire-oceà.

Alhora, el mateix desgel de l'Àrtic provoca que la salinitat de les aigües oceàniques properes disminueixi, doncs l'aigua dolça dilueix la salda. Com a resultat, tenim una barreja d'aigües molt salades i més calentes que les del voltant que provenen del Sud, i d'aigües fredes i més dolces a la regió Àrtica. Aquesta barreja crea tota una sèrie d'anomalies en la densitat de les aigües oceàniques i afecta als seus processos enfonsament (*down wellings*).

Així doncs, amb els conceptes que hem anat assolint, omple el següent esquema mut sobre l'Ampliació Àrtica, el feedback positiu (retroalimentació) que està tenint lloc a l'Àrtic relacionat amb l'albedo.



A partir de les evidències... (descripció, situació i identificació d'evidències)	Podem concloure que probablement... (que suggereixen o indiquen aquestes evidències)	El fet... és... ja que... per altra banda... (implicacions del model general i connexions amb altres evidències)
Encara queda sense explicar... (observacions que no queden correctament explicades amb el model, noves qüestions derivades de les conclusions, quin tipus de dades ens ajudarien a resoldre-les)		

Fitxa de Treball 6: Pesca

Fitxa de treball. PESCA

COM IMPACTA EL CANVI CLIMÀTIC A LA PESCA?

Aquest grup investiga com l'acidificació dels oceans, l'escalfament global i l'arribada d'espècies invasores estan alterant els ecosistemes marins del Mediterrani i afectant l'activitat pesquera. Analitzeu com aquestes transformacions comprometen l'alimentació, les economies costaneres i els recursos locals. També reflexionareu sobre el paper de la gestió pesquera, les reserves marines i la necessitat de canviar de model per protegir la biodiversitat i garantir la sostenibilitat alimentària.

La indústria pesquera

A Catalunya es comercialitzen aproximadament 250 espècies capturades, totes destinades al consum humà menys una, el corall vermell. La sardina i el seitó representen més de la meitat del total, el 55% són espècies de peix blau que viuen prop de la superfície. Per altra banda, el descens de les captures (pesca), fa anys que està en decaiguda com es veu a la *Figura 1*.

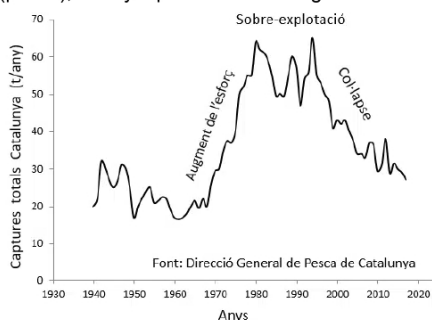


Figura 1. Evolució de les captures totals de pesca a Catalunya des de 1930 fins a l'actualitat. **Font:** Direcció General de Pesca de Catalunya.

Cal tenir en compte que es consumeixen a l'any 17,6 quilograms de peix i mol·luscs per persona a Catalunya, que equival a unes 27.300 tones l'any 2020, però no tot el consumit és d'origen local:

Origen del consum de peix i marisc a Catalunya (2020)

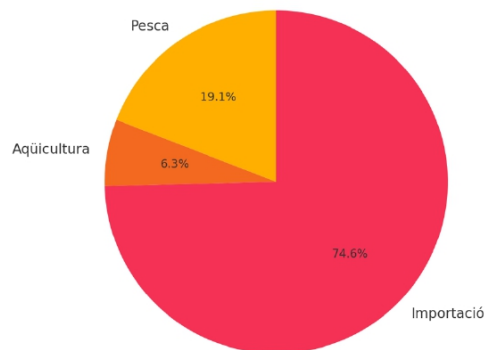


Figura 2. Origen del consum de peix i marisc a Catalunya el 2020. **Font:** Elaboració pròpia a partir de: Generalitat de Catalunya (2016).

En suma, el peix d'origen local (pesca) el 2020 va disminuir un 34,5% respecte l'any 2007, i mentre les captures han minvat, la producció aquícola ha augmentat, seguint la tendència mundial (FAO, 2018). L'any 2019, el sector pesquer i aquícola estava ocupat per 2.619 persones, el 62,1% i el 27,9% respectivament (CTESC, 2020).

Així i tot, el 2015, de les 16 àrees estadístiques principals, el Mediterrani i el Mar Negre van registrar els percentatges més elevats de poblacions avaluades explotades a nivells insostenibles, és a dir, per sobre del Màxim Rendiment Sostenible (MRS):

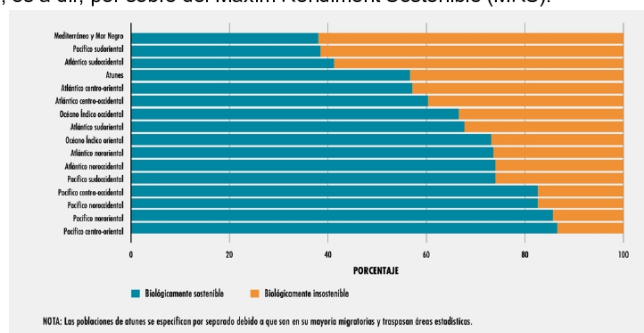


Figura 3. Percentatge de les poblacions explotades a nivells biològicament sostenibles i insostenibles per àrea estadística de la FAO, 2015. **Font:** FAO (2018).

Ara bé, també existeix la pesca recreativa, des de les roques, des d'una embarcació, submarina o de marisc. Aquest tipus de pesca també contribueix a la sobreexplotació d'espècies vulnerables i a la degradació del medi marí. Per tot això, els riscos més importants per al sector pesquer són (Leonart i Lloret a Folch, Peñuelas, Serrat et al. 2018): escassetat de captures costaneres, pescadors furtius, introducció potencial d'espècies al·lòctones i patògens i l'alteració de la qualitat de l'aigua, etc.

La contaminació per plàstics de mida gran també té relació amb el descens d'alguns estocs comercials de peixos i crustacis vulnerables que pateixen nivells significatius de mortalitat. A més, impacta econòmicament en el sector pesquer vist que augmenta el cost de reparació de les xarxes:

TAULA 4. Dades sobre el sector pesquer i aquícola català. Catalunya, 2018

Valor	Variable
34.000	tones de peix i mol·luscs capturades i produïdes
22%	del consum de peix i mol·luscs de Catalunya
38%	d'escombraries en les captures zones urbanes
5%	d'escombraries en les captures zones rurals
1/3	tonyines contenen plàstic
0,7%	de la zona de pesca (0-800 metres) protegida
2,5%	de la zona costanera (0-50 metres) protegida

De fet, segons Galimany, Marco-Herrero, Soto et al. (2019), els residus o escombraries al mar impacten en el sector pesquer perquè representen una part significativa de les captures – fins al 38% als caladors de Vilanova i la Geltrú– i danyen les embarcacions i els aparells de pesca. Per exemple, els plàstics i les teles s'enganxen i causen danys als engranatges dels

vaixells i, les fustes processades poden trencar les xarxes i perjudicar les embarcacions amb l'impacte.

Canvi climàtic

La mar Mediterrània és un dels punts calents (*hotspots*) de biodiversitat del planeta, amb una proporció d'espècies marines molt superior a la que li pertocaria per mida (entre el 4 i el 18 %, segons els grups), tot i representar només el 0,82 % de la superfície oceànica i el 0,32 % del volum.

Les onades de calor, exemples d'augment intensos sobtats de temperatura, són un impacte que també afecta els ecosistemes marins del Mediterrani i la seva biodiversitat. Gómez-Gras, Linares, Dornelas et al. (2021) demostren que aquests episodis extrems són cada cop més intensos i freqüents i afecten els coralls catalans; per exemple les gorgònies, que són estructura i refugi de més de 1.600 espècies de peixos que hi sobreviuen, han disminuït el 93%.

Un cas que demostra com pot variar la biodiversitat de la costa catalana degut a l'augment progressiu de temperatures és el cas del **tallahams** (*Pomatomus saltatrix*), un peix que recentment ha estat descrit amb més detall (Sabatés et al., 2012; Villegas-Hernández et al., 2015):

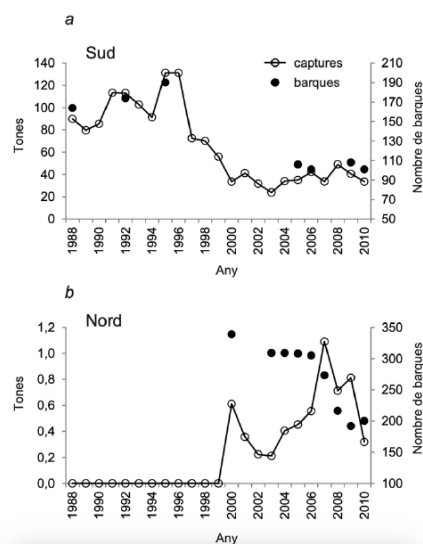


Figura 4. Captures de tallahams en ports al nord de Barcelona (nord) i al port de Sant Carles de la Ràpita (sud), i nombre de barques involucrades en les captures. **Font:** Adaptada de Sabatés et al., 2012.

A més, s'ha observat que el tallahams presenta millor estat de salut en aigües septentrionals, i que els ovòcits de les femelles del golf de Roses són més grans que els del delta de l'Ebre.

Espècies invasores

Al Mediterrani hi ha un l'alt índex d'endemisme (entre el 20 i el 30 %, segons grups). De fet, més de 700 espècies exòtiques i invasores comptabilitzades són cada cop més freqüents, algunes d'elles transportades per les aigües de llast i les àncores dels vaixells de transports de mercaderies arribades a través del canal de Suez (provinents del Mar Roig i l'Índic), com és el

cas de les espècies pantropicals (3–10 %) i lessepsianes (5 %), com ara el peix lleó, la corneta pintada i l'alga australiana

. Aquestes, es creu que són les que més probablement augmentaran en nombre i distribució a causa de l'ampliació del canal i de la pujada de temperatures, que afavoreixen espècies termòfiles. Cal tenir en compte que l'escalfament al Mediterrani es produeix entre dues i tres vegades més ràpid que a l'oceà global (Vargas-Yáñez et al., 2008).

Espai Entrevista



Núria Marbà – Biòloga marina experta en ecologia i canvi climàtic.

P: Quines altres formes tenen d'arribar al nostre territori les espècies al·lòctones?

R: Doncs la majoria tenen a veure amb la introducció humana. Ja hem parlat dels vaixells massius de transport de mercaderies: hi ha algunes que poden enganxar-se als cascs dels vaixells, com algues o crustacis, i que, en arribar a les zones de destí, per l'onatge o depredació, alguns individus quedin i sobrevisquin al nou medi. Però moltes d'elles arriben per les aigües de llast. Els vaixells, per controlar la flotabilitat quan van tant carregats, s'omplen o es buiden de l'aigua en la qual es troben en aquell moment. Quan xuclen l'aigua, imaginem-nos, del Mar Roig, poden succionar algues, peixos o crustacis petits, etc. Quan arriben al port de Barcelona, abans treien aquestes aigües directament al mateix port. Ara ho han de fer abans d'entrar, però el resultat és el mateix: aquestes espècies han canviat de territori.

P: I com es pot controlar això?

R: No és fàcil, no només en el sentit de controlar-ho, sinó també en el sentit econòmic. A les empreses de transport marítim no els interessa gastar diners per netejar els cascs dels vaixells o controlar les aigües de llast de cada transatlàntic cada vegada que fan un viatge. Així que la millor resposta que et puc donar és consumir productes locals és la millor forma d'evitar aquests problemes.

P: És clar. Però no totes les espècies invasores arriben d'aquesta forma no? No tot es deu a l'acció humana, oi?

R: Bé, la resposta ràpida és que sí, totes es deuen a l'acció humana. Les més directes són fàcils d'entendre: la tortuga de Florida, una espècie invasora que està desplaçant la tortuga de rierol, l'autòctona, és una espècie que va ser introduïda perquè va haver-hi un boom a les cases de la gent fa uns anys. Tothom volia una tortuga a casa, i la de Florida és molt maca. Quan la gent se'n cansava, la deixava a la natura perquè els semblava massa cruel matar-les. Aquesta bondat ha provocat moltíssims problemes ecològics. No dic que és millor matar-les, és clar, sinó no agafar-les en primer lloc. De casos com aquests n'hi ha milers al territori català, i com en el nostre cas, ha passat i segueix passant arreu del món.

Un altre exemple clar és la introducció d'espècies al·lòctones per pesca o caça recreativa, com la perca americana. Són els mateixos pescadors i caçadors que la introdueixen per poder pescar i passar un bon matí de diumenge, però aquestes accions han creat danys ecològics i econòmics bestials.

P: I les causes menys directes?

R: Ajà... El canvi climàtic. Hi ha moltes espècies que es veuren afavorides per l'augment de la temperatura i per l'acidificació del mar. No perquè es facin més fortes, sinó perquè ja hi estan adaptades. Quan augmenta massa la temperatura del seu hàbitat o l'acidesa augmenta, es desplacen cap al Nord a la recerca d'un ecosistema semblant al seu. Les espècies del Mar Roig en són l'exemple clar: sense el canal de Suez, les espècies migrarien al Nord al màxim que poguessin. Però ara els humans els hem fet el túnel perfecte per trobar tot un nou mar les espècies del qual no estan adaptades a, per exemple, la caça del peix lleó, o la capacitat d'expansió de certes algues. No ho estan perquè no han coevolucionat juntes i mai s'haurien d'haver trobat. Aquesta "trobadura" provoca la disminució relativa de la biota endèmica.

De fet, la major part dels impactes de l'escalfament a la Mediterrània (68 %) es manifesten com a canvis en l'abundància i la supervivència de les espècies autòctones. Les migracions o desplaçaments representen un 15 %.

Fins i tot un escalfament moderat (1-2,5 °C) ja pot afectar la fecunditat, la migració i l'abundància de moltes espècies. Escalfaments més intensos (3-4,5 °C) impacten en la fenologia i supervivència. Les onades de calor incrementen clarament la mortalitat, mentre que l'augment gradual de temperatura afecta sobretot la fenologia, migració i abundància.

P: I com es detecten aquestes espècies?

R: Moltes vegades és perquè algun pescador ho comunica a algun Ajuntament, de vegades és gràcies a la ciència ciutadà i de vegades passa per estudis de recerca. De fet, un treball recent ha combinat dades estadístiques de pesqueres, coneixement i percepció dels pescadors, i dades reproductives (Lloret et al., 2015). Aquesta aproximació ha permès constatar casos clars de modulació climàtica, com els del tallahams i l'alatxa, però també el de l'espet de boca groga (*Sphyraena viridensis*), la palomida blanca (*Trachinotus ovatus*) i el peix de plata (*Argentina sphyraena*), una espècie temperada amb tendència a minvar en abundància. Pel que fa a *S. viridensis*, que darrerament es troba prou freqüentment a la mar catalana, es creu que l'escalfament global l'afavoreix respecte a *S. sphyraena*, que és l'espècie habitual als Països Catalans.

També cal mencionar els peixos conill (*Siganus luridus* i *S. rivulatus*), espècies invasores procedents de la mar Roja, que estan provocant canvis profunds en les comunitats i el paisatge submarí a causa del seu fort herbivorisme (Vergés et al., 2014). Ja molt abundants a la Mediterrània oriental, aquestes espècies estan expandint la seva àrea de distribució i podrien arribar a la mar catalana. De fet, ja s'ha documentat l'albirament de dos individus de peix conill tacat al sud de França, prop de Marsella.

(Marbà et al., 2014)

Amb l'escalfament, al litoral català també s'han detectat més individus i una major freqüència d'espècies com *Pelagia noctiluca* (medusa tòxica) i algues tòxiques dels gèneres *Alexandrium*, *Dinophysis*, *Pseudo-nitzschia* i *Ostreopsis*.

La proliferació d'algues nocives afecta el sector pesquer i aquícola, podent originar una gran mortalitat de fauna marina. També representa una amenaça potencial per a la salut de les persones. Les marees roges o *blooms*, originades per l'eutrofització de les aigües (augment sobtat de nutrients: nitrogen i fòsfor i silici) poden provocar grans acumulacions de matèria orgànica que esgoten l'oxigen de l'aigua i afecten la producció de marisc. Per altra banda, la majoria de les marees roges són innòcues, però existeix un problema emergent de proliferació d'algues procedents de zones subtropicals i tropicals associades a intoxicacions humanes greus per consum de peixos, crancs i bivalves.

La sostenibilitat de la pesca en dubte

Segons l'IPCC (2014), l'augment de temperatura del mar pot reduir les captures pesqueres fins a un 20 % entre 2051 i 2060.

Encara que els estocs no disminueixin, certes espècies podrien deixar de ser explotables per raons tècniques o econòmiques. A això cal afegir-hi l'impacte sobre els hàbitats, que es preveu globalment molt negatiu. L'acidificació és un altre factor associat al canvi climàtic no sempre inclòs en les prediccions, però amb un impacte potencial sobre la producció pesquera. Es preveu que la disminució del fitoplàncton redueixi la pesca extractiva i també l'aqüicultura extensiva costanera (Prado et al., 2016).

Val a dir que les reserves marines han servit per augmentar els recursos pesquers, especialment en les més antigues, com ara les Medes–Costa del Montgrí; que a més, han protegit les praderies de posidònia, el grapissar i el coral·ligen, contribuint a la diversitat marina i la productivitat dels estocs pesquers. Ara bé, a l'àrea que correspon al mar de Catalunya hi ha poques zones de protecció que afectin la pesca, el 2,5% de la zona costanera (entre 0 i 50 metres) i el 0,7%, de la zona de pesca (entre 0 i 800 metres), és a dir, la majoria de superfície de litoral català no està protegit.

Una proposta destacada de gestió de la Generalitat, en línia amb la FAO (2003), és canviar el paradigma de gestió pesquera: passar de gestionar estocs aïllats (basada en espècies) a gestionar ecosistemes complets. És el que s'anomena gestió ecosistèmica de la pesca (EAF), basada en una visió holística que integra els components biòtics, abiòtics i les seves interaccions, tot considerant el coneixement disponible i la incertesa.

A partir de les evidències... (descripció, situació i identificació d'evidències)	Podem concloure que probablement... (que suggereixen o indiquen aquestes evidències)	El fet... és... ja que... per altra banda... (implicacions del model general i connexions amb altres evidències)
Encara queda sense explicar... (observacions que no queden correctament explicades amb el model, noves qüestions derivades de les conclusions, quin tipus de dades ens ajudarien a resoldre-les)		

Preguntes guia

1. El canvi climàtic és l'únic motiu que provoca una reducció de captures al territori català?
2. Quins impactes socioeconòmics estan relacionats amb les problemàtiques de la pesca?
3. Com caldria gestionar la pesca d'ara endavant?

Fitxa de treball 7: Microplàstics

Fitxa de treball. MICROPLÀSTICS

COM IMPACTEN ELS MICROPLÀSTICS A LA NATURA I SISTEMES HUMANS?

Aquest grup se centra en la crisi dels microplàstics i el seu impacte sobre la salut dels ecosistemes i de les persones. A través de l'estudi del seu cicle al medi marí i de la seva bioacumulació en la cadena alimentària, analitzareu com arriben al nostre organisme i quins efectes poden tenir. Reflexionareu sobre la relació entre contaminació, alimentació i salut pública, tot incorporant la perspectiva One Health, que entén la salut humana, animal i ambiental com a interconnectades.

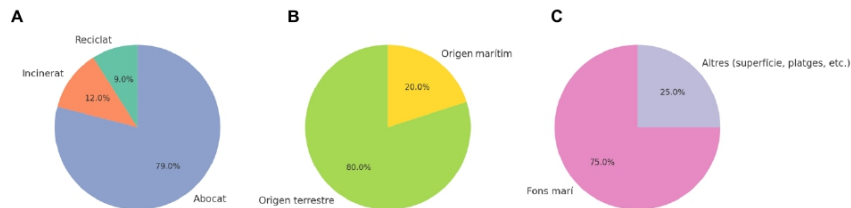
La indústria del plàstic

El sector del plàstic és un dels prioritaris en el marc europeu d'economia circular aprovat l'any 2015. La UE va publicar un paquet legislatiu específic per aquest sector l'any 2018, amb la finalitat de prevenir la generació de residus i maximitzar-ne la valorització.

La indústria del plàstic contribueix a la contaminació i, especialment, a les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH) a l'atmosfera. Les previsions de la indústria són de creixement. S'estima la suma de la producció i incineració de plàstics va afegir a l'atmosfera 850 milions de tones de GEH, és a dir, les emissions de 189 centrals de carbó de 500 MW només l'any 2019 (Hamilton, Feit, Muffet et al., 2019).

En general, la informació sobre el destí dels plàstics al final de la seva vida útil és escassa i dispersa. En un intent d'anàlisi global, Geyer, Jambeck i Lavander (2017) van estimar que la suma plàstics produïts al món fins al moment era de 8.300 Mt, però el percentatge de residus reciclats era molt baix, la resta havia sigut incinerat i abocat respectivament, tot i que es creu que gran part dels abocats han acabat al medi natural. De fet, els autors van calcular que hi hauria 12.000 Mt de plàstic als abocadors o al medi natural l'any 2050 de seguir la mateixa tendència.

D'aquests 12.000 Mt de plàstic, s'estima que el 80% dels residus marins provenen de les activitats a terra i el 20% de les activitats marítimes:

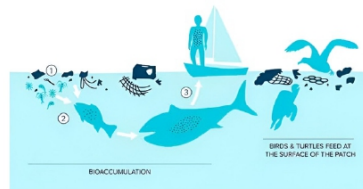


El mar Mediterrani representa menys de l'1% de la superfície oceànica mundial, però té uns valors ecològics i econòmics desproporcionats. Alberga entre el 4% i el 18% de totes les espècies marines; i la indústria pesquera, l'aqüicultura, el transport marítim i el turisme costaner són fonts d'ingressos clau per a les nacions mediterrànies. Per aquest motiu, els possibles impactes de la contaminació per plàstics poden ser particularment rellevants al Mediterrani.

Més del 90% dels danys causats a la fauna marina pels residus humans es deu als plàstics. A escala mundial, hi ha unes 700 espècies marines amenaçades pels plàstics, de les quals el 17% estan catalogades per la UICN com a "amenaçades" o "en perill crític".

Sector de l'alimentació

La contaminació del litoral i el canvi climàtic també impacten en el sector de l'alimentació i en el de consum de productes de la mar (sal i aliments). Recentment, s'han trobat partícules nanoplàstiques (de l'ordre de desenes de micres de mida) en quantitats significatives en ostres i musclos (mol·luscs filtradors) cultivats a les costes del nord d'Europa, fins i tot poden ser ingerits pel plàncton, produint-se **bioacumulació** al llarg de la cadena tròfica.



A més dels bloquejos gastrointestinals i altres danys derivats de la ingestió de restes de plàstic, fins i tot incloent-hi la mortalitat, els plàstics ingerits poden contenir alts nivells de **compostos tòxics** afegits durant la fabricació o absorbits de l'aigua de mar. Les restes de plàstic absorbeixen contaminants, inclosos els compostos bioacumulables, unes cent vegades més eficientment que la matèria orgànica en suspensió natural.

Diversos estudis suggereixen que alguns contaminants es poden associar al plàstic, com contaminants orgànics, plaguicides, ftalats, PCB i bifenil A, i fins i tot, algunes recerques han evidenciat que als plàstics s'hi allotgen microorganismes que causen malalties, com els vibrions (bacteris). Experiments de laboratori recents indiquen que els contaminants associats al plàstic poden alterar la funció del sistema endocrí dels peixos, tot i que es desconeixen encara els impactes en la salut humana que poden tenir.

Així, el 78% dels contaminants que s'adhereixen al plàstic del mar són tòxics, persistents i acumulatius; a més, interfereixen amb processos biològics, causen dany hepàtic i alteren les hormones (Alessi i Di Carlo, 2018).

Aquests contaminants també s'han trobat a la sal marina i, evidentment, a l'aigua embotellada. De fet, s'han trobat fins a 325 partícules de plàstic per cada litre d'aigua embotellada analitzada (Greenpeace Espanya, 2020).

Avui dia, la contaminació marina i per plàstics impacta en l'aqüicultura (cloïsses, ostres, musclos) i la pesca. Es calcula que un terç de les tonyines de la Mediterrània contenen plàstic (Crise, Kaberi, Ruiz et al., 2015).

El 90% de les aus marines del món té fragments de plàstics a l'estómac (el 1960 era el 5%); per al 2050 aquest nombre podria augmentar al 99%. Aquestes dades són esgarrifoses només de pensar-ne en les concentracions en organismes humans.



Sector sanitari

L'abús del plàstic com a material i una gestió inadequada han generat toxicitat i un problema ecològic que afecta la salut humana i dels ecosistemes. Els plàstics de l'entorn són una amenaça per a la salut humana, acaben com a microplàstics (de polietilè (PE), polipropilè (PP) i poliestirè (PET)) a l'aigua que bevem i els aliments que consumim, bioacumulant-se al llarg de la cadena tròfica, amb el consegüent impacte sobre els ecosistemes i la salut endocrina i reproductiva de la població i la fauna.

L'OMS ha alertat que no es té prou coneixement de com afecta la presència de microplàstics (MP) de l'aigua potable i els aliments en la població exposada, perquè no hi ha dades de com l'organisme els absorbeix, tot i que se sap que l'alimentació és la principal via d'entrada.

Entre les institucions catalanes que han fet recerca en aquest àmbit, destaca l'Institut de Diagnòstic Ambiental i Estudis de l'Aigua – CSIC. La recerca en la població de dofins del mar d'Alborán ha confirmat que plastificants organofosforats s'acumulen en el greix, músculs, fetge i sobretot, al cervell dels dofins. Això podria causar danys neurològics, càncer, problemes de fertilitat i disrupció hormonal. A més, cal tenir en compte que el mar Mediterrani és una zona d'acumulació de residus plàstics flotants important, amb 423 grams de plàstic per quilòmetre quadrat. La densitat més elevada es troba al Golf de Lleó.

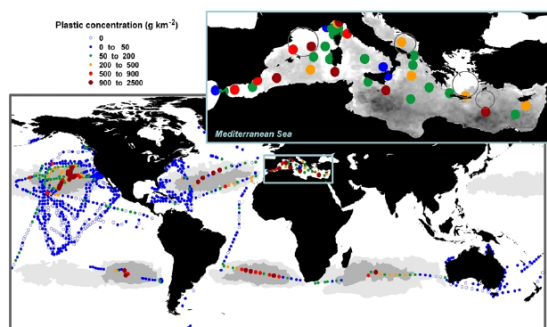


Figura 2. Concentracions de restes de plàstic a les aigües superficials del mar Mediterrani a escala de conca i en comparació amb les concentracions de plàstic reportades per a l'oceà global.

El mapa base en escala de grisos a la conca mediterrània mostra les concentracions relatives de plàstic superficial predites per modelatge numèric. Es preveu que les zones més fosques tinguin concentracions més altes. Les principals zones de formació d'aigües profundes al Mediterrani també es mostren amb cercles negres. Al mapa global, les zones grises fosc i clar representen zones d'acumulació interiors i exteriors, respectivament, modelades per als cinc girs subtropicals; les zones oceàniques blanques representen zones de no acumulació. **Font:** Lloret et al., 2015.

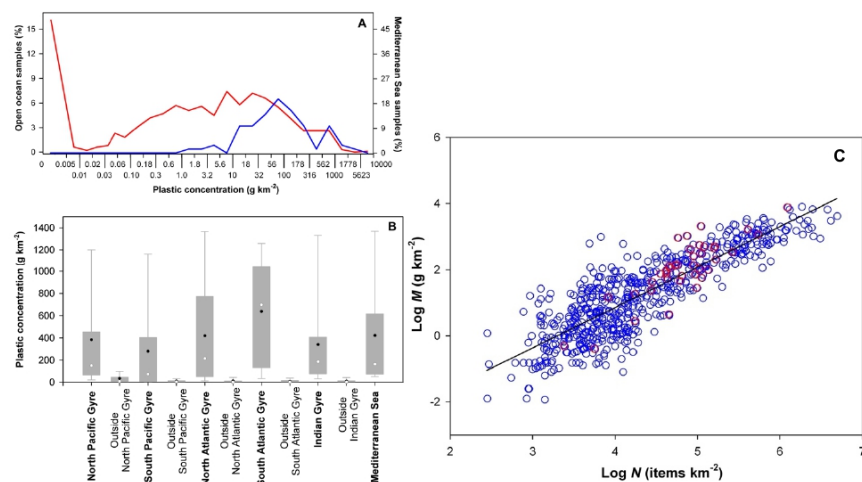


Figura 3. Rangs de concentracions de plàstic superficial mesurades al mar Mediterrani i reportades per a l'oceà obert.

- A) Distribució de freqüències de les mesures de concentracions de plàstic al mar Mediterrani ($n = 72$, línia blava) i a l'oceà global ($n = 1760$, línia vermella).
- B) Concentracions de plàstic superficial mesurades al mar Mediterrani i reportades per a la zona d'acumulació interior dels cinc girs subtropicals (zones gris fosc a la Fig. 2). També es mostren els rangs de concentracions fora de la zona de convergència de cada gir subtropical (zones blanques a la Fig. 1) amb finalitats comparatives.
- C) Acumulació de plàstic al Mediterrani, la línia negra mostra l'ajust lineal-quadrat log-log de totes les dades del gràfic ($n = 609$). **Font:** Lloret et al., 2015.

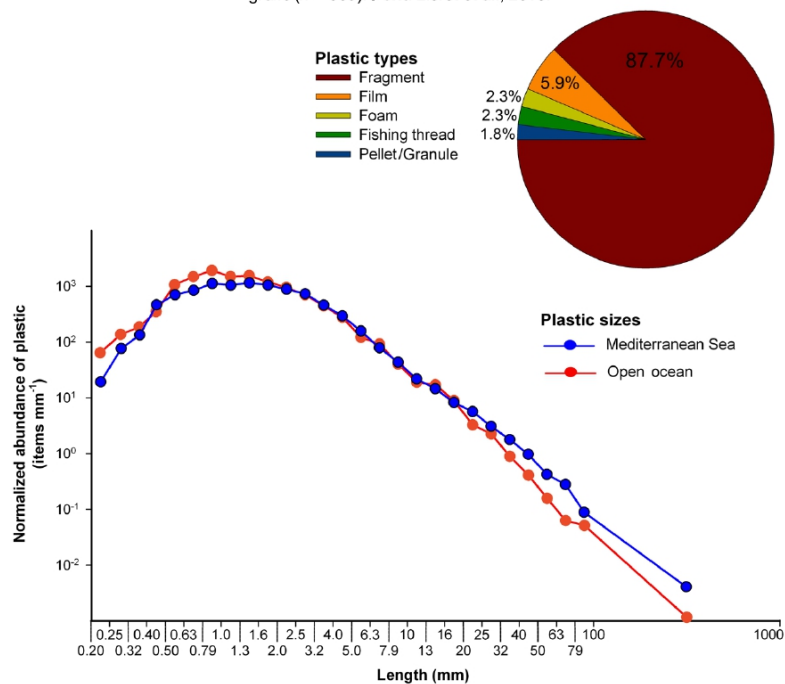


Figura 4. Distribució de mida i aspecte de les restes de plàstic flotants recollides al mar Mediterrani. La distribució de mida de les restes de plàstic al Mediterrani ($n = 3.901$ articles de plàstic) es compara amb les mesurades per a les regions d'acumulació de plàstic a l'oceà obert ($n = 4.184$ articles de plàstic). En la comparació de les distribucions de mida de plàstic a les aigües mediterrànies i a l'oceà obert, observeu l'escala logarítmica de l'eix vertical. Els percentatges (en abundància) de tipus de plàstic (pellets/grànuls, pel·lícules, fils de pesca, escuma, fragments) trobats al mar Mediterrani es mostren al gràfic de la cantonada superior dreta. **Font:** Lloret et al., 2015.

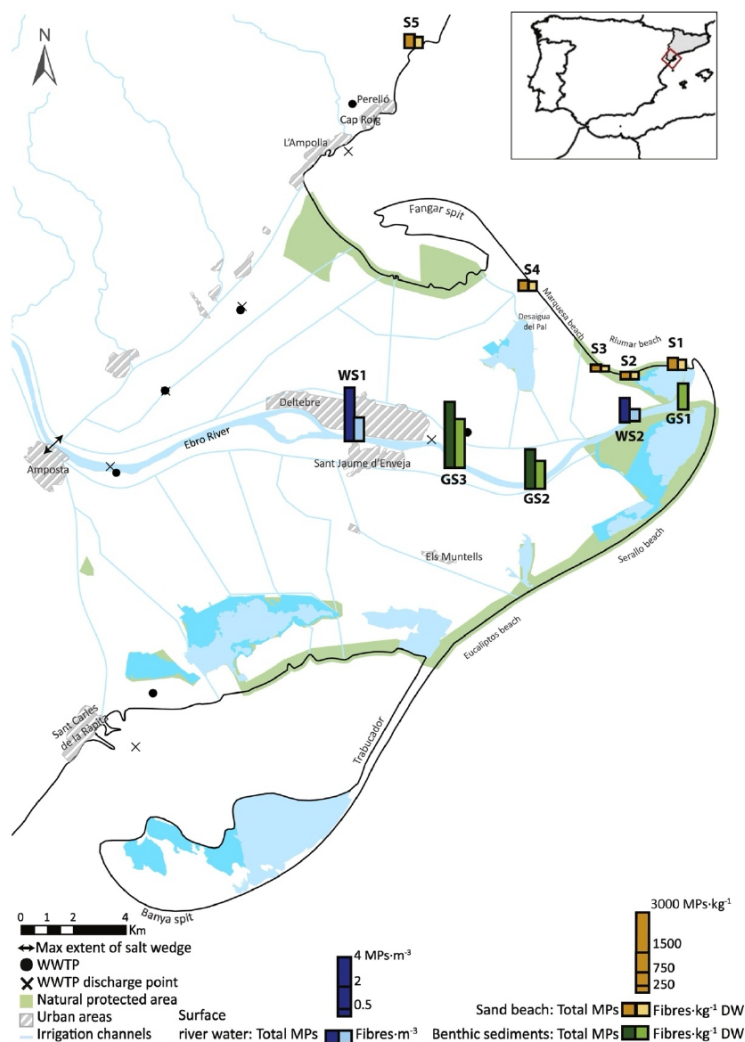


Fig. 5. Ubicació geogràfica del Delta de l'Ebre que indica les estacions de mostreig i la concentració de microplàstics (sorra i sediments: MPs-kg⁻¹DW; aigua superficial: MPs-m⁻³) en les diferents matrius ambientals. De les 13 ubicacions de mostreig: 5 estacions de sorra de platja (S1-S5; ocre), 3 mostres de sediments de llit fluvial (GS1-GS3, verd) i 2 mostres d'aigua superficial fluvial (WS1-WS2; blau). **Font:** Ballent et al., 2019.

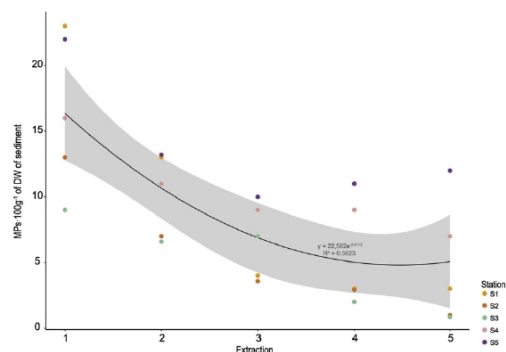


Fig. 6. Nombre de microplàstics recuperats de mostres de platges de sorra, d'un total de 5 extraccions consecutives de NaCl. **Font:** Ballent et al., 2019.

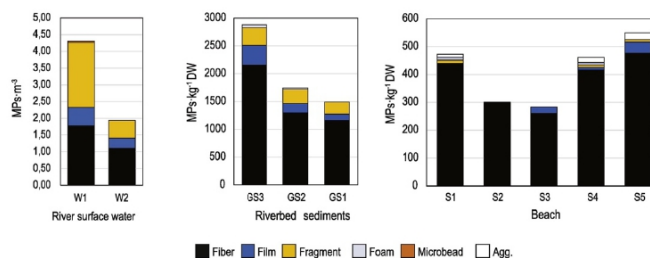


Fig. 7. Concentració de partícules a cada estació de mostreig: a) Aigua superficial del riu (MPs·m⁻³), b) Sediments del llit del riu (MPs·kg⁻¹ DW) i c) platja de sorra (MPs·kg⁻¹ DW). **Font:** Ballent et al., 2019.

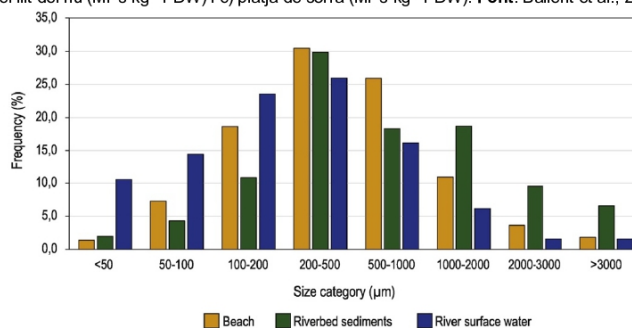


Fig. 8. Una comparació de la freqüència de la classe de mida en els diferents ambients mostrejats: platges sorrenques (ocre), sediments del llit del riu (verd) i aigües superficials del riu (blau). **Font:** Ballent et al., 2019.

A partir de les evidències... (descripció, situació i identificació d'evidències)	Podem concloure que probablement... (que suggereixen o indiquen aquestes evidències)	El fet... és... ja que... per altra banda... (implicacions del model general i connexions amb altres evidències)
Encara queda sense explicar... (observacions que no queden correctament explicades amb el model, noves qüestions derivades de les conclusions, quin tipus de dades ens ajudarien a resoldre-les)		

Preguntes guia

1. Per què suposen els microplàstics un greu problema ecològic?
2. Quines problemàtiques sanitàries poden causar els microplàstics?
3. Quin és el recorregut d'un microplàstic generat al costat d'un riu fins arribar al mar?

Fitxa de treball 8: Inuit

Fitxa de treball. Inuit

COM IMPACTA LA PROBLEMÀTICA DE L'AMOC ALS POBLES INUIT?

Aquest grup estudia com el col·lapse de l'AMOC i l'escalfament de l'Àrtic estan posant en risc la cultura i la supervivència dels pobles inuit. Analitzareu els efectes sobre la caça, la pesca i els cicles ecològics dels quals depenen (com la sincronia entre fitoplàncton i aus marines). També coneixereu com els mateixos pobles inuit, a través del Consell Circumpolar Inuit, denuncien les afectacions ecològiques, sanitàries i culturals, i reivindiquen sobirania alimentària i capacitat d'autogestió ambiental des d'una perspectiva indígena.



Els pobles Inuit de Groenlàndia, especialment els situats al nord com Siorapaluk i Savissivik, estan experimentant canvis profunds en el seu estil de vida a causa de l'escalfament global. La seva cultura tradicional, basada en la caça i la pesca de subsistència, es veu amenaçada per la disminució de les poblacions d'espècies marines i els canvis en els ecosistemes, posant en risc la seguretat dels caçadors i la continuïtat de les seves pràctiques ancestrals.

Secció monòleg

Duane Smith, President de la Conferència Esquimal del Cercle Polar de Canadà i Vicepresident d'Inuit Tapiriit Kanatami. És excopresident del Grup d'Experts Àrtics en Iniciatives d'Ús Sostenible de la Unió Mundial per a la Natura i un ferm defensor dels drets dels indígenes, la seva relació amb l'entorn i els coneixements i les visions tradicionals que aquests pobles poden oferir.



Permeteu-me centrar-me en dues de les moltes conseqüències exposades a l'ÀCIA en relació amb un estiu àrtic sense gel marí. En primer lloc, els mamífers marins, inclosos els ossos polars, les foques i les morses, així com les espècies d'aus marines que han fet del gel marí el seu hàbitat, s'enfronten a una potencial "extinció". La cultura i la relació dels esquimals depèn de manera crucial de l'ecosistema àrtic: allò que succeeix les seves espècies afecta directament la nostra fortalesa.

El Programa de les Nacions Unides per al Medi Ambient (PNUMA) descriu el cercle polar àrtic com el "baròmetre" del canvi climàtic mundial. Els 160.000 esquimals que viuen al Nord de Canadà, Groenlàndia, Alaska i Txukotka (Rússia) han estat testimonis del canvi que ha patit el seu entorn natural com a resultat de l'escalfament de la Terra durant gairebé 20 anys.

Ara, també hem esdevingut el terreny explotable dels països capitalistes i, lluny de voler protegir el nostre territori, el que volen és comprar les nostres terres o expropiar-les.

Inuvik (al nord-est del Canadà), per exemple, ha esdevingut la seu septentrional del desenvolupament del petroli i el gas de la regió del mar de Beaufort. Al voltant hi viuen prop de 4.000 persones. La globalització ha arribat al cercle polar àrtic, que ha sortit del seu aïllament.

El Sud està ansiós per aconseguir el nostre petroli, el nostre gas i els nostres minerals. Actualment, moltes zones de l'Àrtic són objecte de missions d'exploració ràpides. L'Estudi Geològic dels Estats Units creu que un 25% del petroli i el gas que queda al món és aquí.

El Nord de Canadà és la tercera regió del món en producció de diamants; a aquesta zona s'han trobat grans reserves de metalls bàsics i preciosos, així com de carbó. En els darrers 40 o 50 anys, Inuit s'ha vist obligat a adaptar-se als canvis socials, econòmics i culturals.

Les temperatures a l'Àrtic estan augmentant fins a quatre vegades més ràpid que la mitjana mundial. Ara, amb el desglaç del gel marí provocat per un escalfament de les temperatures atmosfèriques que no hem provocat nosaltres, es preveuen nous accessos als minerals i hidrocarburs àrtics, molts dels quals estan situats a una certa distància de les costes.

Es preveu un important increment del volum de transports de càrrega a través dels passos nord-orientals o nord-occidentals, o fins i tot a través del mateix Oceà Àrtic. En resum, el canvi climàtic fomentarà i accelerarà el desenvolupament industrial a una regió única, altament fràgil i vulnerable.

Les comunitats inuit de Groenlàndia ens estem enfrontant-se a canvis significatius en les nostres mitjans de vida a causa del canvi climàtic antropogènic. La combinació de la pèrdua de biodiversitat, la disminució dels recursos marins i les alteracions en els ecosistemes posa en risc la nostra cultura i supervivència i els països capitalistes pretenen aprofitar la nostra vulnerabilitat per explotar els terrenys que nosaltres necessitem per mantenir la nostra cultura i supervivència.

Impactes ecològics

El cas particular paper dels ocells marins i la vall de Qinnua

La vall de Qinnua, situada al sud de Groenlàndia, és l'únic bosc natural del país i un exemple únic de biodiversitat àrtica, un oasi enmig del desert gelat. Aquest ecosistema depèn en part dels nutrients aportats pels ocells marins, com els gabots atlàntics, que fertilitzen el sòl amb els seus excrements. Tanmateix, el canvi climàtic està alterant els patrons migratoris d'aquests ocells, afectant la sincronia entre la seva arribada i el desenvolupament del fitoplàncton a l'estiu, la base de la cadena alimentària marina. Aquesta desincronització pot tenir conseqüències negatives per a la biodiversitat de la vall i per a les comunitats que depenen d'aquests recursos.



Les algues vermelles fonen les glaceres

Les noves investigacions realitzades a l'expedició Groenlàndia ofereixen ombrívols presagis per al futur de les glaceres. Al càlid fiord s'estén pel gel un to vermellós que ha estat batejat com a «neu de sang». Procedeix d'una alga de les neus descoberta formalment només el 2019, la *Sanguina nivaloides*, que desenvolupa un pigment vermell o taronja per salvar-se del sol. Però el pigment també redueix la reflectivitat de la neu i accelera el desglaç. Un cop conscient, fins i tot un observador inexpert pot veure com el vel carmesí cobreix extenses seccions de la neu del fiord. Segons els investigadors, és responsable del 12% del desglaç total anual de la capa de gel de Groenlàndia, la «colossal» xifra de 32.000 milions de tones de gel.



Amb l'aparent propagació de les algues, els científics veuen el risc d'un cercle viciós: l'augment de les temperatures accelera el desglaç de les glaceres i afavoreix el creixement de les algues, cosa que accelera encara més el desglaç.

Iniciatives de monitoratge i adaptació comunitària

Davant aquests desafiaments, s'estan desenvolupant iniciatives de monitoratge comunitari per comprendre millor els canvis en els ecosistemes marins i adaptar-se a les noves condicions. Aquests projectes impliquen la col·laboració entre científics i comunitats locals per recopilar dades sobre el clima marí i les poblacions de mamífers marins, amb l'objectiu de desenvolupar estratègies de gestió sostenible dels recursos naturals.

La salut dels esquimals en perill

Segons un estudi (Harper et al., 2011), a mesura que l'escalfament global provoca precipitacions més intenses i un desglaç més gran a l'Àrtic, les comunitats inuit del Canadà registren més casos de malalties atribuïdes a patògens que provenen d'aigües superficials i subterrànies, com és el cas d'*Escherichia coli*, un paràsit que és un indicador clar de contaminació fecal i risc de patògens. Aquest risc augmenta després de pluges intenses o desglaç, per arribada de patògens per arrossegament superficial.

Les troballes confirmen investigacions anteriors que suggerien que pobles indígenes de tot el món es veien afectats de manera diferent pel canvi climàtic. Això és degut a que molts habiten regions on els efectes se senten abans i amb més força, i poden entrar en contacte més directe i diari amb l'entorn natural. Per exemple, algunes comunitats indígenes no tenen accés a aigua potable perquè són lluny de zones urbanes.

"Al nord, moltes comunitats inuit prefereixen beure aigua dels rierols en lloc d'aigua potable, a més, quan estan caçant o pescant, per exemple, no tenen accés a aigua potable, i per això beuen dels rius", va explicar la directora de l'estudi Sherilee Harper, de la Universitat de Guelph (Canadà).

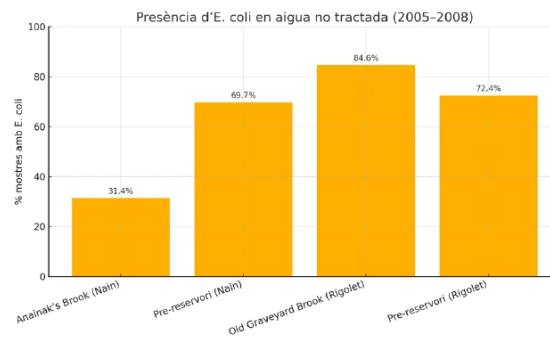


Figura 1. Percentatge de mostres d'aigua no tractada contaminades amb E. coli en diferents punts de les comunitats inuit de Nain i Rigolet (2005–2008). **Font:** elaboració pròpia a partir de:

L'augment de temperatura i precipitacions que acompanya el canvi climàtic agreujarà aquesta situació. Aquesta contaminació pot portar a malalties com giardiasi o criptosporidiosi.

L'equip està fent estudis similars entre els pigmeus batwa i el poble Shipibo del Perú. Encara s'estan fent proves, però els resultats preliminars suggereixen que igual que els Inuits, aquests grups també comencen a sentir en la salut els efectes relacionats amb el canvi climàtic.

Les denúncies ecosocials del inuit

El Consell Circumpolar Inuit (ICC) és una organització que representa més de 180.000 inuits a Alaska, el Canadà, Groenlàndia i Chukotka (Rússia), defensant els drets indígenes i promovent la protecció de l'ecosistema àrtic.



Figura 2. Testimonis d'inuit. **Font:** elaboració pròpia a partir de: National Geographic, 2025; R.C., 2023.

Un dels projectes centrals és la Comissió Pikialasorsuaq, que busca establir una àrea de gestió liderada pels inuits al voltant del polínia Pikialasorsuaq, una zona d'aigües obertes entre el Canadà i Groenlàndia. Aquest projecte no només té com a objectiu la conservació ambiental, sinó també la restauració de la mobilitat històrica entre comunitats inuits separades per fronteres nacionals.

El 2023 van fer un informe demanant el següent:



Figura 3. Fitxes visuals per resumir les demandes socioeconòmiques tractades pel Consell Circumpolar Inuit (CCI) en la l'Assemblea del 2023. Font: elaboració pròpia a partir de (Equator Initiative, 2023).



Figura 4. Infografia per resumir impactes ecosocials que pateixen els pobles inuit que denuncia el Consell Circumpolar Inuit (CCI) en la l'Assemblea del 2023. Font: elaboració pròpia a partir de (Equator Initiative, 2023).

A partir de les evidències... (descripció, situació i identificació d'evidències)	Podem concloure que probablement... (que suggereixen o indiquen aquestes evidències)	El fet... és... ja que... per altra banda... (implicacions del model general i connexions amb altres evidències)
Encara queda sense explicar... (observacions que no queden correctament explicades amb el model, noves qüestions derivades de les conclusions, quin tipus de dades ens ajudarien a resoldre-les)		

Preguntes guia

1. Per què els pobles inuit són especialment vulnerables als impactes del canvi climàtic?
2. Quins efectes climàtics i ecològics afecten a la seva supervivència?
3. Quines demandes ecosocials reivindiquen els inuit?

Punt avituallament

Nom i cognoms:

Rúbrica Avaluació Individual de la Investigació

Quina és la meva funció dins de l'equip?	
He aconseguit dur a terme la meva tasca? Per què sí o per què no?	
Com la puc millorar?	

Reflexió mig camí

1. Quins conceptes nous he après fins ara?
2. Quins conceptes encara no he entès bé? Sé què és el que em faltaria per arribar a entendre'ls?
3. Si volgués fer una pregunta al professor sobre el tema, quina seria?

Pla de l'equip

Membres del Grup:

Valoració de la cooperació, a càrrec del/a supervisor/a:

Sessions	Reflexió	Resposta	Propostes millora
Sessió: laboratori	Hem aconseguit donar resposta al que ens demanava el professor?	SI	Volem millorar la nostra organització?
		NO	Què modifiquem per a la propera sessió?
Sessió: Redacció article	Hem aconseguit donar resposta al que ens demanava el professor?	SI	Volem millorar la nostra organització?
		NO	Què modifiquem per a la propera sessió?

9.3. Annex 3: Guies docents

Guia docent AQUA FASE 1

GUIA DOCENT GRUP AQUA – FASE 1

1a PART	2
1. Context i repte	2
2. TEMPERATURA	3
Com es mou la calor	3
Canvi al llarg del temps	3
Diferència latitudinal en l'escalfament d'aigua	5
3. DESGEL	6
Què és el gel marí?	6
4. Modelitzem l'AMOC	10
2a PART	13
5. Modelització del Feedback positiu de l'AMOC: L'Amplificació Àrtica	13
Anomalies tèrmiques a l'Àrtic: l'efecte albedo	13
Anomalies de salinitat a l'Atlàntic	17
El permafrost: el gegant que es desperta	18

1a PART

1. Context i repte

L'Oceà Àrtic limita amb Groenlàndia, Canadà, Alaska, Noruega i Rússia i té la plataforma continental més ampla de qualsevol oceà, que s'estén 1.210 km des de la costa de Sibèria, però també té zones força profundes. La profunditat mitjana és de 3.658m i la màxima és de 5.441m. El mar de Chukchi proporciona una connexió amb l'oceà Pacífic a través de l'estret de Bering, però aquesta connexió és molt estreta i poc profunda, de manera que la major part de l'intercanvi d'aigua es produeix amb l'oceà Atlàntic a través del mar de Groenlàndia.

L'Oceà Àrtic està gairebé completament cobert de gel durant vuit mesos a l'any, i una banquisa polar a la deriva cobreix les parts central i occidental durant tot l'any. Les temperatures del mar a gran part de l'Àrtic poques vegades superen els 0 °C.



Figura 1. Mapa Oceà Àrtic i les regions glaçades. **Font:** National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

Actualment, l'escalfament de l'aigua dels oceans està augmentant el nivell del mar a nivell mundial perquè l'aigua s'expandeix quan s'escalfa. Combinat amb l'aigua del desgel de les glaceres terrestres, l'augment del nivell del mar amenaça els ecosistemes naturals i les estructures humanes properes a les costes de tot el món.

L'escalfament de les aigües oceàniques també està implicat en l'aprimament de les plataformes de gel i del gel marí (Àrtic), i ambdues coses tenen conseqüències addicionals per al sistema climàtic de la Terra.

Per altra banda, el desgel de l'Àrtic i l'augment de les temperatures al Nord de l'Atlàntic estan començant a provocar processos que afecten als corrents que transporten, no només els nutrients d'una banda a l'altra del planeta, sinó també l'escalfor que emmagatzema l'aigua i actua com un regulador tèrmic i climàtic vital.

Finalment, l'escalfament de les aigües oceàniques degut a l'increment incessant de gasos d'efecte hivernacle (GEH) amenaça els ecosistemes marins i els mitjans de subsistència humans que, a més a més, el CO₂ atmosfèric, de forma natural, es barreja amb les aigües provocant una acidificació dels mars i oceans. Per exemple, les aigües càlides i cada vegada més àcides posen en perill la salut dels coralls i, en conseqüència, la de les comunitats de vida marina que en depenen per a refugi i aliment. En última instància, les persones que depenen de la pesca marina per alimentar-se i tenir feina poden patir impactes negatius de l'escalfament de l'oceà.

Entre els diferents sistemes de corrents, n'hi ha un que és particularment important per la regulació climàtica europea i per la salut dels ecosistemes oceànics de l'Atlàntic, l'AMOC (Circulació Termohalina Atlàntica Meridional), coneguda com a cinta transportadora oceànica. El moviment que fan aquestes grans masses d'aigua oceànica és a causa de la diferència de densitats que experimenten durant el desplaçament i la interacció amb el clima.

2. TEMPERATURA

Com es mou la calor

L'oceà és el col·lector d'energia solar més gran de la Terra. L'aigua no només cobreix més del 70% de la superfície del nostre planeta, sinó que també pot absorbir grans quantitats de calor sense un gran augment de la temperatura per les propietats físiques de l'aigua. Aquesta tremenda capacitat d'emmagatzemar i alliberar calor durant llargs períodes de temps dona a l'oceà un paper central en l'estabilització i regulació del sistema climàtic de la Terra. Les onades, les mareas i els corrents barregen constantment l'oceà, movent la calor de latituds més càlides a la més fredes i a nivells més profunds.

La calor absorbida per l'oceà es mou d'un lloc a un altre, però no desapareix. L'energia calorífica finalment torna a entrar a la resta del sistema terrestre fonent les plataformes de gel, evaporant l'aigua o reescalfant directament l'atmosfera. Així, l'energia calorífica de l'oceà pot escalfar el planeta durant dècades després d'haver estat absorbida. Si l'oceà absorbeix més calor de la que allibera durant un període de temps determinat, el seu contingut de calor augmenta. Saber quanta energia calorífica absorbeix i allibera l'oceà és essencial per comprendre i modelar el clima global.

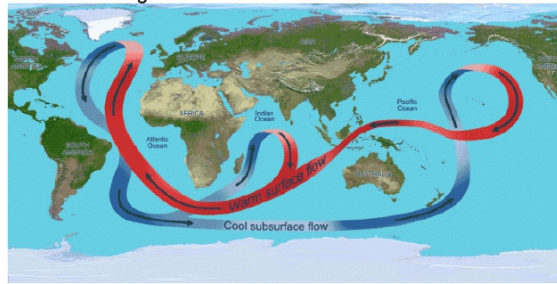


Figura 1. Corrents oceànics globals. Font: NASA.

Canvi al llarg del temps

Més del 90% de l'escalfament que ha tingut lloc a la Terra durant els darrers 50 anys s'ha produït a l'oceà. Estudis recents estimen que l'escalfament de la part superior dels oceans representa aproximadament el 63% de l'augment total de la quantitat de calor emmagatzemada en el sistema climàtic des del 1971 fins al 2010, i l'escalfament des dels 700 metres fins al fons oceànic n'afegeix aproximadament un altre 30%.

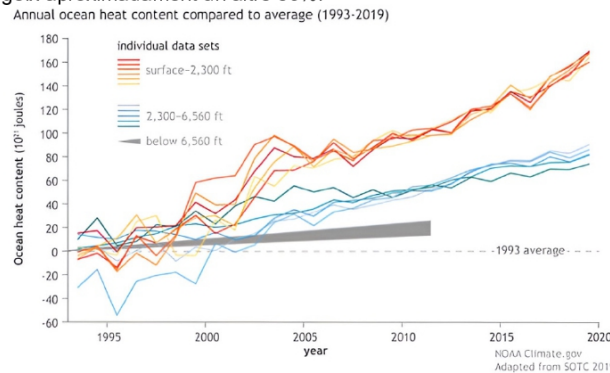


Figura 2. Augment de temperatures oceàniques segons la fondària: superfície-700m (línies vermelles) i 700m-1980m (línies blaves); entre els anys 1993 i 2019. Font: Climate.gov (NOAA).

De fet, són molts els estudis que demostren que els oceans fa anys que s'estan escalfant. El següent gràfic n'és un exemple:

Global Ocean Average Temperature Anomalies
January-December

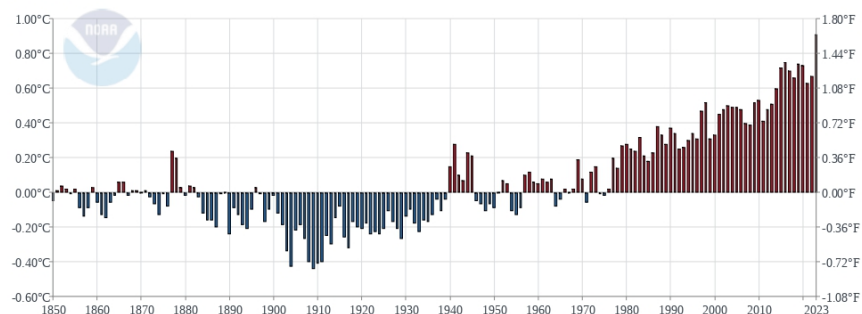


Figura 3. Règims tèrmics oceànics segons la mitjana entre l'any 1850 i 2023. **Font:** National Center for Environmental Information (NOAA).

Com llegir el gràfic?

- Els valors es representen com a barres per a cada any, de color vermell per a temperatures superiors a la mitjana i blau per a temperatures inferiors a la mitjana.
- La línia de referència ($X=0^{\circ}\text{C}$) és la temperatura mitjana.
- Al costat del gràfic hi ha un mapa que indica la regió del globus que s'expressa.

[Accés a les dades en format Excel:](#) «»

En el següent mapa, es poden veure les temperatures actuals dels oceans i mars del planeta:

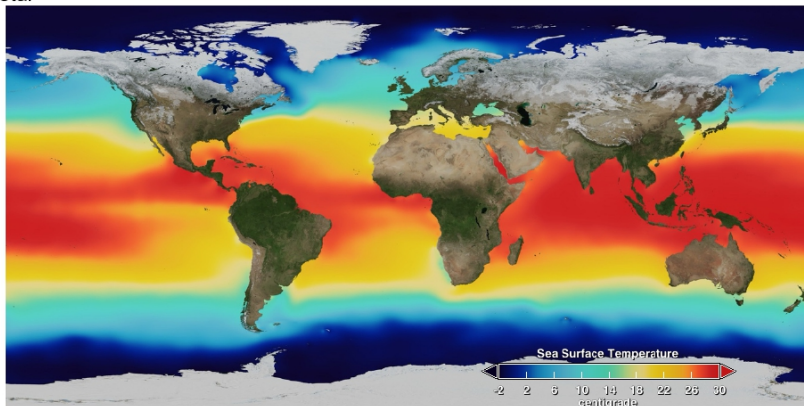


Figura 4. Mapa de temperatures oceàniques i marines (2017). **Font:** NASA.

A Catalunya, l'augment de temperatures del mar mediterrani no és diferent. En el següent gràfic es mostren dades de l'Estartit (Baix Empordà):

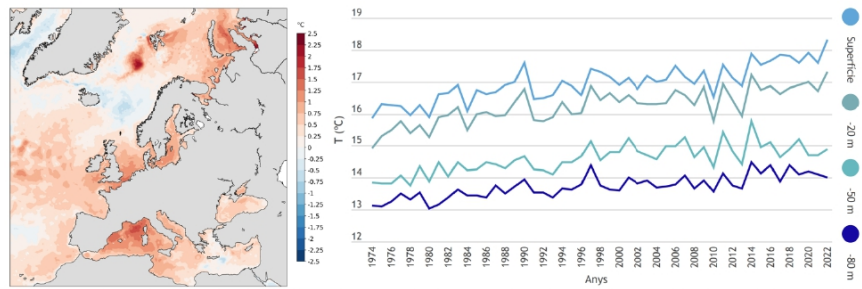


Figura 5. Mapa amb les anomalies mitjanes anuals de la temperatura de la superfície del mar a Europa (°C) per al 2022 en relació amb la mitjana del període de referència 1991-2020 (esquerra). Evolució de la temperatura mitjana anual de l'aigua del mar a l'Estatut a diferents fondàries per al període 1974-2022 (dreta). **Font:** BAIC 2022.

Diferència latitudinal en l'escalfament d'aigua

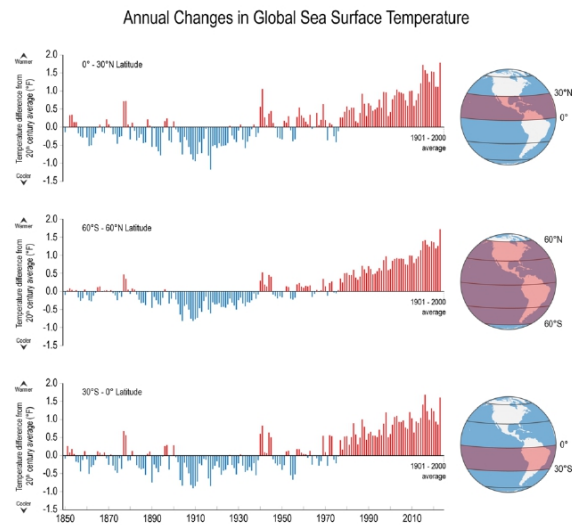


Figura 6. Règims tèrmics oceànics segons la mitjana entre l'any 1850 i 2015 i separat en 3 latituds 0-30°N, 60°N-60°S i 30°S-0°. **Font:** U.S. Global Change Research Program.

* Cal transformar les dades tèrmiques de Fahrenheit a graus Celsius:

$$(X^{\circ}\text{F} - 32) \times \frac{5}{9} = ^{\circ}\text{C} \rightarrow 32^{\circ}\text{F} = 0^{\circ}\text{C}$$

3. DESGEL

L'Àrtic és l'ecosistema més septentrional del planeta. Tot i que aquesta regió generalment congelada, que forma part de la criosfera terrestre, està formada majoritàriament per oceà i terra coberts de gel, encara està plena de vida, inclosos persones. Els humans han viscut a l'Àrtic durant milers d'anys. Segons el Consell Àrtic, hi ha aproximadament 4 milions de persones a l'Àrtic, 500.000 de les quals són pobles indígenes.

Durant les últimes quatre dècades, com a mínim, l'entorn àrtic ha experimentat canvis profunds i sense precedents. Si bé aquests canvis han permès noves àrees de comerç com el transport marítim o l'exploració de petroli i minerals i el turisme, també han provocat una major intensitat i freqüència de les tempestes costaneres i el col·lapse d'importants pesqueres, entre altres repercussions.

Què és el gel marí?

L'oceà Àrtic té uns 16 milions de quilòmetres quadrats, però és l'oceà més petit del món per superfície i volum.

L'ecosistema fred de l'oceà Àrtic està format per molts tipus de formacions de gel, inclòs el gel marí. El gel marí és aigua de mar congelada que flota a la superfície de l'oceà. Els icebergs suren a l'aigua de mar, però estan compostos d'aigua dolça congelada. Són trossos de gel que s'han després d'una glacera. Les glaceres sovint són masses massives de gel que es formen a terra ferma quan la neu caiguda es comprimeix en gel durant centenars d'anys.

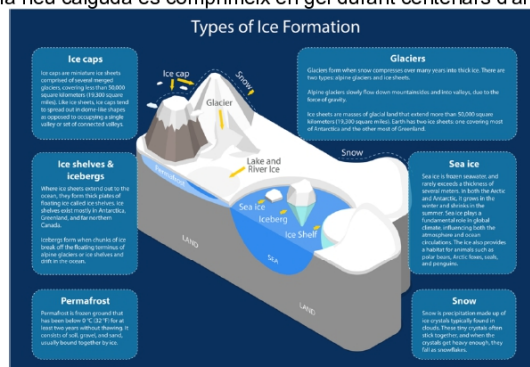


Figura 7. Creixements de gel marí, formacions i desgels estrictament de aigües oceàniques. Això ho separa d'altres formes de gel com els icebergs, glaceres i llacs glaçats, formats per aigua dolça o neu. Font: NOAA i NSIDC.

El gel marí a l'Àrtic creix a l'hivern, estenent-se cap a la terra que envolta l'oceà Àrtic. L'extensió màxima del gel marí s'assoleix normalment al març. A la primavera, l'extensió del gel marí comença a reduir-se. L'extensió mínima s'assoleix normalment al setembre. L'extensió del gel marí al setembre ha anat disminuint i ha estat la més baixa registrada durant els darrers 17 d'extensions de setembre (2007-23).

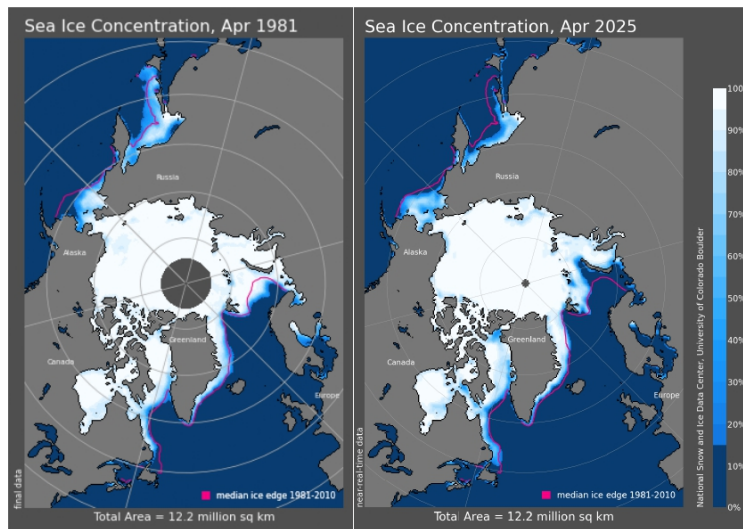


Figura 8. Comparació entre la concentració de gel del 1981 i del 2025 de l'Oceà Àrtic. Font: NOAA.

Northern Hemisphere Extent Anomalies Apr 1979 - 2025

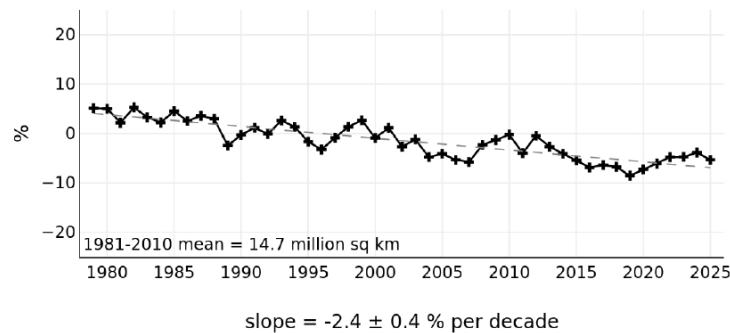


Figura 9. Gràfic que mostra el progressiu enconyiment de les masses de gel marí de l'Àrtic en percentatge. Font: National Snow and Ice Data Center.

El desgel de les masses de gel marí de l'Àrtic, i també de l'Antàrtic, és un procés natural que té lloc durant l'estiu i que té un paper vital en la regulació climàtica i de corrents oceànics. Però en els darrers anys, si es comparen les dades de desgel mensuals històrics es pot veure una clara tendència en fondre's cada vagada més gel i **durant un període de temps més llarg**:

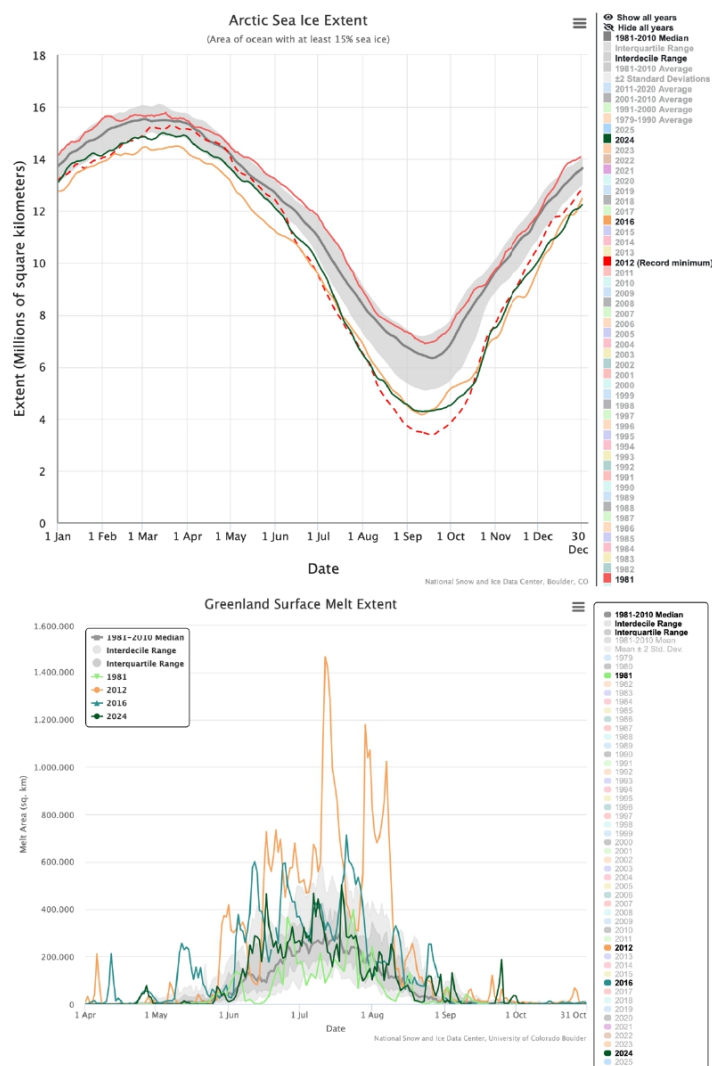


Figura 10. En el gràfic de dalt es pot veure les fluctuacions de la superfície de gel marí al llarg dels mesos en 4 dates diferents: 1981 (primers registres), 2012 (el mínim de superfície registrat), el 2016 i el 2024. En el segon gràfic es poden veure les dades de la superfície fosa de Groenlàndia per les mateixes dates. Font: NSIDC.

Finalment, una conseqüència directa del desglaç de masses de gel no marines (glaceres continentals, Antàrtic, etc.), és l'augment del nivell del mar i oceans.

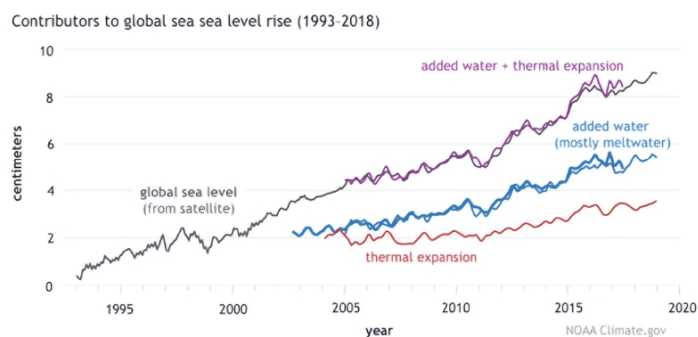


Figura 11. Augment del nivell de mar observat des dels primer registres de satèl·lits (1993) amb diferents estimacions que han contribuït a l'augment del nivell fins a data 2020. Font: NOAA.

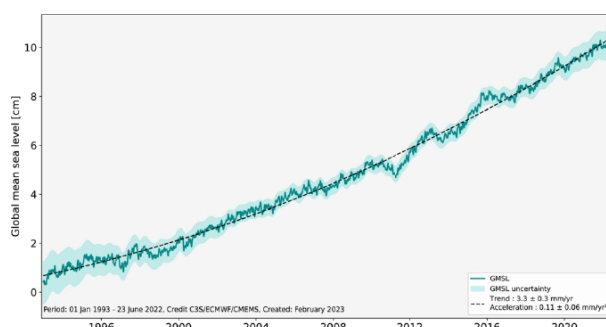


Figura 12. Evolució diària del nivell mitjà global del mar Mediterrani, mesurat per altimetria per satèl·lit, des de gener de 1993 fins a juny de 2022 (línia contínua). Font: BAIC 2022.

Enllaços interessants per fer servir a l'aula:

- <https://www.globalchange.gov/indicators/sea-surface-temperatures>
- <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/climate-at-a-glance/global/time-series/globe/tavg/ocean/12/12/1850-2023>
- <https://nsidc.org/ice-sheets-today/melt-data-tools> (gràfic interactiu Groenlàndia) / <https://nsidc.org/sea-ice-today/sea-ice-tools/charctic-interactive-sea-ice-graph> (gràfic interactiu Àrtic mensual i anys)

4. Modelitzem l'AMOC

La Circulació Termohalina Atlàntica Meridional (AMOC), coneguda com a cinta transportadora oceànica, és el moviment que fan les grans masses d'aigua a causa dels canvis de temperatura i densitat que experimenten durant el desplaçament i la interacció amb el clima.

L'AMOC juga un paper essencial en la regulació del clima global, ja que actua com un dissipador de calor per al nostre planeta, transportant aigua calenta des dels tròpics cap a l'Atlàntic Nord i tornant aigua freda cap al sud. Aquest procés no només manté temperatures més temperades a Europa, sinó que també és responsable del transport de nutrients vitals per a la vida marina.

Els corrents oceànics són causats pels vents i els canvis en la densitat de l'aigua de mar, provocats per la temperatura de l'aigua i per la seva salinitat (concentració de sal). D'aquesta forma, la densitat pot canviar per l'evaporació (concentrant l'aigua de sal) o per l'aportació d'aigua dolça (que disminueixen la salinitat), així com pels canvis de temperatura (provocat per l'escalfament amb el contacte directe amb l'atmosfera, o pel refredament amb el contacte del gel marí i el seu mateix desglaç).

A prop de l'equador, per exemple, l'evaporació fa que la salinitat i la temperatura de l'aigua de mar augmentin. La densitat de l'aigua de mar augmenta a mesura que augmenta la salinitat i disminueix a mesura que augmenta la temperatura. Així, tot i que l'aigua és més salada, la temperatura més alta impedeix que l'aigua superficial s'enfonsi. Però a mesura que l'aigua flueix cap als pols (impulsada pel vent), es refreda i s'enfonsa a causa de l'augment de la densitat.

Ja heu observat la cinta transportadora d'aigua deguda a les temperatures de les aigües oceàniques i com aquesta es desplaça per tot el planeta, transportant la calor i els nutrients d'una banda a l'altra.

Ara, estudiarem l'AMOC, que és la Circulació Termohalina de Retorn Meridional de l'Atlàntic. Observeu i analitzeu els següents mapes i gràfics per relacionar com la temperatura, la salinitat, la densitat i la topografia del fons oceànic actuen per crear l'AMOC.

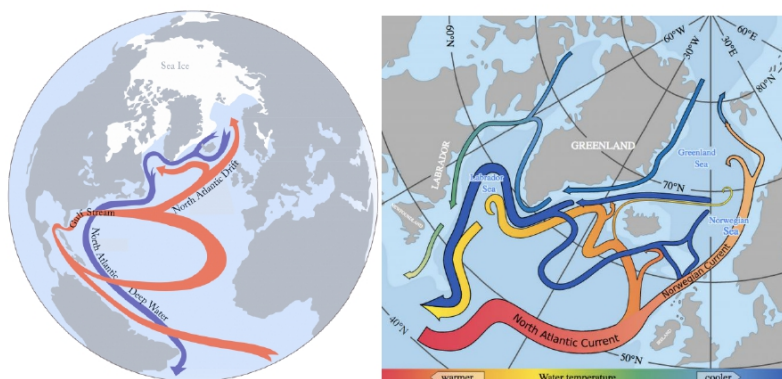


Figura 13. AMOC visualitzada des del globus terraquí a l'esquerra i, a la dreta, el detall de l'AMOC quan arriba a l'Oceà Àrtic.

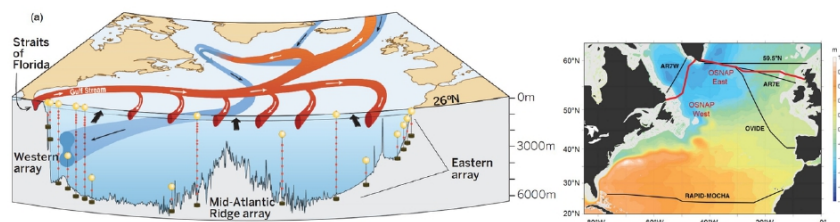


Figura 14. a) L'AMOC vista en profunditat i amb les temperatures de les aigües oceàniques (b). **Font:** Wang, H., Zuo, Z., Zhang, K., Bu, L., & Xiao, D. (2023). Evolution characteristics of the Atlantic Meridional Overturning Circulation and its thermodynamic and dynamic effects on surface air temperature in the Northern Hemisphere. *Science China Earth Sciences*, 66(6).

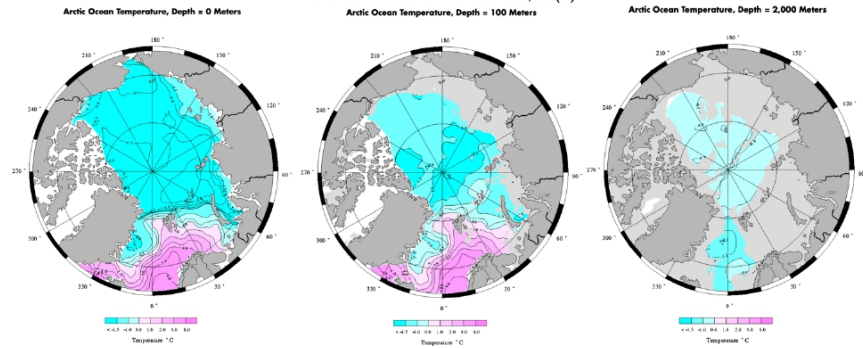


Figura 15. Mapes de temperatura de les aigües de l'Oceà Àrtic en diferents fondàries: 0m, 100m, 2000m (d'esquerra a dreta). **Font:** NOAA.

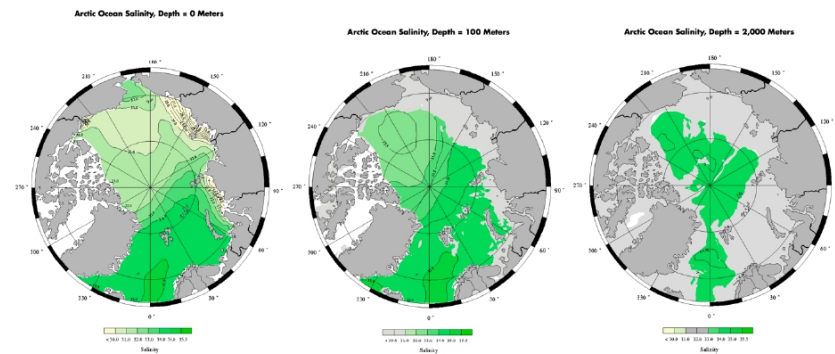


Figura 16. Mapes de salinitat de les aigües de l'Oceà Àrtic en diferents fondàries: 0m, 100m, 2000m (d'esquerra a dreta). **Font:** NOAA.

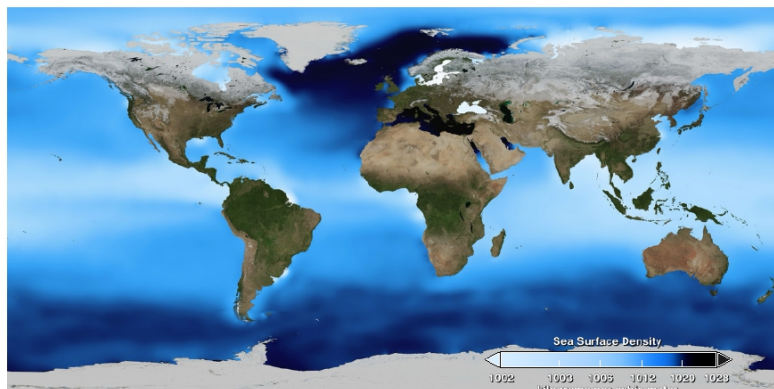


Figura 17. Mapamundi de densitat de les aigües oceàniques i marines. Font: NASA.

Sabem que l'Oceà Àrtic hi ha almenys tres comunitats biològiques diferents a l'oceà Àrtic. El Regne del Gel Marí inclou plantes i animals que viuen sobre, dins i just sota el gel que flota a la superfície de l'oceà. Com que només el 50% d'aquest gel es fon, els bivalves, crustacis, cucs poliquets, anemones de mar, briozous, tunicats i ascidis són membres comuns de les comunitats bentòniques àrtiques. Aquests animals proporcionen energia als peixos, balenes i foques que s'alimenten al fons.

El fons de l'oceà Àrtic està dividit per tres dorsals submarines (dorsal Alfa, dorsal de Lomonosov i la dorsal mesooceànica àrtica), una de les quals (la dorsal de Lomonosov) crea una zona relativament aïllada coneguda com la Conca Canadenca. En aquesta zona a l'estiu, els fluxos de gel poden existir durant molts anys i poden arribar a un gruix de més de 2 metres. El gel marí no sol ser sòlid com un glaçó de gel, sinó que està ple d'una xarxa de túnels anomenats canals de salmorra que varien en mida des de microscòpics (unes poques mil·lèsimes de mil·límetre) fins a més de 3cm de diàmetre. Les diatomees i les algues habiten aquests canals i obtenen energia de la llum solar per produir material biològic a través de la fotosíntesi.

Els bacteris, els virus i els fongs també habiten els canals, i juntament amb les diatomees i les algues proporcionen una font d'energia (aliment) per a cucs plans, crustacis i altres animals. Aquesta comunitat d'organismes s'anomena simpàgic, que significa "associat al gel". La fusió parcial del gel marí durant els mesos d'estiu produeix estanys a la superfície del gel que contenen les seves pròpies comunitats d'organismes.

La fusió del gel també allibera organismes i nutrients que interactuen amb l'aigua de l'oceà sota el gel.

El Regne Pelàgic inclou organismes que viuen a la columna d'aigua entre la superfície de l'oceà i el fons. El desglaç del gel marí permet que entri més llum al mar, i les algues creixen ràpidament, ja que el sol brilla durant 24 hores al dia durant l'estiu. Aquestes algues proporcionen energia per a una varietat d'animals flotants (zooplàncton) que inclouen crustacis i meduses. El zooplàncton, al seu torn, és la font d'energia per a animals pelàgics més grans com ara peixos, calamars, foques i balenes.

Quan els organismes pelàgics moren, s'assenten al fons de l'oceà i es converteixen en la font d'energia per als habitants del Regne Bentònic. Les esponges, els bivalves, els crustacis, els cucs poliquets, les anemones de mar, els briozous, els tunicats i els ascidis són membres comuns de les comunitats bentòniques àrtiques. Aquests animals proporcionen energia als peixos, balenes i foques que s'alimenten del fons.

2a PART

5. Modelització del Feedback positiu de l'AMOC: L'Amplificació Àrtica

L'AMOC ha estat objecte d'estudi en els darrers anys, el 2018 es va teoritzar que el corrent s'enfrontava a una desacceleració de prop del 20% i podria col·lapsar la propera dècada. Tot i això, recents estudis (gener del 2025) demostren que la seva velocitat no ha disminuït en els últims 60 anys, encara que no neguen que, amb l'augment d'1,5°C de mitjana, podria canviar el sistema.

Això demostra que la ciència és un procés social creatiu de construcció de coneixement (no de descoberta) basat en proves i que genera un coneixement parcial (no total) i provisional (no definitiu) ja que està en desenvolupament continu.

Per què es creu que l'AMOC pot estar desaccelerant?

Com hem estudiat, el punt on es creen les aigües profundes (*down welling*) és degut a les altes densitats que arriben a tenir en aquell punt del planeta en ser més fredes i salades que les del voltant. Aquest enfonsament, crea un túnel d'aigües que viatgen ràpidament cap al fons oceànic emmagatzemant la calor que retenia de la superfície i tots els nutrients recollits. Quan les aigües ràpides arriben al fons, conduïdes per l'orografia oceànica, viatgen cap al sud.

A causa de l'escalfament global trobem diversos processos que afecten el sistema en forma de retroalimentació (**feedback positiu**), relacionat amb l'efecte Albedo, el desglaç i la densitat de les aigües en el punt de l'enfonsament.

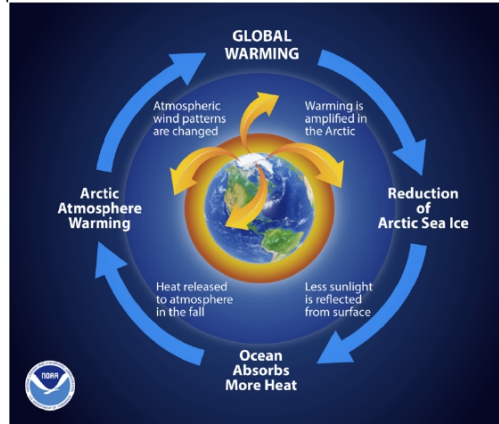


Figura 1. La pèrdua de gel marí a l'Àrtic forma part d'un bucle de retroalimentació continu vinculat a l'escalfament global: l'escalfament global fon el gel, cosa que provoca més escalfament global, que fon més gel. **Font:** Adaptat de Moran, K. i J.W. Farrell. 2011.

Anomalies tèrmiques a l'Àrtic: l'efecte albedo

Quan es miren les dades de l'augment de les temperatures arreu del planeta, es mostren tendències d'escalfament diferents segons la latitud:

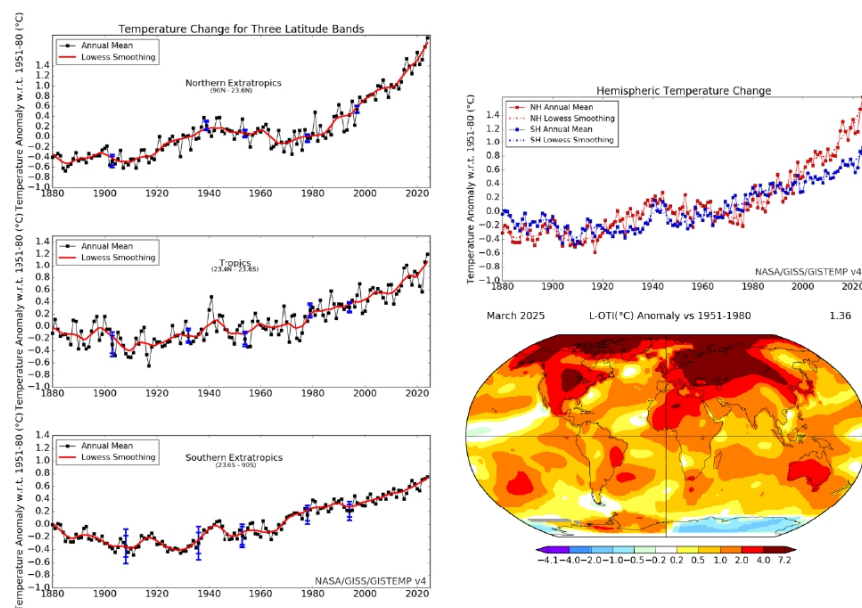


Figura 2. El gràfic de l'esquerra mostra les tendències d'augment de temperatures atmosfèriques per a 3 diferents latituds del planeta. El de la dreta superior, compara l'escalfament de l'hemisferi nord amb el sud. El mapa a la dreta inferior, es mostren les temperatures atmosfèriques del mes de març del 2025. Font: NASA.

Els motius de la diferència latitudinal de l'escalfament són varis:

1. Primer de tot, aquest fenomen és degut a principis bàsics de física, la gravetat. La Terra, en ser ovalada i no esfèrica, els pols estan més a prop del centre del planeta que els equadors, i per aquest motiu, els Gasos d'Efecte Hivernacle (GEH) tendeixen a acumular-se al Nord que, pels moviments dels vents polars d'alta altitud, traslladen els gasos cap al pol nord, on s'hi acumulen per **gravetat**.
2. Un altre motiu, relacionat amb la forma ovalada de la Terra, que en ser més ampla que alta, el gruix de l'atmosfera a l'equador és més gran que en els pols.



Figura 3. Dibuix de la Terra en què es mostra el gruix diferent de l'atmosfera.

3. Als tròpics, **tempestes** de pluja intenses capten aire calent a la superfície i l'eleva a altituds majors, per la qual cosa l'escalfament a la superfície no és tan elevat com el que es podria esperar si només es prengués en compte l'augment de CO₂. A l'Àrtic, que majoritàriament no té aquestes tempestes, qualsevol escalfament a la superfície roman a la superfície, va assenyalar l'expert de la NASA. D'altra banda, els fronts i els centres d'alta i baixa pressió a l'atmosfera mouen excessos de calor des dels tròpics cap a les regions polars, i aquest transport de calor s'intensifica en un clima més calent i encara més a l'hivern, quan l'amplificació àrtica és més forta.
 4. Una altra explicació és que a l'HN hi ha una **activitat socioeconòmica** humana superior, ja que hi ha més proporció de continent que no pas a l'HS. A més a més, les societats del Nord com ara Europa, Rússia, EEUU i Canadà són països amb activitats econòmiques proporcionalment més contaminant que països que es trobin més al Sud, emetent doncs, més GEH.
 5. Finalment, hi ha 2 efectes relacionats amb un procés físic que juguen un paper vital en l'Ampliació Àrtica, **l'albedo**. L'albedo és la fracció de llum que reflecteix una superfície: si es reflecteix tota, l'albedo = 1. Si es reflecteix el 30%, l'albedo = 0,3.
L'albedo de la superfície de la Terra (atmosfera, oceà, superfícies terrestres) determina quanta energia solar entrant, o llum, es reflecteix immediatament a l'espai. Això pot tenir un impacte en el clima.
El **color** de la superfície de la Terra té, per tant, una importància significativa: les superfícies fosques (blau fosc, verd fosc, marró...) reflectiran molta menys llum que no pas les superfícies clares (blanc, blau clar, beix...).
- Un altre factor rellevant és l'**angle d'incidència** dels rajos: a menor angle, més gran és el desviament de la reflexió de la llum. Per tant, la posició geogràfica afecta molt aquest factor pel fet que la llum solar xoca en un angle pla contra els pols, produint un alt reflex. Però a l'equador, la llum xoca perpendicularment, reduint la reflexió.

Anem a veure els gràfics i dades per entendre millor què passa:

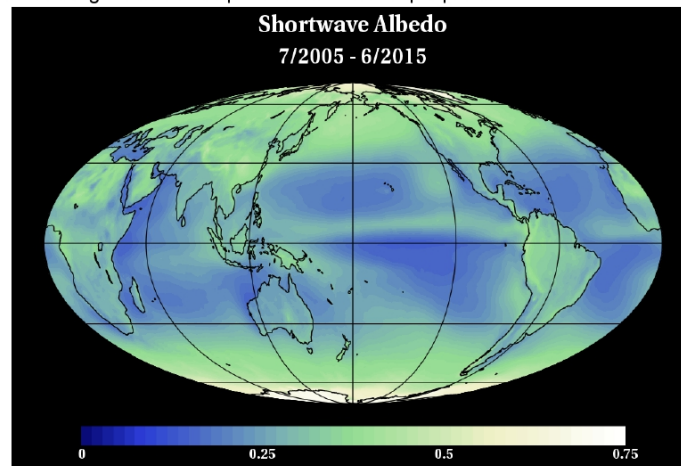


Figura X. mapa de l'albedo a la Terra. Font: NASA.

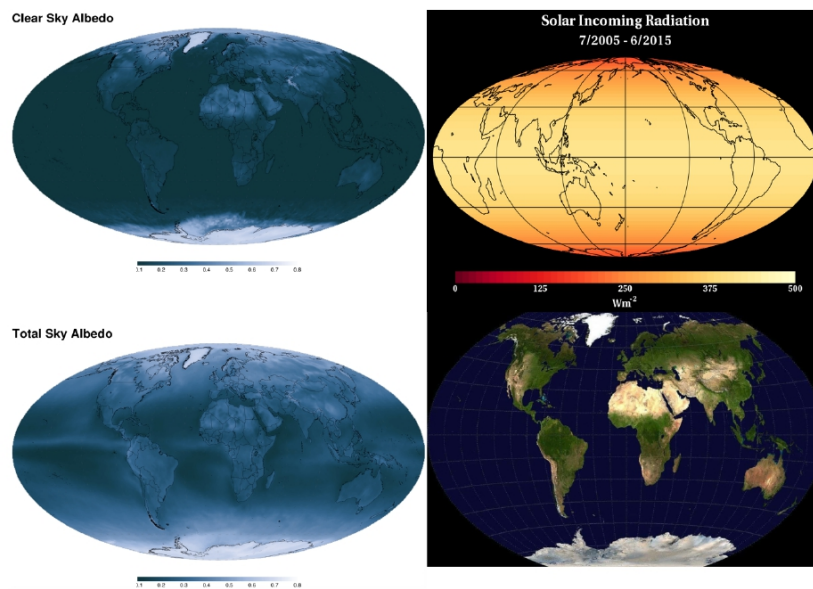


Figura 4. Esquerra: mapa de l'albedo a la Terra. Inferior esquerra: mapa de l'albedo a la Terra amb cel sense núvols i amb núvols. Dreta superior: radiació solar total d'incidència a la Terra. Dreta inferior: mapa de la Terra per comparar els colors de l'hemisferi Nord i Sud. Fonts: NASA.

Preguntes guia:

- Com es veu modificat l'efecte albedo quan hi ha núvols en diferència a un dia assolellat?
- Quines diferències de color de la superfície hi ha entre el nord i el sud en les comunitats de vegetació? Com modifica això l'efecte albedo?
- S

Per tant, l'hemisferi Nord s'escalfa més i a un ritme més ràpid que el Sud. A més, com hem estudiat, els oceans retenen un percentatge significatiu de la calor atmosfèrica, provocant el seu augment de temperatures:

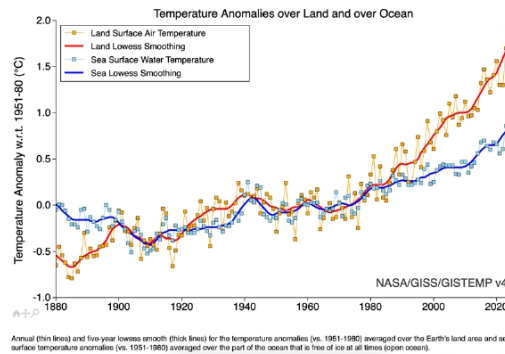


Figura 5. Mitjana de temperatures atmosfèriques i oceàniques des del 1880 fins el 2024. **Font:** NASA.

Aquest augment de les temperatures atmosfèriques, provoca l'augment de les temperatures de les masses d'aigua oceàniques (i marines) i provoca que el gel de l'Àrtic es desfaci a un ritme més ràpid i en major quantitat.

Preguntes guia:

- Feu una hipòtesis de com afectarà el desgel de l'Àrtic a l'efecte albedo de l'hemisferi Nord. Feu-vos servir d'un esquema o dibuix.

Anomalies de salinitat a l'Atlàntic

La investigació mostra que durant les últimes dècades, vastes regions de salinitat anormal de la superfície marina, anomenades Grans Anomalies de Salinitat, s'han propagat per l'extrem nord de l'Atlàntic, afectant els ecosistemes locals i l'enfonsament de les masses d'aigua.

A les latituds mitjanes, la salinitat influeix en la profunditat a la qual s'enfonsen les masses d'aigua i fins a quin punt s'estenen a través de l'oceà. La ubicació i la profunditat d'aquestes masses d'aigua controlen com es transporten la calor i la sal entre els tròpics i les latituds altes. Igual que els fronts atmosfèrics que porten un clima inestable, els fronts oceànics que es troben a la interfície entre les masses d'aigua són zones d'alta activitat sovint correlacionades amb pesqueres importants com la de la tonyina.

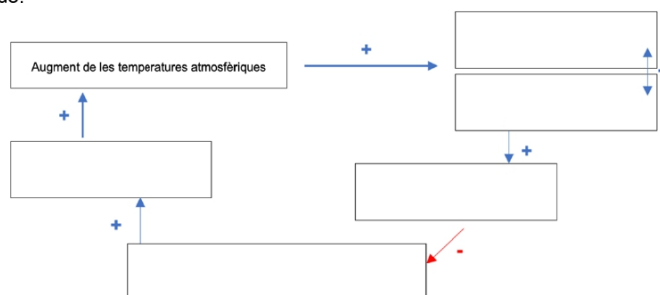
Als tròpics, la salinitat de la superfície marina es controla principalment per les pluges i l'escolament dels rius; aquestes fonts d'aigua dolça regulen com els oceans interactuen amb l'atmosfera. Afectant gairebé la meitat de la població humana mundial cada any, els monsons són impulsats pels intercanvis a la frontera aire-oceà.

De la mateixa manera, El Niño té efectes profunds sobre la humanitat i, en una mesura desconeguda, està governat per la salinitat de l'oceà. De fet, estudis recents indiquen que comprendre l'efecte de la salinitat sobre la flotabilitat de la part superior de l'oceà pot ser la clau per a millors previsions d'El Niño.

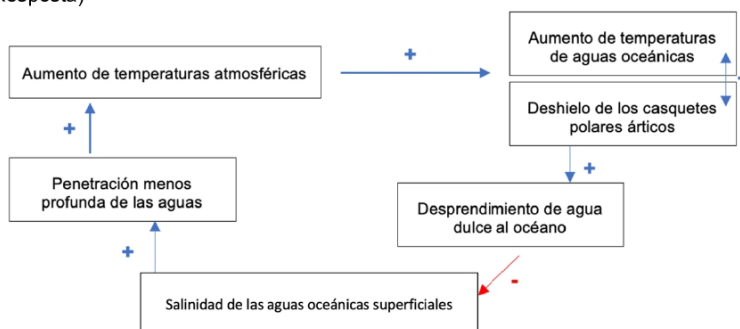
Ahora, el mateix desgel de l'Àrtic provoca que la salinitat de les aigües oceàniques properes disminueixi, doncs l'aigua dolça dilueix la salda.

Com a resultat, tenim una barreja d'aigües molt salades i més calentes que les del voltant que provenen del Sud, i d'aigües fredes i més dolces a la regió Àrtica. Aquesta barreja crea tota una sèrie d'anomalies en la densitat de les aigües oceàniques i afecta als seus processos enfonsament (*down wellings*).

Així doncs, amb els conceptes que hem anat assolint, omple el següent esquema mut sobre l'Ampliació Àrtica, el feedback positiu (retroalimentació) que està tenint lloc a l'Àrtic relacionat amb l'albedo:



(Resposta)



El permafrost: el gegant que es desperta

Un altre factor que influeix en l'amplificació àrtica és el desglaç del permafrost, que és el terra que roman congelat per dos o més anys. Aquests sòls congelats contenen el doble de carboni que l'atmosfera actualment, i grans quantitats de metà.

Aquesta reserva de carboni congelat romandrà estable mentre segueixi congelada, però a mesura que el permafrost es desglaci s'espera que contribueixi al creixement de les emissions de CO₂ i metà, causant un escalfament més gran que portarà al seu torn a un desglaç més gran.

Alguns científics sostenen que esdeveniments climàtics extrems a latituds del sud de l'Àrtic podrien estar vinculats amb canvis en aquesta regió. Temen que l'escalfament de l'Àrtic causi un punt de no retorn o **tipping point**, especialment degut al desglaç del permafrost. Això afectarà la circulació oceànica, el nivell del mar i el clima a nivell mundial, amb profundes conseqüències per als ecosistemes i les poblacions humanes.

Si el gel dels pols desapareix i només queda un mar fosc al seu lloc, la capacitat de reflexió serà aproximadament del 10%

Guia docent AQUA FASE 2

GUIA DOCENT GRUP AQUA – FASE 2

1.	Context i repte	2
2.	PESCA	3
	Canvi climàtic	5
	Espècies invasores	6
3.	One Health	8
	Microplàstics	8
	Sector de l'alimentació	9
4.	Pobles Inuit.....	16
	Impactes ecològics.....	17

1. Context i repte

Després d'haver modelitzat el funcionament de l'AMOC i la seva alteració a causa de l'escalfament global, el grup **AQUA** amplia la mirada per investigar com el canvi climàtic està afectant els ecosistemes marins i les societats que en depenen. Si bé el col·lapse de l'AMOC genera impactes directes en zones com l'Àrtic o l'Atlàntic Nord, també hi ha molts altres processos, igualment greus, que tenen lloc als oceans i que tenen una relació directa amb l'activitat humana i el desequilibri climàtic.

En aquesta segona fase, investigareu **impactes ecosocials** (impactes socioeconòmics degut als impactes ambientals i ecològics) reals derivats del desequilibri dels oceans i mars, entenent com aquests afecten la pesca, la salut humana i els drets dels pobles indígenes.

El **repte** és entendre com l'impacte ambiental es tradueix en conseqüències socials, econòmiques i culturals i reflexionar sobre possibles respostes i solucions des d'una mirada ecosocial i sistèmica. Com s'altera la cadena alimentària marina? Qui se'n veu més afectat? Quines injustícies ambientals es generen i com poden revertir-se?

En aquesta fase, el grup **AQUA** es dividirà en 3 subgrups de treball que del se centrarà en un gran impacte ecosocial relacionat amb el medi marí:

- **Grup Pesca:** investigareu com l'augment de temperatures i l'acidificació de mars i oceans afecta a la indústria pesquera i cultures humanes. També estudiareu com aquests fenòmens i la globalització fan augmentar l'expansió d'espècies invasores marines al Mediterrani.
- **Grup One Health:** investigareu la crisi dels microplàstics, resultat de la contaminació massiva dels oceans i com afecta a la biodiversitat marina i la salut humana, dels animals i plantes (*One Health*).
- **Grup Inuit:** estudiareu l'impacte socioeconòmic i cultural de l'afectació de l'AMOC a les cultures i pobles inuit que viuen a l'Àrtic a través d'entrevistes i dades de la vida dels esquimals.

Grup	Impacte ecosocial	Causes ambientals	Espècies afectades	Comunitats afectades
Pesca	Pèrdua de rendiment pesquer i alimentari	Acidificació, escalfament, invasores	Sardina, tallahams, musclo, etc.	Pescadors, consumidors locals
One Health	Riscos per a la salut	Microplàstics, contaminants	Tòxics acumulats en peixos i mol·luscs	Tota la població (bioacumulació)
Inuit	Destrucció d'hàbitats, pèrdua cultural	Col·lapse de l'AMOC	Foca, morsa, espècies àrtiques	Població inuit i economia subsistent

2. PESCA

A Catalunya es comercialitzen aproximadament 250 espècies capturades, totes destinades al consum humà menys una, el corall vermell. La sardina i el seitó representen més de la meitat del total, el 55% són espècies de peix blau que viuen prop de la superfície. Per altra banda, el descens de les captures (pesca), fa anys que està en decaiguda com es veu a la *Figura 1*.

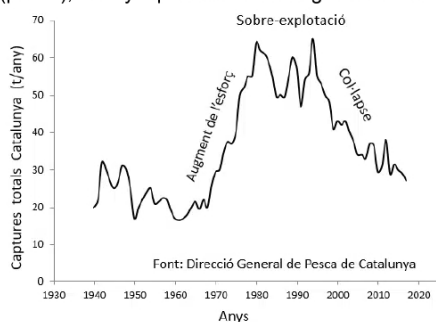


Figura 1. Evolució de les captures totals de pesca a Catalunya des de 1930 fins a l'actualitat. **Font:** Direcció General de Pesca de Catalunya.

Cal tenir en compte que es consumeixen a l'any 17,6 quilograms de peix i mol·luscs per persona a Catalunya, que equival a unes 27.300 tones l'any 2020, però no tot el consumit és d'origen local:

Origen del consum de peix i marisc a Catalunya (2020)

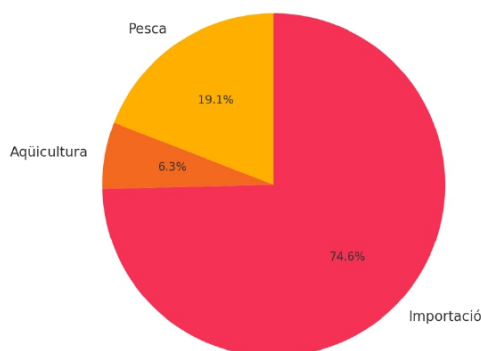


Figura 2. Origen del consum de peix i marisc a Catalunya el 2020. **Font:** Elaboració pròpia a partir de: Generalitat de Catalunya (2016).

En suma, el peix d'origen local (pesca) el 2020 va disminuir un 34,5% respecte l'any 2007, i mentre les captures han minvat, la producció aqüícola ha augmentat, seguint la tendència mundial (FAO, 2018).

El nombre d'embarcacions de pesca ha seguit disminuint fins a les 670 l'any 2020, especialment les de palangre de fons, auxiliars i d'arts menors. El sector pesquer i aqüícola ocupa 2.619 persones, el 62,1% i el 27,9% respectivament l'any 2019 (CTESC, 2020).

Així i tot, el 2015, de les 16 àrees estadístiques principals, el Mediterrani i el Mar Negre van registrar els percentatges més elevats de poblacions avaluades explotades a nivells insostenibles (62,2%), és a dir, per sobre del Màxim Rendiment Sostenible (MRS).

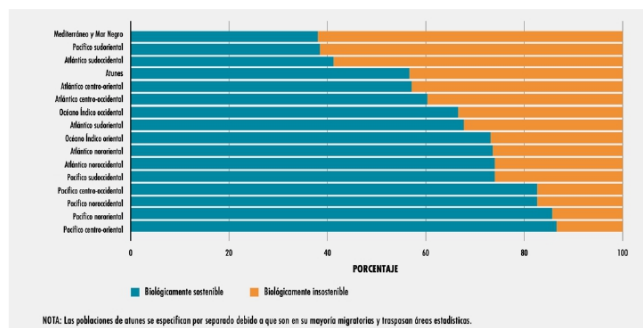


Figura 3. Percentatge de les poblacions explotades a nivells biològicament sostenibles i insostenibles per àrea estadística de la FAO, 2015. **Font:** FAO. (2018). Impacts of climate change on fisheries and aquaculture: Synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options (Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 627). Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Ara bé, també existeix la pesca recreativa, des de les roques, des d'una embarcació, submarina o de marisc. Aquest tipus de pesca també contribueix a la sobreexplotació d'espècies vulnerables i a la degradació del medi marí. Per tot això, els riscos més importants per al sector pesquer són (Leonart i Lloret a Folch, Peñuelas, Serrat et al. 2018):

- L'escassetat de captures costaneres i de creixement lent i el desequilibri de sexes dins de les poblacions de peixos en pescar els exemplars més grans d'algunes espècies hermafrodites.
- La presència de pescadors furtius.
- La introducció potencial d'espècies i patògens i l'alteració de la qualitat de l'aigua per l'aqüicultura.
- Les espècies exòtiques i invasores que són cada cop més freqüents, algunes transportades per les aigües de llast i les àncores, com el cargol poma, el musclo zebrat o el cranc blau, altres per l'escalfament climàtic o importades amb finalitats comercials.
- Els factors ambientals, com ara la regulació excessiva dels cabals dels rius que impedeix l'aportació de nutrients necessaris per al plàncton del qual s'alimenten peixos com el seitó (anxova) i, el canvi climàtic, que afecta la composició del plàncton del qual s'alimenta la sardina i les poblacions d'espècies d'aigua freda, però que també incrementen la presència d'alguns crustacis, per exemple la gamba blanca, més habituals al Sud.
- L'augment de la temperatura de l'aigua a banda d'estressar els ecosistemes marins afavoreix l'arribada d'espècies invasores procedents d'aigües més càlides, de fet, més de 700 comptabilitzades, moltes d'elles han arribat des del Mar Roig i l'Índic a través del canal de Suez, com ara el peix lleó, la corneta pintada i l'alga australiana.
- Els canvis en la distribució geogràfica d'algunes espècies de peix d'interès comercial – es desplacen a més latitud i profunditat a conseqüència del canvi climàtic– i en l'abundància de les poblacions d'aquestes. I també, l'alteració de la mida dels peixos – s'ha reduït entre el 20 i 30%– segons l'informe del Comitè Científic, Tècnic i Econòmic de Pesca Europeu (STECF) i la Comissió General de Pesca del Mediterrani (Cramer, Guiot, Fader et al., 2018).

La contaminació per plàstics de mida gran també té relació amb el descens d'alguns estocs comercials de peixos i crustacis vulnerables que pateixen nivells significatius de mortalitat. A

més, impacta econòmicament en el sector pesquer vist que augmenta el cost de reparació de les xarxes.

TAULA 4. Dades sobre el sector pesquer i aquícola català. Catalunya, 2018

Valor	Variable
34.000	tones de peix i mol·luscs capturades i produïdes
22%	del consum de peix i mol·luscs de Catalunya
38%	d'escombraries en les captures zones urbanes
5%	d'escombraries en les captures zones rurals
1/3	tonyines contenen plàstic
0,7%	de la zona de pesca (0-800 metres) protegida
2,5%	de la zona costanera (0-50 metres) protegida

De fet, segons Galimany, Marco-Herrero, Soto et al. (2019), els residus o escombraries al mar impacten en el sector pesquer perquè representen una part significativa de les captures – fins al 38% als caladors de Vilanova i la Geltrú– i danyen les embarcacions i els aparells de pesca. Per exemple, els plàstics i les teles s'enganxen i causen danys als engranatges dels vaixells i, les fustes processades poden trencar les xarxes i perjudicar les embarcacions amb l'impacte.

Canvi climàtic

La mar Mediterrània és un dels punts calents (*hotspots*) de biodiversitat del planeta, amb una proporció d'espècies marines molt superior a la que li pertocaria per mida (entre el 4 i el 18 %, segons els grups), tot i representar només el 0,82 % de la superfície oceànica i el 0,32 % del volum. Aquest desequilibri explica l'alt índex d'endemisme (entre el 20 i el 30 %, segons grups). Les espècies pantropicals (3–10 %) i lessepsianes (5 %) han arribat a través del canal de Suez, però són les que més probablement augmentaran en nombre i distribució a causa de l'ampliació del canal i de la pujada de temperatures, que afavoreixen espècies termòfiles. Cal tenir en compte que l'escalfament al Mediterrani es produeix entre dues i tres vegades més ràpid que a l'oceà global (Vargas-Yáñez et al., 2008).

Les onades de calor també són un impacte que afecta els ecosistemes marins i la Mediterrània. Gómez-Gras, Linares, Dornelas et al. (2021) demostren que els episodis extrems de temperatures elevades són cada cop més intensos i freqüents i afecten el coral·ligen; per exemple les gorgònies, que són estructura i refugi de més de 1.600 espècies de peixos que hi sobreviuen, han disminuït el 93%.

Un cas que demostra com pot variar la biodiversitat de la costa catalana degut a l'augment de temperatures és el cas del **tallahams** (*Pomatomus saltatrix*), que recentment ha estat descrit amb més detall (Sabatés et al., 2012; Villegas-Hernández et al., 2015).

Aquest peix, apreciat per la pesca esportiva, ha augmentat en nombre a les aigües septentrionals de la Mediterrània nord-occidental, probablement perquè les condicions tèrmiques d'aquestes aigües han superat un llindar que les fa favorables per a la seva reproducció. Les captures de tallahams a la Mediterrània occidental van començar a destacar cap als anys noranta. Si es comparen les captures al delta de l'Ebre amb les dels ports del nord de Barcelona, s'observa un augment significatiu a partir de l'any 2000. Aquesta tendència cap al nord és encara més clara quan es normalitza pel nombre de vaixells (Roses i l'Escala). A més, s'ha observat que el tallahams presenta millor estat de salut en aigües septentrionals, i que els ovòcits de les femelles del golf de Roses són més grans que els del delta de l'Ebre.

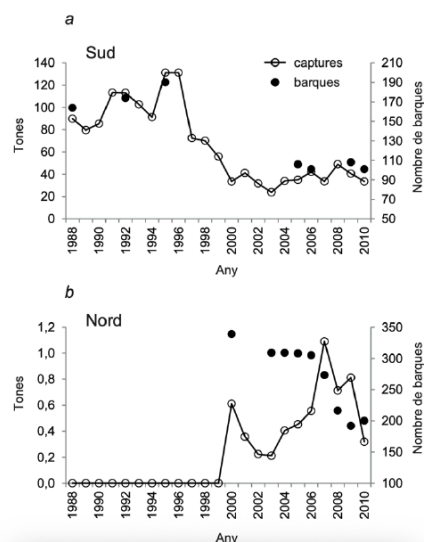


Figura 4. Captures de tallahams en ports al nord de Barcelona (nord) i al port de Sant Carles de la Ràpita (sud), i nombre de barques involucrades en les captures. **Font:** Adaptada de Sabatés et al., 2012.

Espècies invasores

Altres espècies al·lòctones arribades per altres vies (aquaris, transport marítim, etc.) també podrien veure's afavorides per l'augment de la temperatura i per l'acidificació del mar, provocant la disminució relativa de la biota endèmica.

La major part dels impactes de l'escalfament a la Mediterrània (68 %) es manifesten com a canvis en l'abundància i la supervivència de les espècies autòctones. Les migracions o desplaçaments representen un 15 %. Fins i tot un escalfament moderat (1–2,5 °C) ja pot afectar la fecunditat, la migració i l'abundància. Escalfaments més intensos (3–4,5 °C) impacten en la fenologia i supervivència. Les onades de calor incrementen clarament la mortalitat, mentre que l'augment gradual de temperatura afecta sobretot la fenologia, migració i abundància (Marbà et al., 2015a).

Un treball recent ha combinat dades estadístiques de pesqueres, coneixement i percepció dels pescadors, i dades reproductives (Lloret et al., 2015). Aquesta aproximació ha permès constatar casos clars de modulació climàtica, com els del tallahams i l'alatxa, però també el de l'espet de boca groga (*Sphyræna viridensis*), la palomida blanca (*Trachinotus ovatus*) i el peix de plata (*Argentina sphyraena*), una espècie temperada amb tendència a minvar en abundància.

Pel que fa a *S. viridensis*, que darrerament es troba prou freqüentment a la mar catalana, es creu que l'escalfament global l'afavoreix respecte a *S. sphyraena*, que és l'espècie habitual als Països Catalans.

També cal mencionar els peixos conill (*Siganus luridus* i *S. rivulatus*), espècies invasores procedents de la mar Roja (lessepsianes), que estan provocant canvis profunds en les comunitats i el paisatge submarí a causa del seu fort herbivorisme (Vergés et al., 2014). Ja molt abundants a la Mediterrània oriental, aquestes espècies estan expandint la seva àrea de distribució i podrien arribar a la mar catalana. De fet, ja s'ha documentat l'albirament de dos individus de peix conill tacat al sud de França, prop de Marsella.

Amb l'escalfament, al litoral català també s'han detectat més individus i una major freqüència d'espècies com *Pelagia noctiluca* (medusa tòxica) i algues tòxiques dels gèneres *Alexandrium*, *Dinophysis*, *Pseudo-nitzschia* i *Ostreopsis*.

La proliferació d'algues nocives representa una amenaça potencial per a la salut de les persones. Les marees roges o *blooms*, originades per l'eutrofització de les aigües (augment sobtat de nutrients: nitrogen i fòsfor i silici) poden provocar grans acumulacions de matèria orgànica que esgoten l'oxigen de l'aigua i afecten la producció de marisc. Per altra banda, la majoria de les marees roges són innòcues, però existeix un problema emergent de proliferació d'algues procedents de zones subtropicals i tropicals associades a intoxicacions humanes greus per consum de peixos, crancs i bivalves.

La proliferació d'algues nocives també afecta el sector pesquer i aquícola, podent originar una gran mortalitat de fauna marina. El tancament de les zones de producció en època estival quan la temperatura de l'aigua és alta podria provocar la mort del músculo no comercialitzat.

Segons l'IPCC (2014), l'augment de temperatura del mar pot reduir les captures pesqueres fins a un 20 % entre 2051 i 2060.

Encara que els estocs no disminueixin, certes espècies podrien deixar de ser explotables per raons tècniques o econòmiques. A això cal afegir-hi l'impacte sobre els hàbitats, que es preveu globalment molt negatiu. L'acidificació és un altre factor associat al canvi climàtic no sempre inclòs en les prediccions, però amb un impacte potencial sobre la producció pesquera. Es preveu que la disminució del fitoplàncton redueixi la pesca extractiva i també l'aquicultura extensiva costanera (Prado et al., 2016).

Val a dir que les reserves marines han servit per augmentar els recursos pesquers, especialment en les més antigues, com ara les Medes–Costa del Montgrí; que a més, han protegit les praderies de posidònia, el grapissar i el coral·ligen, contribuint a la diversitat marina i la productivitat dels estocs pesquers. Ara bé, a l'àrea que correspon al mar de Catalunya hi ha poques zones de protecció que afectin la pesca, el 2,5% de la zona costanera (entre 0 i 50 metres) i el 0,7%, de la zona de pesca (entre 0 i 800 metres), és a dir, la majoria de superfície de litoral català no està protegit.

Una proposta destacada de gestió de la Generalitat, en línia amb la FAO (2003), és canviar el paradigma de gestió pesquera: passar de gestionar estocs aïllats (basada en espècies) a gestionar ecosistemes complets. És el que s'anomena gestió ecosistèmica de la pesca (EAF), basada en una visió holística que integra els components biòtics, abiòtics i les seves interaccions, tot considerant el coneixement disponible i la incertesa.

3. One Health

Microplàstics

El sector del plàstic és un dels prioritaris en el marc europeu d'economia circular aprovat l'any 2015. La UE va publicar un paquet legislatiu específic per aquest sector l'any 2018, amb la finalitat de prevenir la generació de residus i maximitzar-ne la valorització.

La indústria del plàstic contribueix a la contaminació i, especialment, a les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH) a l'atmosfera. Les previsions de la indústria són de creixement. S'estima la suma de la producció i incineració de plàstics va afegir a l'atmosfera 850 milions de tones de GEH, és a dir, les emissions de 189 centrals de carbó de 500 MW només l'any 2019 (Hamilton, Feit, Muffet et al., 2019).

La indústria del plàstic intensifica les emissions de GEH a causa de: l'extracció i transport de combustibles fòssils per produir plàstic, el refinament, el procés de producció, la gestió dels residus plàstics (incineració, abocament i reciclat, per aquest ordre) i la contaminació per residus plàstics abandonats en el medi ambient, especialment a la mar.

En general, la informació sobre el destí dels plàstics al final de la seva vida útil és escassa i dispersa. En un intent d'anàlisi global, Geyer, Jambeck i Lavander (2017) van estimar que:

- La suma de resines, fibres sintètiques i additius produïts al món fins al moment era de 8.300 milions de tones de plàstic verge, però només el 9% va ser reciclat, el 12% i 79% restant va ser incinerat i abocat respectivament. Els autors van calcular que hi hauria 12.000 milions de tones de plàstic als abocadors o al medi natural l'any 2050 de seguir la mateixa tendència.
- La producció global de resines i fibres de plàstic ha passat de 2 Mt l'any 1950 a 380 Mt l'any 2015. Només la Xina produeix el 28% de les resines i el 68% de les fibres de plàstic del món.

S'estima que el 80% dels residus marins provenen de les activitats a terra i el 20% de les activitats marítimes. Les causes són diverses, per exemple:

- El consum de tèxtils amb fibres sintètiques i artificials està augmentant perquè la roba és més barata. A més, els filtres de les rentadores no són prou eficaços per retenir les fibres sintètiques de plàstic.
- En general, el consum de plàstics també està augmentant perquè el consum és poc responsable amb el medi ambient.
- A més, tres quartes parts (el 75%) de les 9 Mt de plàstics que cada any s'aboquen als oceans acaben al fons marí.

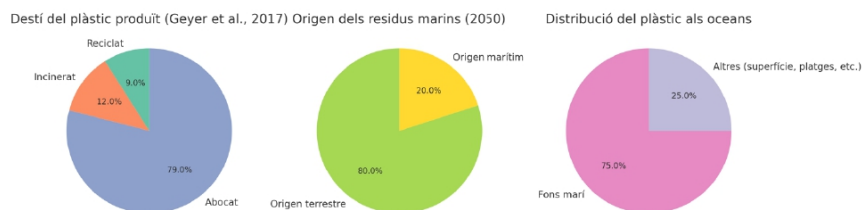


Figura 5. A) Destí del plàstic produït; B) Origen dels residus marins; C) Distribució del plàstic als oceans. Font: elaboració pròpia a partir de: Geyer et al., 2017.

El mar Mediterrani representa menys de l'1% de la superfície oceànica mundial, però té uns valors ecològics i econòmics desproporcionats. Alberga entre el 4% i el 18% de totes les espècies marines; i la indústria pesquera, l'aqüicultura, el transport marítim i el turisme costaner són fonts d'ingressos clau per a les nacions mediterrànies. Per aquest motiu, els possibles impactes de la contaminació per plàstics poden ser particularment rellevants al Mediterrani.

Més del 90% dels danys causats a la fauna marina pels residus humans es deu als plàstics. A escala mundial, hi ha unes 700 espècies marines amenaçades pels plàstics, de les quals el 17% estan catalogades per la UICN com a "amenaçades" o "en perill crític".

Sector de l'alimentació

La contaminació del litoral i el canvi climàtic també impacten en el sector de l'alimentació i en el de consum de productes de la mar (sal i aliments). Recentment, s'han trobat partícules nanoplàstiques (de l'ordre de desenes de micres de mida) en quantitats significatives en ostones i musclos (mol·luscs filtradors) cultivats a les costes del nord d'Europa, fins i tot poden ser ingerits pel plàncton, produint-se bioacumulació al llarg de la cadena tròfica.

A més dels bloquejos gastrointestinals i altres danys derivats de la ingestió de restes de plàstic, fins i tot inclouent-hi la mortalitat, els plàstics ingerits poden contenir alts nivells de compostos tòxics afegits durant la fabricació o absorbits de l'aigua de mar. Les restes de plàstic absorbeixen contaminants, inclosos els compostos bioacumulables, unes cent vegades més eficientment que la matèria orgànica en suspensió natural.

Diversos estudis suggereixen que alguns contaminants es poden associar al plàstic, com contaminants orgànics, plaguicides, ftalats, PCB i bifenil A, i fins i tot, algunes recerques han evidenciat que als plàstics s'hi allotgen microorganismes que causen malalties, com els vibrions.

Aquests agents associats poden transferir-se als organismes durant la digestió i al llarg de la cadena tròfica, i experiments de laboratori recents indiquen que els contaminants associats al plàstic poden alterar la funció del sistema endocrí dels peixos, tot i que es desconeixen encara els impactes en la salut humana que poden tenir.

Així, el 78% dels contaminants que s'adhereixen al plàstic del mar són tòxics, persistents i acumulatius; a més, interfereixen amb processos biològics, causen dany hepàtic i alteren les hormones (Alessi i Di Carlo, 2018).

Aquests contaminants també s'han trobat a la sal marina i, evidentment, a l'aigua embotellada. De fet, s'han trobat fins a 325 partícules de plàstic per cada litre d'aigua embotellada analitzada (Greenpeace Espanya, 2020).

Avui dia, la contaminació marina i per plàstics impacta en l'aqüicultura (cloïsses, ostones, musclos) i la pesca. Es calcula que un terç de les tonyines de la Mediterrània contenen plàstic (Crise, Kaberi, Ruiz et al., 2015).



El 90% de les aus marines del món té fragments de plàstics a l'estómac (el 1960 era el 5%); per al 2050 aquest nombre podria augmentar al 99%. Aquestes dades són esgarrifoses només de pensar-ne en les concentracions en organismes humans.

L'abús del plàstic com a material i una gestió inadequada han generat toxicitat i un problema ecològic que afecta la salut humana i dels ecosistemes. Els plàstics de l'entorn són una amenaça per a la salut humana, acaben com a microplàstics (de polietilè (PE), polipropilè (PP) i poliestirè (PET)) a l'aigua que bevem i els aliments que consumim, bioacumulant-se al llarg de la cadena tròfica, amb el consegüent impacte sobre els ecosistemes i la salut endocrina i reproductiva de la població i la fauna.

L'OMS ha alertat que no es té prou coneixement de com afecta la presència de microplàstics de l'aigua potable i els aliments en la població exposada, perquè no hi ha dades de com l'organisme els absorbeix, tot i que se sap que l'alimentació és la principal via d'entrada.

Entre les institucions catalanes que han fet recerca en aquest àmbit, destaca l'Institut de Diagnòstic Ambiental i Estudis de l'Aigua – CSIC. La recerca en la població de dofins del mar d'Alborán ha confirmat que plastificants organofosforats s'acumulen en el greix, músculs, fetge i sobretot, al cervell dels dofins. Això podria causar danys neurològics, càncer, problemes de fertilitat i disrupció hormonal. A més, cal tenir en compte que el mar Mediterrani és una zona d'acumulació de residus plàstics flotants important, amb 423 grams de plàstic per quilòmetre quadrat. La densitat més elevada es troba al Golf de Lleó.

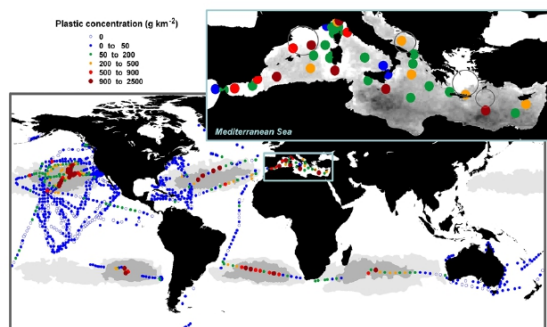


Figura 6. Concentracions de restes de plàstic a les aigües superficials del mar Mediterrani a escala de conca i en comparació amb les concentracions de plàstic reportades per a l'oceà global.

El mapa base en escala de grisos a la conca mediterrània mostra les concentracions relatives de plàstic superficial predites per modelatge numèric. Es preveu que les zones més fosques tinguin concentracions més altes. Les principals zones de formació d'aigües profundes al Mediterrani també es mostren amb cercles negres. Al mapa

global, les zones gris fosc i clar representen zones d'acumulació interiors i exteriors, respectivament, modelades per als cinc girs subtropicals; les zones oceàniques blanques representen zones de no acumulació. **Font:** Lloret, J., Rätz, H.-J., Lleonart, J., & Demestre, M. (2015). Challenging the links between seafood and human health in the context of global change. PLOS ONE, 10(7), e0121762.

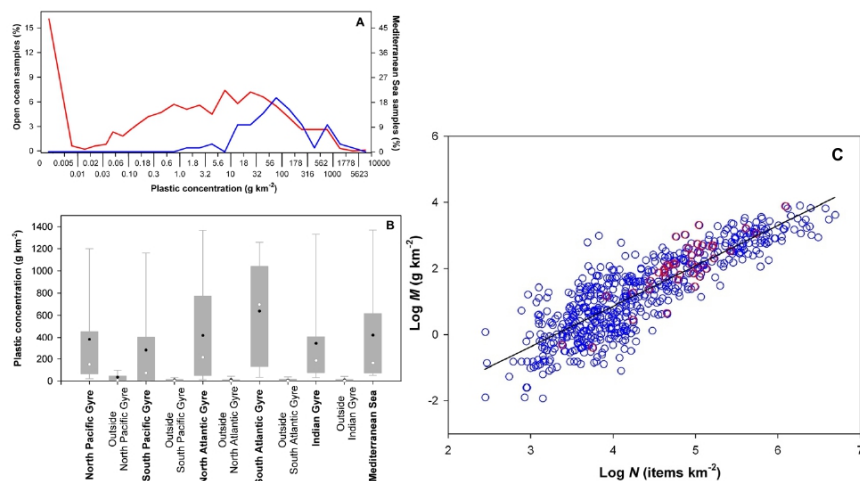


Figura 7. Rangs de concentracions de plàstic superficial mesurades al mar Mediterrani i reportades per a l'oceà obert.

A) Distribució de freqüències de les mesures de concentracions de plàstic al mar Mediterrani ($n = 72$, línia blava) i a l'oceà global ($n = 1760$, línia vermella).

B) Concentracions de plàstic superficial mesurades al mar Mediterrani i reportades per a la zona d'acumulació interior dels cinc girs subtropicals (zones gris fosc a la Fig. 6). També es mostren els rangs de concentracions fora de la zona de convergència de cada gir subtropical (zones blanques a la Fig. 1) amb finalitats comparatives.

C) Acumulació de plàstic al Mediterrani, la línia negra mostra l'ajust lineal-quadrat log-log de totes les dades del gràfic ($n = 609$). **Font:** Lloret, J., Rätz, H.-J., Lleonart, J., & Demestre, M. (2015). Challenging the links between seafood and human health in the context of global change. PLOS ONE, 10(7), e0121762

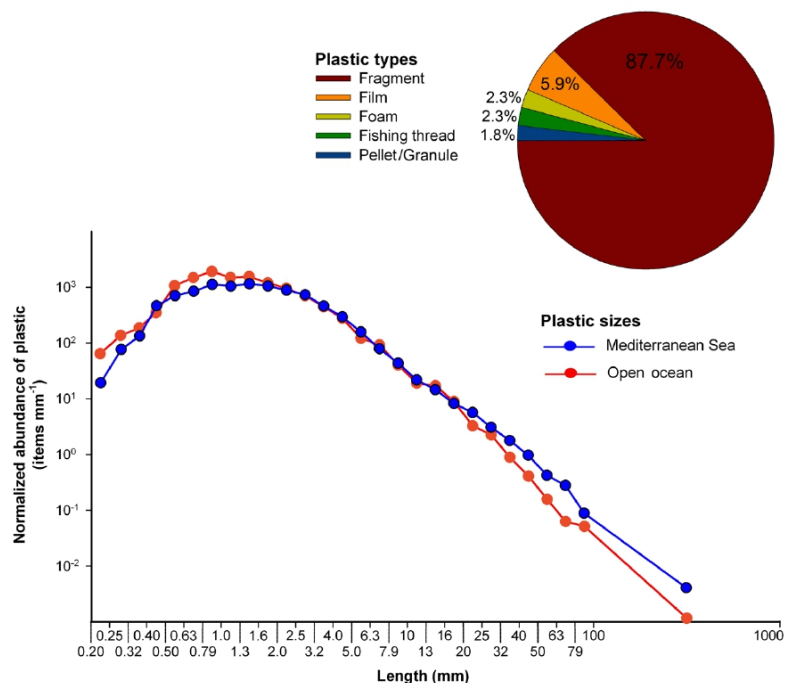


Figura 8. Distribució de mida i aspecte de les restes de plàstic flotants recollides al mar Mediterrani. La distribució de mida de les restes de plàstic al Mediterrani (n = 3.901 articles de plàstic) es compara amb les mesurades per a les regions d'acumulació de plàstic a l'oceà obert (n = 4.184 articles de plàstic). En la comparació de les distribucions de mida de plàstic a les aigües mediterrànies i a l'oceà obert, observeu l'escala logarítmica de l'eix vertical. Els percentatges (en abundància) de tipus de plàstic (pellets/grànuls, pel·lícules, fils de pesca, escuma, fragments) trobats al mar Mediterrani es mostren al gràfic de la cantonada superior dreta.
Font: Lloret, J., Rätz, H.-J., Leonart, J., & Demestre, M. (2015). Challenging the links between seafood and human health in the context of global change. PLOS ONE, 10(7), e0121762.

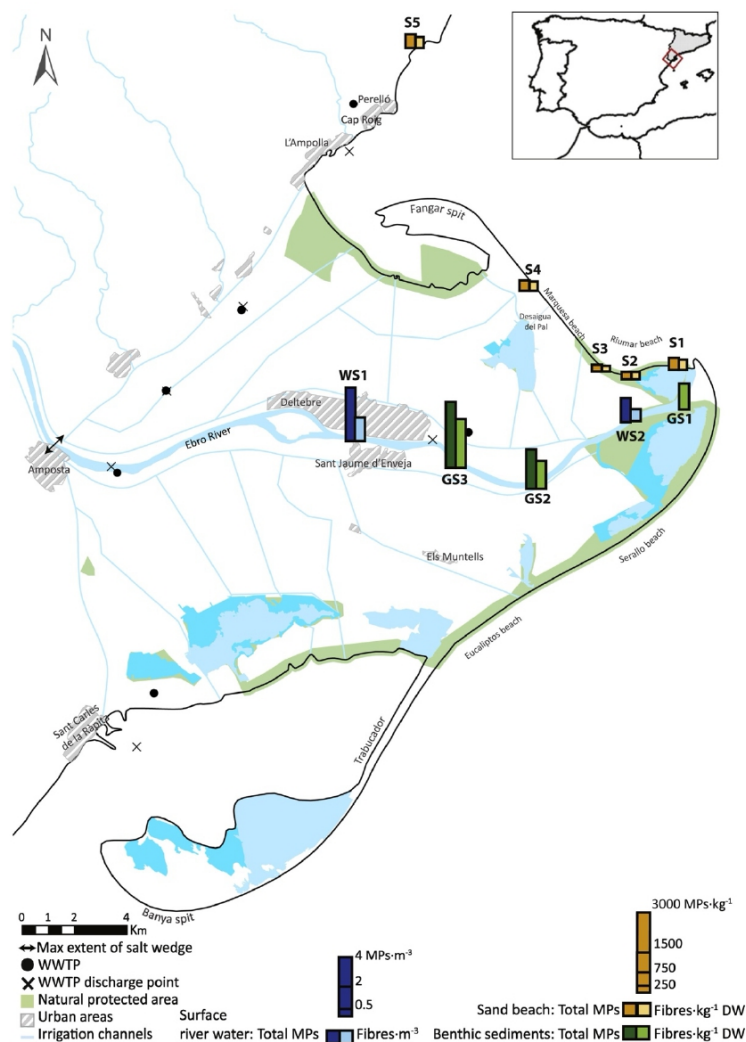


Fig. 9. Ubicació geogràfica del Delta de l'Ebre que indica les estacions de mostreig i la concentració de microplàstics (sorra i sediments: MPs·kg⁻¹DW; aigua superficial: MPs·m⁻³) en les diferents matrius ambientals. De les 13 ubicacions de mostreig: 5 estacions de sorra de platja (S1-S5; ocre), 3 mostres de sediments de lilit fluvial (GS1-GS3, verd) i 2 mostres d'aigua superficial fluvial (WS1-WS2; blau). **Font:** Guerrero, M. C., Aragona, M., Fazio, F., Laurà, R., Levanti, M., Montalbano, G., Germanà, A., Abbate, F., & Germanà, G. (2020). Micro and nano plastics distribution in fish as model organisms: Histopathological effects on gills and liver. Science of The Total Environment, 703, 134947.

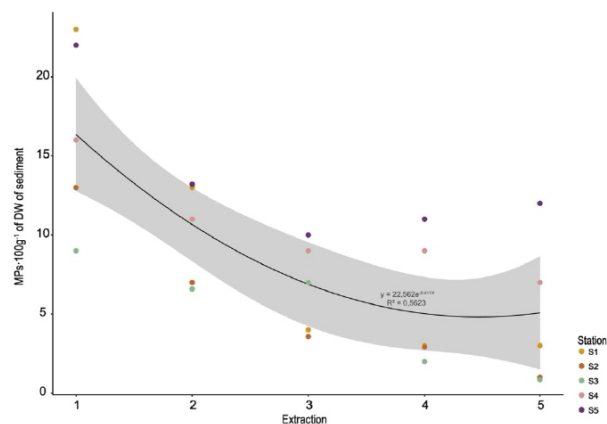


Fig. 10. Nombre de microplàstics recuperats de mostres de platges de sorra, d'un total de 5 extraccions consecutives de NaCl. **Font:** Guerrero, M. C., Aragona, M., Fazio, F., Laurà, R., Levanti, M., Montalbano, G., Germanà, A., Abbate, F., & Germanà, G. (2020). Micro and nano plastics distribution in fish as model organisms: Histopathological effects on gills and liver. *Science of The Total Environment*, 703, 134947.

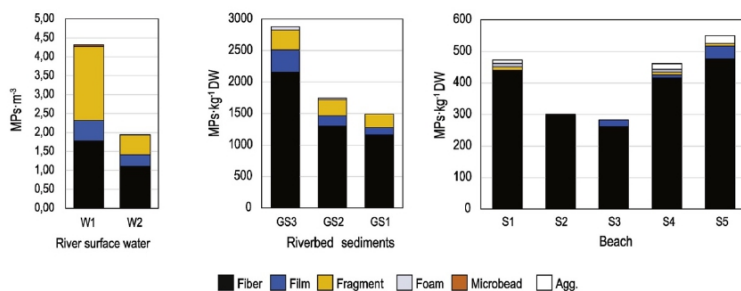


Fig. 11. Concentració de partícules a cada estació de mostreig: a) Aigua superficial del riu (MPs·m⁻³), b) Sediments del llit del riu (MPs·kg⁻¹ DW) i c) platja de sorra (MPs·kg⁻¹ DW). **Font:** Guerrero, M. C., Aragona, M., Fazio, F., Laurà, R., Levanti, M., Montalbano, G., Germanà, A., Abbate, F., & Germanà, G. (2020). Micro and nano plastics distribution in fish as model organisms: Histopathological effects on gills and liver. *Science of The Total Environment*, 703, 134947.

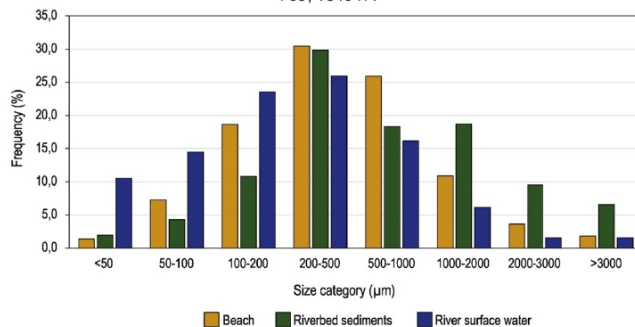


Fig. 12. Una comparació de la freqüència de la classe de mida en els diferents ambients mostrejats: platges sorrenques (ocre), sediments del llit del riu (verd) i aigües superficials del riu (blau). **Font:** Guerrero, M. C., Aragona, M., Fazio, F., Laurà, R., Levanti, M., Montalbano, G., Germanà, A., Abbate, F., & Germanà, G. (2020). Micro and

nano plastics distribution in fish as model organisms: Histopathological effects on gills and liver. Science of The Total Environment, 703, 134947.

La concentració de microplàstics (MP) reportada suggereix que els rius (1) actuen com a corredors directes perquè els MP arribin als sistemes marins, (2) un cop els MP són al mar, els corrents i la dinàmica de les mareas són responsables de dipositar parcialment algunes d'aquestes partícules a la zona litoral, i (3) els sediments estuaris són importants zones d'embornal per als contaminants dels MP. Particularment en els estuaris de falca salada, la dinàmica hidrològica i de transport de sediments podria ser responsable de facilitar la deposició de MP sobre els sediments del fons. Tenint en compte que la major part de la població mundial es concentra al llarg de rius, estuaris i zones costaneres, amb l'actual sistema de producció, consum i gestió de residus de plàstic, s'espera que la concentració de plàstics i MP en els ecosistemes aquàtics augmenti.

4. Pobles Inuit

Aquest grup estudia com el col·lapse de l'AMOC i l'escalfament de l'Àrtic estan posant en risc la cultura i la supervivència dels pobles inuit. Analitzareu els efectes sobre la caça, la pesca i els cicles ecològics dels quals depenen (com la sincronia entre fitoplàncton i aus marines). També coneixereu com els mateixos pobles inuit, a través del Consell Circumpolar Inuit, denuncien les afectacions ecològiques, sanitàries i culturals, i reivindiquen sobirania alimentària i capacitat d'autogestió ambiental des d'una perspectiva indígena.



Els pobles Inuit de Groenlàndia, especialment els situats al nord com Siorapaluk i Savissivik, estan experimentant canvis profunds en el seu estil de vida a causa de l'escalfament global. La seva cultura tradicional, basada en la caça i la pesca de subsistència, es veu amenaçada per la disminució de les poblacions d'espècies marines i els canvis en els ecosistemes, posant en risc la seguretat dels caçadors i la continuïtat de les seves pràctiques ancestrals.

Secció monòleg

Duane Smith, President de la Conferència Esquimal del Cercle Polar de Canadà i Vicepresident d'Inuit Tapiriit Kanatami. És excopresident del Grup d'Experts Àrtics en Iniciatives d'Ús Sostenible de la Unió Mundial per a la Natura i un ferm defensor dels drets dels indígenes, la seva relació amb l'entorn i els coneixements i les visions tradicionals que aquests pobles poden oferir.



Permeteu-me centrar-me en dues de les moltes conseqüències exposades a l'ÀCIA en relació amb un estiu àrtic sense gel marí. En primer lloc, els mamífers marins, inclosos els ossos polars, les foques i les morses, així com les espècies d'aus marines que han fet del gel marí el seu hàbitat, s'enfronten a una potencial "extinció". La cultura i la relació dels esquimals depèn de manera crucial de l'ecosistema àrtic: allò que succeeix les seves espècies afecta directament la nostra fortalesa.

El Programa de les Nacions Unides per al Medi Ambient (PNUMA) descriu el cercle polar àrtic com el "baròmetre" del canvi climàtic mundial. Els 160.000 esquimals que viuen al Nord de Canadà, Groenlàndia, Alaska i Txukotka (Rússia) han estat testimonis del canvi que ha patit el seu entorn natural com a resultat de l'escalfament de la Terra durant gairebé 20 anys.

Ara, també hem esdevingut el terreny explotable dels països capitalistes i, lluny de voler protegir el nostre territori, el que volen és comprar les nostres terres o expropiar-les.

Inuvik (al nord-est del Canadà), per exemple, ha esdevingut la seu septentrional del desenvolupament del petroli i el gas de la regió del mar de Beaufort. Al voltant hi viuen prop de 4.000 persones. La globalització ha arribat al cercle polar àrtic, que ha sortit del seu aïllament.

El Sud està ansiós per aconseguir el nostre petroli, el nostre gas i els nostres minerals. Actualment, moltes zones de l'Àrtic són objecte de missions d'exploració ràpides. L'Estudi Geològic dels Estats Units creu que un 25% del petroli i el gas que queda al món és aquí.

El Nord de Canadà és la tercera regió del món en producció de diamants; a aquesta zona s'han trobat grans reserves de metalls bàsics i preciosos, així com de carbó. En els darrers 40 o 50 anys, Inuit s'ha vist obligat a adaptar-se als canvis socials, econòmics i culturals.

Les temperatures a l'Àrtic estan augmentant fins a quatre vegades més ràpid que la mitjana mundial. Ara, amb el desglaç del gel marí provocat per un escalfament de les temperatures atmosfèriques que no hem provocat nosaltres, es preveuen nous accessos als minerals i hidrocarburs àrtics, molts dels quals estan situats a una certa distància de les costes.

Es preveu un important increment del volum de transports de càrrega a través dels passos nord-orientals o nord-occidentals, o fins i tot a través del mateix Oceà Àrtic. En resum, el canvi climàtic fomentarà i accelerarà el desenvolupament industrial a una regió única, altament fràgil i vulnerable.

Les comunitats inuit de Groenlàndia ens estem enfrontant-se a canvis significatius en les nostres mitjans de vida a causa del canvi climàtic antropogènic. La combinació de la pèrdua de biodiversitat, la disminució dels recursos marins i les alteracions en els ecosistemes posa en risc la nostra cultura i supervivència i els països capitalistes pretenen aprofitar la nostra vulnerabilitat per explotar els terrenys que nosaltres necessitem per mantenir la nostra cultura i supervivència.

Impactes ecològics

El cas particular paper dels ocells marins i la vall de Qinnngua

La vall de Qinnngua, situada al sud de Groenlàndia, és l'únic bosc natural del país i un exemple únic de biodiversitat àrtica, un oasis enmig del desert gelat. Aquest ecosistema depèn en part dels nutrients aportats pels ocells marins, com els gabots atlàntics, que fertilitzen el sòl amb els seus excrements. Tanmateix, el canvi climàtic està alterant els patrons migratoris d'aquests ocells, afectant la sincronia entre la seva arribada i el desenvolupament del fitoplàncton a l'estiu, la base de la cadena alimentària marina. Aquesta desincronització pot tenir conseqüències negatives per a la biodiversitat de la vall i per a les comunitats que depenen d'aquests recursos.



Les algues vermelles fonen les glaceres

Les noves investigacions realitzades a l'expedició Groenlàndia ofereixen ombrívols presagis per al futur de les glaceres. Al càlid fiord s'estén pel gel un to vermellós que ha estat batejat com a «neu de sang». Procedeix d'una alga de les neus descoberta formalment només el 2019, la *Sanguina nivaloides*, que desenvolupa un pigment vermell o taronja per salvar-se del sol. Però el pigment també redueix la reflectivitat de la neu i accelera el desglaç. Un cop conscient, fins i tot un observador inexpert pot veure com el vel carmesí cobreix extenses seccions de la neu del fiord. Segons els investigadors, és responsable del 12% del desglaç total anual de la capa de gel de Groenlàndia, la «colossal» xifra de 32.000 milions de tones de gel.



Amb l'aparent propagació de les algues, els científics veuen el risc d'un cercle viciós: l'augment de les temperatures accelera el desglaç de les glaceres i afavoreix el creixement de les algues, cosa que accelera encara més el desglaç.

Iniciatives de monitoratge i adaptació comunitària

Davant aquests desafiaments, s'estan desenvolupant iniciatives de monitoratge comunitari per comprendre millor els canvis en els ecosistemes marins i adaptar-se a les noves condicions. Aquests projectes impliquen la col·laboració entre científics i comunitats locals per recopilar dades sobre el clima marí i les poblacions de mamífers marins, amb l'objectiu de desenvolupar estratègies de gestió sostenible dels recursos naturals.

La salut dels esquimals en perill

Segons un estudi (Harper et al., 2011), a mesura que l'escalfament global provoca precipitacions més intenses i un desglaç més gran a l'Àrtic, les comunitats inuit del Canadà registren més casos de malalties atribuïdes a patògens que provenen d'aigües superficials i subterrànies, com és el cas d'*Escherichia coli*, un paràsit que és un indicador clar de contaminació fecal i risc de patògens. Aquest risc augmenta després de pluges intenses o desglaç, per arribada de patògens per arrossegament superficial.

Les troballes confirmen investigacions anteriors que suggerien que pobles indígenes de tot el món es veien afectats de manera diferent pel canvi climàtic. Això és degut a que molts habiten regions on els efectes se senten abans i amb més força, i poden entrar en contacte més directe i diari amb l'entorn natural. Per exemple, algunes comunitats indígenes no tenen accés a aigua potable perquè són lluny de zones urbanes.

"Al nord, moltes comunitats inuit prefereixen beure aigua dels rierols en lloc d'aigua potable, a més, quan estan caçant o pescant, per exemple, no tenen accés a aigua potable, i per això beuen dels rius", va explicar la directora de l'estudi Sherilee Harper, de la Universitat de Guelph (Canadà).



Figura 13. Percentatge de mostres d'aigua no tractada contaminades amb E. coli en diferents punts de les comunitats inuit de Nain i Rigolet (2005-2008). **Font:** elaboració pròpia a partir de:

L'augment de temperatura i precipitacions que acompanya el canvi climàtic agreujarà aquesta situació. Aquesta contaminació pot portar a malalties com giardiasi o criptosporidiosi.

L'equip està fent estudis similars entre els pigmeus batwa i el poble Shipibo del Perú. Encara s'estan fent proves, però els resultats preliminars suggereixen que igual que els Inuits, aquests grups també comencen a sentir en la salut els efectes relacionats amb el canvi climàtic.

Les denúncies ecosocials del inuit

El Consell Circumpolar Inuit (ICC) és una organització que representa més de 180.000 inuits a Alaska, el Canadà, Groenlàndia i Chukotka (Rússia), defensant els drets indígenes i promovent la protecció de l'ecosistema àrtic.

Inuvik (al nord-est del Canadà) és la seu septentrional del desenvolupament del petroli i el gas de la regió del mar de Beaufort, hi viuen al voltant de 4.000 persones. La globalització ha arribat al cercle polar àrtic, que ha sortit del seu aïllament. El Sud està ansiós per aconseguir el nostre petroli, el nostre gas i els nostres minerals. Actualment, moltes zones de l'Àrtic són objecte de missions d'exploració ràpides. L'Estudi Geològic dels Estats Units creu que un 25% del petroli i el gas que queda al món és aquí. El Nord de Canadà és la tercera regió del món en producció de diamants; a aquesta zona s'han trobat grans reserves de metalls bàsics i preciosos, així com de carbó. En els darrers 40 o 50 anys, Inuit s'ha vist obligat a adaptar-se als canvis socials, econòmics i culturals.

Es preveu, a més, que el desglaç crearà nous accessos (sobretot per mar) als minerals i hidrocarburs àrtics, molts dels quals estan situats a una certa distància de les costes. Es preveu un important increment del volum de transports de càrrega a través dels passos nord-orientals o nord-occidentals, o fins i tot a través del mateix Oceà Àrtic. En resum, el canvi climàtic fomentarà i accelerarà el desenvolupament industrial a una regió única, altament fràgil i vulnerable.

El Consell Circumpolar Inuit (ICC) és una organització que representa més de 180.000 inuits a Alaska, el Canadà, Groenlàndia i Chukotka (Rússia), defensant els drets indígenes i promovent la protecció de l'ecosistema àrtic.

Un dels projectes centrals és la Comissió Pikialasorsuaq, que busca establir una àrea de gestió liderada pels inuits al voltant del polínia Pikialasorsuaq, una zona d'aigües obertes entre el Canadà i Groenlàndia. Aquest projecte no només té com a objectiu la conservació ambiental,

sinó també la restauració de la mobilitat històrica entre comunitats inuits separades per fronteres nacionals.
El 2023 van fer un informe demanant el següent:



Figura 14. Fitxes visuals per resumir les demandes socioeconòmiques tractades pel Consell Circumpolar Inuit (CCI) en la l'Assemblea del 2023. Font: elaboració pròpia a partir de (Equator Initiative, 2023).



Figura 15. Infografia per resumir impactes ecosocials que pateixen els pobles inuit que denuncia el Consell Circumpolar Inuit (CCI) en la l'Assemblea del 2023. Font: elaboració pròpia a partir de (Equator Initiative, 2023).

Guia docent: Taller 1

Taller 1 Embornals de carboni i tipping points

La reducció d'emissions

Emetem uns 41.600 milions de GEH anualment (2025). No és realista suposar que els eliminarem totalment, però sí que és viable aconseguir, o almenys aproximar-nos, a les emissions netes zero, és a dir, que les emissions de GEH alliberades a l'atmosfera s'equilibrin en la mateixa quantitat que les que s'absorbeixen naturalment de l'atmosfera. Es poden seguir 2 estratègies per reduir les emissions:

- Reduir els gasos que emesos a l'atmosfera: utilitzant fonts d'energia renovables com ara parcs eòlics o solars, canviar totalment el transport elèctric, consumir més aliments d'origen vegetal, etc.
- Retirar els gasos emesos de l'atmosfera: la seva absorció artificial requereix tecnologies cares, algunes de les quals ja existeixen, mentre que d'altres estan en fase de recerca.

Una altra solució és aprofitar els serveis ecosistèmics de la Terra perquè absorbeixin de manera natural aquests gasos: salvar boscos, plantar més arbres, millorar les tècniques agrícoles, etc. És a dir, aprofitar els embornals de carboni.

Mitigació del canvi climàtic – Els embornals de carboni

Segons l'IPCC, la mitigació fa referència als esforços per reduir o prevenir les emissions de GEH o fomentar l'absorció dels gasos ja emesos per limitar la magnitud de l'escalfament en un futur.

De totes les emissions de CO₂ que emetem amb les activitats humanes (actualment 41,6 Giga-tones de CO₂ equivalent), un 45% són absorbides de forma natural gràcies als embornals de carboni. Els embornals de carboni són compartiments que, de forma natural, absorbeixen el CO₂ i l'emmagatzemen durant desenes, centenars o fins i tot milers d'anys. Els principals embornals de la Terra són els boscos (absorbeixen el 29%), els oceans (absorbeixen el 22%) i l'atmosfera (absorbeix el 44%), i aquest és el responsable de l'efecte hivernacle (vegeu la Figura 4).

Aquestes emissions produeixen un balanç negatiu del 5%, és a dir, s'absorbeixen menys tones de les que s'emeten (1,9 GtCO₂/any), i s'acumulen a l'atmosfera i provoquen l'escalfament global.

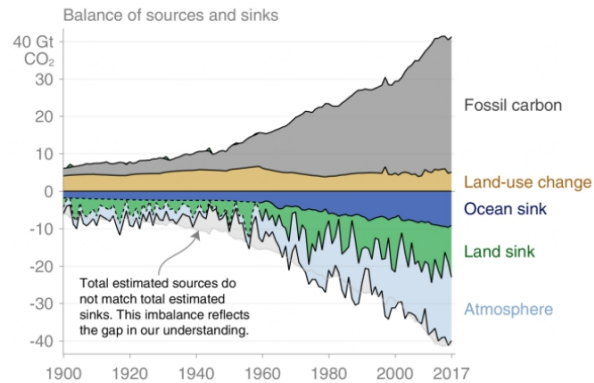


Figura 4. Balance de las emisiones emitidas y las emisiones absorbidas por acción de los sumideros de carbono.
Font: ICOS.

Els límits dels embornals de carboni

L'economia global ha crescut tant que en 30 anys hem assolit el doble d'emissions que es produïa a la dècada dels 1980, a causa principalment de l'ús de combustibles fòssils. D'altra banda, els oceans i boscos han hagut d'augmentar la seva absorció de CO₂ pel fet que el gradient de concentració és més gran.

Si els embornals no haguessin augmentat l'absorció, ens trobaríem sobre les 800 ppm de CO₂ a l'atmosfera, que suposaria un augment de 3°C de la temperatura. Per tant, els serveis ecosistèmics han permès que la Terra i els sistemes socioeconòmics no arribin al col·lapse i amb certa seguretat climàtica.

S'ha estudiat si la capacitat dels embornals d'absorbir el CO₂ es pot aturar a causa de la seva saturació. En el cas de la hidrosfera, podria ser per la manca de disponibilitat d'aigua i sequeres. En el cas de les plantes, es pot deure a la manca de nutrients per dur a terme correctament el creixement.

Els embornals absorbeixen cada cop més carboni, però la seva sensibilitat al CO₂ és cada cop menor, conduint a la seva capacitat d'absorció cap a la saturació.

Punts de no retorn (tipping points)

Els punts de no retorn són llindars crítics on un sistema que s'està desestabilitzant arriba a un punt de no retorn per petita que sigui la perturbació, alterant l'estat del sistema de manera no lineal, afectant i canviant radicalment el seu desenvolupament.

Això significa que un petit canvi, com l'increment de temperatures o l'escalfament acumulat a causa de la concentració creixent de CO₂, pot reorganitzar el sistema climàtic general, afeblint la resiliència del sistema i produint un canvi d'estat irreversible i estable (vegeu la Figura 5).

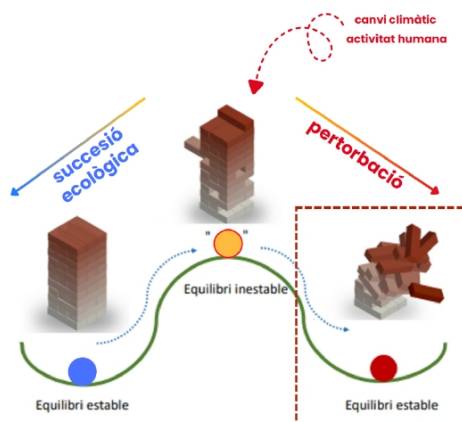


Figura 5. Representació esquemàtica dels conceptes d'equilibri estable i inestable.

No sabem si passarem un llindar planetari on s'activaran una sèrie de mecanismes que canviaran el clima de la Terra fins a una nova situació. Sí que sabem que, passant l'increment de la mitjana global a 1,5°C, es pot desencadenar el que es coneix com una cascada de tipping points, és a dir, activació d'un o diversos tipping points a causa del canvi puntual d'una zona a causa de l'escalfament global.

Guia docent: Taller 2

Taller 2

Acidificació, serveis ecosistèmics i pèrdua de biodiversitat

L'**acidificació dels oceans** és el procés pel qual l'aigua marina es torna més àcida a causa de l'absorció de **diòxid de carboni** (CO_2) de l'atmosfera. Quan aquest CO_2 es dissol en l'aigua del mar, reacciona amb ella formant **àcid carbònic** (H_2CO_3), que es descompon en **ions d'hidrogen** (H^+) i **ions bicarbonat** (HCO_3^-). L'augment dels ions d'hidrogen provoca una **disminució del pH** de l'aigua, fent-la més àcida.

Aquest fenomen està estretament vinculat al **canvi climàtic**, ja que ambdues problemàtiques tenen com a causa principal l'augment d'emissions de CO_2 provocades per activitats humanes com la crema de combustibles fòssils, la indústria, el transport i la desforestació.

L'acidificació té **greus conseqüències per als ecosistemes marins**. Molts organismes, com els **coralls**, els **mol·luscs** (cloïsses, musclos, ostres) i una part del **plàncton calcari**, necessiten **carbonat de calci** (CaCO_3) per formar closques i esquelets. A mesura que l'aigua es fa més àcida, disminueix la concentració de **ions carbonat** (CO_3^{2-}), dificultant la formació d'aquestes estructures i afeblint-ne els organismes. Això pot provocar una **alteració profunda de la cadena tròfica marina**, afectant des del plàncton fins als grans depredadors i, en conseqüència, la pesca i l'alimentació humana.

A més, l'acidificació pot **afectar el comportament i la fisiologia d'altres espècies**, alterar la biodiversitat i posar en risc la **resiliència dels ecosistemes marins** davant del canvi global.

En resum, l'acidificació és una **amença invisible però creixent** per a la salut dels oceans i per a les societats que en depenen. Per frenar-la, és essencial **reduir urgentment les emissions de CO_2** i protegir els embornals naturals de carboni com els boscos i els oceans.



Augment de les temperatures de les aigües i acidificació

Els mars i oceans tenen un risc major pel que fa a l'augment de temperatures que es pugui originar amb la Crisi Climàtica ja que en **93% de la radiació incident del Sol l'absorbeixen els oceans**. Això vol dir que la regulació tèrmica del planeta és majoritàriament gràcies a les grans masses d'aigua.

A més a més, amb l'augment de temperatura, també hi ocorren fenòmens **d'acidificació**. L'acidificació oceànica i marina és un fenomen causat per l'excés de diòxid de carboni (CO_2) que els oceans absorbeixen de l'atmosfera degut a l'augment de CO_2 d'origen humà (antropogènic). De fet, els mars i oceans són un gran **embornal de carboni**: de tot el CO_2 que s'emet de forma natural i antropogènica, les masses d'aigua absorbeixen un **22% del total**.

Aquest procés altera el pH de l'aigua i posa en risc organismes d'arreu del món com coralls, mol·luscs o fins i tot fitoplàncton, doncs tots ells construeixen una closca fet de carbonat càlcic que es malmet amb aigües àcides i que són clau en les xarxes alimentàries marines.

En un futur, amb l'augment dels Gasos d'Efecte Hivernacle (GEH) i de la temperatura de les masses d'aigua, cada cop més espècies marines notaran els seus impactes, sobretot les espècies amb closques i valves, que estan formades de carbonat càlcic.

Tot i això, estem parlant d'una problemàtica que ja està tenint lloc. El Mediterrani és un **hotspot** per als impactes de la crisi climàtica, causant problemàtiques al mar, a la disponibilitat d'aigua dolça, a l'estructura dels biomes i a la biodiversitat autòctona. La Tª mitjana del mar ja **ha augmentat 1,5°C** des dels períodes preindustrials i es preveu que podria augmentar 2,2°C pel 2040 amb previsions d'augment fins a 3,8°C al 2100 sense efectes de mitigació regional addicional.

A continuació es descriuran els impactes i amenaces que patirà o podria patir la regió mediterrània en els propers anys:

El Mar i espècies marines

- Una gran fracció de les poblacions que viuen properes al Mar Mediterrani estan molt a prop del nivell del mar, tenint en compte que per al 2100 es preveu que **el nivell del mar augmenti fins a 190cm**, aquestes poblacions corren un risc elevat.
- Al mar mediterrani, un **90% dels estocs de peix pateixen sobrepesca**
- Moltes **espècies marines patiran extincions massives** degut a l'augment de la temperatura i l'acidificació. Actualment, les comunitats de **gorgònies morades** ja estan tenint brots d'extinció molt elevades.
- El **Canal de Suez** ja fa anys que ha esdevingut un problema per a les **espècies invasores**, però amb l'augment de temperatures del mar cada cop més espècies arribaran al mediterrani per desplaçar o depredar les espècies autòctones.

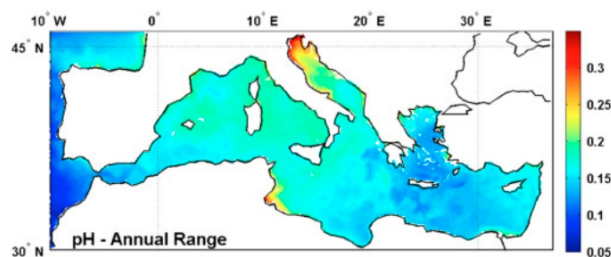


Figura 1. Augment de l'acidificació (reducció de pH). Les àrees més blaves mostren una acidificació menor i les vermelles una major. **Font:** Gazeau, F., Gattuso, J.-P., Greaves, M., Elderfield, H., Peene, J., Heip, C. H. R., Middelburg, J. J., & Orr, J. C. (2014). Impacts of ocean acidification in a warming Mediterranean Sea: An overview. *Regional Studies in Marine Science*, 1, 1–11.

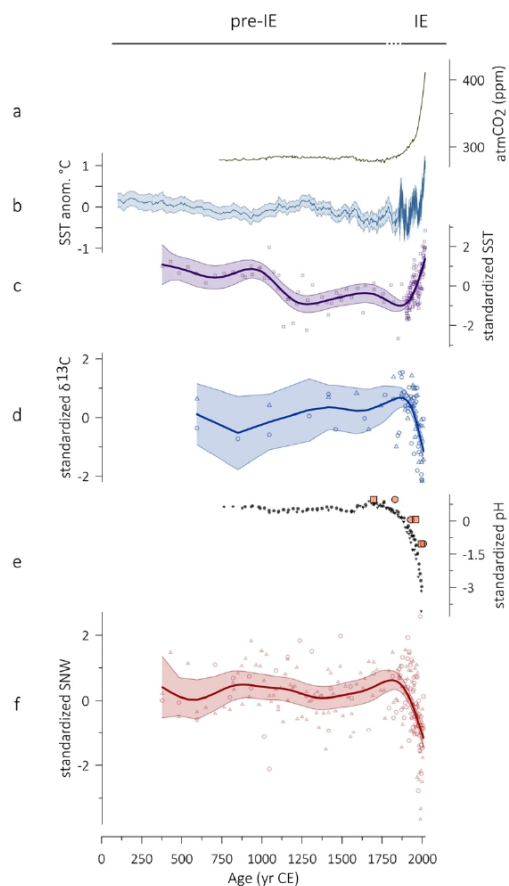


Figura 2. **A.** Concentracions de CO₂ atmosfèriques. **B.** Anomalies de la temperatura superficial del mar Mediterrani (SST) (línia blava) amb ombrejat blau clar que indica l'interval de confiança del 68%. **C.** Ajust del model additiu generalitzat (GAM) (línia lila) de dades de SST estandarditzades (quadrats oberts liles) incloent-hi SST derivat d'alcaquenona (compost del fitoplàncton) i la mitjana calculada a partir de HadISST per a cada ubicació. **D.** Ajust del GAM (línia blau fosc) als resultats δ¹³C estandarditzats. **E.** Valors de pH estandarditzats (símbols negres) estimats mitjançant CO₂SYS per al mar d'Alboran (diamants), el mar Balear (cercles complets) i l'estret de Sicília (triangles). **Font:** Hainbucher, D., Schroeder, K., & Rubino, A. (2023). Long-term trends and variability of the Mediterranean Sea circulation. *Nature Communications Earth & Environment*, 4, 292.

Serveis ecosistèmics

Des del punt de vista dels beneficis per a la població humana del país, els ecosistemes marins proveeixen una sèrie de serveis que cal tenir molt en compte a l'hora d'anticipar les conseqüències del canvi climàtic. El mar contribueix a regular el clima i la disponibilitat d'aigua dolça, i els ecosistemes litorals protegeixen la línia de costa. També proveeix d'aliment, aigua per a beure i fonts d'energia, i representa una via de transport per a persones i mercaderies. És, a més, el gran abocador, reciclador i diluïdor de molts dels nostres residus. Dels organismes marins s'extreuen substàncies d'interès farmacèutic. A més, el mar és un marc cultural

irrenunciable i font d'esbargiment i de negoci. Tots aquests serveis s'anomenen genèricament serveis ecosistèmics o serveis ambientals (MEA, 2005). Tenir i mantenir uns ecosistemes marins saludables té, doncs, una importància enorme per al benestar de la població. Entendre'n la variabilitat al llarg del temps i la influència de les activitats humanes i el canvi climàtic és essencial per planificar-ne la gestió i predir l'evolució del país en les properes dècades.

La Mediterrània té una gran importància en la regulació del clima a Catalunya, especialment a la façana litoral, per mitjà dels intercanvis de calor i vapor d'aigua. El mar ajuda a regular els extrems de temperatura i alimenta bona part de la precipitació, que, al capdavant, determina la disponibilitat d'aigua de consum i de reg. A més llarg termini, el mar contribueix a regular el clima per mitjà dels intercanvis de CO₂ i d'altres substàncies d'impacte climàtic. La mar catalana actua com a embornal de l'increment de CO₂ atmosfèric, fins al punt d'haver retirat uns 12 Mg de carboni per hectàrea en els últims dos-cents cinquanta anys.

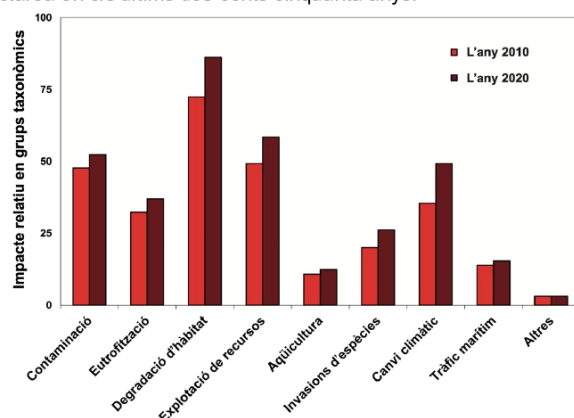


Figura X. Amenaces actuals i futures per a la biodiversitat de la Mediterrània per tretze grups taxonòmics a partir de l'opinió d'experts. S'ha tingut en compte la importància relativa de cada amenaça per a la biodiversitat del grup.
Font: Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible (CADS). (2016). Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya. Generalitat de Catalunya.

Els ecosistemes marins mediterranis, pelàgics i bentònics, proveeixen d'aliment per mitjà de la pesca. Els productes del mar són components essencials de l'anomenada dieta mediterrània, associada a la salut i la qualitat de vida. Diversos estudis mostren que les poblacions mediterrànies presenten freqüències més baixes d'afeccions cardiovasculars i càncers. També s'ha relacionat el consum de peix amb una disminució de la depressió en adults, una millora de la salut òssia i una reducció d'afeccions respiratòries en infants. No obstant això, el canvi climàtic actua sinèrgicament amb la sobrepesca, la pol·lució, els patògens i les toxines, i amenaça la disponibilitat i qualitat d'algunes espècies d'interès alimentari o de valor afegit (Lloret, 2010).

La vida vora el mar comporta beneficis psicològics, emocionals i culturals difícils de quantificar. L'esbargiment a la natura promou l'activitat física i millora la salut cardiovascular, redueix l'obesitat i el risc de càncer, disminueix l'estrès, millora l'estat d'ànim i ajuda a prevenir malalties mentals (Lloret, 2010). Per a molta població del nostre país, el mar és un marc cultural on s'inscriuen identitats, oficis, lligams històrics, valors estètics i fins i tot marques comercials. És font d'inspiració artística i educativa, tant en l'àmbit escolar com en el lleure. Tanmateix, aquests serveis culturals depenen de l'estat de l'ecosistema i de la seva percepció social. La degradació del litoral, la pèrdua de biodiversitat i l'augment de fenòmens extrems com tempestes o inundacions poden reduir el valor cultural del mar.

El mar i el litoral són també els actius principals d'un dels motors econòmics de Catalunya: el turisme. Prop de vint milions de turistes visiten anualment el país, la majoria atrets per les platges, que reben més de 250 milions de visites per motius d'esbarjo (Nunes et al., 2015). Els usuaris valoren principalment l'estat general de la platja, especialment la qualitat de l'aigua i la conservació dels hàbitats (Kontogianni i Emmanouilides, 2014). L'erosió de les platges, la degradació dels ecosistemes i l'augment d'espècies molestes com les meduses —tots ells agreujats pel canvi climàtic— afecten negativament aquest tipus de turisme.

Pèrdua de biodiversitat

La diversitat, riquesa i estabilitat dels ecosistemes

La riquesa d'un ecosistema en defineix la complexitat, que depèn de la seva biodiversitat i producció primària. Per exemple, un prat d'alta muntanya té una complexitat molt més petita que un bosc mediterrani, i aquest és més simple que la selva tropical, tot i que tots han assolit el seu clímax.

Alhora, al món hi ha una gran varietat d'ecosistemes terrestres i aquàtics. Aquesta diversitat és deguda a diferències climàtiques en relació amb l'altitud, la distància al mar i la distribució de les muntanyes, i també és un factor que en defineix la riquesa.

Així, doncs, els ecosistemes més rics i diversos són també els més estables davant de perturbacions, ja que els seus components han coevolucionat adaptats al seu entorn. Per exemple, en el cas de la Península Ibèrica, situada entre l'oceà Atlàntic i el mar Mediterrani, la proximitat a l'Àfrica i la seva geografia accidentada expliquen la gran riquesa d'ecosistemes que presenta.

El canvi climàtic i els ecosistemes

El canvi climàtic ha provocat canvis en els factors ambientals de molts ecosistemes, i ha produït de manera generalitzada un increment significatiu de les temperatures i un descens en els recursos hídrics de què disposen els éssers vius. En aquestes condicions, les espècies especialistes actuals seran substituïdes per altres que puguin resistir millor les noves condicions, en aquest cas, espècies generalistes o especialistes d'altres regions (espècies invasores).

La pèrdua de biodiversitat

Els ecosistemes poden perdre el seu equilibri per factors externs com plagues, incendis o desforestació, cosa que provoca una pèrdua de biodiversitat i en dificulta el funcionament. De manera natural, els ecosistemes tendeixen a recuperar el seu equilibri gràcies a la successió ecològica fins a arribar al clímax. Tot i això, si les alteracions persisteixen, l'ecosistema pot degradar-se significativament, fins i tot afectant el biòtop, atès que tots els elements estan interconnectats.

Encara que l'extinció és un procés natural, actualment passa a una velocitat 50 vegades superior a l'esperada, cosa que podria estar portant a la sisena extinció massiva. Les causes principals, totes relacionades amb l'activitat humana, són:

1. Destrucció i fragmentació d'hàbitats: limita la circulació d'espècies i actua com a barrera (Figura 10).
2. Sobreexplotació d'espècies: la caça abusiva continua extingint avui dia moltes espècies.
3. Contaminació: canvia les condicions ambientals, eliminant espècies sensibles i afavorint-ne d'altres més resistents.
4. Espècies exòtiques: introduir noves espècies pot provocar l'extinció de natives.
5. Canvi climàtic: altera els ecosistemes des d'un nivell profund, modificant els paràmetres del biòtop i la biocenosi.

La pèrdua de biodiversitat és una amenaça irreparable per als ecosistemes i la vida al planeta.

Guia docent: Taller 3

Taller 3 Efecte hivernacle, projeccions IPCC i mitigació

Els gasos i el fenomen de l'efecte d'hivernacle

Tots els gasos que componen l'atmosfera terrestre són en gran part transparents a la llum solar entrant. La llum solar escalfa les superfícies oceàniques i terrestres, i aquestes superfícies escalfades pel sol irradien calor de tornada a l'atmosfera en resposta. Els gasos més abundants a l'atmosfera, l'oxigen i el nitrogen, són transparents a aquesta calor sortint (radiació infraroja tèrmica, cosa que li permet viatjar lliurement a l'espai.

Però els gasos d'efecte hivernacle no són transparents a la calor. Absorbeixen contínuament energia calorífica i la irradien de tornada al seu entorn, inclosa la superfície terrestre. Fins i tot després que el Sol es pongui, les molècules de gasos d'efecte hivernacle continuen irradiant calor, com els maons d'una xemeneia irradien calor a una habitació fins i tot després que s'apagui un foc.

La capacitat dels gasos d'efecte hivernacle de llarga durada per absorbir i irradiar calor és el cor de l'efecte hivernacle natural de la Terra. Sense ells, la temperatura mitjana de la superfície terrestre seria inferior a zero en lloc d'uns 15 graus Celsius. Des de l'inici de la Revolució Industrial, les activitats humanes han anat afegint gasos que atrapen la calor a l'atmosfera. En afegir gasos d'efecte hivernacle addicionals, estem amplificant l'efecte hivernacle natural i provocant que la temperatura de la superfície terrestre augmenti.

Alguns gasos de l'atmosfera terrestre atrapen la calor i impedeixen que s'escapi a l'espai. A aquests els anomenem "gasos d'efecte d'hivernacle", i actuen com un cobertor d'escalfament al voltant de la Terra, conegut com "efecte d'hivernacle".

Els gasos d'efecte d'hivernacle provenen tant de fonts humanes com naturals. Gasos com el diòxid de carboni, el metà i l'òxid nitrós es troben de manera natural a l'atmosfera. Altres, com els clorofluorocarburs (CFC), només es produeixen per l'activitat humana. Tanmateix, des de la Revolució Industrial, hem anat afegint cada cop més gasos d'efecte hivernacle a l'aire, atrapant encara més calor. En lloc de mantenir la Terra a una temperatura càlida i estable, l'efecte d'hivernacle està escalfant el planeta a un ritme molt més ràpid i és la principal causa del canvi climàtic present.

Els humans produïm gasos d'efecte hivernacle de moltes maneres diferents:

Crema de combustibles fòssils: els combustibles fòssils com el petroli, el gas i el carbó contenen diòxid de carboni que ha estat "atrapat" a l'escorça de la Terra durant milers d'anys. Quan els traiem del subsòl i els cremem, alliberem a l'aire el diòxid de carboni emmagatzemat. La crema de carbó segueix sent la principal font d'emissions (un 40% del total), seguit del petroli (un 32%) i del gas (un 21%).

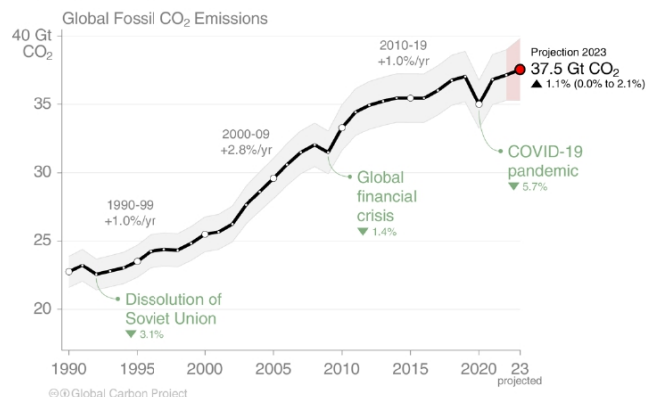


Figura 1. Evolució anual de les emissions globals de CO₂. Font: Global Carbon Project.

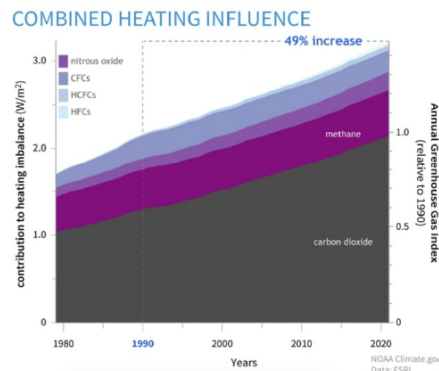


Figura 1. Influència de l'escalfament causada pels principals GEH produïts per l'home: diòxid de carboni (gris), metà (morat fosc), òxid nitrós (morat mitjà), clorofluorocarburs (CFC, lavanda), hidroclorofluorocarburs (HCFC, blau) i hidrofluorocarburs (HFC, blau clar). En relació amb les condicions del 1750, l'atmosfera actual absorbeix més de 3 watts addicionals d'energia per metre quadrat de superfície terrestre. Font: NOAA.

Efecte hivernacle natural

L'efecte hivernacle és un fenomen natural que té lloc a l'atmosfera. De la radiació solar que arriba a la Terra, una part és reflectida cap a l'espai pels núvols i la superfície terrestre i una altra arriba a la superfície. Aproximadament la meitat d'aquesta radiació és absorbida per la superfície terrestre, escalfant-la i mantenint les temperatures atmosfèriques estables i aptes per a la vida.

Aquesta absorció és deguda a una sèrie de gasos que existeixen de forma natural a l'atmosfera, majoritàriament CO₂, CH₄, N₂O i vapor d'aigua. Aquests gasos tenen un efecte hivernacle (GEI), és a dir, absorbeixen i tornen a emetre la radiació infraroja, impedit que part d'aquesta radiació escapi de la Terra. D'aquesta manera, contribueixen a fer que la temperatura mitjana de l'aire superficial del planeta sigui d'uns 15°C i, per tant, escalfen també les masses d'aigua. S'ha estimat que sense efecte d'aquests gasos la temperatura seria d'uns -18°C, és a dir, sense la presència dels GEH, la vida no seria possible tal com la coneixem actualment.

Finalment, una part de la radiació que arriba a l'escorça terrestre en forma d'ones de radiació infraroja (ones curtes) és una altra vegada remesa cap a l'espai en forma d'ones llargues per acció de la superfície de les masses continentals i oceàniques. L'altra part és retinguda una vegada més pels gasos d'efecte hivernacle, que la tornen de nou cap a la superfície terrestre, cosa que l'escalfa encara més.

Efecte hivernacle amb atmosfera modificada

L'acció humana és responsable de l'emissió de GEH de manera descontrolada, causant la seva acumulació anormal a l'atmosfera i, com a conseqüència, un escalfament global. Els gasos responsables d'aquest augment de temperatures (retenció de radiació infraroja) són: el CO₂, l'ozó antropogènic (O₃) i els halocarbons. L'emissió d'aquests gasos es produeix a un ritme més alt del que la Terra pot absorbir de forma natural, augmentant-ne la concentració a l'atmosfera (Figura 1).

Des del 1850 s'ha registrat un augment accelerat de temperatura de més d'un grau centígrad de mitjana. Aquest augment és global i concorda amb l'increment de les emissions de CO₂ produït per la utilització creixent de combustibles fòssils i la seva combustió: carbó, petroli i gas natural. No s'han detectat altres causes, com ara un increment de l'activitat solar, el vulcanisme, la modificació de la inclinació de l'eix terrestre, etc., que puguin justificar aquest escalfament.

L'activitat industrial, la crema de combustibles fòssils, l'activitat agrícola i ramadera intensives, el canvi d'ús dels sòls, la desforestació, el desbrossament per l'agricultura i la degradació dels sòls, la mala gestió de residus, l'ús d'energia i la crema de biomassa, l'ús de fertilitzants, etc., són les principals activitats humanes responsables dels GEH.

El canvi climàtic

Un canvi climàtic implica alteracions prolongades (dècades o més) al clima, identificables per canvis en la mitjana o la variabilitat de les seves propietats, i causades per factors naturals o activitats humanes. Tot i això, el canvi actual és únic per la seva rapidesa, dificultant l'adaptació d'ecosistemes i societats, i pel seu origen antropogènic, vinculat a l'escalfament global.

Proves com registres geològics, estudis paleobotànics (estudi de restes vegetals que van viure en el passat) i dendroecològics (estudis ecològics de la informació climàtica emmagatzemada als anells de creixement dels arbres) confirmen variacions climàtiques històriques per causes naturals.

Investigacions de l'IPCC condueixen amb més del 95% de certesa que les activitats humanes des dels períodes preindustrials (fa més de 200 anys), i especialment en els darrers 40 anys, són responsables de l'escalfament global. De fet, en els darrers 20 anys, la temperatura mitjana anual ha augmentat gairebé sense excepcions. Des del 1870, les emissions acumulades equivalen a haver consumit una biosfera sencera.

L'IPCC

El 1988, l'ONU va crear l'IPCC (Grup Intergovernamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic) per avaluar periòdicament el canvi climàtic, les causes, els impactes i les estratègies de resposta. Aquest grup, format per científics de tot el món per assegurar l'objectivitat de les investigacions, treballen voluntàriament per elaborar, revisar i enviar els seus informes als governs internacionals.

El 2022, l'IPCC va publicar el seu sisè informe, confirmant que el canvi climàtic actual és causat per activitats humanes i que no es pot revertir a curt termini. Les seves propostes principals inclouen:

- Mitigació del canvi climàtic: reduir l'escalfament global i revertir-lo a llarg termini.
- Resiliència de la mitigació del canvi climàtic de les societats humanes: adaptar les societats als impactes del canvi climàtic, considerant la vulnerabilitat de cada regió perquè tornin al seu equilibri anterior a la crisi.

S'adverteix que superar un escalfament de 1,5 °C de mitjana respecte als nivells preindustrials causaria greus conseqüències irreversibles. Tot i que els governs dissenyen plans d'acció, l'informe destaca la importància de les accions individuals (mobilitat, consum i alimentació) per millorar la situació de forma immediata.

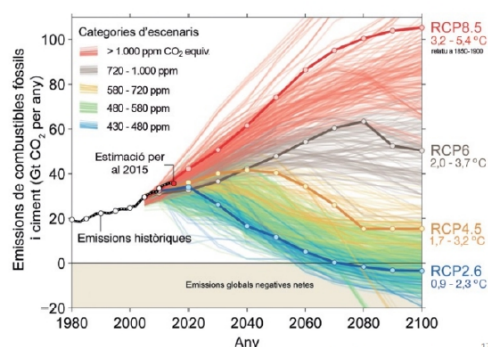


Figura 1. Projeccions sobre l'escalfament global fins el 2100, presentades en el VI informe de l'IPCC. Font: IPCC.

A la Figura 1 es representen escenaris des dels més pessimistes (consum creixent) fins als més optimistes (decreixement). Amb la tendència actual, es preveu un escalfament global de 3 °C entre 2080 i 2100.

L'augment de temperatura està directament relacionat amb la concentració de CO₂ a l'atmosfera (en ppm). Superar les 419 ppm va marcar el llindar d'emergència climàtica el 2021. el primer any que es va superar l'increment d'1,5°C tots els mesos, sent el més càlid fins ara.

9.4. Annex 4: Bibliografia dels materials de l'Estudi de Cas

FASE 1

- AntarcticGlaciers.org. (n.d.). Ocean Circulation. <https://www.antarcticglaciers.org/glaciers-and-climate/ocean-circulation/>
- BBC News Mundo. (2019, 2 d'abril). *Qué es la "amplificación ártica" y cómo explica por qué la región se está calentando más rápido que el resto del planeta*. BBC. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-47787501>
- Esri. (n.d.). Sea Level Rise Viewer. ArcGIS StoryMaps. <https://storymaps.arcgis.com/stories/9aa262139ba34dd78315389159c22a4d>
- Liu, W., Xie, S.-P., & Lu, J. (2023). Accelerated global mean sea-level rise in the early 21st century. *Nature Communications*, 14, 1234. <https://www.nature.com/articles/s43247-023-00947-7>
- NASA Goddard Institute for Space Studies. (2025). *GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP)*, version 4. NASA. <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/>
- NASA Goddard Institute for Space Studies. (2025). *GISTEMP Global Maps*. NASA. <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/maps/>
- NASA Goddard Institute for Space Studies. (2025). *GISTEMP Graphs v4*. NASA. https://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v4/
- NASA Goddard Institute for Space Studies. (n.d.). *Climate Change in the Classroom: Node 24*. NASA. <https://www.giss.nasa.gov/edu/icp/education/ccic/nodes/node24.html>
- NASA. (2025). *Ocean Warming: Vital Signs of the Planet*. NASA Climate Change. <https://climate.nasa.gov/vital-signs/ocean-warming/>
- NASA Goddard Institute for Space Studies. (n.d.). *O-18 Data Difference Map*. https://data.giss.nasa.gov/o18data/difference_144.gif
- NASA Langley Research Center. (n.d.). *CERES Image Gallery*. <https://ceres.larc.nasa.gov/resources/images/>
- NASA Langley Research Center. (n.d.). *Ocean Circulation Patterns*. My NASA Data. <https://mynasadata.larc.nasa.gov/basic-page/ocean-circulation-patterns>
- NASA Langley Research Center. (n.d.). *What is Albedo?*. My NASA Data. <https://mynasadata.larc.nasa.gov/mini-lessonactivity/what-albedo>
- NASA Langley Research Center. (n.d.). *Changing Albedo Lab*. My NASA Data. <https://mynasadata.larc.nasa.gov/lesson-plans/changing-albedo-lab>
- NASA Scientific Visualization Studio. (2021). *Sea Surface Temperature Anomaly Animation*. <https://svs.gsfc.nasa.gov/5517/>
- NASA Scientific Visualization Studio. (n.d.). *Sea Surface Temperature, Salinity and Density*. NASA. <https://svs.gsfc.nasa.gov/3652>
- National Snow and Ice Data Center. (2025). *Sea Ice Today*. <https://nsidc.org/sea-ice-today>
- National Snow and Ice Data Center. (2025). *Studying Sea Ice*. <https://nsidc.org/sea-ice-today/studying-sea-ice>
- National Snow and Ice Data Center. (2025). *About the Data: Sea Ice Today*. <https://nsidc.org/sea-ice-today/about-data>

NOAA Climate.gov. (n.d.). *Climate Change: Ocean Heat Content*. NOAA. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-ocean-heat-content>

NOAA Climate.gov. (n.d.). *Climate Change: Global Sea Level*. NOAA. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-sea-level>

NOAA Climate.gov. (n.d.). *Climate Change: Incoming Sunlight*. NOAA. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-incoming-sunlight>

NOAA National Centers for Environmental Information. (n.d.). *Climate at a Glance: Global Time Series*. <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/climate-at-a-glance/global/time-series/globe/tavg/ocean/12/12/1850-2025>

NOAA National Centers for Environmental Information. (n.d.). *Dataset Landing Page: Global Ocean Temperature and Salinity Profiles*. <https://www.ncei.noaa.gov/access/metadata/landing-page/bin/iso?id=gov.noaa.nodc:0220059>

NOAA. (n.d.). *Investigating Sea Level: Teacher Resources*. Data in the Classroom. <https://datainthe classroom.noaa.gov/sea-level/investigating-sea-level-teachers>

NOAA. (n.d.). *Sea Level Rise Portfolio*. ArcGIS. <https://noaa.maps.arcgis.com/apps/instant/portfolio/index.html?appid=f30cbcc32cdb440486cec0350bbd6968>

NOAA Ocean Explorer. (2002). *Arctic Climate Events*. https://oceanexplorer.noaa.gov/explorations/02arctic/background/education/media/arctic_events.pdf

NOAA Climate.gov. (n.d.). *Climate Change: Arctic Sea Ice Summer Minimum*. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-arctic-sea-ice-summer-minimum>

NOAA Climate.gov. (n.d.). *Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide*. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>

NOAA Climate.gov. (n.d.). *Climate Change: Annual Greenhouse Gas Index*. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-annual-greenhouse-gas-index>

NOAA. (n.d.). *Layers of the Ocean*. JetStream Online School for Weather. <https://www.noaa.gov/jetstream/ocean/layers-of-oceannoaa.gov+2noaa.gov+2noaa.gov+2>

NOAA. (n.d.). *That Sinking Feeling*. <https://www.noaa.gov/ocean/ll-sink>

U.S. Global Change Research Program. (n.d.). *Sea Surface Temperatures*. GlobalChange.gov. <https://www.globalchange.gov/indicators/sea-surface-temperatures>

Alessi, E. i Di Carlo, G. (2018). *Una trampa de plástico: liberando de plástico el Mediterráneo*. Roma: WWF.

Ballent, A., Corcoran, P. L., Madden, O., Helm, P. A., & Longstaffe, F. J. (2019). River deltas as hotspots of microplastic accumulation: The case study of the Ebro River (NW Mediterranean). *Science of The Total Environment*, 687, 1186–1196.

Ballent, A., Pando, S., Purser, A., Juliano, M. F., & Thomsen, L. (2020). River deltas as hotspots of microplastic accumulation: The case study of the Ebro River (NW Mediterranean). *Science of The Total Environment*, 703, 134974. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134974>

Consell de Treball, Econòmic i Social de Catalunya. (2020). *Informe sobre la situació socioeconòmica i laboral de Catalunya 2019*. https://ctesc.gencat.cat/doc/doc_49138338_1.pdf

Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible. (2020). *Una mar de canvis: Informe sobre el canvi climàtic i el medi marí a Catalunya*. https://cads.gencat.cat/web/.content/Documents/Informes/2019/pdf_20191231_Informe_MAR_DE_CANVIS_20-01-2020-web.pdf

Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible (CADS). (2016). *Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. Generalitat de Catalunya.

Cózar, A., Martí, E., Duarte, C. M., García-de-Lomas, J., van Sebille, E., Ballatore, T. J., ... & Irigoien, X. (2017). The Arctic Ocean as a dead end for floating plastics in the North Atlantic branch of the Thermohaline Circulation. *Science Advances*, 3(4), e1600582. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1600582>

Cózar, A., Echevarría, F., González-Gordillo, J. I., Irigoien, X., Úbeda, B., Hernández-León, S., ... & Duarte, C. M. (2015). Plastic debris in the open ocean. *PLOS ONE*, 10(3), e0121762. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121762>

Crise, A., Kaberi, H., Ruiz, J. et al. (2015). A MSFD complementary approach for the assessment of pressures, knowledge and data gaps in Southern European Seas: The PERSEUS experience. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 95, núm. 1, p. 28-39. Essex: Elsevier.

Davidson, T. A., Jeppesen, E., Søndergaard, M., Lauridsen, T. L., & Landkildehus, F. (2017). Small birds, big effects: The little auk (*Alle alle*) transforms high Arctic ecosystems. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 284(1848), 20162572. <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.2572ResearchGate+3Royal Society Publishing+3Royal Society Publishing+3>

Equator Initiative. (2023). Inuit Circumpolar Council: Securing food sovereignty and protecting Pikialasorsuaq, the North Water Polynya. United Nations Development Programme (UNDP).

FAO. (2018). *Impacts of climate change on fisheries and aquaculture: Synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options (Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 627)*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Galimany, E., Marco-Herrero, E., Soto, S. et al. (2019). *Benthic marine litter in shallow fishing grounds in the NW Mediterranean Sea*. Waste management, vol. 95, p. 620-627. Essex: Elsevier.

Gazeau, F., Gattuso, J.-P., Greaves, M., Elderfield, H., Peene, J., Heip, C. H. R., Middelburg, J. J., & Orr, J. C. (2014). Impacts of ocean acidification in a warming Mediterranean Sea: An overview. *Regional Studies in Marine Science*, 1, 1–11.

Generalitat de Catalunya, Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural. (2022). *Projecte de decret pel qual es regula la inscripció de les embarcacions pesqueres*. https://agricultura.gencat.cat/web/shared/Transparencia/normativa-en-tramit/ACC/finalitzats/decrets/projecte-embarcacions-pesqueres/04-sollicitud-dictamens/DIC_13710.pdf

Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), e1700782. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>

Gómez-Gras, D., Linares, C., Dornelas, M. et al. (2021). Climate change transforms the functional identity of Mediterranean coralligenous assemblages. *Ecology letters*. Oxford: Wiley.

Greenpeace (2020). *Un Mediterráneo llengo de plástico*. Madrid: Greenpeace España.

Guerrera, M. C., Aragona, M., Fazio, F., Laurà, R., Levanti, M., Montalbano, G., Germanà, A., Abbate, F., & Germanà, G. (2020). *Micro and nano plastics distribution in fish as model organisms: Histopathological effects on gills and liver*. *Science of The Total Environment*, 703, 134947.

Hamilton, L. A., Feit, E., Muffet, C. et al. (2019). *Plastic and Climate: The Hidden Costs of a Plastic Planet*. Washington DC: Center for International Environmental Law (CIEL).

Harper, S. L., Edge, V. L., Schuster-Wallace, C. J., Berke, O., & McEwen, S. A. (2011). Weather, water quality and infectious gastrointestinal illness in two Inuit communities in Nunatsiavut, Canada: Potential implications for climate change. *EcoHealth*, 8(1), 93–108. <https://doi.org/10.1007/s10393-011-0690-1>

Inuit Circumpolar Council. (2023). *Case Study: Inuit Circumpolar Council*. Equator Initiative. <https://www.equatorinitiative.org/wp-content/uploads/2023/08/ICC-Case-Study-En-r4.pdf>

Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., ... & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768–771. <https://doi.org/10.1126/science.1260352>

Jungsberg, L. (2023, November 15). Blending tradition with innovation in Greenlandic hunting practices. *Nordregio*. <https://nordregio.org/blog/blending-tradition-with-innovation-in-greenlandic-hunting-practices/>

Lebreton, L., Slat, B., Ferrari, F., Sainte-Rose, B., Aitken, J., Marthouse, R., ... & Reisser, J. (2018). Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic. *Scientific Reports*, 8(1), 4666. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22939-w>

Lloret, J.; Sabatés, A.; Munoz, M. [et al.] (2015). *How a multidisciplinary approach involving ethnoecology, biology and fisheries can help explain the spatio-temporal changes in marine fish abundance resulting from climate change*. *Global Ecology and Biogeography*, 24, p. 448-461.

Marbà, N.; Díaz-Almela, E.; Duarte, C. M. (2014). *Mediterranean seagrass (Posidonia oceanica) loss between 1842 and 2009*. *Biological Conservation*, 176, p. 183-190.

Milligan, M. (2024, April 1). Greenland's Paradise Valley. *HeritageDaily*. <https://www.heritagedaily.com/2024/04/greenlands-paradise-valley/151279>

Naciones Unidas. (2009). El cambio climático en el Ártico: Una realidad para los esquimales. *UN Chronicle*. <https://www.un.org/es/chronicle/article/el-cambio-climatico-en-el-artico-una-realidad-para-los-esquimales>

National Geographic. (2012, May 4). Los inuit, testigos del cambio climático. *National Geographic España*. <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/los-inuit-testigos-del-cambio-climatico>

Prado, P.; Roque, A.; Ibáñez, I. [et al.] (2016). *Warming and acidification-mediated survival to bacterial infection determine mortality and size patterns of larval stages of Ostrea edulis*. *Marine Ecology Progress Series*, 545, p. 189-202.

R.C., A. (2023, 5 de desembre). *Cómo afecta el cambio climático a los inuit de Groenlandia*. *ECOticias*. <https://www.ecoticias.com/cambio-climatico/como-afecta-el-cambio-climatico-a-los-inuit-de-groenlandia>

Revoprosper. (n.d.). *Problemàtica de la pesca d'arrossegament a Catalunya*. <https://www.revoprosper.org/problematica-de-la-pesca-darrossegament-a-catalunya/>

Sabatés, A.; Martin, P.; Lloret, J. [et al.] (2006). *Sea warming and fish distribution: the case of the small pelagic fish, Sardinella aurita, in the western Mediterranean*. *Global Change Biology*, 12, p. 2209-2219.

United Nations Development Programme. (2025, March 21). Protectors of the icy oasis. *UNDP*. <https://www.undp.org/stories/protectors-icy-oasisUNDP>

Van Sebille, E., Wilcox, C., Lebreton, L., Maximenko, N., Hardesty, B. D., Van Franeker, J. A., ... & Law, K. L. (2015). A global inventory of small floating plastic debris. *Environmental Research Letters*, 10(12), 124006. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/12/124006>

Vargas-Yáñez, M.; García, M. J.; Salat, J. [et al.] (2008). «Warming trends and decadal variability in the Western Mediterranean shelf». *Global and Planetary Change*, 63, p. 177-184.

Vargas-Yáñez, M.; Salat, J.; Fernández de Puellas, L. [et al.] (2005). *Trends and time variability in the northern continental shelf of the western Mediterranean*. *Journal of Geophysical Research*, 110, C10019. DOI: 10.1029/2004JC002799.

Vergés, A.; Tomas, F.; Cebrián, E. [et al.] (2014). *Tropical rabbitfish and the deforestation of a warming temperate sea*. Journal of Ecology, 102, p. 1518-1527.

Villegas-Hernández, H.; Lloret, J.; Muñoz, M. (2015). *Reproduction, condition and abundance of the Mediterranean bluefish (Pomatomus saltatrix) in the context of sea warming*. Fisheries Oceanography, 24, p. 42-56.

Watt-Cloutier, S. (2020). The right to be cold: One woman's story of protecting her culture, the Arctic and the whole planet. *ScienceDirect*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S246831242030002X>

WWF. (2018). *Informe Mediterráneo: La trampa de plástico*. World Wildlife Fund.

9.5. Annex 5: Taula de Canvi Climàtic per l'activitat Llapis al Mig de Taula

Nom:
Taula de coneixements sobre canvi climàtic

ECOST.	PREGUNTES	RESPOSTES
ÀRTIC	1. Quin efecte tindria en el clima d'Europa l'aturament de l'AMOC? 2. Quina relació té la disminució de l'efecte albedo amb l'alentiment de l'AMOC?	
AMAZÒNIC	1. Per què l'Amazones és un dels embornals de carboni terrestres més importants? 2. Com afecten les desforestacions o els monocultius en la capacitat dels embornals?	
FORESTAL	1. Per què no s'escalfa tot el planeta de la mateixa forma? 2. Com afecten les sequeres i l'escalfament global als boscos madurs?	
LITORAL	1. Quina relació té l'acidificació de les aigües amb l'augment d'espècies invasores? 2. Poden els microplàstics afectar a la salut o economia humana?	
EDÀFIC	1. Hi ha regions més susceptibles que d'altres a patir desertificació? 2. Com afecta l'ús de fertilitzants i pesticides en l'equilibri de l'ecosistema?	

9.6. Annex 6: Materials sessió 7 (redacció l'informe de laboratori)

Bastida per la redacció de l'informe de laboratori

BASTIDA INVESTIGACIÓ

Pregunta investigable:

« Per què flotes més al mar que a la piscina? Flotaries de la mateixa forma en tots els mars? »

FASE 1: INTENTO ENTENDRE EL PROBLEMA

1. L'ANALITZO AMB EL QUE JA SÉ

1.1. Representar la situació problemàtica per comprendre-la

Explico a què fa referència el problema o situació problemàtica.

També, s'indiquen i s'expliquen els conceptes científics que cal tenir en compte per resoldre-ho, és a dir, allò que ja sé i allò que hauria de saber després de fer una recerca amb experiments o consulta de fonts bibliogràfiques.

EXEMPLE:

Volem saber quins són els factors que fan que un cos floti més al mar que a l'aigua dolça i si hi ha mars en què suris més que en d'altres.

Sabem que no es flota de la mateixa forma al riu o a la piscina que al mar, i que el que diferencia els uns dels altres és que una aigua és salada i l'altra dolça. Però encara no sabem per què hauries de flotar més en uns mars que en d'altres si només es deu a la salinitat.

1.2. Reformular el problema per treballar-lo millor (si escau)

Com que la situació problemàtica inicial és molt àmplia, reformulo la pregunta de recerca.

EXEMPLE:

"Cal determinar si la salinitat és l'únic factor que diferencia la flotació en diferents aigües i si és la mateixa quantitat de sal en totes".

2. PENSO I FORMULO LES MEVES HIPÒTESIS (ABANS DE BUSCAR CAP INFORMACIÓ)

Formulo possibles hipòtesis o explicacions al problema, que hauran de ser contrastades.

Com fer-ho?

Hipòtesi (Suposició teòrica):

L'aigua salada fa flotar més els cossos que en l'aigua dolça. Per tant, la sal deu fer que els cossos surin més a l'aigua salada que els cossos que suren en aigües dolces.

Deducció:

Tenint en compte la (Hipòtesi), **si...** (Acció), **aleshores podria ser que** (Resultat).

“si pensem que... llavors si... observarem que...”

EXEMPLE:

Tenint en compte que l'aigua salada fa que els cossos flotin més, **aleshores podria ser** que com més sal posi a l'aigua més flotin els cossos.

FASE 2: RESOLC LA SITUACIÓ PROBLEMA

3. PENSO I DISSENYO UN EXPERIMENT O ESTUDI BIBLIOGRÀFIC QUE EM PERMETRÀ COMPROVAR UNA DE LES MEVES HIPÒTESIS, PER AIXÍ ANAR RESOLVENT EL PROBLEMA QUE TINC (CADA HIPÒTESIS TINDRÀ EL SEU PROPI EXPERIMENT O ESTUDI BIBLIOGRÀFIC)

3.1. Trio i indico la hipòtesi que investigaré.

A continuació es realitza un disseny de recerca que permeti resoldre les tres hipòtesis.

3.2. Explico el meu experiment o pla de recerca bibliogràfica i tots els passos que seguiré, què mesuraré o quina informació que buscaré, amb quins aparells o en quines fonts d'informació, quin material necessito, com recolliré i presentar les dades (amb dibuixos, esquemes... si ho crec convenient), etc.

EXEMPLE:

El meu experiment consistirà en fer 5 mostres amb diferents concentracions de sal a l'aigua:

- M0: sense sal (aigua dolça).
- M1: 20% de sal.
- M2: 50% de sal.
- M3: 75% de sal.
- M5: 100% de sal.

Mesuraré on arriba l'aigua a la superfície del cos mesurat (un tupper de plàstic amb una mica d'aigua dins perquè s'enfonsi una mica) per a cada mostra i així sabré si sura més o menys en cada mostra i ho anotaré al meu informe.

Material: 5 vasos de precipitats, aigua, sal de cuinar, una cullera, un tupper de plàstic.

3.3. Explico si hi ha més maneres de resoldre'l i si s'assembla a altres problemes que he vist abans.

EXEMPLE:

Sí, podria haver plantejat un experiment amb d'altres materials per saber si el material del cos fa variar la flotabilitat del mateix. Podria haver usat aigua del mar directament en lloc de posar-hi jo la sal.

4. REALITZO L'EXPERIMENT O LA INVESTIGACIÓ BIBLIOGRÀFICA PER A LA HIPÒTESIS TRIADA

4.1. Desenvolupament de tots els passos de l'experiment o de la investigació bibliogràfica que he dissenyat i descriu tot el procés: observacions, mesures, dades o informació d'interès, gràfiques, taules, errors, coses que em van succeir durant la investigació, etc.

EXEMPLE:

Passes a seguir:

1. Posem la mateixa quantitat d'aigua a cada vas de precipitats (100 ml).
2. Posem la quantitat de sal corresponent a cada vas: 0gr, 20gr, 50gr, 75gr, 100gr.
3. Barregem amb la cullera fins que la sal s'hagi dissolt.
4. Posem l'objecte que ha de surar.
5. Anotem els resultats.

Observacions: arribats als 50 grams, el cos surava de la mateixa forma. Això es deu a que hem arribat al límit de saturació de l'aigua i a partir de la M3 és com si fos la mateixa mostra.

4.2. Aporto totes les dades obtingudes de l'experiment o de la investigació bibliogràfica.

En aquest apartat es podrien afegir les fotografies, gràfiques, taules o altres informacions, de premsa o bibliografia. S'hi afegirien totes les dades numèriques, percentuals, estadístiques, etc. dels que es pogués extreure informació especialment rellevant per a la resolució del problema.

EXEMPLE:

Resultats:

M1:

M2

...

FASE 3: ANALITZO TOT EL PROCÉS REALITZAT

5. ANALITZO LES DADES OBTINGUDES PER A AQUESTA HIPÒTESI I PROVO D'APORTAR UNA SOLUCIÓ A LA SITUACIÓ PROBLEMÀTICA

5.1. Comparo les dades obtingudes amb la hipòtesi escollida i explico si es compleix o no.

En aquest punt es pot analitzar tota la informació recopilada i presentada anteriorment per veure si hi ha contradiccions o coincidències importants.

EXEMPLE:

Hem observat que a l'aigua dolça el cos s'enfonsava molt més que en les aigües salades. A més, com més salda era l'aigua, més flotava.

5.2. Indico si els resultats són lògics i explico les meves conclusions sobre la solució del problema.

Els resultats obtinguts tenen sentit, tant per la fiabilitat de les fonts com per l'evidència de les causes.

EXEMPLE:

Finalment, podem afirmar que com més sal té l'aigua més flota un cos, ja que hem observat que en l'aigua dolça el cos s'enfonsava molt més que en les aigües salades. A més, com més salda era l'aigua, més flotava, fet que explica que hi hagi mars que es flota més que en d'altres, ja que aquests deuen ser més salats.

5.3. Obertura a un nou possible estudi

Proposem un nou estudi del cas a partir de mancances o limitacions que ens hem trobat al llarg de la nostra indagació.

EXEMPLE:

No sabem per què hi ha mars més salats que d'altres, però interpretant les nostres dades és la única explicació que podem donar. Per altra banda, també podríem fer un altre experiment en què canviem el material en lloc de la concentració de sal de l'aigua i comprovar si hi ha materials que floten més.

Plantilla Informe Laboratori

PLANTILLA INFORME

Pregunta investigable:

«

»

FASE 1: INTENTO ENTENDRE EL PROBLEMA

1. L'ANALITZO AMB EL QUE JA SÉ

1.1. Representar la situació problemàtica per comprendre-la

Explico a què fa referència el problema o situació problemàtica.

També, s'indiquen i s'expliquen els conceptes científics que cal tenir en compte per resoldre-ho, és a dir, allò que ja sé i allò que hauria de saber després de fer una recerca amb experiments o consulta de fonts bibliogràfiques.

1.2. Reformular el problema per treballar-lo millor (si escau)

Com que la situació problemàtica inicial és molt àmplia, reformulo la pregunta de recerca.

2. PENSO I FORMULO LES MEVES HIPÒTESIS (ABANS DE BUSCAR CAP INFORMACIÓ)

Formulo possibles hipòtesis o explicacions al problema, que hauran de ser contrastades.

Com fer-ho?

Hipòtesi (Suposició teòrica):

L'aigua salada fa flotar més els cossos que en l'aigua dolça. Per tant, la sal deu fer que els cossos surin més a l'aigua salada que els cossos que suren en aigües dolces.

Deducció:

Tenint en compte la (Hipòtesi), **si...** (Acció), **aleshores podria ser que** (Resultat).

“si pensem que... llavors si... observarem que...”

FASE 2: RESOLC LA SITUACIÓ PROBLEMA

3. PENSO I DISSENYO UN EXPERIMENT O ESTUDI BIBLIOGRÀFIC QUE EM PERMETRÀ COMPROVAR UNA DE LES MEVES HIPÒTESIS, PER AIXÍ ANAR RESOLENT EL PROBLEMA QUE TINC (CADA HIPÒTESIS TINDRÀ EL SEU PROPI EXPERIMENT O ESTUDI BIBLIOGRÀFIC)

3.1. Trio i indico la hipòtesi que investigaré.

A continuació es realitza un disseny de recerca que permeti resoldre les tres hipòtesis.

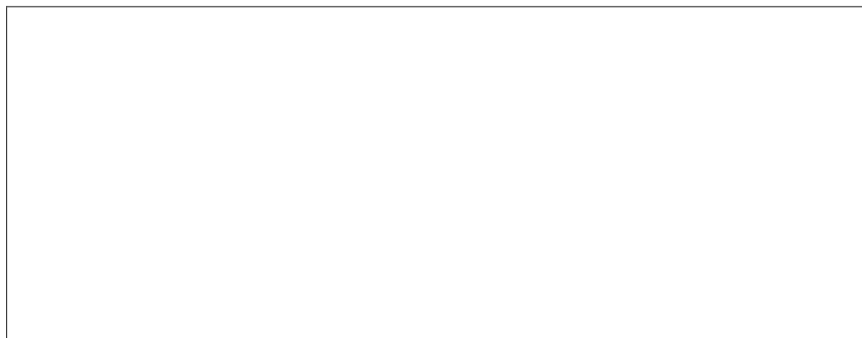
3.2. Explico el meu experiment o pla de recerca bibliogràfica i tots els passos que seguiré, què mesuraré o quina informació que buscaré, amb quins aparells o en quines fonts d'informació, quin material necessito, com recolliré i presentar les dades (amb dibuixos, esquemes... si ho crec convenient), etc.

- 3.3. Explico si hi ha més maneres de resoldre'l i si s'assembla a altres problemes que he vist abans.**



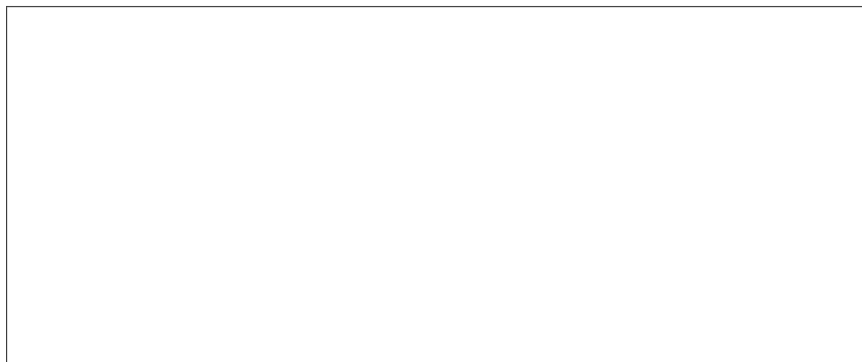
- 4. REALITZO L'EXPERIMENT O LA INVESTIGACIÓ BIBLIOGRÀFICA PER A LA HIPÒTESIS TRIADA**

- 4.1. Desenvolupament de tots els passos de l'experiment o de la investigació bibliogràfica que he dissenyat i descriu tot el procés: observacions, mesures, dades o informació d'interès, gràfiques, taules, errors, coses que em van succeir durant la investigació, etc.**



- 4.2. Aporto totes les dades obtingudes de l'experiment o de la investigació bibliogràfica.**

En aquest apartat es podrien afegir les fotografies, gràfiques, taules o altres informacions, de premsa o bibliografia. S'hi afegirien totes les dades numèriques, percentuals, estadístiques, etc. dels que es pogués extreure informació especialment rellevant per a la resolució del problema.



FASE 3: ANALITZO TOT EL PROCÉS REALITZAT

5. ANALITZO LES DADES OBTINGUDES PER A AQUESTA HIPÒTESI I PROVO D'APORTAR UNA SOLUCIÓ A LA SITUACIÓ PROBLEMÀTICA

5.1. Comparo les dades obtingudes amb la hipòtesi escollida i explico si es compleix o no.

En aquest punt es pot analitzar tota la informació recopilada i presentada anteriorment per veure si hi ha contradiccions o coincidències importants.

5.2. Indico si els resultats són lògics i explico les meves conclusions sobre la solució del problema.

Els resultats obtinguts tenen sentit, tant per la fiabilitat de les fonts com per l'evidència de les causes.

5.3. Obertura a un nou possible estudi

Proposem un nou estudi del cas a partir de mancances o limitacions que ens hem trobat al llarg de la nostra indagació.

9.7. Annex 7: Materials per la sessió 8 (redacció d'article científic)

Fitxa de Treball: Article

ARTICLE

1. Redacció de l'Article

En aquest pas, tu i el teus companys heu d'escriure un article científic sobre la vostra investigació i intentar que es publiqui. Per fer-ho, podeu utilitzar com a referència els documents que trobareu en els enllaços de sota.

Feu tot el possible. La qualitat del vostre treball en aquest pas determinarà la vostra capacitat per continuar la vostra investigació. Publicar és una cosa important, ja que és el paràmetre que s'utilitza per determinar la qualitat del vostre treball i la vostra capacitat per seguir endavant amb la vostra recerca.

- Plantilla per al vostre article: <https://app.box.com/s/y6cdza87o2iownxs4ag5>
- Llista de comprovació per avaluar automàticament la qualitat del vostre article: <https://app.box.com/s/u26osnc2uap6oj9xf24wyr9rnuyhe4si>
- Exemples d'articles similars: <https://issuu.com/jdomenechca/docs/revistadrugresearch2021>

Un cop comprovada la plantilla, discutiu amb tota la classe quin tipus de gràfics o continguts s'han d'adaptar a cada part de l'article. Després de la discussió, treballeu en equips per escriure els vostres articles. Serà més fàcil si comenceu a escriure la secció de Materials i Mètodes i la secció de Resultats. Deixeu que el títol i el resum siguin les últimes parts a escriure. Assegureu-vos que el vostre article resolgui les preguntes principals:

- Quina és la principal problemàtica ambiental?
- Quins impactes ecosocials se'n deriven?
- Quines solucions proposem?

Quan el vostre article estigui acabat, envieu-lo a una de les revistes proposades a la secció següent perquè es publiqui. Per fer-ho, heu de triar una de les següents revistes científiques (tingueu en compte que algunes revistes són més selectives i, per tant, publicar-hi us dona més oportunitats d'obtenir bones col·laboracions i suport financer).

Aquí teniu una bastida lingüística dels connectors gramaticals usats per a cada secció de l'article:

Introducció Està format/ada per... Se sap que... El nostre objectiu és... La nostra hipòtesi és...
Material i mètodes El procediment és divideix en diferents etapes... A la primera etapa s'ha... Posteriorment s'ha escalfat/submergit/cobert... Per calcular l'índex, s'ha... Els dades s'han representat de manera que...
Resultats Com veiem al gràfic/taula 1, es poden distingir... Comparativament, ...és més gran/intens/suau que... Hi ha/No hi ha...
Conclusions Si/quan... llavors/per tant... perquè... ja que... com que... això voldria dir que... donat que...

Figura 1. Connectors gramaticals usats com a suport per a l'escriptura d'articles científics.

2. Consells editorials

Distribuiu-vos en cinc consells editorials, un per a cada revista. Ara sou els revisors. Els revisors són científics experts amb qui les revistes contacten per avaluar si els articles s'accepten o no. Cada consell editorial utilitzarà la llista de comprovació per donar una puntuació als articles. Aquí teniu la llista de revistes i la puntuació mínima per ser acceptada a cada revista:

Revista	Nota mínima perquè l'article sigui publicat
<i>Archives of Cell Biology</i>	12
<i>Journal of the National Association of Cell Research</i>	16
<i>Trends in Cancer Research</i>	20
<i>Cancer Research Journal</i>	24
<i>Journal of Cell Research</i>	26

Com a consell editorial d'una revista, podeu:

- Acceptar l'article per a la seva publicació.
- Acceptar-lo amb petites modificacions (demanant que es corregeixin alguns aspectes).
- Rebutjar l'article, detallant quins aspectes de la llista de comprovació no són correctes. DONEU COMENTARIS AMABLES, CONCRETS I HONESTS! (Els autors utilitzaran els vostres consells per millorar i enviar l'article a una altra revista).

Plantilla Article (bastida)

Les aranyes es tornen sordes quan se'ls arrenquen les 8 potes

Domingo, J.¹, Vilar, F.²¹Institut d'Investigacions Científiques Marta Estrada ²Laboratori Tècnic INS Marta Estrada

RESUM

[illegible]

Paraules Clau: Mot 1, Mot 2, Mot 3, Mot 4, Mot 5

INTRODUCCIÓ

.....és.(definició)... Volem investigar sobre...Sobre aquest tema, es sap que (Fernández i López, 2011)...El nostre objectiu és saber/determinar si ... (objectiu)... La nostra hipòtesi és que si....., llavors.....

L'aigua és una substància química molt habitual al nostre planeta. És transparent, líquida a temperatura ambient, incolora i inodora. Cada molècula d'aigua està formada per dos àtoms d'hidrogen i un àtom d'oxigen.

La humitat és la quantitat d'aigua que conté un material. Segons la seva humitat, podem classificar els materials com a materials secs (que no contenen aigua) i materials xops (que en contenen molta)

Volem investigar sobre les propietats químiques de l'aigua. El nostre objectiu és saber si l'aigua és la responsable de que els objectes estiguin molls. La nostra hipòtesi és que si l'aigua toca un objecte, el molla.

MATERIAL I MÈTODES

El procediment per a fer l'experiment es divideix en diferents fases: En una Primera Fase de l'experiment hem...Posteriorment, en una Segona Fase, hem...En darrer lloc, la Tercera Fase ha consistit en...

Hem fet diversos tractaments, que descrivim a continuació... Tractament A : les mostres han estat escalfades/cobertes/submergides/ Tractament B: les mostres han estat escalfades/cobertes/submergides/...

Per a calcular l'índex, s'ha...

RESULTS

Tal com veiem en el gràfic 1 ... En la imatge 1 es poden distingir...Els resultats de

l'experiment, expressats a la taula 1 mostren que...tot i que... Comparativament/en comparació, *A* és més gran/més petit/més intens/més suau/...que *B*. Hi ha diferència/no hi ha diferència entre *A* i *B*, però sí entre *C* i *D*. *B* i *C* són de color...d'una mida aproximada de... En canvi, *D* és...

S'aconsegueix/no s'aconsegueix
veure/detectar...

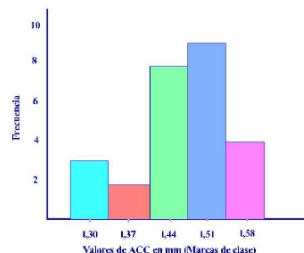


Figura 1.-Es mostren les proporcions relatives de...

Tal com veiem a la figura 1, els dos tractaments A i B donen nivells d'humitat molt similars entre si, i molt més grans que la resta. En canvi, el tractament C, comparativament té una humitat molt diferent dels altres dos. Els resultats de l'experiment mostren que no hi ha gaire diferència entre els tractaments D i E, tot i que a D sembla que hi ha una mica més d'humitat que a E.

CONCLUSIONS

Si/quan..., llavors/per tant...perquè/ja que... |
Com que...això significa que...donat que...

Els nostres resultats ens indiquen/demostren que la hipòtesi és certa/falsa, perquè... Els

nostres resultats no ens permeten determinar si la hipòtesi és certa/falsa, perquè...Els nostres resultats indiquen també que...perquè com que...llavors,...Com a futurs experiments caldria...es podria fer....

Si es posa un dit a l'aigua es mulla, per tant, l'aigua mulla, perquè sinò el dit sortiria sec. Com que el dit surt moll quan el posem a l'aigua, això significa que l'aigua mulla, donat que sinò el posem, no es mulla. Els nostres resultats indiquen que la hipòtesi és certa, ja que el dit s'ha mullat només quan l'hem posat en vasos en aigua. Aquests resultats estan d'acord amb el que altres autors han descrit sobre l'oïda de les aranyes (Auró *et al*, 2012). Com a futurs

experiments caldria veure si altres líquids (oli, vinagre, etc...) també poden mullar.

REFERÈNCIES

Fernández, J., López, A. (2011) Aranyes i potes, una relació controvertida. *Journal of Aracnide Research*, 21, 21-26

Auró, F., Casas, P., García, S. (2012) Avenços en l'oïda de les aranyes. *Archives of Otorrinolaryngology*, 45, 1456-1463

Font: Domènech-Casal, Jordi (2022). Dossier Drug Research [pdf]. Box:

<https://app.box.com/file/902144767442>

Rúbrica autoavaluació Article

Nom i cognoms:

Rúbrica Auto-avaluació Grupal de la redacció de l'article

Ítem	Què hem fet bé?	Criteri d'avaluació	Què necessitem millorar?
Títol de l'article		Afirmació clara amb lèxic específic i relació directa amb la hipòtesi.	
Introducció		Defineix bé els conceptes clau, explica la pregunta d'investigació i formula una hipòtesi coherent i justificada. Incorpora informació sobre el context ecològic i social de l'espècie o cas estudiat.	
Material i mètodes		Metodologia clara, justificació de fonts, ús adequat d'eines digitals, cites correctes	
Resultats		Resultats clars, relacionats amb l'objectiu, ben redactats i amb ús de gràfics o taules si cal. Expressa idees clau amb precisió, sintetitza sense perdre rigor.	
Conclusions		Expressa les seves conclusions derivades dels resultats de manera clara i senzilla responnent als objectius plantejats.	
Referències		Fonts diverses, rellevants i citades correctament en format científic.	
Presentació		Ordre, llegibilitat, correcció ortogràfica, ús adequat de terminologia.	
Treball cooperatiu durant la recerca		Participa activament, escolta i coopera amb totes les companyes, contribueix al bon clima de treball i resol conflictes de forma autònoma.	

9.8. Annex 8: Materials de la sessió 10

Prova individual

PROVA INDIVIDUAL

El poble d'Emporverd davant del canvi climàtic

Emporverd és un poble fictici de l'Empordà, situat entre el mar i els boscos. Des de fa uns anys, la comunitat està notant canvis ambientals que afecten la vida quotidiana: la pesca, l'agricultura i el cultiu de vinyes centenàries, els incendis, la disponibilitat d'aigua o la biodiversitat. L'Ajuntament ha obert un espai de consulta ciutadana per recollir diagnòstics i propostes de futur.



A continuació, tria **un dels següents articles** i fes-ne una lectura atenta:

- Augmenta la presència d'un peix d'aigua càlida al cap de Creus:

https://www.nationalgeographic.com.es/mundo-anim/aumento-temperatura-mar-incrementa-presencia-peiz-colores-tipico-aguas-calidas-cabo-creus_25050

- Podria el canvi climàtic deixar a Espanya sense vi?

https://www.nationalgeographic.com.es/medio-ambiente/podria-cambio-climatico-dejar-espana-sin-vino_22198

- Espanya, el segon país amb més incendis forestals del Mediterrani:

<https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2019/07/espana-el-segundo-pais-con-mas-incendios-forestales-del-mediterraneo>

Instruccions addicionals:

Pots triar qualsevol dels articles següents, inclòs el del teu propi ecosistema (AQUA, TERRA o SYLVUS). PERÒ, Si escullis el cas que ja has treballat en grup, hauràs de respondre una pregunta addicional per demostrar que saps relacionar-lo amb un altre ecosistema treballat a l'aula.

Criteris de correcció (0–2 punts per pregunta)

P	0 punts	1 punt	2 punts
1	No respon / molt genèric	Resum superficial	Identifica bé la problemàtica
2	No ho relaciona	Esmenta factor però no explica impacte	Explicació clara i coherent
3	No connecta amb la societat	Relació parcial	Aplicació ben raonada
4	No proposa res	Mesura poc realista	Proposta concreta i viable
5	No hi ha esquema	Esquema poc clar	Esquema comprensible i vinculat

Respon les preguntes segons l'article escollit:

1. Resumeix breument la problemàtica que s'exposa a l'article. (2–3 línies)

2. Quin factor ambiental del canvi climàtic hi està implicat? Explica quin impacte provoca en l'ecosistema.

3. Com podria afectar això a la vida econòmica, cultural o social del poble d'Emporverd?

4. Proposa una mesura per adaptar-se o mitigar aquest problema des del poble.

5. Fes un esquema senzill que relacioni el factor climàtic, l'impacte ecològic i l'impacte social.

Pregunta addicional (només si escullis el teu cas):

6. Relaciona el problema exposat al teu article amb un altre ecosistema diferent del teu (com aquest impacte podria influir en un altre sistema natural). (3–4 línies)

Rúbrica coavaluació Article

CheckList (llista de comprovació) per a l'avaluació d'un article científic escolar

	UN PUNT PER A CADA APARTAT	Puntua	Comentaris
TÍTOL	Enuncia les conclusions		
	És una afirmació o negació, no una pregunta.		
	Fa servir lèxic específic		
INTRODUCCIÓ	Es defineixen els termes de lèxic de la situació d'interès		
	Explica quin és l'objectiu o pregunta a investigar		
	Incorpora algun gràfic o imatge per aclarir lèxic o objectius.		
	Explica i justifica la hipòtesi		
	El text és descriptiu i fa servir connectors com "està format per, són de diferents tipus..."		
MATERIAL I MÈTODES	Explica clarament els materials i estris, anomenant-los pel seu nom correcte		
	Fa servir magnituds i unitats correctes (grams, °C, ...)		
	Enumera i detalla els passos a seguir (<i>En primer lloc, a continuació,...</i>)		
	Usa els noms correctes dels processos: <i>detectar, observar, dissectionar, fixar...</i>		
	Fa servir termes com "mostra", "variable", "tractament", "control"		
	L'experiment proposat s'entén, es pot fer amb les instruccions proporcionades		
	L'experiment proposat es correspon a l'objectiu d'investigació de la introducció		
	Incorpora algun gràfic o imatge per aclarir materials o processos		
RESULTATS	El text és narratiu i en veu passiva . " <i>Les dues mostres han estat preparades</i> "		
	Es descriuen els resultats usant les magnituds i unitats (<i>100X augments, 20 grams</i>)		
	Els resultats es corresponen a l'experiment		
	Queda clar a quin tractament es correspon cada resultat		
	Incorpora gràfics, imatges o taules adequats per aclarir els resultats		
CONCLUSIONS	El text és descriptiu i comparatiu " <i>el color és groguenc, A és més gran que B</i> "		
	Les conclusions es basen en els resultats		
	Les conclusions responen la pregunta plantejada		
REFERÈNCIES	El text és argumentatiu , usa connectors com " <i>per tant, així doncs, en conseqüència,...</i> "		
	Es fan constar les adreces d'on s'han extret imatges		
PRESENTACIÓ	Es fan constar les fonts (llibres, revistes) i es citen adequadament		
	Es fa servir un sol tipus de lletra i està ordenat (marges, títols...)		
	S'ha revisat l'ortografia, les paraules en anglès estan en cursiva		
ACCEPTAR ACCEPTAR amb modificacions REBUTJAR			
Justificació de la Decisió i Consells de Millora			

Font: Domènech-Casal, Jordi (2022). Dossier Drug Research [pdf]. Box:

<https://app.box.com/file/902144767442>

9.10. Annex 9: Materials sessió 11

Relat ecotòpic

CREANT ECOTOPIES: Imaginar per transformar

Què és una ecotopia?

Una ecotopia és un relat ambientat en un futur desitjable, on la societat conviu de manera justa i harmònica amb la natura. El terme el va fer popular l'escriptor Ernest Callenbach amb la seva novel·la «Ecotopia» (1975). A diferència de les distòpies (com *1984* o *MadMax*), una ecotopia ens convida a imaginar un futur esperançador per inspirar la transformació del present.



Distòpia del món cinematogràfic *MadMax*

Després d'haver estudiat els impactes ecosocials del canvi climàtic i haver analitzat les causes, ara ens proposem travessar cap a l'altra banda: imaginar un futur habitable, just i bell.

Objectiu de l'activitat:

Crear un petit relat ecotòpic (300–500 paraules) que presenti un futur desitjable, basat en els aprenentatges sobre ecologia, canvi climàtic i justícia social. No es tracta d'una utopia perfecta, sinó d'un futur possible que es vol construir des del present.

Format del relat:

Podeu escriure el relat com vulgueu:

- Un fragment de diari personal
- Una carta des del futur
- Una escena quotidiana
- Una conversa entre dues persones
- Una crònica periodística, etc.

Incloeu al vostre relat:

- Una transformació ecosocial que **ja ha passat** (ex: restauració de boscos, energia descentralitzada, economia de les cures, etc.)
- Com és el dia a dia d'aquesta societat: alimentació, energia, transport, governança, relació amb la natura...
- Quins valors la sostenen i quina relació hi ha entre persones i ecosistemes.

Per inspirar-vos, podeu reflexionar amb preguntes com:

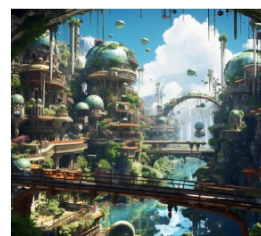
- Com és un dia qualsevol en aquest futur?
- Quines decisions vam haver de prendre per arribar-hi?
- Quines coses s'han deixat enrere? Quines s'han cuidat i recuperat?
- Quines formes de vida s'han reforçat i quines han canviat?

Resultat final:

Els relats es recolliran en el mural: «Arxiu d'Ecotopies» que es podrà llegir a l'aula i compartir amb la resta de grups.

Recordeu:

Imaginar un futur millor és un acte de rebel·lia, de cura i de valentia. Endavant!



[illegible]

KPSI final

KPSI final Canvi climàtic

26/5/25 10:45

KPSI final Canvi climàtic

Aquest KPSI et servirà per saber quins són els coneixements que has adquirit sobre el canvi climàtic en quin grau et són familiars.

** Indica que la pregunta es obligatoria*

1. Nom i Cognom *

2. 1. Sé què és el canvi climàtic i conec la seva causa principal. *

Marca solo un óvalo.

- ☐ No sé res
- ☐ En sé una mica
- ☐ Ho sé, però no ho sabria explicar
- ☐ Ho sé i ho sabria explicar a una companya

3. 2. Sé dibuixar el recorregut que fa el CO2 a la Terra (cicle del Carboni) i com l'activitat humana el modifica.

Marca solo un óvalo.

- ☐ No sé què és ni ho podria dibuixar
- ☐ Sé el que és però no ho podria dibuixar
- ☐ Sé el que és i ho podria dibuixar però no explicar
- ☐ Sé el que és i ho podria dibuixar i explicar

KPSI final Canvi climàtic

26/5/25 10:45

4. 3. Sé què és el clímax ecològic i com es pot desequilibrar degut al canvi climàtic: *

Marca solo un óvalo.

- ☐ No sé res
- ☐ En sé una mica
- ☐ Ho sé, però no ho sabria explicar
- ☐ Ho sé i ho sabria explicar a una companya

https://docs.google.com/forms/u/0/d/1Vy6s4W4niYMbRwPczdF5zYHsVXWZh4fX9_m0KDlvo4/printform

Pàgina 2 de de 6

5. **4. Sé què són els embornals o reservoris de carboni i quines funcions tenen en la mitigació del canvi climàtic.**

Marca solo un óvalo.

- ☐ No sé res
- ☐ En sé una mica
- ☐ Ho sé, però no ho sabria explicar
- ☐ Ho sé i ho sabria explicar a una companya

6. **5. Sé què és l'AMOC (circulació termohalina meridional atlàntica) i com es relaciona amb el desgel i altres conseqüències del canvi climàtic.**

Marca solo un óvalo.

- ☐ No sé res
- ☐ En sé una mica
- ☐ Ho sé, però no ho sabria explicar
- ☐ Ho sé i ho sabria explicar a una companya

7. **6. Conec els efectes que té el canvi climàtic sobre la biodiversitat del planeta. ***

Marca solo un óvalo.

- ☐ No sé res
- ☐ En sé una mica
- ☐ Ho sé, però no ho sabria explicar
- ☐ Ho sé i ho sabria explicar a una companya

8. **7. Sé què són les espècies invasores i quina relació tenen amb el canvi climàtic. ***

Marca solo un óvalo.

- ☐ No sé res
- ☐ En sé una mica
- ☐ Ho sé, però no ho sabria explicar
- ☐ Ho sé i ho sabria explicar a una companya

9. **8. Sé què són els microplàstics i per què suposen un risc per a la salut humana i de la natura i animals (*One Health*).**

Marca solo un óvalo.

- ☐ No sé res
- ☐ En sé una mica
- ☐ Ho sé, però no ho sabria explicar
- ☐ Ho sé i ho sabria explicar a una companya

10. **9. Sé què és l'ecofeminisme i el que proposa per transformar la societat (transició ecosocial)**

Marca solo un óvalo.

- ☐ No sé què és
- ☐ Em sona
- ☐ Ho sé, però no ho sabria explicar
- ☐ Ho sé i ho sabria explicar a una companya

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

9.11. Annex 10: Qüestionari inicial Canvi Climàtic

Qüestionari Canvi Climàtic	27/5/25 9:31
Qüestionari Canvi Climàtic Aquest qüestionari té l'objectiu d'aprofundir en altres aspectes que estan relacionats amb el canvi climàtic i la teva visió respecte a aquest. * Indica que la pregunta es obligatoria 1. El canvi climàtic afecta a tota la població per igual. Justifica o desmenteix l'afirmació. * 2. Creus que, a banda de desigualtats socials, el canvi climàtic també crea desigualtats de gènere? Per què sí, o per què no? 3. El sistema econòmic de les societats occidentals (el capitalisme) actua com a agent agreujant del canvi climàtic, sabries donar 3 raons del per què? 4. Quines accions podem fer com a societat per reduir el nostre impacte ambiental? I com a individu?	
https://docs.google.com/forms/u/0/d/1pxn1cm0Ajf_n_3szdl7g7g_a5K6lVvDSZfpQ6A0xc10o/printform Pàgina 1 de de 3	

Questionari Canvi Climàtic

27/5/25 9:31

5. 5. Estaries disposat/da a canviar els teus hàbits per reduir el teu impacte ambiental? Si ja has començat, què fas de diferent?

6. 6. Tens interessos i/o preocupacions en relació a l'estudi del canvi climàtic que em vulguis fer saber? (sequera, escalfament global, pèrdua de biodiversitat, impactes socioeconòmics etc.)

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios

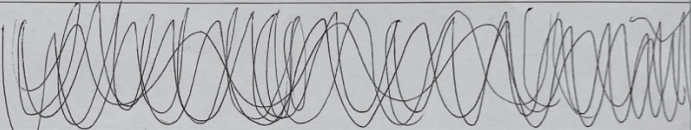
https://docs.google.com/forms/u/0/d/1pxn1cm0A/jfn_3szdl7g7g_a5K6lVvDSZfpQ6A0xcfo/printform

Pàgina 2 de de 3

9.12. Annex 11: Taula Canvi Climàtic

Exemple de Taules de dues alumnes

ECOST.		PREGUNTES	RESPOSTES
ARTIC	X	1. Quin efecte tindria en el clima d'Europa l'aturament de l'AMOC?	El clima d'Europa es veuria afectat, perquè hi hauria un <u>refredament</u> significatiu. Sense aquesta corrent, la calor es perdria, i el que portaria a un refredament.
	X	2. Quina relació té la disminució de l'efecte albedo amb l'alentiment de l'AMOC?	A mesura que pel canvi climàtic ^{inicialment} els pols es van desgelant, s'absorbeix més la radiació i provoca un efecte que els pols es desgelin. El degel està quan es desfa, l'aigua és més freda però <u>torna</u> més calenta, així fa que ja no s'enfonsa tant, i no que es quedi a la superfície.
AMAZÒNIC	X	1. Per què l'Amazones és un dels embornals de carboni terrestres més importants?	Perquè és un bloc amb una gran quantitat de carboni hi ha una gran quantitat de carboni a les espècies vegetals i a les boscos, i a més, s'absorbeix el CO ₂ a través de la fotosíntesi. Les desforestacions provoquen que les plantes no hagin de utilitzar al màxim l'emmagatzematge de carboni ja que no poden retenir tot el que les altres plantes fanen. → han contestat bé però amb conceptes que no hem vist a classe, no ho expliquen!
	N	2. Com afecten les desforestacions o els monocultius en la capacitat dels embornals?	Les zones menys càlides. Les plantes, com els animals, han de tenir les temperatures i aigua concretes per viure. En la sequera, les plantes, el bosc, estan en un "estres" constant perquè no tenen l'aigua ni temperatura per seguir sobreviure. El clima mediterrani ja té tendència a tenir sequeres, comencem a veure espècies vegetals, al bosc, i animals que s'augmenten d'altres espècies invasores.
FORESTAL	X	1. Per què no s'escalfa tot el planeta de la mateixa forma?	No s'escalfa de la mateixa forma perquè al planeta hi ha zones càlides per defecte i si es procura el <u>refredament</u> global els afecta menys que a altres zones. ^{hem vist a classe}
	X	2. Com afecten les sequeres i l'escalfament global als boscos madurs?	En la sequera, les plantes, el bosc, estan en un "estres" constant perquè no tenen l'aigua ni temperatura per seguir sobreviure. El clima mediterrani ja té tendència a tenir sequeres, comencem a veure espècies vegetals, al bosc, i animals que s'augmenten d'altres espècies invasores.
LITORAL	N	1. Quina relació té l'acidificació de les aigües amb l'augment d'espècies invasores?	Provoca una alteració al medi perquè el pH es baixa de l'aigua canvia. L'acidificació fa que quan el pH canvia és més fàcil ^{que} que els gasos es desolguen de l'aigua i a part d'aquí, les espècies invasores ^{augmenten} localment perquè tenen un espai en l'ecosistema. s'adapten més fàcilment a les condicions canviants.
	✓	2. Poden els microplàstics afectar a la salut o economia humana?	Si que poden afectar perquè al mar hi ha molts microplàstics i es fan molt difícils de veure, però a més, es veuen acumulant al medi i a part d'aquí, les espècies invasores ^{augmenten} localment perquè tenen un espai en l'ecosistema. s'adapten més fàcilment a les condicions canviants.
EDÀFIC		1. Hi ha regions més susceptibles que d'altres a patir desertificació?	Hi ha regions més susceptibles que d'altres a patir desertificació.
		2. Com afecta l'ús de fertilitzants i pesticides en l'equilibri de l'ecosistema?	Com afecta l'ús de fertilitzants i pesticides en l'equilibri de l'ecosistema?

ECOST.	PREGUNTES	RESPOSTES
ARTIC	1. Quin efecte tindria en el clima d'Europa l'aturament de l'AMOC? 2. Quina relació té la disminució de l'efecte albedo amb l'alentiment de l'AMOC?	La disminució de l'efecte albedo per la fusió dels gel a l'Àrtic provoca una major absorpció global, però augmenta l'albedo als oceans per la fusió de gel que augmenta l'intercanvi en la circulació de la salinitat de l'aigua. Aquesta alteració pot alentir l'AMOC, afectant la circulació oceànica i el clima global.
AMAZÒNIC	1. Per què l'Amazones és un dels embornals de carboni terrestres més importants? 2. Com afecten les desforestacions o els monocultius en la capacitat dels embornals?	
FORESTAL	1. Per què no s'escalfa tot el planeta de la mateixa forma? 2. Com afecten les sequeres i l'escalfament global als boscos madurs?	Perquè l'efecte hivernacle fa que els raigs de sol rebotin a la superfície de la terra de formes diferents fent que aquesta s'escalfi de formes diferents. Els boscos no s'escalfen de la mateixa forma per la radiació solar i les complexions climàtiques segons la zona on estan. No es poden crear ecosistemes en els boscos madurs perquè no hi ha espai per a més arbres.
LITORAL	1. Quina relació té l'acidificació de les aigües amb l'augment d'espècies invasores? 2. Poden els microplàstics afectar a la salut o economia humana?	L'acidificació de maris i oceans és el procés pel qual l'aigua marítima es torna més àcida a causa de l'absorció de diòxid de carboni. Augmenten les espècies invasores perquè s'acaba de moure de lloc, ja que, en el seu no hi poden viure a causa de l'acidificació. Els microplàstics afecten a la salut humana ja que, aquests es troben en els aliments i a l'aire que respirem.
EDÀFIC	1. Hi ha regions més susceptibles que d'altres a patir desertificació? 2. Com afecta l'ús de fertilitzants i pesticides en l'equilibri de l'ecosistema?	Sí, Àfrica, Nord Àmerica, alguns llocs d'Espanya, etc... són zones molt seques i fràgils per culpa de la contaminació i el canvi climàtic. L'ús de fertilitzants i pesticides alteren l'equilibri de l'ecosistema ja que alguns són químics que a la repartició de forma negativa. → com és a que per exemple a la contaminació i poten trencar cadenes alimentàries naturals.

Manca de coneixements mostrada en les Taules

MANCA DE CONEIXEMENTS TAULES CC

ÀRTIC:

- L'AMOC només és del Nord de l'Atlàntic, d'enlloc més!
- L'afebliment de l'AMOC provocaria refredament temperatures a Europa, per què?
- Què vol dir que l'AMOC s'està alentint?

AMAZÒNIC:

- Per què l'Amazones és un dels grans embornals terrestres? Quin és el més gran?
- "Xuclar" CO₂ queda entre nosaltres, la paraula correcta és retenir o capturar.
- La Maria ha comentat que l'efecte de la desforestació és que les plantes hauran d'absorbir més per "compensar" les plantes que han desaparegut → parlar de que els embornals han arribat al límit de saturació.
- Els embornals no es "fan" o es "realitzen", és com anomenem els humans als ecosistemes que, per la seva propietat, són capaços de capturar més CO₂ del que emeten, és a dir, és un efecte o capacitat.

FORESTAL:

- Relacionar que no tot el planeta s'escalfa igual amb l'albedo.

LITORAL:

- Per què augmenten les espècies invasores? Relacionar també amb l'augment de temperatures de l'aigua.
- No és que les espècies invasores marxin, sinó que en marxar i arribar a un nou lloc, poden convertir-se en invasores. Però també pot ser que no tinguin cap impacte negatiu a l'ecosistema nou, llavors en direm al·lòctones.
- Com poden afectar a l'economia els microplàstics?
- Relacionar microplàstics amb xarxa tròfica i cicles biogeoquímics.
- Parlar dels efectes de salut que causen els microplàstics.
- Els animals no són els únics que mengen microplàstics! Les plantes i nosaltres també n'agafem del medi, estan a l'aire també! Ampolles de plàstic, etc. No només productes bellesa!

EDÀFIC

- Relacionar fertilitzants amb cicles biogeoquímics i pesticides amb xarxa tròfica.

9.13. Annex 12: Diari d'Indagació fet per l'alumnat a la SA sobre Ecologia (primera part del binomi)

Membres del Grup:

Cas d'estudi: El ratpenat de ferradura petit i l'equilibri dels boscos de la Garrotxa

DIARI D'INDAGACIÓ

FASE 1: INTENTO ENTENDRE EL PROBLEMA

1. ANALITZO EL CAS AMB EL QUE JA SÉ (ABANS DE BUSCAR CAP INFORMACIÓ)

1.1. Representar la situació problemàtica per comprendre-la

Explico a què fa referència el problema o situació problemàtica.

També, s'indiquen i s'expliquen els conceptes científics que cal tenir en compte per resoldre-ho, és a dir, allò que ja sé i allò que hauria de saber després de fer una recerca amb experiments o consulta de fonts bibliogràfiques.

El ratpenat de ferradura petit és un insectívor nocturn que habita en les coves i els boscos madurs de la Garrotxa. El seu nínxol són els insectes, com ara els **mosquits, les papallones nocturnes i altres insectes voladors**. La seva presència és essencial, ja que ens indica la salut en general dels boscos. Degut **l'augment de temperatura, períodes de sequera i l'activitat humana**, la diversitat de les espècies que viuen a l'ecosistema s'està veient degradada, com per exemple l'alzina, una espècie que genera un ambient ric en insectes i amb espais tranquils per als ratpenats, així doncs, ambdós van relacionats, tenen una relació d'interdependència. La despoblació dels ratpenats, té un efecte significatiu amb la **propagació del mosquit tigre**, que aquest porta amb ell malalties com ara la malària, una malaltia en augment al sud d'Europa.

Hem d'estudiar l'equilibri ecològic dels boscos mediterranis i un estudi sobre la dispersió del mosquit tigre

1.2. Reformular el problema per treballar-lo millor

Si cal, com que la situació problemàtica inicial és molt àmplia, reformulo la pregunta de recerca.

És necessari establir quina funció ecològica té el ratpenat de ferradura petita en el seu ecosistema per veure les conseqüències que podria tenir la seva desaparició. A més a més d'investigar quines poden ser les causes de la seva reducció poblacional i establir protocols de gestió que es podrien aplicar per reduir la desaparició.

2. PENSO I FORMULO LES MEVES HIPÒTESIS (ABANS DE BUSCAR CAP INFORMACIÓ)

Formulo possibles hipòtesis o explicacions al problema, que hauran de ser contrastades.

Membres del Grup:

Cas d'estudi: El ratpenat de ferradura petit i l'equilibri dels boscos de la Garrotxa

"si pensem que... llavors si... observarem que..."

H1: És possible que les sequeres i, per tant, la desaparició d'insectes als boscos tingui un efecte devastador a la població de ratpenats de ferradura petita

H2: És possible que la desaparició del ratpenat causi l'augment dels casos de malària causats pel mosquit tigre.

FASE 2: RESOLC LA SITUACIÓ PROBLEMA

3. PENSO EL DISSENY METODOLÒGIC O ESTUDI BIBLIOGRÀFIC QUE EM PERMETRÀ COMPROVAR UNA DE LES MEVES HIPÒTESIS.

3.1. Trio i indico la hipòtesi que investigaré.

En cas de tenir més d'una hipòtesi, indico quina investigaré.

H2: És possible que la desaparició del ratpenat causi l'augment dels casos de malària causats pel mosquit tigre.

3.2. Explico el meu pla de recerca bibliogràfica i tots els passos que seguiré, quina informació buscaré, quines fonts d'informació i com presentaré les dades (amb dibuixos, esquemes... si ho crec convenient).

Explico el disseny de recerca que em permetrà resoldre la meva hipòtesi.

Membres del Grup:

Cas d'estudi: El ratpenat de ferradura petit i l'equilibri dels boscos de la Garrotxa

Desaparició de ratpenats de ferradura petita

- Fer recerca sobre els caràcters biològics
- Investigar sobre canvis significatius a les poblacions d'insectes presa
- Investigar canvis significatius als boscos on habiten els ratpenats de ferradura petita i les seves preses

Propagació de la malaltia

- Informar-nos sobre la relació del mosquit tigre amb la malària.
- Validar amb gràfics que hi ha hagut un augment de malària en poblacions que ha disminuït l'espècie del ratpenat de ferradura petit.
- Investigar si existeixen altres factors que puguin provocar l'augment del mosquit tigre i per tant, l'augment de la malària.
- Erradicació de la malaltia a Espanya

4. REALITZO LA INVESTIGACIÓ BIBLIOGRÀFICA PER A VALIDAR O REFUTAR LA HIPÒTESIS TRIADA

4.1. Desenvolupament de tots els passos de la investigació bibliogràfica que he dissenyat i descriu tot el procés: dades o informació d'interès, gràfiques, taules, errors, coses que em van succeint durant la investigació, etc.

Font del Govern Basc que ens dona informació sobre el ratpenat de ferradura petita.

<https://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/ac84aBuscadorWar/especies/10355>

Fundació general de CSIC (fiable) → Col·laboració amb el Govern d'Espanya.

<https://www.csic.es/es/actualidad-del-csic/un-estudio-analiza-la-distribucion-de-los-mosquitos-transmisores-de-la-malaria-en-espana>

Llobet, Toni. "Els ratpenats de Catalunya (BRAU Edicions, 2012)." → No molt fiable, però hem trobat la mateixa informació en les fonts anteriors, que sí que considerem fiables.

Membres del Grup:

Cas d'estudi: El ratpenat de ferradura petit i l'equilibri dels boscos de la Garrotxa

<https://www.ratpenats.org/es/especies/rhinolophus-hipposideros/#close>.

Hem de millorar pel que fa al nombre de fonts i la validesa de cada una (escollir articles científics...)

4.2. Aporto totes les dades obtingudes de la investigació bibliogràfica.

Membres del Grup:

Cas d'estudi: El ratpenat de ferradura petit i l'equilibri dels boscos de la Garrotxa

Així doncs, la seva presència indica que els boscos són ben estructurats i amb una alta biodiversitat, és a dir, que són boscos mediterranis **madurs**.

Aquests canvis afecten greument la disponibilitat d'aigua, la composició i estructura forestal, i les interaccions ecològiques entre espècies, provocant una **simplificació dels boscos**.

Aquesta simplificació es tradueix en una menor diversitat d'espècies vegetals i animals, i una alteració dels cicles ecològics que sostenen l'equilibri dels ecosistemes. Una espècie d'arbre que està notant molt aquests impactes és l'**alzina**

Els alzinars madurs tenen una estructura complexa (sotabosc, arbres vells amb forats, presència de clarianes...) que genera un ambient ric en insectes i amb espais tranquils perquè els ratpenats s'alimentin i trobin refugi.

...el ratpenat de ferradura petit és agent natural de control de la propagació del mosquit tigre (gènere Anopheles) que és vector de malalties com ara la malària, una malaltia que sembla que cada vegada més augmenta en casos al sud d'Europa.

DESCRIPCIÓ BIOLÒGICA

Es el rinolófido más pequeño de Europa, con una longitud cabeza-cuerpo de 36 a 45 mm, una envergadura alar de 192 a 252 mm y una cola entre 24 y 30 mm. El pelaje dorsal es de color marrón grisáceo, mucho más claro en la parte ventral. Los juveniles normalmente presentan una coloración más gris que los adultos, que tienden a ser más marrón. Las membranas alares son más oscuras que el pelaje. La hoja nasal es estrecha y se utiliza para diferenciarlo de sus congéneres. El antebrazo varía entre 32 y 42 mm. Esta especie es de las pocas que presenta dimorfismo entre machos y hembras, siendo los machos más grandes que las hembras. Los orejas, relativamente largas, pueden medir entre 14 y 19 mm. Pueden pesar entre 4 y 10 gramos. (Llobet)

Membres del Grup:

Cas d'estudi: El ratpenat de ferradura petit i l'equilibri dels boscos de la Garrotxa

FASE 3: ANALITZO TOT EL PROCÉS REALITZAT

5. ANALITZO LES DADES OBTINGUDES PER A AQUESTA HIPÒTESI I PROVO D'APORTAR UNA SOLUCIÓ A LA SITUACIÓ PROBLEMÀTICA

5.1. Comparo les dades obtingudes amb la hipòtesi escollida i explico si es compleix o no.

En aquest punt es pot analitzar tota la informació recopilada i presentada anteriorment per veure si hi ha contradiccions o coincidències importants.

El ratpenat de ferradura petit, s'alimenta de insectívors, insectes voladors, com ara mosquits, papallones nocturnes i etc... S'aparella durant la tardor i les cries neixen entre Juny i Juliol, és a dir a la primavera. Pesen entre 3,5g i 9 g, la seva cua medeix entre 24 i 30 mm, el seu avantbraç entre 36-38mm, és a dir, és molt petit. La seva esperança de vida és de 13 anys.

La seva presència és crucial ja que permet regular la densitat de les poblacions d'aquests insectes, assolint una diversitat estable, aquesta és la seva funció ecològica, que en els boscos de la garrotxa (entre altres boscos), es mantingui un nivell de diversitat d'espècies vegetals i animals estable, i que no hi hagin alteracions dels cicles ecològics.

La hipòtesi és certa ja que el ratpenat de ferradura petit, és un insectívor nocturn que s'alimenta d'insectes voladors, entre ells el mosquit tigre. La despoblació de l'espècie, va directament relacionada amb l'augment de la del mosquit ja que al no tenir un depredador definit, permet la seva propagació en l'ecosistema.

Membres del Grup:

Cas d'estudi: El ratpenat de ferradura petit i l'equilibri dels boscos de la Garrotxa

5.2. Indico si els resultats són lògics i explico les meves conclusions sobre la solució del problema formulat

Els resultats són lògics degut als caràcters biològics i funcions biològiques. Per tal d'evitar la propagació del mosquit tigre i per tant les malalties que comporta, s'hauria d'assegurar la seguretat de l'espècie. Sense ella poc a poc l'ecosistema s'anirà desequilibrant creant així greus d'anys tant al mateix ecosistema com a d'altres, i les seves conseqüències podrien ser molt greus tant per a la flora i fauna com per a nosaltres.

9.14. Annex 13: Bastides de suport al llarg del binomi d'SSAA

Bastida d'Indagació

BASTIDA INDAGACIÓ

Pregunta investigable:

«Imagina que ets responsable d'un espai natural i descobreixes que estan morint molts individus adults de la mateixa població d'Àguila Imperial Ibèrica (*Aquila adalberti*). Estudieu el motiu d'aquesta reducció poblacional. Quines implicacions pot tenir això i com podríem actuar?»

Context: L'àguila imperial ibèrica és una espècie endèmica de la península Ibèrica i un superdepredador clau en els ecosistemes mediterranis. Té un paper essencial en el control de les poblacions de preses com els conills i altres petits mamífers, cosa que contribueix a mantenir l'equilibri entre espècies i a evitar la propagació de malalties. A més, la seva presència és un indicador de la salut dels ecosistemes forestals i de matollar on habita.

Tanmateix, en les darreres dècades, l'àguila imperial ha patit una greu regressió degut a diversos factors indirectes, com la pèrdua i fragmentació del seu hàbitat, i factors directes de l'activitat humana, com ara col·lisions, enverinament o la disminució de la seva principal font d'aliment, el conill.

La seva desaparició podria tenir conseqüències ecològiques rellevants, provocant un desequilibri en les xarxes tròfiques afavorint el creixement descontrolat d'espècies presa, amb impactes en la vegetació i en altres espècies dependents d'aquests hàbitats.

FASE 1: INTENTO ENTENDRE EL PROBLEMA

1. L'ANALITZO AMB EL QUE JA SÉ (ABANS DE BUSCAR CAP INFORMACIÓ)

1.1. Representar la situació problemàtica per comprendre-la

Explico a què fa referència el problema o situació problemàtica.

EXEMPLE:

El problema tracta sobre un conjunt de morts de molts individus de la població d'Àguila Imperial Ibèrica dins d'un espai natural gestionat per l'ésser humà. Com que es desconeix la causa de la seva mort, cal investigar totes les possibles causes per tal d'establir actuacions que permetin evitar futures morts. A més, tenint en compte que es tracta d'una de les aus més amenaçades del planeta, la pèrdua de qualsevol individu incrementa la pressió sobre la població i redueix les possibilitats de recuperació.

La mort de diversos exemplars en un espai natural gestionat és indicativa d'un problema greu en l'equilibri del sistema, ja que els organismes vius mantenen complexes relacions entre si i amb el medi (alimentàries, reproductives, territorials, cooperatives...).

També, s'indiquen i s'expliquen els conceptes científics que cal tenir en compte per resoldre-ho, és a dir, allò que ja sé i allò que hauria de saber després de fer una recerca amb experiments o consulta de fonts bibliogràfiques.

1.2. Reformular el problema per treballar-lo millor (si escau)

Com que la situació problemàtica inicial és molt àmplia, reformulo la pregunta de recerca.

EXEMPLE:

"Cal determinar la causa de la mort dels individus d'Àguila Imperial Ibèrica dins de l'espai natural gestionat, per tal d'establir mesures que evitin noves morts i regenerin la població."

2. PENSO I FORMULO LES MEVES HIPÒTESIS (ABANS DE BUSCAR CAP INFORMACIÓ)

Formulo possibles hipòtesis o explicacions al problema, que hauran de ser contrastades.

Com fer-ho?

Hipòtesi (Suposició teòrica):

L'acidificació de l'aigua afecta als animals amb exoesquelet calcari com per exemple els eriqons de mar. L'aigua acidificada reacciona amb la closca i la deteriora.

Deducció:

Tenint en compte la (Hipòtesi), **si...** (Acció), **aleshores observaré que** (Resultat).

Exemple: Tenint en compte que l'aigua acidificada reacciona amb la closca i la deteriora, **si** poso una closca amb diferents concentracions d'àcid, **aleshores observaré** que com més àcida és l'aigua més es deteriora la closca.

"si pensem que... llavors si... observarem que..."

Si pensem que la mort per enverinament és una de les principals causes de mortalitat de l'àguila perdiguera en adults, si comprovem dades o informes sobre mortalitat

EXEMPLE:

H1: Si pensem que les malalties poden ser una causa de la mortalitat, si la causa és un paràsit o un virus propi de l'espècie, observarem que moren tots els individus sense importar l'edat.

H2: Tenint en compte que s'enverinen moltes espècies d'animal per reduir les seves poblacions com el cas del conill, si busquem informació sobre altres depredadors del conill, aleshores trobarem dades sobre enverinaments i morts d'altres espècies pel mateix producte en ingerir els conills enverinats.

H3: tenint en compte que els conills són la principal font d'aliment de les àguiles imperials, si la causa de mortalitat és la inanició per falta de preses, aleshores haurien

d'aparèixer pollets morts per manca d'aliment i reducció prèvia de la població de conills.

FASE 2: RESOLC LA SITUACIÓ PROBLEMA

3. PENSO I DISSENYO UN EXPERIMENT O ESTUDI BIBLIOGRÀFIC QUE EM PERMETRÀ COMPROVAR UNA DE LES MEVES HIPÒTESIS, PER AIXÍ ANAR RESOLENT EL PROBLEMA QUE TINC (CADA HIPÒTESIS TINDRÀ EL SEU PROPI EXPERIMENT O ESTUDI BIBLIOGRÀFIC)

3.1. Trio i indico la hipòtesi que investigaré.

A continuació es realitza un disseny de recerca que permeti resoldre les tres hipòtesis.

3.2. Explico el meu experiment o pla de recerca bibliogràfica i tots els passos que seguiré, què mesuraré o quina informació que buscaré, amb quins aparells o en quines fonts d'informació, quin material necessito, com recolliré i presentar les dades (amb dibuixos, esquemes... si ho crec convenient), etc.

EXEMPLE: cens de població

1. Buscar articles científics i informes sobre morts per tòxics en rapinyaires a Espanya.
2. Recollir dades de camps on s'han trobat individus morts d'àguila imperial.
3. Consultar fonts oficials (SEO/BirdLife, Grefa, Ministeri, etc.).
4. Comprovar les diferents patologies per malalties que pot tenir l'àguila imperial i comparar-ho amb les estadístiques de mort.
5. Analitzar dades sobre la seva alimentació i comprovar si poden contenir verí.
6. Estudiar l'estat de la xarxa tròfica de l'àguila imperial dels seus hàbitats per comprovar si tenen prou aliment per sobreviure.
7. Comparar amb casos similars en altres espècies (voltors, milans).

3.3. Explico si hi ha més maneres de resoldre'l i si s'assembla a altres problemes que he vist abans.

EXEMPLE:

Sí, si s'haguessin proposat altres restriccions, que probablement fossin més fàcils de resoldre per l'evidència de les ferides que presentessin els cadàvers dels individus trobats.

4. REALITZO L'EXPERIMENT O LA INVESTIGACIÓ BIBLIOGRÀFICA PER A LA HIPÒTESIS TRIADA

4.1. Desenvolupament de tots els passos de l'experiment o de la investigació bibliogràfica que he dissenyat i descriu tot el procés: observacions, mesures, dades o informació d'interès, gràfiques, taules, errors, coses que em van succeir durant la investigació, etc.

EXEMPLE:

Hem observat que la mort per electrocucions és una de les causes més freqüents i no l'havíem contemplat en les nostres hipòtesis. Tot i que la nostra investigació s'encaminarà per validar o refutar les hipòtesis establertes, no s'ignorarà aquest motiu de mortalitat en les conclusions.

Per comprovar la mortalitat dels adults degut a alguna malaltia o paràsit no hem trobat cap dada que ens permeti afirmar o desmentir la nostra creença tot i haver consultat en articles com [inserir referències] o llocs web oficials com [inserir referències].

Pel que fa a l'enverinament, hem basat la nostra recerca en aquestes dues fonts bibliogràfiques, les quals han estat validades amb la bastida de validació de fonts (Taula 1).

...

...

...

4.2. Aporto totes les dades obtingudes de l'experiment o de la investigació bibliogràfica.

En aquest apartat es podrien afegir les fotografies, gràfiques, taules o altres informacions, de premsa o bibliografia, d'individus d'aquesta espècie morts per les tres causes considerades com a hipòtesis (enverinament, malaltia i inanició). S'hi afegirien totes les dades numèriques, percentuals, estadístiques, etc. dels que es pogués extreure informació especialment rellevant per a la resolució del problema (nombre d'individus censats, principals preses que componen la seva dieta, nombre de morts per enverinament, malalties o inanició, etc.). La investigació a més ha d'haver determinat les cadenes o xarxes tròfiques de què forma part el Àguila Imperial Ibèrica per intentar predir les conseqüències que sobre el ecosistema poguessin generar-se.

EXEMPLE:

Resposta:

L'Estratègia per a la conservació de l'Àliga Imperial Ibèrica a Espanya ens aporta la important informació del cens poblacional actual al voltant de les 152 parelles, així com els principals motius de mortalitat no natural de aquesta au:

- Accidents per electrocució.
- Trets.
- Esquers i paranyes.
- Enverinaments: 69 casos de mort en els darrers 10 anys.

...

...

...

FASE 3: ANALITZO TOT EL PROCÉS REALITZAT

5. ANALITZO LES DADES OBTINGUDES PER A AQUESTA HIPÒTESI I PROVO D'APORTAR UNA SOLUCIÓ A LA SITUACIÓ PROBLEMÀTICA

5.1. Comparo les dades obtingudes amb la hipòtesi escollida i explico si es compleix o no.

En aquest punt es pot analitzar tota la informació recopilada i presentada anteriorment per veure si hi ha contradiccions o coincidències importants.

EXEMPLE:

Segons les dades disponibles, la causa principal de mort d'aquesta au en altres espais naturals és l'electrocució en torres elèctriques d'alta tensió, seguida molt de prop pels casos d'enverinament i de trets.

No obstant això, aplicant aquestes dades com si haguessin estat obtingudes al meu espai natural, queda clar que les morts per electrocució i trets no serien viables, ja que els cadàvers trobats no presenten cremades externes ni orificis de projectils.

Els casos d' inanició registrats són molt pocs i cada vegada més infreqüents. No s'ha documentat cap cas de malaltia, tot i que podria estar englobada dins la categoria "altres causes" o "casos desconeguts".

Així doncs, es pot concloure, amb una probabilitat raonable, que la causa de la mort d'aquests exemplars està relacionada amb algun tipus d'enverinament. Per tant, es confirmaria la segona hipòtesi formulada.

5.2. Indico si els resultats són lògics i explico les meves conclusions sobre la solució del problema.

Els resultats obtinguts tenen sentit, tant per la fiabilitat de les fonts com per l'evidència de les causes.

EXEMPLE:

Partint de les hipòtesis plantejades, l'únic element que grinyola és la no aparició, per ara, de cadàvers de juvenils, pollets o ous inviables ni d'altres espècies, fet que podria explicar-se per:

- Un enverinament molt ràpid que impedeix que les àguiles tornin als nius amb les preses.
- Els juvenils i altres espècies també han estat afectats, però encara no se n'han trobat les restes.
- L'enverinament ha tingut lloc fora de l'espai natural gestionat.

La hipòtesi més plausible sembla una combinació d'aquestes tres possibilitats: enverinament en un lloc allunyat, acció molt ràpida del verí i detecció ràpida dels cadàvers abans que afectessin altres espècies.

A partir d'aquesta conclusió, cal implementar mesures de conservació i vigilància:

- Ràdio-seguiment d'individus sans i manteniment de censos actualitzats
- Vigilància de nius i pollets per evitar la caiguda o la mort per cainisme
- Recol·lecció d'ous de postes elevades i introducció en nius amb pèrdua de cria
- Cria en captivitat d'ous no viables per a reintroducció
- Alimentació suplementària a individus amb dificultats per trobar aliment
- Regeneració de poblacions de conills, la seva presa principal
- Més control de finques i cotos de caça, eliminació d'esquers enverinats
- Legislació més estricta i penalització del seu incompliment
- Educació, informació i sensibilització de la població
- Coordinació entre els diferents sectors implicats

Tenint en compte que l'Àguila Imperial Ibèrica té un paper ecològic molt rellevant com a depredador i com a carronyer, la seva desaparició podria alterar diverses cadenes o xarxes tròfiques i desestabilitzar greument l'ecosistema del bosc mediterrani.

Per tant, una de les actuacions més convenientes seria:

- Reintroducció d'individus criats en captivitat
- Reintroducció d'individus d'altres poblacions d'Àguila Imperial Ibèrica d'ecosistemes similars

Un cas extrem seria la impossibilitat de reintroducció per la pèrdua gairebé total de la població a la península Ibèrica. En aquest cas, la regió mediterrània peninsular esdevé clau, ja que és l'única zona del món on sobreviuen les 152 parelles actuals d'Àguila Imperial Ibèrica. Per aquest motiu es considera una de les set espècies d'aus més amenaçades del planeta.

5.3. Obertura a un nou possible estudi

Proposem un nou estudi del cas a partir de mancances o limitacions que ens hem trobat al llarg de la nostra indagació.

EXAMPLE:

Malgrat tot, no havíem previst un motiu de mort d'adults en les nostres hipòtesis: **l'electrocució**. Aquesta s'explica perquè, en els adults, l'envergadura de les seves ales fa que, quan estan parats en un pal de línia elèctrica i estenen les ales, toquin ambdós cables de tensió. Això explica que no morin els polls i juvenils però sí els adults.

En un proper estudi de cas, caldria plantejar quina és la freqüència de morts per electrocució, si tots els pals elèctrics provoquen la mateixa mortalitat, si hi ha mesures estatals per prevenir les electrocucions, etc. Un altre objecte d'estudi podria ser la mortalitat per col·lisions.

Cas exemple àguila imperial

Bastida per ensenyar a extreure informació rellevant des de la primera lectura d'un article (a la versió penjada a la carpeta del drive es poden llegir els comentaris):

Oryx Vol 41 No 4 October 2007

No natural, no ens serveix per H1

Causes and spatio-temporal variations of non-natural mortality in the Vulnerable Spanish imperial eagle *Aquila adalberti* during a recovery period

És l'espècie d'estudi i dins d'Espanya

Comentaris que em marco per fer al grup (color taronja)
Informació rellevant per l'estudi (color verd)

Luis Mariano González, Antoni Margalida, Santi Mañosa, Roberto Sánchez, Javier Oria, José Ignacio Molina, Javier Caldera, Antonio Aranda and Luis Prada

Abstract The analysis of 267 records of non-natural mortality of the Spanish imperial eagle *Aquila adalberti* over a 16-year period (1989-2004) shows an annual rate of 15.1 individuals found dead per year and that electrocution (47.7%) and poisoning (30.7%) were the most frequent causes of mortality. Most cases (91.7%) were of human origin, and of those 92.3% were accidental. Just over half (50.2%) were related to the transmission of electricity and human activity (collisions and electrocution), and 40.7% related to game practices and livestock protection (control of predators). No differences between sexes were found but subadults were electrocuted more frequently than expected whilst adults were poisoned more frequently. In breeding areas poison was the most frequent cause of mortality, whereas electrocution was the most common cause of death in dispersal areas.

Poisoning occurred more frequently than expected in the Northern and Southern regions compared to the West-Central region. Electrocution was significantly more frequent in the West-Central region, and less common in the Southern region. The increase in electrocutions over the last few years is associated with previous non-permanent corrections on electricity power lines, whilst the increase in the cases of poisoning appears to be associated with the use of illegal poison in predator control by small game practices and for livestock protection. Permanent corrections in power lines and more research and awareness effort in the small game sector are recommended to reduce human-induced mortality in this Vulnerable species.

Keywords *Aquila adalberti*, electrocution, mortality, poisoning, Spain, Spanish imperial eagle.

Introduction

In Europe, although legislation has facilitated an increase in the populations of most raptor species

(BirdLife International, 2004) some continue to be persecuted in certain regions (Pedrini & Sergio, 2001; Holmes *et al.*, 2003; Whitfield *et al.*, 2003). Despite the fact that many causes of mortality have been recorded for birds of prey (Newton, 1979), most non-natural mortality can be attributed to direct persecution because of conflicts with human interests related to livestock rearing (Marquiss *et al.*, 2003) and hunting (Redpath & Thirgood, 2003; Viñuela & Villafuerte, 2003). The causes of mortality in the Spanish imperial eagle *Aquila adalberti*, categorized as Vulnerable on the IUCN Red List (IUCN, 2006) and whose population on the Iberian Peninsula is estimated at 200 breeding pairs (González & Oria, 2003), are known throughout its entire range for 1971-1977 (Garzón, 1974, 1977) and 1981-1988 (González, 1991), with accidental mortality from electrocution and poisoning and incidental mortality from shooting being the most important causes. Thus, a reduction of the mortality caused by human activities is a priority in the action plans and conservation strategies for this species (González, 1996; MMA, 2001; González & Oria, 2003; Nagy & Crookford, 2004).

Knowledge of the spatial and temporal patterns of causes of mortality constitutes an essential complement of demographic studies because it reveals causal factors

Luis Mariano González and **Roberto Sánchez** Dirección General para la Biodiversidad, Ministerio de Medio Ambiente, Gran Vía San Francisco 4, E-28005 Madrid, Spain.

Antoni Margalida (Corresponding author) Bearded Vulture Study and Protection Group, Apdo. 43, E-25520 El Pont de Suert Lleida, Spain. E-mail: margalida@inf.entorno.es

Santi Mañosa Universitat de Barcelona, Facultat de Biologia, Avda. Diagonal, 645, E-08028 Barcelona, Spain.

Javier Oria c/San Agustín 22, E-40001 Segovia, Spain.

José Ignacio Molina Dirección General del Medio Natural, c/Rigoberto Cortezoso 14, 47071 Valladolid, Spain.

Javier Caldera Dirección General de Medio Ambiente, Apdo. Correos 7, 10181 Sierra de Fuentes, Cáceres, Spain.

Antonio Aranda Dirección General del Medio Natural, c/ Pintor Matías Moreno, 4, 45071 Toledo, Spain.

Luis Prada Dirección General del Medio Natural, Consejería de Medio Ambiente, c/ Princesa 3, 28008 Madrid, Spain.

Received 14 February 2006. Revision requested 1 August 2006.

Accepted 10 October 2006.

© 2007 FFI, Oryx, 41(4), 495-502 doi:10.1017/S0030605307414119 Printed in the United Kingdom

495

that, directly or indirectly, influence survival rates (Caughley & Gunn, 1996) and allows effects on population dynamics to be modelled and modified more effectively (Etheridge *et al.*, 1997; Whitfield *et al.*, 2004). Our aims here are to analyse (1) the causes of mortality of the Spanish imperial eagle and the temporal and spatial variation in mortality between 1989 and 2004, and (2) variation in mortality associated with the birds' age, sex, location and phenology.

L'estudi és de mostres del 1989-2004, és rellevant per a nosaltres?

Methods

The cases of 267 Spanish imperial eagles found dead and/or injured within their range during 1989-2004 were studied within the framework of Species' Recovery Plans in the Autonomous Communities of Castilla y León, Extremadura, Castilla-La Mancha and Madrid during the regular surveys of the species and electric power lines, and during the intensive monitoring of 84 individuals radio-tagged with VHF or satellite transmitters during 1990-2002. The cases were reported mainly by the Wildlife Recovery Centres of the above Autonomous Communities. Some cases were also reported by the Birds Migration Office and National Parks Department of the Environment Ministry and the Wildlife Forensic Laboratory (LFVS, Las Matas Madrid) and the National Institute of Toxicology. In addition some cases in the Andalusia region were obtained from published reports of the Doñana National Park (Environment Ministry and public reports) and reports and miscellaneous publications of this Autonomous Community.

For each recorded case we used, whenever possible, the information contained in the necropsy forms or reports. This consisted of data about the area, date of capture or death, the bird's age class, whether it was radio-tagged or not and the causes of its capture or death. The sex of live or injured individuals was determined with laparoscopic techniques using the amplification of gene CHD-W, in accordance with Ellegren's (1996) technique. Causes of mortality were classified by whether humans or any infrastructures of human origin were linked to the birds' death, and whether the cause was related to any type of human activity (e.g. game practices, livestock rearing, transport and industry). To examine variations in mortality due to age, individuals were categorized as (1) adults (birds with definitive adult plumage corresponding to an age of >5 years) and (2) subadults (birds with an age of <5 years). Subadults were further described as having first (1-2 years) or transition plumage (3-4 years) according to the age class categories established for the species (González, 1991; Forsman, 1999).

Temporal variation in mortality was studied by dividing the year according to the eagle's reproductive

cycle (González, 1991; Margalida *et al.*, 2007) into winter (January-March, i.e. courtship, pre-laying and incubation), spring (April-June, i.e. chick-rearing), summer (July-September, i.e. from the end of chick-rearing to the beginning of the young birds' independence), and autumn (October-December, i.e. in adults the period of reproductive inactivity and the beginning of courtship and, in first year eagles, dispersal).

Geographical variation of the cases considered was studied, firstly, with respect to the geographical location of the species' breeding nuclei (for details see González & Oria, 2003; González *et al.*, 2006c) and, secondly, with respect to whether the localities were in the species' breeding nuclei (the breeding zone) or species' juvenile dispersal areas (the dispersal zone; González & Oria, 2003; González *et al.*, 2006c). The breeding nuclei were grouped (Fig. 1) into three regions: the Northern (Guadarrama, Gredos and river Tiétar valley nuclei), Central (Montes de Toledo, Guadiana river, Sierras de Almadén and Extremadura nuclei), and Southern (South of Badajoz, Sierra Morena and Doñana-Guadalquivir marshes nuclei). Analysis of annual variation in mortality was carried out with respect to three periods differentiated by the population annual growth rate (L. González & J. Oria, unpubl. data): 1989-1993 (first period of growth), 1994-1999 (period of stability) and 2000-2004 (new period of growth).

Analyses using 2*2 contingency tables and χ^2 tests examined the dependency between pairs of factors. The simultaneous independence of more than two categorical variables was examined using log-linear tests. The most suitable log-linear model was selected using the backward stepwise method (Bisquerra, 1989). Observed cell frequencies were considered to be significantly different from the expected frequencies when the absolute value of the standardized residual was greater than $Z_{\alpha/2}$ ($\alpha = 0.05$). Statistical analyses were carried out using SPSS (SPSS-Inc, 1996).

Results

Of the 267 cases of mortality, 52 were radio-tagged individuals (Table 1). Considering only the cases with a known cause of death ($n = 241$) there were no significant differences in cause of death between radio-tagged and non radio-tagged individuals ($\chi^2_3 = 7.04$, $P = 0.07$). We therefore pooled radio-tagged and non radio-tagged records for further analyses. It was possible to determine the cause of death in 90.3% of the individuals (Table 1), with electrocution (47.7%) and poisoning (30.7%) being the most frequent causes. Of the remaining causes, only shooting (6.6%) and disease (5.4%) were particularly frequent. The annual rate of recorded cases (15.1%) over 1989-2004 was almost double that recorded over

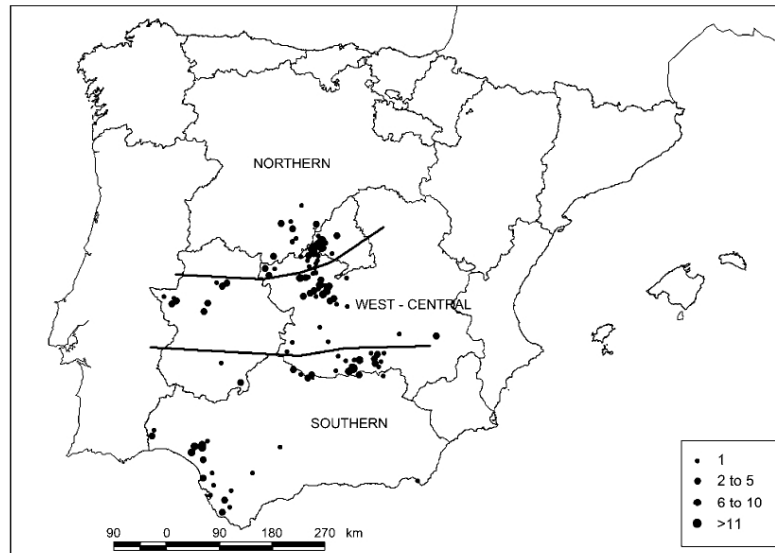


Fig. 1 Location of mortality cases (size of the circles, as per the legend, indicates the number of cases at each location) of the Spanish imperial eagle during 1989–2004, in three breeding regions (Northern, West-Central and Southern, see text for further details). The two lines indicate the boundaries between these regions.

1981–1987 (8.5%; González, 1991), although the different effort and methodology used do not permit a statistical comparison. The causes of mortality in most of the cases (91.7%) were of human origin; of these, accidental deaths (92.3%) were the most common. Human activities most frequently linked with deaths were electrical power lines (50.2%), game practices and livestock protection (40.7%).

Variation associated with individual factors: sex and age

Out of 110 birds sexed 57 (51.8%) were males and 53 (48.2%) females, with the cause of death being known for 46 of the males and 53 of the females (Table 2). Considering all the known causes in the three main categories (poisoning, electrocution and other causes), no statistically significant differences were found between sexes for any of the causes ($\chi^2 = 1.86$, $P = 0.39$; Table 2). There were significant differences in the cause of death between subadults and adults ($\chi^2 = 30.49$, $P = 0.0001$; Table 2). Subadults were electrocuted more frequently than expected and adults were poisoned more frequently. In the 122 cases where the age of the subadults was known, the division between 1–2 and 3–4 years also revealed significant differences ($\chi^2 = 26.35$, $P = 0.0001$), with the 1–2 year old birds being more

likely to die from electrocution (57.6%, $n = 99$) and the 3–4 year olds from poisoning (69.6%, $n = 23$).

Seasonal variations

The maximum number of deaths occurred in autumn and winter (Table 2). The age-class ratio (subadults compared with adults) is highest in summer, just after the young leave the nest. Deaths of adults were recorded more frequently in winter and spring, and deaths of subadults more frequently in spring ($\chi^2 = 28.35$, $P < 0.0001$). The causes of mortality varied over the seasons ($\chi^2 = 37.59$, $P < 0.0001$). Poisonings occurred more frequently than expected in winter and spring and less frequently in summer. Electrocutions, on the other hand, occurred most often in autumn and winter and less frequently the rest of the year. In summer there was a significant increase in deaths from other causes (Table 2).

Spatial and inter-annual variations

Causes of mortality were not independent of region ($\chi^2 = 20.01$, $P = 0.0004$; Table 2). Poisoning was relatively more frequent than expected in the Northern and Southern regions than in the West-Central, where it occurred less often than expected. Electrocution, on the

Table 1 Frequency of different causes of mortality in the Spanish imperial eagle in radio-tagged and non radio-tagged individuals.

Cause	Non		Total (n)
	Radio-tagged	radio-tagged	
Human origin			
Game practices and livestock protection			
Poisoned	13	61	74
Shot	5	11	16
Trapped	3	2	5
Snared	0	2	2
Captured in the field	0	1	1
Energy industry			
Electrocution	19	96	115
Collision	0	6	6
Transport industry			
Accidents involving trains	0	2	2
Non-human origin			
Intraspecific aggression	0	3	3
Starvation	1	1	2
Disease	5	8	13
Drowning	2	0	2
Other			
Unknown cause	4	22	26
<i>Total</i>	52	215	267

other hand, was significantly more frequent in the West-Central region and less common in the Southern. There were significant differences in the frequencies of cause of death between dispersal and breeding zones ($\chi^2_1 = 30.55$, $P < 0.0001$; Table 2). In the breeding zones poisoning was the main cause of mortality, whereas electrocution was the predominant cause in dispersal zones. The age and zone variables are not independent ($\chi^2_1 = 43.71$, $P < 0.0001$), with subadults being found dead more frequently in dispersal zones than in breeding zones (124 compared with 41 individuals), and adults being found dead more frequently in breeding zones (11 compared with 37 individuals; Table 2).

The frequencies of the causes of death varied over time ($\chi^2_4 = 25.92$, $P < 0.0001$), with electrocution being the most common cause during 1989-1993 and poisoning during 1994-1999 (Fig. 2). During 2000-2004 the cases of poisoning decreased, whilst the other causes of mortality increased. However, the existence of interactions between time, region and age factors make it hard to interpret the relations between these variables and the causes of mortality. In the West-Central region there were a significantly higher number of records of subadults than adults. This makes it difficult to interpret the connection between the frequencies and the causes of death. It is thus necessary to analyse the dependency between the Region and Cause variables separately for the different age classes. For the subadults, poisoning was significantly more frequent in the Northern region, whereas in the West-Central region electrocution was more common ($\chi^2_4 = 21.90$, $P < 0.0002$). On the other

Table 2 Percentage of causes of death in the Spanish imperial eagle according to the different variables studied.

	Poisoning	Electrocution	Others	Total (n)
Sex				
Male	45.6	21.8	32.6	46
Female	45.3	32.1	22.6	53
Subtotal (n)	45	27	27	99
Age				
Subadult	22.4	56.9	22.7	174
Adult	61.2	14.3	24.5	49
Subtotal (n)	69	106	48	223
Season				
Winter	37.3	49.3	13.4	67
Spring	60.0	25.0	15.0	40
Summer	20.0	37.5	42.5	40
Autumn	23.3	64.4	12.3	73
Subtotal (n)	74	105	41	220
Zone				
Dispersal	27.2	59.9	12.9	147
Breeding	41.0	23.1	35.9	78
Subtotal (n)	72	106	47	225
Region				
Northern	45.3	37.5	17.2	64
West-Central	37.5	62.5	17.9	112
Southern	39.6	34.5	25.9	58
Subtotal (n)	74	114	46	234
Period				
1989-1993	23.7	57.0	19.3	93
1994-1999	53.4	33.3	13.3	75
2000-2004	17.9	55.2	26.9	67
Subtotal (n)	74	115	46	235

hand, in the case of adults, although poison was the main cause of death in all the regions and was proportionally more frequent in the Southern, the differences are not statistically significant ($\chi^2_4 = 4.15$, $P = 0.386$). In the Southern and West-Central regions there was a scarcity of data for 1989-1993. On the other hand, during 2000-2004 there was a lack of information from the Northern region. Thus, it is necessary to analyse the temporal evolution of the causes of mortality independently for each region. There were no significant differences in the cause of death in the Northern region ($\chi^2_4 = 4.95$, $P = 0.292$). In the West-Central region there were differences between the period 1989-1993, when electrocution predominated, and the period 1994-1999, when poisoning predominated ($\chi^2_4 = 12.37$, $P < 0.015$). In the Southern region, the statistically significant differences appeared between 1994-1999, when there was a proportionally high frequency of poisoning, and 2000-2004 when there was a relatively high frequency of deaths attributable to other causes ($\chi^2_4 = 15.65$, $P < 0.0035$).

Discussion

The study of the causes of death in birds of prey has used various methodologies that offer varying degrees

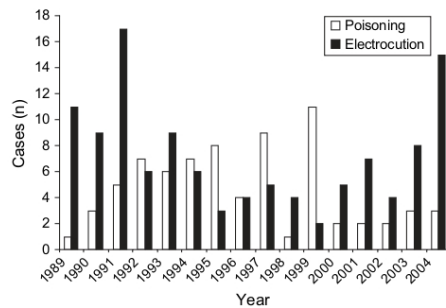


Fig. 2 Annual variation of the two most important causes of mortality in the Spanish imperial eagle during 1989-2004. White bars: poisoning; black bars: electrocution.

of reliability and bias (Newton, 1979). The best technique (because it involves minimal bias) is the monitoring of radio-tagged individuals. However, this is costly both with regards to time and money, and frequently provides limited results for a few individuals and is restricted to specific times and places (Kenward, 1993). The technique most commonly used to study raptor mortality is the analysis of non radio-tagged individuals found dead (Newton *et al.*, 1999; Real *et al.*, 2001) because it allows the maximum amount of information to be obtained in minimum time and covers larger geographical areas. However, this technique has a high level of bias (Elliot & Avery, 1991; Franson & Little, 1996; Franson *et al.*, 1996). Our results suggest that records of non radio-tagged and radio-tagged individuals provide similar information on the frequency of the causes of mortality. Nevertheless, there is a trend towards a higher number of cases of death from shooting in radio-tagged individuals, which may indicate that deliberate persecution with shotguns could be less rare than the non radio-tagged records suggest. In this respect, in the 12% of dispersing juveniles that died from other causes, lead from hunting cartridges was found in their bodies, although their vital organs were not affected (M. Hernández, pers. comm.). Another factor that may have caused the number of deaths due to shooting to be underestimated is that they are harder to locate as they are usually hidden by the person responsible because such killing is illegal in Spain. Nevertheless, our results show that direct persecution was not the main cause of mortality, as it was in earlier periods (Garzón, 1974, 1977; González, 1991). The low incidence of mortality due to shooting is probably because of an increase in the conservation awareness of hunters (González & Oria, 2004; Nagy & Crockford, 2004) and a rise in conservation projects for the species with hunters' associations

and on private land dedicated to game (González & San Miguel, 2004). Such land holds c. 80% of the species' breeding population (L. González, unpubl. data).

On the other hand, non radio-tagged records may overestimate deaths related to electrical power lines. This could occur because, of all the mortality factors, this is the one that can be detected most easily as a result of the regular monitoring of power lines to check for bird mortality and the simple association between the appearance of the dead bird and the causal factor. The drop in mortality by electrocution that was recorded in the period 1995-2001 is clearly associated with the bird safety corrections on power lines carried out by the Autonomous Communities and the Environment Ministry in the framework of a Life Project of the European Union. In the Province of Madrid (Northern region), for example, in the years before the Life Project (1988-1994) up to 20 electrocutions of Spanish imperial eagles were recorded, and after the correction of electric pylons no more deaths were registered. The increase in the number of cases of electrocution in the last few years is associated with inadequate safety correction measures. In some provinces of the West-Central region (Toledo and Ciudad Real) the modifications of the electric pylons were carried out some years ago by insulating the power lines with heat shrink tape, a technique cheaper than the total replacement of the pylon but not permanent (Guzmán & Castaño, 1998). Eight cases of mortality occurred because the insulating tape had worn away. On the other hand at least 11 cases of electrocution have been recorded in unmodified pylons that were considered to be safe in risk assessments (Unesa, 1989).

That subadults were electrocuted more frequently than adults and that adults were poisoned more frequently than subadults may have been due to: (1) a greater tendency by the different age classes to be victims of one or the other factor, or (2) a consequence of spatial segregation (dispersal or breeding zones) between age classes. Our results also suggest that electrocution occurs more frequently in autumn and winter. This may be because of the greater probability of young birds (the predominant age group at this time of the year) dying from electrocution and/or because the weather conditions in these seasons (e.g. higher rainfall, more clouds) make accidents with pylons more likely (Olendorff *et al.*, 1980).

It has been suggested that among Spanish imperial eagles females are more likely to die from electrocution than males (Ferrer & Hiraldo, 1991) but our results do not support this. However, our results indicate that subadults are more likely to die from electrocution than adults, as suggested previously (González, 1991), and this difference occurs principally during the first few years of the bird's life, and mainly in dispersal zones.

The youngest individuals (1-2 years old) use predominantly treeless areas with an abundance of rabbits, coincident with areas with a higher degree of human exploitation and the presence of a high number of electrical power lines (González, 1991), unlike the areas occupied by adults characterized by a lower degree of human occupation and fewer power lines (González *et al.*, 1992). In predominantly treeless areas pylons offer alternative perching sites and so the possibilities of the birds using them and thus dying from electrocution increase. That frequencies of mortality from electrocution and poisoning had different trends may be because, in the dispersal zones, pylons are abundant and available as perches whereas poisoned baits and carrion are not common. Thus the possibilities of a young bird reaching an area where the power lines have not been corrected, and it being electrocuted, are greater than the possibility of death from ingestion of a poisoned carcass. However, birds with higher manoeuvrability skills and/or more neophobia would be those surviving to an old age. This could explain why in the first period (before the majority of power lines had been corrected) there was a higher percentage of electrocution, whilst in the second period, after the power lines had been modified, the number of cases of death from poisoning increased.

In the Spanish imperial eagle death from poisoning, contrary to what was recorded in 1981-1988 (González, 1991), is similar in importance to electrocution. In the three regions studied the adults and subadults (3-4 years old) were those most affected by this factor. In the cases of juveniles there are clear differences between the three regions studied: in the West-Central region electrocution is the main cause of death, whereas poisoning is the most frequent cause in the Northern and Southern regions, although only slightly more frequent than electrocution. Nevertheless, there is a positive association between poisoning and the Northern region and a negative association between electrocutions and the Southern region. That mortality from poisoning occurs more frequently than expected in winter and spring, coincident with the months in which illegal poison is used, suggests, as has been reported in other species and areas (Thirgood *et al.*, 2000; Margalida *et al.*, 2008), a cause-effect relationship between cases of poisoning and illegal methods to control predators. In this respect, the increase in the cases of poisoning recorded in the beginning of the 1990s coincides with a period of decreased wild rabbit and red-footed partridge *Alectoris rufa* populations, the most common small game species. On the other hand, an increase in the red fox *Vulpes vulpes* population (Viñuela & Villafuerte, 2003), together with an increase in legal restrictions imposed on predator control practices, also coincides with the increase in use of illegal poisons. The notable reduction in the number of Spanish imperial

eagle breeding pairs in some previously important breeding nuclei, such as Doñana (Southern region) and Valle del Tiétar and Sierras of Almadén (West-Central region; González & Oria, 2003), can be explained by the considerable increase in mortality due to the use of poison in these zones during the study period (Hernández, 2003; Sergio *et al.*, 2005).

CONCLUSIÓN

Our results suggest that there is important spatial and temporal variation in the factors causing mortality in the Spanish imperial eagle and that the causal factors operate in different ways depending on the age of the bird. This implies that in the future conservation measures could be improved by applying more suitable management techniques in accordance with the zone (dispersal or breeding) and/or region (Northern, West-Central or Southern). For example, despite the fact that conservation measures need to be applied throughout the whole of the species' range, more emphasis is required on the correction of power lines in the West-Central region, whilst greater emphasis on the eradication of the illegal use of poison is needed in the Northern and Southern regions.

In spite of the efforts of conservation agencies and the progress made in the last 2 decades, anthropogenic causes of mortality are still operating in most of the breeding and dispersal areas of the Spanish imperial eagle, and the control measures applied to conserve the species are not always as efficient as managers expect. The continued occurrence of direct and indirect persecution and the inadequate modification of power lines demonstrate this. Corrections of power lines should thus continue to be monitored to check how effective they are and priority should be given to the use of pylon designs safer for eagles, instead of temporary solutions. On the other hand, to reduce the illegal use of poison more research is needed to devise predation reduction techniques compatible with the conservation of threatened species such as the Spanish imperial eagle (Shivik *et al.*, 2005; Muñoz *et al.*, in press). Finally, although various conservation management actions have been carried out during the last few years (González *et al.*, 2006a,b), our results suggest that permanent corrections to power lines and more research to reduce illegal poisoning are still necessary to reduce human-induced mortality in this Vulnerable species.

Acknowledgements

We are indebted to R. Moreno-Opo, J. Sánchez, A. Calvo, R. Jiménez, J.P. Castaño, J. Caballero, F. Robles, J.M. García, J.M. Tercero, F. Silvestre, L. García, C. Urdiales, C. Dávila, J.L. Moreno, J. Panadero, J. Guzmán, E. Morales, F. Güil and J.L. Freije for their help with the

Bastida de lectura

BASTIDA LECTURA

TAULA 1: Instàncies de l'activitat lectora

Moment de la lectura	Instàncies de l'activitat lectora
ABANS	• Identificar el tipus de text i l'objectiu de lectura. • Fer una apreciació inicial del títol, negretes, imatges...per fer suposicions sobre el contingut. • Mobilitzar coneixements previs i preguntes.
DURANT	• Ordenar les idees que hi apareixen i estructurar la informació. Quina relació tenen entre si els conceptes que hi apareixen? • Buscar i seleccionar evidències en relació amb l'objectiu de la lectura. Comprovar si cal llegir de nou. • Revisar i reparar la comprensió. Avançar i retrocedir al text per confirmar/descartar hipòtesis.
DESPRÉS	• Identificar la idea/idees principals i la pertinença per a l'objectiu de la lectura. • Relacionar les aportacions del text amb allò que sabíem. • Determinar què sabem, com ho sabem i què falta per saber. • Reorganitzar la informació del text (resumir...) per explicar el text a una altra persona. • Identificar els mecanismes lectors que han estat eficaços.

Taula 1. Instàncies en cada moment de l'activitat lectora per dur a terme una "remodelització" del significat del text. **Adaptat de:** Apuntes lingüísticos para el tránsito a la competencia científica. Leer para indagar en el aula de Ciencias, de Domènech-Casal (2018).

Bastida de validació de fonts

Avaluació de llocs web

Utilitza aquesta llista per avaluar els resultats de la recerca.

	Nom i URL del lloc o portal web a avaluar:
Pàgina personal o portal web? Cerqueu el nom de la persona (si es un lloc personal, per exemple, o jBarker Barker) seguit d'una accent (~), un signe de percentatge (%), o, o les paraules "usuaris", "membres", o "gent".	☐ ~ o %, o <i>users, members, or people</i> ☐ ~ o %, o <i>"usuaris", "membres", o "la gent"</i> .
Quin domini té? On està allotjat el web? És adequat al seu contingut?	☐ .com ☐ .org/net ☐ .edu ☐ .gov ☐ .cat País _____ ☐ altre:
Publicat per l'entitat que té sentit? Coincideix amb el nom del lloc?	Nom de l'editor o de l'entitat propietària del domini:
Qui és l'autor/a del lloc?	Correu-e: Nom:
Quines són les credencials de l'autor/a sobre el tema que tracta el web? És l'autor/a una persona qualificada per tractar aquest tema?	CV de l'autor/a, biografia
El lloc web conté la data de creació i d'actualització? Cada quan s'actualitza?	Data de publicació: Data d'actualització:
El contingut està documentat amb enllaços o notes? Es pot comprovar que el text esmentat no ha estat alterat o falsificat?	
El lloc web té enllaços a altres recursos? Funcionen?	
Els enllaços representen altres punts de vista? Els enllaços (o absència d'altres punts de vista) indiquen un biaix?	
Què diuen del web? Per llocs en anglès aneu a alexa.com, www.lii.org o infomine.ucr.edu. Per la resta de llocs web aneu a Google, Yahoo, o qualsevol altre cercador on es pugui fer una cerca avançada: Cerqueu els llocs amb enllaços a la pàgina.	Qui és el propietari del domini? Quins llocs web enllacen a la pàgina en avaluació ?
Quin tipus de blocs tenen enllaços al web? Què diuen? Aneu a blogsearch.google.com	
Per què es va publicar aquest Web?	☐ Informar ☐ Persuadir ☐ Vendre ☐ Entreteniment Altre raó:

És el lloc web adequat per al teu propòsit?

Font: Teaching Library, UC Berkeley (<http://www.lib.berkeley.edu/TeachingLib/Guides/Internet/Evaluate.html>)