



LA CITIZEN SCIENCE SCOLASTICA IN CLIMANTOPIA

PROGETTAZIONE DI PRATICHE DI LABORATORIO SUL
CAMBIAMENTO CLIMATICO DA DIFFONDERE ATTRAVERSO
STAND SCOLASTICI IN SITI TURISTICI

LA CITIZEN SCIENCE SCOLASTICA IN CLIMANTOPIA

PROGETTAZIONE DI PRATICHE DI LABORATORIO
SUL CAMBIAMENTO CLIMATICO DA DIFFONDERE
ATTRAVERSO STAND SCOLASTICI IN SITI TURISTICI

AUTORI

- › **Francisco Sóñora Luna (Coordinatore)**
Università di Santiago de Compostela
- › **Aitor Alonso Méndez**
Università di Santiago de Compostela
- › **Marina Elisa Arévalo González**
IE Giner de los Ríos a Lisbona

DESIGN

- › **Teresa Neves**
Fábrica Centro Ciência Viva de Aveiro
Università di Aveiro

TRADUZIONE

- › **Carmen Marques**
Fábrica Centro Ciência Viva de Aveiro
Università di Aveiro

FOTOGRAFIA

- › **Pedro García Losada**

ILLUSTRAZIONI GRAFICHE

- › **Jorge Villanueva**

Esenzione di responsabilità

Questo progetto è stato finanziato con il sostegno della Commissione europea. L'autore è il solo responsabile di questa pubblicazione e la Commissione declina ogni responsabilità sull'uso che potrà essere fatto delle informazioni in essa contenute.

ISBN 978-84-19679-94-9

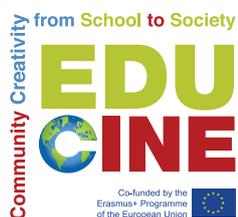
Edizione: Edicións USC

© Università di Santiago de Compostela, 2023

EduCinema Clima Tour Azione:

*Creatività Collettiva ed Educazione Comunitaria nell'Alfabetizzazione
Cinematografica per il Turismo d'Azione per il Clima*

Riferimento: 2020-1-ES01-KA227-SCH-096314



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Introduzione	5
1. Pratiche di laboratorio	7
1.1. Perché la temperatura è in aumento?	7
1.2. L'albedo è importante?	11
1.3. L'oceano si sta riscaldando?	16
1.4. Perché gli uragani si formano nelle regioni oceaniche vicine all'equatore e di solito nella stagione calda?	20
1.5. Perché il livello del mare si sta alzando?	26
1.6. Perché ci preoccupiamo tanto del riscaldamento globale?	30
1.7. Perché l'oceano si sta acidificando?	37
1.8. Cambiamenti climatici ed erosione del suolo	44
1.9. Cos'è la pioggia acida?	47
2. Come si possono portare queste pratiche nei contesti turistici di azione dei cittadini?	50
2.1. Piano strategico per lo sviluppo di queste pratiche laboratorio in contesti turistici di azione cittadina	50
2.2. Stampa di illustrazioni generali e creazione di altri locali adibiti a stand	53
2.3. Organizzazione del materiale per microscopia, ottica, simulazione e presentazione di campioni negli stand	55
2.4. Strategie per la partecipazione di diverse generazioni	57
2.5. Creazione di progetti per i kit di pratica dello stand	59
3. Buone pratiche di progetti di citizen science e condivisione delle risorse	60
3.1. Esempi di progetti di citizen science	60
3.2. Scuole Meteoscopiche	63
3.3. Oceántica	65
3.4. EduCO₂cean	67
3.5. Zosteco	71
3.6. e-InnoEduCO₂	73
3.7. Quattro Climi	76
Riferimenti	81

INTRODUZIONE

La **citizen science** o **demo-science**, definita da alcuni autori come una sorta di democrazia scientifica, cerca di spostare la conoscenza scientifica oltre i confini del laboratorio. I cittadini diventano così un agente fondamentale per il progresso della scienza, assumendo la conoscenza e contribuendo al suo progresso, e allo stesso tempo aumentano la consapevolezza dei problemi ambientali, formando così cittadini più consapevoli e responsabili.



Immagine 1: Esempio di attività di citizen science svolta presso Ciencia Viva.

Con questo manuale pratico ci proponiamo di trasferire questo scenario di collaborazione in rete e transdisciplinare alla sfera educativa, convertendo la citizen science in una forma di pratica di service-learning. Si basa su problemi e situazioni che invitano insegnanti e studenti a indagare per rispondere a una domanda socialmente rilevante o a un bisogno rilevato: qual è l'origine del cambiamento climatico, in che modo il riscaldamento degli oceani influisce sulla sicurezza alimentare, che dire della formazione degli uragani, perché l'oceano si acidifica e perché l'oceano diventa più acido? Come si relaziona il cambiamento climatico con l'erosione del suolo?

Allo stesso tempo, vengono proposti metodi innovativi e strategie di divulgazione per ampliare l'influenza di queste pratiche ambientali attraverso la diffusione nel settore turistico. L'obiettivo principale della diffusione di queste pratiche nel settore turistico è quello di aumentare la consapevolezza del cambiamento climatico e dei suoi impatti, nonché di promuovere l'azione per il clima attraverso il turismo sostenibile. Promuovendo queste pratiche tra i turisti e gli operatori del settore, si mira a creare un effetto moltiplicatore, incoraggiando comportamenti responsabili e misure di protezione ambientale.

In definitiva, l'obiettivo è promuovere un turismo consapevole e rispettoso dell'ambiente, che contribuisca alla conservazione delle risorse naturali, alla mitigazione dei cambiamenti climatici e allo sviluppo sostenibile delle destinazioni turistiche. L'obiettivo è amplificare l'impatto di queste pratiche, diffondendole e integrandole nel settore turistico, al fine di promuovere una transizione verso un turismo più sostenibile e responsabile, a beneficio delle comunità locali e dell'ambiente.

1.1. PERCHÉ LA TEMPERATURA DI AUMENTA?



Immagine 2: Fotografia dell'atmosfera.

Introduzione

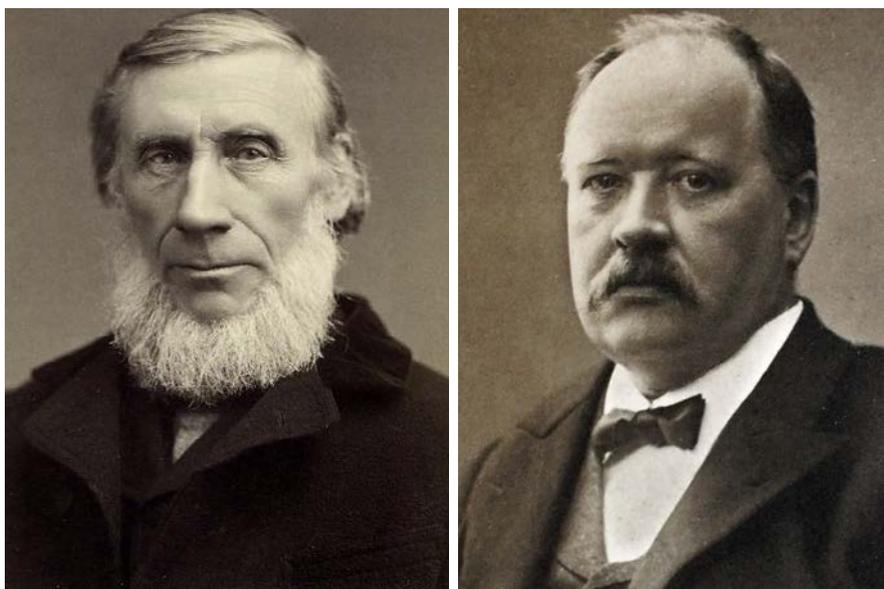
Secondo l'IPCC, dalla rivoluzione industriale la temperatura globale è aumentata di **1°C**. Le cause di questo aumento sono chiare e inequivocabili: l'esponenziale emissione antropica di gas serra avvenuta negli ultimi anni.

Eunice Foote è stata una scienziata americana del XIX secolo che ha dato importanti contributi al campo delle scienze atmosferiche. Nel **1856** condusse una serie di esperimenti pionieristici per studiare gli effetti dei gas sul riscaldamento atmosferico. In particolare, Foote condusse esperimenti con contenitori di vetro trasparente riempiti con diversi gas. Espose questi contenitori alla luce del sole e misurò la temperatura interna per determinare come i diversi gas influissero sull'assorbimento del calore.



Immagine 3: Eunice Foote.

I suoi esperimenti dimostrarono che l'anidride carbonica aveva un effetto significativo sull'aumento della temperatura rispetto all'aria normale. Eunice Foote concluse che la presenza di anidride carbonica nell'atmosfera poteva contribuire al riscaldamento globale. Sebbene la sua scoperta fosse rivoluzionaria, Eunice Foote non fu riconosciuta all'epoca. Tuttavia, il suo lavoro fornisce le basi per la comprensione dell'effetto serra e del ruolo dei gas serra nel cambiamento climatico. In riconoscimento dei suoi contributi, Eunice Foote è oggi considerata una pioniera nello studio scientifico del cambiamento climatico. L'invisibilizzazione del ruolo delle donne nella scienza dell'epoca ha fatto sì che storicamente il chiarimento del ruolo dell'anidride carbonica nel riscaldamento globale sia stato attribuito principalmente a John Tyndall per il suo contributo nella scoperta di come molecole come l'anidride carbonica o il metano blocchino la radiazione infrarossa (1859) e a Svante August Arrhenius per il suo calcolo di come il raddoppio della CO₂ nell'atmosfera avrebbe aumentato la temperatura di 5-6°C (1896).



Immaginis 4 & 5: John Tyndall e Svante Arrhenius.

Oggi la comunità scientifica non ha dubbi sull'origine antropica dell'attuale cambiamento climatico, sulle sue cause e sulle sue conseguenze. In questo esercizio pratico, ci avvicineremo ai loro esperimenti per dimostrare il ruolo dell'anidride carbonica nel cambiamento climatico antropogenico.

Contenuti

- › Gas a effetto serra
- › Effetto serra
- › Cambiamento climatico antropogenico

Obiettivi

1. Evidenziare il ruolo dell'anidride carbonica come gas serra.
2. Scoprite gli esperimenti di Eunice Foote.
3. Comprendere l'origine antropica dell'attuale cambiamento climatico.
4. Apprezzare l'effetto serra come requisito fondamentale per la vita sulla Terra.

Materiale richiesto

- › Due fiaschette
- › Due termometri
- › Bicarbonato
- › L'aceto
- › Foglio di alluminio

Protocollo

1. Etichettare le beute: una fungerà da controllo e l'altra da caso di studio.
2. Coprire la beuta di controllo con un foglio di alluminio.
3. Aggiungere bicarbonato di sodio e aceto alla beuta che fungerà da caso di studio. Coprire immediatamente la beuta con un foglio di alluminio per consentire all'anidride carbonica di accumularsi al suo interno. Questo sarà il caso di studio arricchito di anidride carbonica rispetto al caso di controllo.
4. Esporre entrambe le beute al sole o a una fonte di luce intensa.
5. Iniettare con cautela il termometro attraverso il foglio di alluminio, facendo in modo che si disperda meno gas possibile.
6. Confrontate la temperatura di entrambi i matracci dopo un certo tempo di esposizione alla luce.

Problemi

1. Quali conclusioni si possono trarre sul ruolo dell'anidride carbonica?
2. Come si produce l'effetto serra e l'effetto serra è positivo o negativo per la vita sul pianeta?

Orientamenti e risposte (guida didattica per gli insegnanti)

1. Quali conclusioni si possono trarre sul ruolo dell'anidride carbonica?

Dopo aver esposto entrambe le beute alla luce del sole, abbiamo osservato che la beuta arricchita di anidride carbonica ha una temperatura più elevata, a riprova del ruolo di questo gas come gas serra.

2. Come si produce l'effetto serra e l'effetto serra è positivo o negativo per la vita sul pianeta?

La radiazione solare raggiunge la Terra sotto forma di luce visibile e ultravioletta e viene assorbita dalla superficie terrestre, che di conseguenza si riscalda. Ciò comporta l'emissione terrestre di luce infrarossa, caratterizzata da una lunghezza d'onda maggiore. I gas serra, come il vapore acqueo, l'anidride carbonica o il metano, agiscono come trappole contro questa radiazione infrarossa, che viene assorbita e re-irradiata in tutte le direzioni, in modo che una parte di essa venga restituita alla superficie terrestre.

L'effetto serra è essenziale per la vita sul nostro pianeta e permette di mantenere una temperatura media globale di 14,5°C. Tuttavia, il problema risiede nella crescente concentrazione di questi gas dovuta alla combustione di combustibili fossili a partire dalla rivoluzione industriale, che ha portato a un aumento globale di 1°C. Nel 2022, secondo le misurazioni dell'Osservatorio di Mauna Loha nelle Hawaii, la concentrazione di anidride carbonica ha superato il record di 418,81 ppm.

1.2. L'ALBEDO È IMPORTANTE?



Immagine 6: Il ghiaccio, grazie alla sua capacità di riflettere la luce, è un fattore importante nella regolazione del clima grazie all'effetto albedo.

Introduzione

L'**albedo** è definito come la percentuale di radiazione riflessa da una particolare superficie rispetto alla radiazione totale incidente. In questo esercizio pratico confronteremo l'albedo di due casi diversi e come influisce sull'aumento della temperatura: un bicchiere di colore scuro e un bicchiere di colore bianco. Il primo potrebbe rappresentare l'oceano e il secondo i ghiacci artici e antartici.

Contenuti

- › Albedo
- › Loop di feedback positivo
- › Adattamento al clima

Obiettivi

1. Comprendere l'effetto dell'albedo.
2. Confrontate l'albedo di diverse superfici ed estrapolatelo alla realtà.
3. Proporre misure di adattamento al clima considerando l'effetto albedo.

Materiale richiesto

- › Nastro scuro (blu o nero)
- › Nastro bianco
- › Due bicchieri
- › Acqua
- › Due termometri



Immagine 7: Effetto serra.

Protocollo

1. Circondare uno dei bicchieri con il nastro bianco all'esterno e l'altro con il nastro scuro.
2. Riempite i bicchieri d'acqua e mettete un termometro all'interno di ciascuno di essi.
3. Lasciate i bicchieri al sole e confrontate la temperatura di ciascuno di essi dopo lo stesso tempo di esposizione alla luce solare.
4. Mettete 3 cubetti di ghiaccio su 3 pezzi di cartone di uguale superficie, uno bianco, uno rosso e uno nero, e osservate cosa è successo dopo 10 minuti.

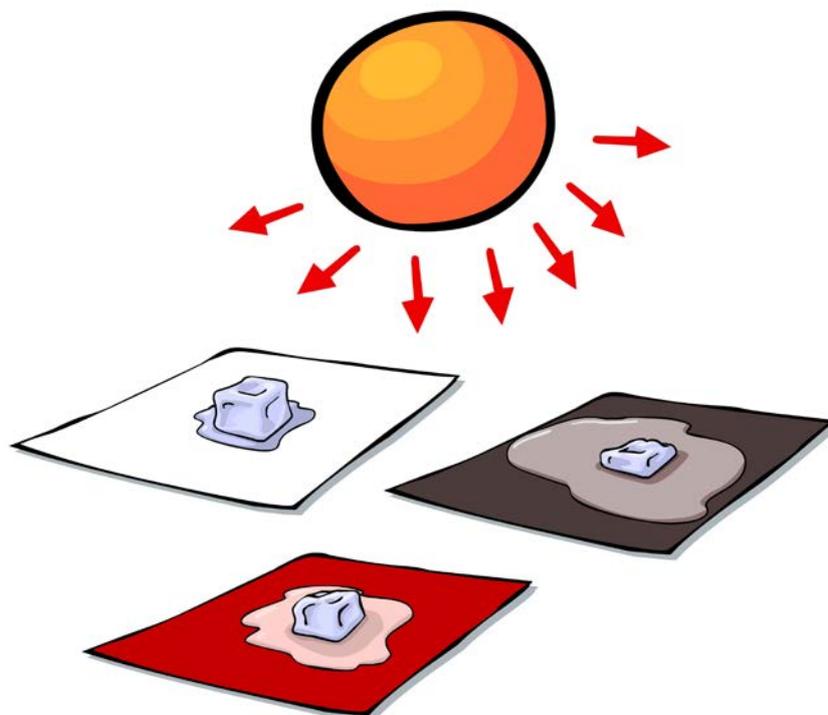


Immagine 8: Ghiaccio su cartoncino bianco, nero e rosso.

Problemi

1. In che modo i risultati si riferiscono all'effetto albedo?
2. Il cambiamento osservato nel ghiaccio sul cartone è legato all'esperienza dei bicchieri circondati dal nastro adesivo?
3. Come si estrapola questa pratica nella realtà e quali sono le implicazioni del cambiamento climatico?
4. È possibile ipotizzare dei cicli di retroazione derivanti dalla riduzione dell'effetto albedo?
5. Ora che conoscete l'effetto albedo, quali implicazioni pensate che debba avere sulla progettazione dei nostri edifici?

Orientamenti e risposte (guida didattica per gli insegnanti)

1. In che modo i risultati si riferiscono all'effetto albedo?

Dopo un certo periodo di tempo, l'acqua nel vetro scuro ha una temperatura più alta rispetto a quella del vetro bianco. Questo perché il nastro bianco ha un'albedo maggiore, per cui la maggior parte della radiazione viene riflessa e non trattenuta, a differenza di quanto accade nel vetro scu-

ro. Nella fascia scura, dove la radiazione viene trattenuta e la temperatura del recipiente e quindi dell'acqua in esso contenuta aumenta.

2. Il cambiamento osservato nel ghiaccio sul cartone è legato all'esperienza dei bicchieri circondati dal nastro adesivo?

Sì, perché il cartone bianco riflette tutte le radiazioni, mentre il cartone nero le assorbe tutte, trasformandole in calore, il che giustifica il fatto che il ghiaccio sul cartone bianco sia il meno sciolto e quello sul cartone nero il più sciolto.

3. Come si estrapola questa pratica nella realtà e quali sono le implicazioni del cambiamento climatico?

In realtà, questa pratica evidenzia l'importanza delle superfici ghiacciate del nostro pianeta, che riflettono tra il 60 e il 70% della radiazione incidente, impedendo un aumento della temperatura globale del pianeta che lo renderebbe incompatibile con la vita come la conosciamo oggi. Ecco perché le vaste distese di ghiaccio dell'Artico e dell'Antartide sono fondamentali nella regolazione del clima terrestre.

Il cambiamento climatico ha forti implicazioni in questo senso, poiché lo scioglimento dei ghiacci dovuto all'aumento della temperatura globale porta a una forte riduzione dell'albedo, per cui viene assorbita una maggiore quantità di radiazioni, contribuendo all'aumento della temperatura globale.

4. È possibile ipotizzare dei cicli di retroazione derivanti dalla riduzione dell'effetto albedo?

Da questo processo si possono ricavare diversi anelli di retroazione, con vari gradi di complessità. Il ciclo più semplice che si potrebbe prevedere è il seguente:



5. Ora che conoscete l'effetto albedo, quali implicazioni pensate che debba avere sulla progettazione dei nostri edifici?

Una delle implicazioni potrebbe riguardare il colore delle facciate dei nostri edifici, per cui nelle zone con un'elevata radiazione solare incidente è consigliabile che siano bianche per riflettere maggiormente la luce solare ed essere più efficienti durante i mesi estivi.

1.3. L'OCEANO SI STA RISCALDANDO?



Immagine 9: Sbiancamento dei coralli dovuto all'aumento della temperatura degli oceani.

Introduzione

L'oceano occupa più del 70% della superficie del pianeta. È a contatto con l'atmosfera e dalla rivoluzione industriale, secondo l'ultimo rapporto IPCC su Oceani e criosfera, si stima che abbia immagazzinato più del 93% del calore derivante dai cambiamenti climatici antropogenici. Questo ha fornito un prezioso cuscinetto termico per la vita terrestre, ma ha comunque importanti conseguenze per la vita marina, come vedremo di seguito, molte delle quali sono discusse più in dettaglio in “*Climantopia: il libro di testo*” e nel film “*Climantopia Cinema*”.

Contenuti

- › Calore specifico
- › Ammortizzazione termica
- › Riscaldamento degli oceani

Obiettivi

1. Per evidenziare il ruolo dell'oceano come cuscinetto termico globale.
2. Per dimostrare l'elevato calore specifico dell'acqua.
3. Comprendere alcuni degli impatti dell'aumento della temperatura degli oceani.

Materiale richiesto

- › Palloncini vari
- › Acqua
- › Più leggero

Protocollo

1. Gonfiate uno dei palloncini e riempitene un altro d'acqua.
2. Avvicinare con cautela la fiamma dell'accendino prima al palloncino d'aria e poi a quello d'acqua.
3. Confrontate la risposta di ciascuno.

Problemi

1. Cosa succede a ciascuno dei palloncini?
2. Il *calor specifico* è definito come il calore che deve essere apportato a una massa unitaria di una data sostanza per aumentarne la temperatura di un'unità. In base a questa definizione e ai risultati dell'esperimento con il palloncino pieno d'aria e quello pieno d'acqua, quale dei due fluidi ha un calore specifico maggiore?
3. L'acqua ha una capacità termica particolarmente elevata ($4,18 \text{ J/g}^\circ\text{C}$), mentre il terreno circostante ha una capacità termica di solito molto più bassa ($1 \text{ J/g}^\circ\text{C}$). Alla luce di questi dati, quale è più facile riscaldare il terreno o l'acqua di mare? Quale si raffredda più velocemente?
4. Poiché l'aria più calda sale perché la sua densità diminuisce, permettendo all'aria più fredda e densa di spostarsi verso il basso, com'è possibile che in una calda giornata estiva possiamo sentire sul nostro corpo l'aria fresca dell'oceano e di notte, sulla spiaggia, sentiamo il vento freddo del terreno continentale?
5. Gli uragani hanno origine nell'oceano quando l'aria calda e umida sale, provocando un brusco abbassamento della temperatura. Perché questi fenomeni causano danni significativi nelle zone costiere vicine all'equatore? In che misura i cambiamenti climatici possono influenzare questo tipo di eventi meteorologici estremi?
6. Dato che l'oceano ha assorbito più del 93% del calore dovuto ai cambiamenti climatici, quali sono secondo voi le implicazioni per il calore specifico dell'acqua? Cosa produce effettivamente l'aumento della temperatura degli oceani?

7. Ricerca sugli impatti ecologici dell'aumento della temperatura degli oceani.

Orientamenti e risposte (guida didattica per gli insegnanti)

1. Cosa succede a ciascuno dei palloncini?

Il palloncino pieno d'aria esplose, mentre quello pieno d'acqua resiste all'aumento di temperatura.

2. Il *calor specifico* è definito come il calore che deve essere apportato a una massa unitaria di una data sostanza per aumentarne la temperatura di un'unità. In base a questa definizione e ai risultati dell'esperimento con il palloncino pieno d'aria e quello pieno d'acqua, quale dei due fluidi ha un calore specifico maggiore?

Logicamente, l'acqua ha un calore specifico molto più elevato: osserviamo come aumenti di temperatura molto più lentamente e, di conseguenza, il palloncino non esplose. Al contrario, il palloncino pieno d'aria subisce un rapido aumento di temperatura che lo fa scoppiare. In particolare, l'acqua ha un calore specifico di $1 \text{ cal/g/}^\circ\text{C}$, mentre l'aria ha un calore specifico di $0,24 \text{ cal/g/}^\circ\text{C}$.

3. L'acqua ha una capacità termica particolarmente elevata ($4,18 \text{ J/g/}^\circ\text{C}$), mentre il terreno circostante ha una capacità termica di solito molto più bassa ($1 \text{ J/g/}^\circ\text{C}$). Alla luce di questi dati, quale è più facile riscaldare il terreno o l'acqua di mare? Quale si raffredda più velocemente?

La maggiore capacità rende più difficile il riscaldamento, che avviene più lentamente nel mare rispetto al continente, ma rende anche più difficile il raffreddamento, trattenendo di più e meglio il calore. La terra continentale costiera è quindi più facile da riscaldare e si raffredda più velocemente dell'acqua di mare.

4. Poiché l'aria più calda sale perché la sua densità diminuisce, permettendo all'aria più fredda e densa di spostarsi verso il basso, com'è possibile che in una calda giornata estiva possiamo sentire sul nostro corpo l'aria fresca dell'oceano e di notte, sulla spiaggia, sentiamo il vento freddo del terreno continentale?

Poiché l'aria continentale si riscalda più velocemente di quella che si trova sopra l'oceano, durante le ore calde del giorno in una regione costiera l'aria più calda proveniente dal continente costiero sale e l'aria che si trova sopra l'acqua dell'oceano, che si riscalda più lentamente ed è quindi più fredda, si sposta sulla superficie, dall'oceano al continente, dando origine a una

corrente di vento fresco nota come brezza diurna. Di notte l'aria dell'oceano si raffredda più lentamente, perché l'oceano trattiene più calore del continente, e quindi la corrente d'aria fredda in superficie si sposta dal continente all'oceano, dando origine alla *brezza notturna*.

5. Gli uragani hanno origine nell'oceano quando l'aria calda e umida sale, provocando un brusco abbassamento della temperatura. Perché questi fenomeni causano danni significativi nelle zone costiere vicine all'equatore? In che misura i cambiamenti climatici possono influenzare questo tipo di eventi meteorologici estremi?

Nelle aree vicine all'equatore, le persone sono preparate ad affrontare gli uragani in estate perché il forte riscaldamento dell'oceano a queste latitudini durante la stagione estiva aumenta significativamente il rischio di uragani. Con l'aumento della temperatura globale e il conseguente riscaldamento dell'oceano, si prevede un'intensificazione di questi eventi estremi. È quindi importante che le strutture turistiche e i turisti stessi siano preparati a questi eventi estremi. È inoltre essenziale generare polizze assicurative da parte delle amministrazioni e degli agenti coinvolti per far fronte al possibile rischio di un aumento di questi fenomeni estremi.

6. Dato che l'oceano ha assorbito più del 93% del calore dovuto ai cambiamenti climatici, quali sono secondo voi le implicazioni per il calore specifico dell'acqua? Cosa produce effettivamente l'aumento della temperatura degli oceani?

L'elevato calore specifico dell'acqua, insieme al grande volume di acqua oceanica, fa sì che, sebbene la quantità di calore assorbita dall'oceano a seguito dei cambiamenti climatici antropogenici sia molto elevata, l'aumento di temperatura sia molto più contenuto. A questo proposito, dal 1971 l'oceano si è riscaldato di 0,015°C per decennio nei 700 m della colonna d'acqua superficiale. Questo aumento di temperatura è dovuto al fatto che, essendo l'oceano a contatto con l'atmosfera, assorbe la maggior parte del calore accumulato nell'atmosfera in seguito all'emissione di gas serra, come abbiamo mostrato nella prima lezione pratica di questo manuale.

7. Ricerca sugli impatti ecologici dell'aumento della temperatura degli oceani.

Gli impatti dell'aumento della temperatura degli oceani sono molteplici e vari. Alcuni dei più rilevanti sono la stratificazione degli oceani, lo sbiancamento dei coralli, la comparsa di specie invasive provenienti da aree più calde o l'innalzamento del livello del mare dovuto all'espansione termica e, con esso, il conseguente aumento dell'erosione costiera.

1.4. PERCHÉ GLI URAGANI SI FORMANO NELLE REGIONI OCEANICHE VICINE ALL'EQUATORE E DI SOLITO NELLA STAGIONE CALDA?



Immagine 10: Uragano.

Introduzione

Nel corso del XXI secolo continua a crescere la preoccupazione che il riscaldamento degli oceani possa influenzare la frequenza e l'intensità degli uragani. Questo perché, in generale, gli uragani si formano quando l'acqua del mare è sufficientemente calda da generare una diminuzione della pressione e fornire l'energia necessaria per la formazione e il mantenimento di un evento ciclonico estremo.

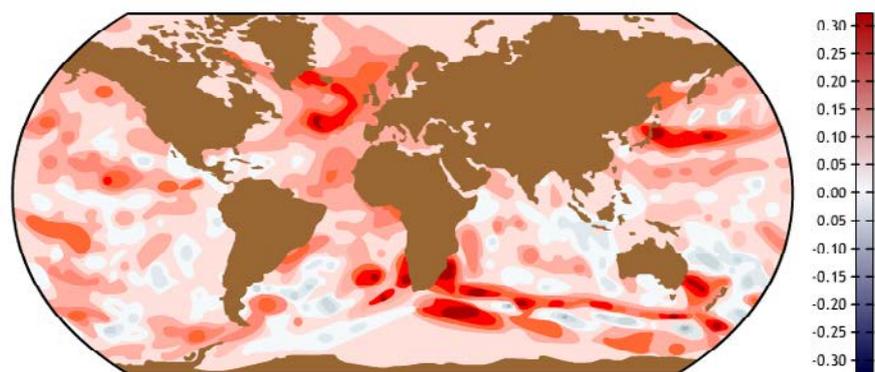


Immagine 11: Mappa del mondo con il riscaldamento degli oceani.

Con il riscaldamento degli oceani, la temperatura superficiale dell'acqua aumenta, fornendo più energia per alimentare la formazione di tempeste tropicali che possono raggiungere la dimensione di un uragano. Inoltre, il riscaldamento degli oceani può aumentare la quantità di vapore acqueo nell'aria, che può fornire più umidità per la formazione di tempeste. Entrambi i fattori possono aumentare la frequenza degli uragani e la loro intensità.

Inoltre, il riscaldamento degli oceani può aumentare la profondità dello strato di acqua calda, consentendo agli uragani di rimanere più forti e di durare più a lungo prima di indebolirsi. Questo può aumentare l'intensità degli uragani, rendendo più probabile che causino danni significativi nelle aree costiere.

Un uragano si forma dall'ammasso di tempeste tropicali vicine tra loro, con un diametro fino a 500 km, che, a causa dell'improvviso calo di pressione, generano rapide correnti di vento caldo e umido in aumento. La parte centrale, larga circa 40 km, rimane calma.

La temperatura dell'acqua marina in un'area in cui si origina un uragano è solitamente di almeno 27°C, raggiunta da una forte insolazione a latitudini vicine all'equatore, che genera un'intensa evaporazione in grado di produrre una forte convezione che genera rotazioni verso l'alto, seguendo l'accelerazione di Coriolis e la formazione di grandi nubi temporalesche di enorme sviluppo verticale. Allontanandosi dall'equatore, l'accelerazione di Coriolis aumenta e questo provoca un aumento dell'accelerazione angolare nella rotazione a spirale antioraria nell'emisfero settentrionale. Quando gli uragani arrivano al suolo, perdono il loro apporto di umidità e diventano tempeste tropicali.

Il riscaldamento degli oceani può avere un impatto significativo sulla frequenza e sull'intensità degli uragani ed è un fattore importante da tenere in considerazione quando si considera l'evoluzione futura del cambiamento climatico e i suoi effetti sulle comunità costiere vulnerabili.

Contenuti

- › Riscaldamento della superficie oceanica ed evaporazione
- › Diminuzione della pressione dovuta al riscaldamento e all'umidità e formazione di nubi convettive
- › Aumenta lo spin quando si allontana dall'equatore
- › Trasformazione degli uragani in tempeste tropicali al momento dell'atterraggio
- › Nomi diversi per la stessa realtà: tifoni, uragani e cicloni



Immagine 12: Uragano in Florida.

Obiettivi

1. Comprendere la formazione degli uragani e la loro relazione con il riscaldamento degli oceani.
2. Interpretare l'energia generata nella formazione e nell'avanzamento degli uragani.
3. Riflettere sui rischi potenziali di aumento dell'intensità e della frequenza degli uragani con l'aumento dei cambiamenti climatici.

Materiale richiesto

- › Due bottiglie trasparenti identiche
- › Acqua colorata
- › Nastro adesivo impermeabile per impieghi gravosi
- › Piccoli frammenti di sughero

Protocollo

1. Una delle bottiglie uguali viene riempita a metà, quindi si aggiungono coloranti e frammenti di sughero.
2. Le due bottiglie vengono unite con nastro adesivo in modo da essere collegate.
3. Le due bottiglie vengono rapidamente ruotate insieme, con il liquido che rimane in quella inferiore.
4. Viene capovolto in modo che il liquido rimanga in alto e si osserva il vortice dell'acqua che scende.



Immagine 13: Simulazione di un uragano.

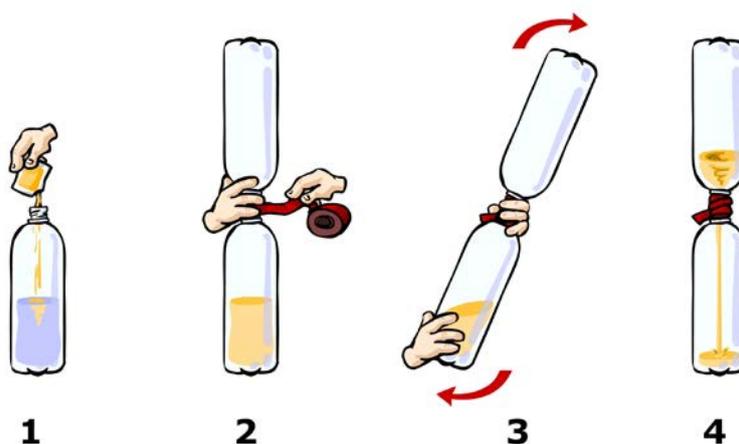


Immagine 14: Simulazione di un uragano..

Problemi

1. Da che parte gira l'acqua?
2. Da dove viene l'energia che lo fa girare?
3. In che modo questo giro d'aria è simile e diverso dal giro d'aria che segue il forte vento di un uragano?
4. Il senso di rotazione sarebbe lo stesso se ci trovassimo nell'altro emisfero?
5. Un uragano può colpire la Galizia? Se sì, da dove arriverebbe?
6. In che misura il cambiamento climatico può favorire un aumento della formazione di uragani in generale e l'arrivo di uragani in particolare?

Orientamenti e risposte (guida didattica per gli insegnanti)

1. Da che parte gira l'acqua?

Se ci troviamo nell'emisfero settentrionale, c'è una rotazione a spirale in senso antiorario, proprio come negli uragani.

2. Da dove viene l'energia che lo fa girare?

Essa deriva dall'accelerazione angolare generata dalla rotazione e dall'energia gravitazionale che guida la discesa dell'acqua colorata durante il giro delle bottiglie. L'accelerazione di Coriolis è coinvolta nell'orientamento della rotazione, poiché si trova a una latitudine intermedia tra l'equatore e il polo nord.

3. In che modo questo giro d'aria è simile e diverso dal giro d'aria che segue il forte vento di un uragano?

È simile per quanto riguarda la rotazione del liquido e si differenzia per il fatto che sposta l'acqua e lo fa grazie all'accelerazione di gravità in direzione verso il basso e non in direzione verso l'alto che trasporta l'aria dell'uragano a causa del gradiente di pressione.

4. Il senso di rotazione sarebbe lo stesso se ci trovassimo nell'altro emisfero?

Nell'altro emisfero il senso di rotazione sarebbe opposto perché la rotazione è dovuta all'accelerazione di Coriolis.

5. Un uragano può colpire la Galizia? Se sì, da dove arriverebbe?

Si stima che il cambiamento climatico possa aumentare la probabilità che gli uragani approdino in Galizia, poiché si prevede che un numero sempre maggiore di uragani colpisca la regione nel prossimo futuro.

La superficie dell'oceano è più calda e vi si accumula più energia. Se un uragano raggiunge la Galizia, è molto probabile che abbia origine nella zona intertropicale e l'aumento dell'accelerazione di Coriolis all'aumentare della latitudine ne faciliterà l'avanzata verso la costa galiziana.

6. In che misura il cambiamento climatico può favorire un aumento della formazione di uragani in generale e l'arrivo di uragani in particolare?

Come indicato nella risposta precedente, il cambiamento climatico porta a un continuo aumento del contenuto di calore delle acque superficiali, con conseguente stratificazione, soprattutto nella zona equatoriale, la regione a più alto rischio di uragani.

In questo senso, il riscaldamento della superficie oceanica è preoccupante in termini di genesi degli uragani, con l'aggravante che le aree intertropicali colpite sono solitamente molto esposte al turismo, oltre al fatto che le loro attività sono spesso svolte in strutture vulnerabili a questi eventi estremi e la popolazione turistica non è solitamente adeguata a fornire risposte adeguate.

1.5. PERCHÉ IL LIVELLO DEL MARE SI STA ALZANDO?



Immagine 15: Impatto dell'innalzamento del livello del mare sulla linea di costa.

Introduzione

L'innalzamento del livello del mare è uno degli impatti più evidenti del cambiamento climatico, poiché l'oceano funge da grande termometro del pianeta. L'entità del problema è tale che l'innalzamento del livello del mare continuerà per secoli anche se oggi dovessimo improvvisamente interrompere le emissioni di gas serra. Dal 1850, il livello del mare si è innalzato di circa 20-24 cm a livello globale e continua a salire a un ritmo sempre più elevato, anche se questo innalzamento non avviene in modo uniforme in tutte le zone costiere del mondo.

In questo workshop mostreremo quali sono i responsabili dell'innalzamento del livello del mare e quali, pur essendo profondamente radicati nell'immaginario collettivo, non lo sono.

Contenuti

- › Aumento del livello del mare
- › Espansione termica
- › Ghiaccio continentale
- › Ghiaccio galleggiante

Materiale richiesto

- › Ghiaccio
- › Due contenitori
- › Acqua
- › Rocce
- › Asciugatrice (opzionale)
- › Un becher
- › Fonte di calore



Immagine 16: Modello artico e antartico.

Protocollo

Prima parte della pratica:

1. Disegnate con un contenitore il modello artico (dove troviamo il ghiaccio galleggiante) e con un altro il modello antartico (dove troviamo il ghiaccio sul continente).
 - a. Per il modello artico, metteremo 3 cubetti di ghiaccio e aggiungeremo acqua senza riempire completamente il contenitore.
 - b. Per il modello antartico, metteremo delle rocce in una metà del contenitore (che simulerà il continente) e aggiungeremo acqua fino a raggiungere il livello del contenitore del modello artico. Infine, metteremo 3 cubetti di ghiaccio sopra il continente
2. Esporre entrambi i modelli al sole per farli sciogliere; il processo può essere accelerato con l'aiuto di un asciugacapelli.

3. Confrontate il livello dell'acqua dopo lo scioglimento del ghiaccio in entrambi i modelli.

Seconda parte della parte pratica:

1. Si misura un volume d'acqua in un cilindro di misurazione e lo si mette in uno scaldabagno senza farlo bollire, in modo che non ci sia una perdita significativa di materia per evaporazione.
2. Una volta caldo, viene rimesso nel cilindro di misurazione e si misura il nuovo livello, annotando la nuova misura.
3. Confrontate le due misure di volume e annotate le eventuali variazioni.

Problemi

1. Cosa succede in ciascuno dei modelli con l'aumento del livello del mare? Se ci sono differenze, a cosa sono dovute?
2. Se alcuni modelli non influenzano l'innalzamento del livello del mare, il loro scioglimento ha un impatto globale?
3. Cosa osservate nella seconda parte della pratica e come si collega alla pratica precedente?
4. Considerando entrambi i lati della pratica, quali sono i fattori responsabili dell'innalzamento del livello del mare?
5. Ricerca sui possibili impatti dell'innalzamento globale del livello del mare.

Orientamenti e risposte (guida didattica per gli insegnanti)

1. Cosa succede in ciascuno dei modelli con l'aumento del livello del mare? Se ci sono differenze, a cosa sono dovute?

Nel modello artico, poiché si tratta di ghiaccio galleggiante che occupa già un certo volume nell'acqua, non si verifica alcun aumento del livello del mare. Al contrario, nel modello antartico (analogo a quello della Groenlandia), si verifica un innalzamento del livello del mare. Questo perché si tratta di ghiaccio continentale che, sciogliendosi, occupa un volume supplementare all'interno del livello del mare che prima si trovava sopra il continente.

2. Se alcuni modelli non influenzano l'innalzamento del livello del mare, il loro scioglimento ha un impatto globale?

Lo scioglimento dei ghiacci galleggianti (modello artico) non contribuisce direttamente all'innalzamento del livello del mare, ma indirettamente, ad esempio riducendo l'effetto albedo, contribuendo all'aumento della temperatura globale e quindi anche all'espansione termica dell'acqua.

3. Cosa osservate nella seconda parte della pratica e come si collega alla pratica precedente?

Nella seconda parte del workshop viene evidenziato il secondo fattore responsabile dell'innalzamento del livello del mare: l'espansione termica, spesso dimenticata sia nell'immaginario collettivo sia in molti libri di testo. Quando il suo contenuto di calore aumenta, l'acqua aumenta di volume, contribuendo all'innalzamento del livello del mare. Ciò si ricollega a una pratica precedente in cui è stato dimostrato che l'oceano accumula oltre il 93% del calore derivante dai cambiamenti climatici antropogenici. Infatti, l'ultimo rapporto dell'IPCC stima in 1,15 mm/anno il contributo dell'espansione termica all'innalzamento del livello del mare, rispetto a quello dell'Antartide, stimato in 0,19 mm/anno. Questi aspetti sono approfonditi nel capitolo 2 di *"Climantopia: Il libro di testo scolastico"*.

4. Considerando entrambi i lati della pratica, quali sono i fattori responsabili dell'innalzamento del livello del mare?

Possiamo riassumere che i fattori che determinano l'innalzamento del livello del mare sono due: lo scioglimento dei ghiacci continentali e l'espansione termica dell'acqua.

5. Ricerca sui possibili impatti dell'innalzamento globale del livello del mare.

Gli impatti dell'innalzamento del livello del mare sono molteplici. Tra questi, l'aumento dell'erosione costiera, la perdita di terreni costieri, l'intensificazione della migrazione dei rifugiati climatici, l'aumento delle inondazioni fluviali e l'intrusione di acqua salata nelle falde acquifere costiere di acqua dolce.

Difficoltà di apprendimento comuni

Una delle principali idee alternative sull'innalzamento del livello del mare è quella di equiparare lo scioglimento del modello artico a quello antartico. Inoltre, una volta che gli studenti sono consapevoli della differenza tra i due, è fondamentale sottolineare che lo scioglimento dei ghiacci galleggianti ha anche gravi conseguenze planetarie, mettendole in relazione con la perdita di biodiversità e la riduzione dell'effetto albedo.

Un'altra difficoltà di apprendimento comune è quella di definire l'espansione termica come un altro motore dell'innalzamento del livello del mare, spesso indicato come il "fattore nascosto" dell'innalzamento del livello del mare. A questo scopo, la simulazione dell'espansione termica in un becher è una risorsa interessante per iniziare a fissare questa idea nei modelli mentali degli studenti sull'innalzamento del livello del mare.

1.6. PERCHÉ CI PREOCCUPIAMO TANTO DEL RISCALDAMENTO DEGLI OCEANI?

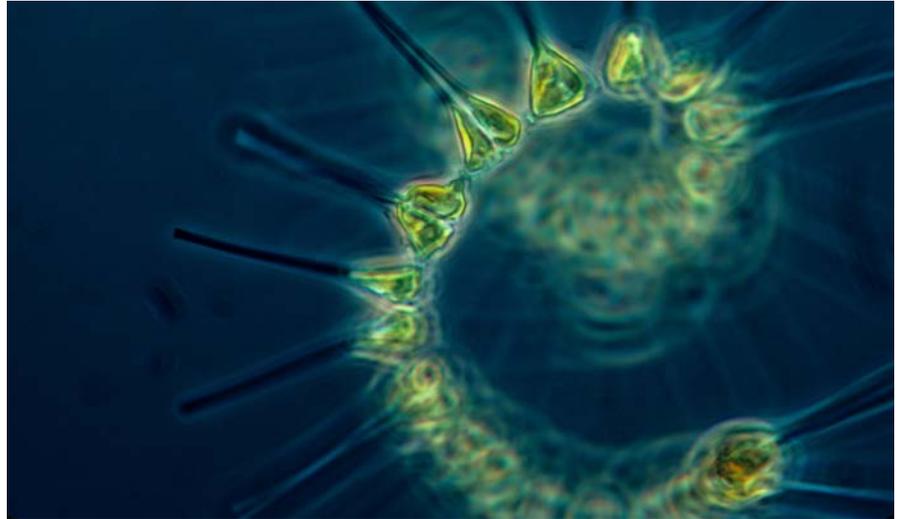


Immagine 17: Plancton.

Introduzione

La **produzione primaria** oceanica risiede principalmente nel **fitoplancton**: alghe fotosintetiche che si trovano nella parte superficiale della colonna d'acqua, dove hanno accesso alla luce solare necessaria per svolgere la **fotosintesi**. Si tratta di una componente fondamentale della rete alimentare marina, per cui piccoli impatti su di essa hanno una grande amplificazione in tutta la rete alimentare.

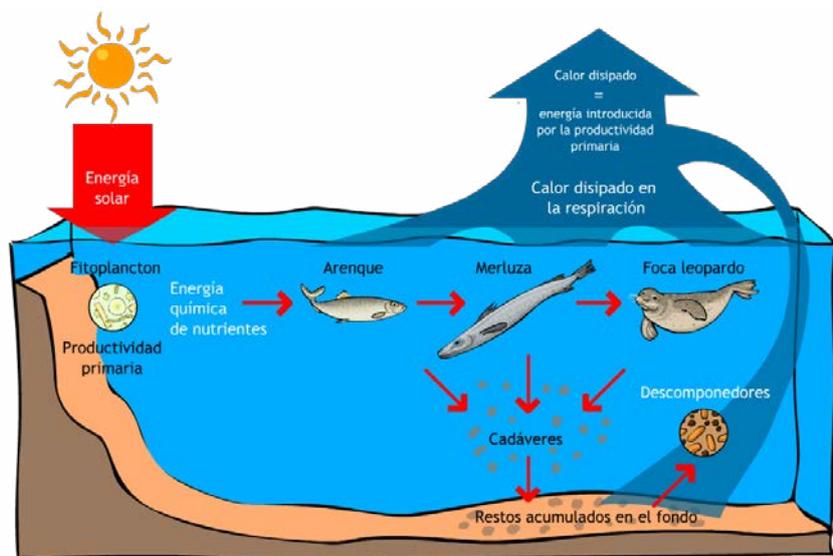


Immagine 18: Flusso energetico in un ecosistema marino.

Nel presente lavoro pratico studieremo l'effetto di un fenomeno descritto negli ultimi anni, noto come **stratificazione oceanica**, che influisce direttamente sul fitoplancton e ha quindi conseguenze globali. Questa stratificazione ostacola la risalita dei sali minerali dal fondo dell'oceano, che è il modo principale in cui il fitoplancton viene fertilizzato.

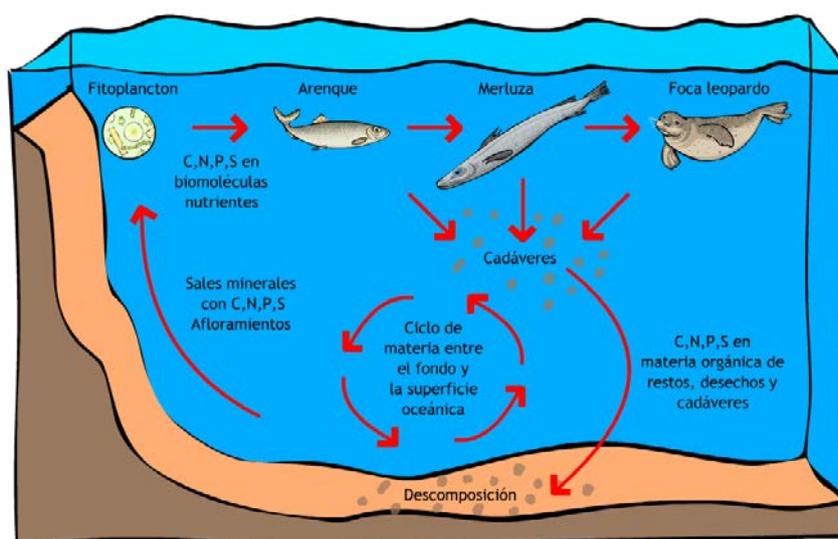


Immagine 19: Ciclo della materia in un ecosistema marino.

La stratificazione oceanica è dovuta principalmente a due fattori. In primo luogo, il **riscaldamento degli oceani**, che dalla rivoluzione industriale hanno immagazzinato oltre il 93% del calore derivante dai cambiamenti climatici. In secondo luogo, lo **scioglimento dei poli** come conseguenza dell'aumento globale della temperatura. In entrambi i casi si forma uno strato d'acqua superficiale meno denso di quello più profondo. Nel primo caso, questo strato superficiale è dovuto al riscaldamento delle acque superficiali, che ne riduce la densità. Nel secondo caso, è dovuto al fatto che l'acqua dolce proveniente dallo scioglimento dei ghiacci ha una densità inferiore a quella dell'acqua salata del mare. Questa minore densità dello strato superficiale rende più difficile il mescolamento con le acque più profonde.



Immagine 20: Scongellamento.

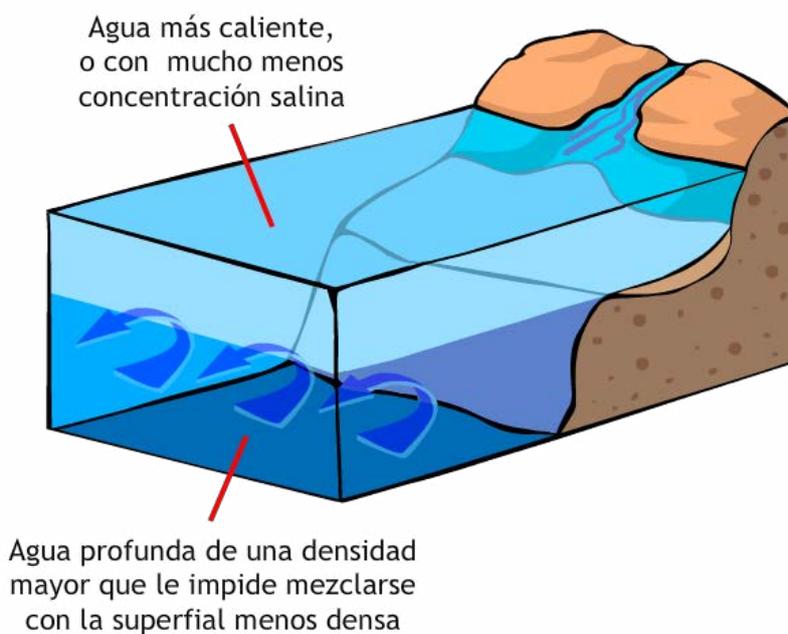


Immagine 21: Laminazione oceanica.

Questa incapacità costituisce una barriera per i sali minerali del fondo oceanico che raggiungono il plancton di superficie, in quanto vengono “ablati” dalla decomposizione dei cadaveri e dall’alterazione della roccia del fondo marino. Questa laminazione dell’acqua superficiale dell’oceano spiega il declino della produttività oceanica alle medie latitudini, poiché l’intero ecosistema dipende dalla produzione di fitoplancton, che diminuisce a causa della limitazione dei nutrienti. Un processo diverso si verifica alle latitudini polari, dove si prevede un leggero aumento della produttività a causa della stratificazione oceanica, poiché il fattore limitante è l’accesso alla luce, in quanto il fitoplancton è soggetto a correnti turbolente che lo trasportano in profondità.

Contenuti

- › Produzione primaria oceanica e fitoplancton
- › Riscaldamento e scongelamento della superficie
- › Stratificazione oceanica e impatto sul fitoplancton
- › Densità dell'acqua
- › Sicurezza alimentare

Obiettivi

1. Simulare la risalita di nutrienti inorganici dal fondo dell'oceano agli strati superficiali dove si trova il fitoplancton.
2. Simulare l'effetto di una variazione di densità nello strato superficiale su questa risalita.
3. Comprendere le conseguenze ecologiche e sociali della stratificazione oceanica.
4. Acquisire le conoscenze, le competenze e le metodologie necessarie per la diffusione di questo impatto al pubblico.

Materiale richiesto

- › 2 becher
- › Piccoli ritagli di cartone (1-2 cm)
- › Acqua
- › Olio
- › Piastra calda
- › Vernice acrilica blu e gialla
- › Contenitore rettangolare con struttura divisoria

Protocollo

Prima parte della pratica:

1. Riempire un becker con acqua fredda e uno con acqua calda.
2. Sciogliere la vernice blu nel becker contenente acqua fredda e la vernice gialla nel becker contenente acqua calda.
3. Aggiungere acqua calda in uno scomparto del serbatoio e acqua fredda nell'altro.
4. Verificare cosa succede quando la parete divisoria viene rimossa.

Seconda parte della parte pratica:

1. In un becker, aggiungete all'acqua i ritagli di cartone. Questi simuleranno i nutrienti inorganici presenti sul fondo dell'oceano (azoto, fosforo, ecc.).
2. Spingetele fino a farle depositare sul fondo.
3. Mettete il becher sulla piastra calda e osservate cosa succede ai nostri nutrienti inorganici.
4. Aggiungiamo uno strato di olio e vediamo cosa succede ai nostri nutrienti inorganici.

Problemi

Prima parte della pratica:

1. Cosa si osserva quando si rimuove il serbatoio dello splitter e perché ciò accade?
2. Cosa rappresenta nella realtà il movimento delle carte?

Seconda parte della parte pratica:

1. Come si relaziona questa seconda parte della pratica con la precedente e con la realtà?
2. ¿Qué representa el movimiento de las cartulinas en la realidad?
3. Cosa succede quando si aggiunge uno strato di petrolio e come influisce sulla produzione primaria oceanica?
4. Alle latitudini polari, il fitoplancton è soggetto a grandi correnti oceaniche che lo trasportano in aree più profonde. Come pensate che la stratificazione degli oceani influenzerà le aree polari?
5. In che modo la stratificazione oceanica può influenzare la concentrazione di ossigeno nell'oceano?
6. I cambiamenti nella produttività degli oceani interesseranno tutti i Paesi del mondo allo stesso modo? Ricercate sul web gli impatti sulla sicurezza alimentare.

Orientamenti e risposte (guida didattica per gli insegnanti)

Prima parte della pratica:

1. Cosa si osserva quando si rimuove il serbatoio dello splitter e perché ciò accade?

Quando la vasca divisoria viene rimossa, l'acqua calda (meno densa e di colore giallo) e l'acqua blu (più densa e di colore blu) entrano in contatto, in modo che l'acqua calda si trovi nella parte superiore della colonna d'acqua e l'acqua fredda in quella inferiore. Ciò è dovuto alla differenza di densità generata dalla differenza di temperatura, che genera una stratificazione.

2. Come pensa che questo fenomeno possa essere collegato al cambiamento climatico nella realtà?

Questo fenomeno di stratificazione avviene in realtà per due motivi principali. Alle medie latitudini, l'acqua di superficie è a contatto con l'atmosfera, quindi assorbe fino al 93% del calore derivante dai cambiamenti climatici, agendo come un importante cuscinetto termico. Tuttavia, questo calore non è distribuito uniformemente in tutta la colonna d'acqua; piuttosto, sono i 700 m superiori a essere riscaldati più intensamente. Questo fa sì che gli strati superficiali dell'oceano diventino meno densi, rendendo più difficile il mescolamento con gli strati inferiori, più freddi e densi. Si verifica la stratificazione termica.

Alle latitudini polari, a causa dello scioglimento delle calotte glaciali, l'acqua dolce entra nell'oceano. Quest'acqua dolce è meno densa, per cui si verifica una stratificazione salina.

Seconda parte della parte pratica:

1. Come si relaziona questa seconda parte della pratica con la precedente e con la realtà?

Il petrolio, in realtà, rappresenterebbe lo strato d'acqua superiore (meno denso) e l'acqua lo strato inferiore (più denso). Alle medie latitudini, il petrolio rappresenterebbe quindi gli strati d'acqua con un maggiore contenuto di calore. Alle latitudini polari, il petrolio rappresenterebbe gli strati superiori di acqua dolce proveniente dallo scioglimento dei ghiacci.

2. Cosa rappresenta nella realtà il movimento delle carte?

Rappresentano la risalita di nutrienti inorganici dal fondo dell'oceano agli strati d'acqua superficiali, dove si trova il fitoplancton che ha bisogno di accesso alla luce per svolgere la fotosintesi e di questi nutrienti inorganici.

3. Cosa succede quando si aggiunge uno strato di petrolio e come influisce sulla produzione primaria oceanica?

Aggiungendo lo strato di petrolio si genera una stratificazione molto intensa che impedisce ai nutrienti di arrivare in superficie. Questo è direttamente collegato a ciò che accade alle medie latitudini e alle latitudini tropicali. La stratificazione termica generata riduce la risalita dei nutrienti inorganici verso gli strati superficiali dove si trova il fitoplancton, riducendo così la produttività primaria oceanica.

In questo modo, il declino della rete alimentare viene trasferito e amplificato lungo la rete alimentare. Questo fenomeno si osserva già oggi e si prevede che si intensificherà nei prossimi decenni.

4. **Alle latitudini polari, il fitoplancton è soggetto a grandi correnti oceaniche che lo trasportano in aree più profonde. Come pensate che la stratificazione degli oceani influenzerà le aree polari?**

Alle latitudini polari si prevede l'impatto opposto. Poiché il fitoplancton è soggetto a grandi correnti turbolente che lo trasportano in zone profonde, si prevede che, a causa della stratificazione salina generata, resterà più a lungo in superficie, aumentando così leggermente la produttività primaria in quest'area.

5. **In che modo la stratificazione oceanica può influenzare la concentrazione di ossigeno nell'oceano?**

La stratificazione è legata alla deossigenazione oceanica: la diminuzione del rimescolamento degli strati superficiali e profondi riduce la capacità di questo gas di accedere alle zone profonde, portando a condizioni di ipossia e anossia.

6. **I cambiamenti nella produttività degli oceani interesseranno tutti i Paesi del mondo allo stesso modo? Ricercate sul web gli impatti sulla sicurezza alimentare.**

No. Uno studio di Barange et al. (2014) ha dimostrato che le aree con una maggiore dipendenza dalla pesca nella loro dieta dovrebbero vedere una diminuzione delle loro potenziali catture di pesce. Al contrario, altre aree con una dipendenza dalla pesca molto più bassa nella loro dieta vedranno le loro catture aumentare leggermente. Si prevede quindi che la sicurezza alimentare di molti Paesi sarà messa a rischio, contribuendo a creare un mondo più diseguale.

1.7. PERCHÉ L'OCEANO SI STA ACIDIFICANDO?



Immagine 22: Organismi calcarei.

Introduzione

L'assorbimento di CO_2 da parte degli oceani rappresenta un modo importante per ridurre la concentrazione atmosferica, ma questo accumulo di CO_2 ha un'importante conseguenza: l'acidificazione degli oceani. Dal 1980, secondo i dati pubblicati nel rapporto IPCC sugli oceani e la criosfera, si stima che il 20-30% delle emissioni globali di CO_2 sia stato assorbito dall'oceano.

L'accumulo e la riorganizzazione di questa CO_2 nell'acqua di mare provoca una diminuzione del pH e del livello di saturazione del carbonato di calcio. Si stima che dal 1980 l'oceano abbia perso da 0,017 a 0,027 unità di pH per decennio. L'oceano ha un pH medio di 8,1. Pertanto, il termine acidificazione non implica che l'oceano stia diventando acido, ma piuttosto che stia diventando meno basico. Come vedremo in questo workshop, ciò ha conseguenze importanti, soprattutto per gli organismi calcarei.

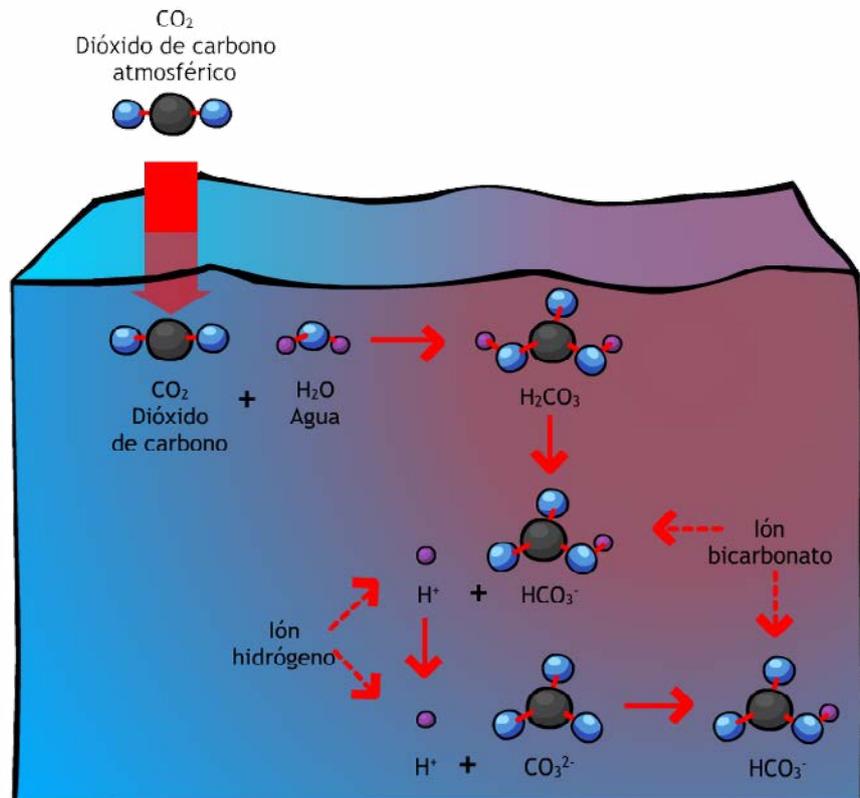


Immagine 23: Reazioni di acidificazione nell'oceano.

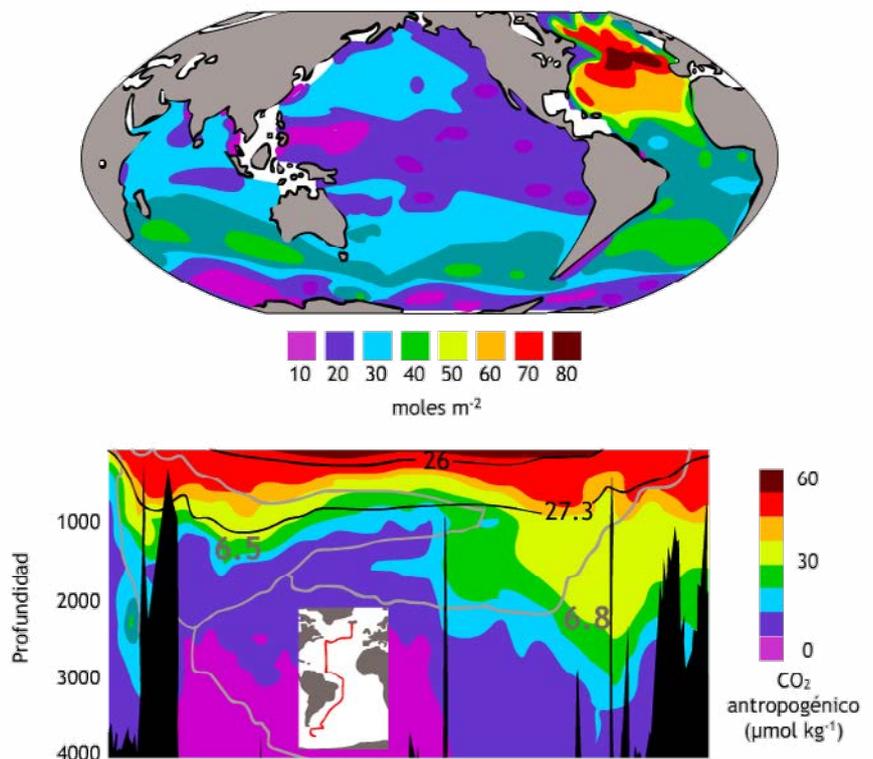


Immagine 24: Concentrazione di CO₂ nell'oceano.

Contenuti

- › pH
- › Acidificazione degli oceani
- › Calcificazione
- › Equilibrio acido-base

Obiettivi

1. Simulare e comprendere il processo di acidificazione degli oceani.
2. Mettere in relazione il processo di acidificazione degli oceani con le emissioni antropiche di anidride carbonica.
3. Ragionare su come il riscaldamento degli oceani influisce sulla velocità della reazione di dissoluzione dell'anidride carbonica nell'acqua di mare.
4. Comprendere gli impatti ecologici dell'acidificazione degli oceani.

Materiale richiesto

- › L'aceto
- › Bicarbonato di sodio
- › Una bottiglia di plastica
- › Un imbuto
- › Un pallone
- › Un becher
- › Liquido di misurazione del pH
- › Acqua
- › Un tubo di plastica o, in mancanza di questo, una cannucia
- › Bicchiere
- › Acido cloridrico (o altro acido al suo posto), camice, guanti e occhiali di protezione
- › Fonte di calore
- › Conchiglie

Protocollo

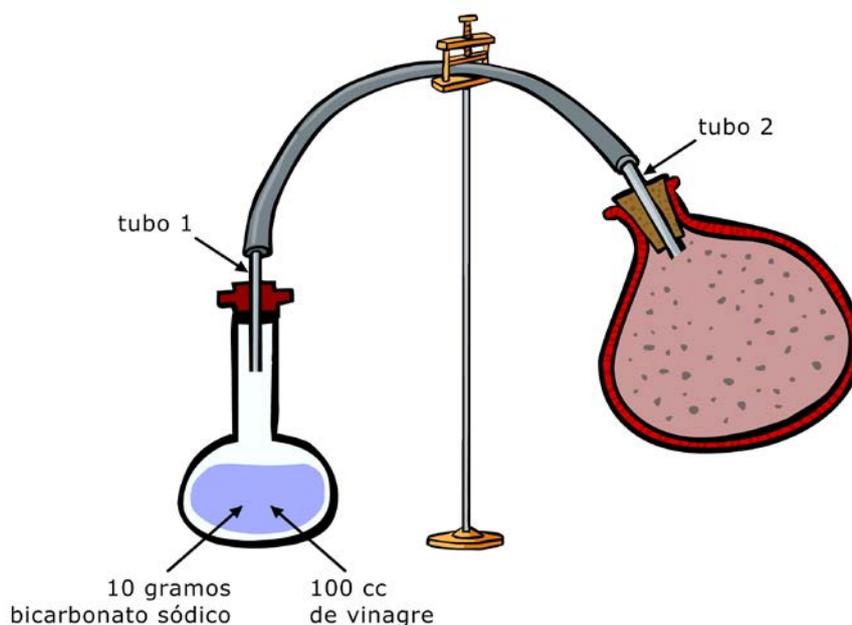


Immagine 25: Infografica della reazione tra aceto e bicarbonato.

Prima parte della pratica – ottenere il CO₂:

1. Inserire la bocca del palloncino nell'imbuto.
2. Aggiungere il bicarbonato di sodio.
3. Aggiungete mezzo bicchiere di aceto nella bottiglia.
4. Posizionare l'imboccatura del palloncino nell'imboccatura della bottiglia senza far cadere ancora il bicarbonato.
5. Tenendo il palloncino ben saldo alla bottiglia, lasciate cadere il bicarbonato sull'aceto, in modo che avvenga la seguente reazione chimica e l'anidride carbonica venga immagazzinata nel palloncino:



Seconda parte della pratica – dissoluzione del CO₂:

1. In un becker con acqua, aggiungere il liquido di misurazione del pH.
2. Con l'aiuto di un tubo di plastica, iniettare nell'acqua il CO₂ ottenuto in precedenza, osservando cosa succede alla colorazione fornita dal liquido di misurazione del pH.
3. Interpretare il risultato.

Tercera parte della pratica – effetto dell’aumento di temperatura:

1. Scioglieremo un guscio di un organismo calcareo nell’acido cloridrico per osservare, in una situazione estrema, l’effetto di un mezzo acido su di esso.
2. Poi, dopo aver macinato un’altra conchiglia, la scioglieremo di nuovo, ma questa volta aumentando progressivamente la temperatura, osservando l’aumento delle bolle e cercando di trarre conclusioni sull’effetto dell’aumento della temperatura dell’oceano sul processo che stiamo studiando.

Problemi

1. Quale reazione chimica avviene nella seconda parte della pratica?
2. Che cosa succede al pH dell’acqua e che rapporto ha con le emissioni di gas serra?
3. Come influisce il riscaldamento degli oceani su questa reazione?
4. Quali sono le conseguenze per gli organismi marini?

Orientamenti e risposte (guida didattica per gli insegnanti)

1. Quale reazione chimica avviene nella seconda parte della pratica?

Nella seconda parte avviene la seguente reazione, dove, come si può notare, si verifica un aumento della concentrazione di $[H^+]$ e, con essa, una diminuzione del pH:



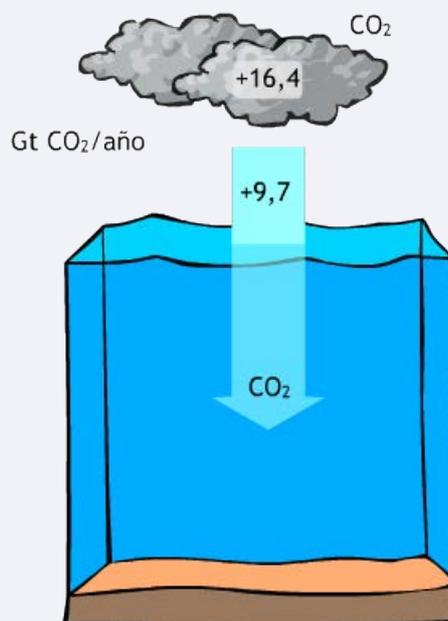


Immagine 26: Acidificazione dell'atmosfera e degli oceani.

2. Che cosa succede al pH dell'acqua e che rapporto ha con le emissioni di gas serra?

Come mostra il cambiamento di colore del pH-metro, si verifica una diminuzione del pH dell'acqua. Questo rappresenta il fenomeno che si verifica nella realtà dell'acidificazione degli oceani, dove la dissoluzione della CO₂ antropogenica ha portato a una diminuzione dal 1980 da 0,017 a 0,027 unità di pH per decennio. Per valutare l'entità di questo cambiamento, è importante tenere presente che si tratta di unità definite su scala logaritmica.

3. Come influisce il riscaldamento degli oceani su questa reazione?

Come si può vedere nella terza parte della pratica, l'aumento della temperatura dell'acqua aumenta la velocità di reazione.

4. Quali sono le conseguenze per gli organismi marini?

Le conseguenze per gli organismi marini di un abbassamento del pH sono molteplici. Sebbene alcuni organismi possano trarre beneficio da questo processo, come alcune alghe, la maggior parte delle conseguenze sarà devastante per più organismi:

- › Impatto sugli organismi marini: l'acidificazione degli oceani può avere effetti negativi soprattutto sugli organismi che formano strutture calcaree come i coralli, i molluschi (come vongole, cozze e lumache marine) e gli organismi planctonici dotati di conchiglia, come gli pteropodi e gli uccelli marini foraminiferi. L'acidificazione degli oceani ostacola la formazio-

ne e il mantenimento delle loro strutture calcaree, mettendo a rischio la loro sopravvivenza e rendendoli più vulnerabili ai potenziali predatori.

- › Effetti sulle barriere coralline: Le barriere coralline sono ecosistemi molto sensibili all'acidificazione degli oceani. La diminuzione del pH dell'acqua può ostacolare la formazione dello scheletro dei coralli, influenzandone la crescita e la resistenza, ma può anche intensificare i processi di sbiancamento.
- › Perdita di biodiversità: L'acidificazione degli oceani contribuirà alla perdita di biodiversità marina. Gli organismi marini più sensibili all'acidità dell'acqua potrebbero subire cali di popolazione o addirittura estinzioni locali, soprattutto le specie stenotiche.

1.8. CAMBIAMENTI CLIMATICI ED EROSIONE DEL SUOLO



Immagine 27: Terreno nudo.

Introduzione

Il ‘Rapporto speciale dell’IPCC sui cambiamenti climatici, la desertificazione, il degrado del suolo, la gestione sostenibile del territorio, la sicurezza alimentare e i flussi di gas serra negli ecosistemi terrestri’ sottolinea che i cambiamenti climatici sono il principale motore dell’erosione del suolo, con conseguente perdita significativa della sua produttività.

Questa pratica mira a dimostrare il ruolo della vegetazione nella prevenzione dell’erosione del suolo e quindi l’importanza di pratiche responsabili di prevenzione dell’erosione del suolo.

Contenuti

- › Erosione del suolo
- › Deflusso

Obiettivi

1. Comprendere il processo di erosione del suolo.
2. Valorizzare il ruolo della vegetazione nella prevenzione dell’erosione del suolo.

Materiale richiesto

- › 4 bottiglie di plastica
- › Terra
- › Cucciolata
- › Acqua
- › Taglierina
- › Filo

Protocollo

1. Posizionare le due bottiglie da 1,5 L all'estremità del tavolo e tagliare un rettangolo su di esse.
2. Riempire le due bottiglie con il terriccio.
3. Tagliare due bottiglie a metà. Con un filo di ferro, appendete la metà inferiore della bottiglia all'imboccatura della bottiglia tagliata al punto 1 (che dovrebbe trovarsi all'estremità del tavolo) come calderone.
4. Aggiungete al terriccio di una delle bottiglie abbondante lettiera di foglie.
5. Innaffiare entrambe le bottiglie con acqua che simuli l'acqua piovana. Aspettate che si infiltri nel terreno e raccogliete il percolato nelle bottigliette per confrontare il risultato.

Problemi

1. Quali conclusioni si possono trarre dalla pratica per quanto riguarda l'erosione e la presenza o l'assenza di vegetazione?
2. In che modo i cambiamenti climatici possono influenzare l'erosione del suolo?
3. Quali altre misure possono essere proposte per ridurre l'erosione del suolo?

Orientamenti e risposte (guida didattica per gli insegnanti)

1. Quali conclusioni si possono trarre dalla pratica per quanto riguarda l'erosione e la presenza o l'assenza di vegetazione?

I risultati ottenuti mostrano come la presenza di vegetazione agisca come agente protettivo contro l'erosione dell'acqua.

2. In che modo i cambiamenti climatici possono influenzare l'erosione del suolo?

I cambiamenti climatici e l'erosione del suolo sono strettamente correlati sotto diversi aspetti:

- › Aumento degli eventi meteorologici estremi: Il cambiamento climatico è associato a un aumento della frequenza e dell'intensità di eventi meteorologici estremi, come le forti precipitazioni, che trasportano sedimenti e causano l'erosione delle acque.
- › Cambiamenti nell'andamento delle precipitazioni: Siccità prolungate possono aumentare la vulnerabilità del suolo all'erosione eolica.
- › Degrado della vegetazione e perdita della copertura vegetale: L'aumento delle temperature e la mancanza di precipitazioni possono contribuire alla perdita della copertura vegetale e quindi all'intensificazione dell'erosione.

3. Quali altre misure possono essere proposte per ridurre l'erosione del suolo?

Altre misure possono includere la conservazione delle aree di vegetazione naturale, l'uso di terrazze a gradoni nelle aree di coltivazione con pendii ripidi, o la costruzione di canali di drenaggio e dighe per deviare e controllare il flusso dell'acqua, evitando ruscellamenti e deflussi eccessivi.

1.9. COS'È LA PIOGGIA ACIDA?



Immagine 28: Centrale elettrica.

Introduzione

Le piogge acide sono un importante problema ambientale locale ma diffuso a livello globale. Si producono come conseguenza dell'emissione di ossidi di zolfo e di azoto durante la combustione di combustibili fossili, anche se alcuni di essi possono avere origine naturale, come quelli provenienti dalle eruzioni vulcaniche. Nell'atmosfera, quando reagiscono con l'acqua, danno luogo alla formazione di composti acidi, come vedremo in questa pratica, che hanno importanti conseguenze ecologiche locali sull'ecosistema e anche sul patrimonio.

Contenuti

- › Pioggia acida
- › Ossidi di zolfo e di azoto
- › Reazioni chimiche

Obiettivi

1. Comprendere il fenomeno delle piogge acide.
2. Spiegare il loro impatto sull'ecosistema.
3. Stabilire i punti in comune tra l'origine del cambiamento climatico e le piogge acide.
4. Comprendere le piogge acide come fenomeno locale a distribuzione globale.

Materiale richiesto

- › Acido nitrico
- › Acqua
- › 2 campioni con lenticchie germogliate

Protocollo

1. Diluire l'acido nitrico con acqua (una parte di acido per tre parti di acqua).
2. Etichettare i due campioni di lenticchie germogliate come gruppo di controllo e caso 1.
3. Irrigare il gruppo di controllo con acqua e il caso 1 con la soluzione di acido nitrico preparata.
4. Confrontate i risultati.

Problemi

1. In base ai risultati ottenuti, che impatto hanno le piogge acide sulla vegetazione? Ha qualche relazione con la pratica dell'erosione?
2. Quali reazioni chimiche avvengono durante la formazione delle piogge acide?
3. Le piogge acide sono legate al cambiamento climatico?

Orientamenti e risposte (guida didattica per gli insegnanti)

1. In base ai risultati ottenuti, che impatto hanno le piogge acide sulla vegetazione? Ha qualche relazione con la pratica dell'erosione?

Le piogge acide provocano forti impatti sulla vegetazione, tra cui danni diretti alle foglie e ad altri tessuti vegetali, nonché un'intensa lisciviazione di importanti sostanze nutritive presenti nel suolo (calcio, magnesio, sodio, potassio), che ostacola lo sviluppo della vegetazione.

Inoltre, con la diminuzione del pH del suolo, l'alluminio (finora insolubile e immagazzinato nelle rocce, nei sedimenti e nel complesso di scambio cationico del suolo) diventa solubile e tossico per animali e piante.

Al diminuire della copertura vegetale, aumenta la percentuale di suolo nudo, facilitando e intensificando i processi di erosione visti nella pratica precedente.



Immagine 29: Piante e piogge acide.

2. Quali reazioni chimiche avvengono durante la formazione delle piogge acide?



3. Le piogge acide sono legate al cambiamento climatico?

La relazione tra cambiamenti climatici e piogge acide è complessa e sfaccettata. Sebbene il cambiamento climatico non sia la causa diretta delle piogge acide, c'è un punto di origine comune: sia l'emissione di gas serra sia l'emissione degli ossidi di azoto e di zolfo che causano le piogge acide hanno origine dalla combustione di combustibili fossili come il carbone o i derivati del petrolio. È importante scartare l'idea alternativa che lega le piogge acide ai cambiamenti climatici, ma è interessante notare il punto di convergenza dei due processi in termini di origine.

2.1. PIANO STRATEGICO PER LO SVILUPPO DI QUESTE PRATICHE LABORATORIO IN CONTESTI TURISTICI DI AZIONE CITTADINA



Immagine 30: Stage a Lisbona.

Questo tipo di pratica può essere facilmente portata in contesti di azione cittadina in contesti turistici, approfittando delle giornate scolastiche in cui i turisti si riuniscono in aree vicine alle città scolastiche che applicano le metodologie di questo progetto. Ciò avviene solitamente in prossimità della Pasqua e/ o di feste popolari di interesse turistico.

È interessante che le comunità educative scolastiche siano coordinate con gli organizzatori di eventi di interesse turistico, come le celebrazioni gastronomiche o le feste popolari, in modo che queste attività possano essere incluse nei programmi delle feste e possano ricevere un sostegno finanziario dall'organizzazione per la loro realizzazione. Le scolaresche dovrebbero essere formate in anticipo seguendo le linee guida metodologiche di questa guida e approfondendo lo sviluppo curricolare attraverso l'e-book scolastico "*Climantopía: il libro di testo scolastico*".

Il supporto richiesto agli organizzatori sarà costituito da role up con infografiche e supporto logistico di base come acqua, ghiaccio o tavoli per progettare gli stand. Si cercherà il supporto di enti di ricerca scientifica per realizzare lo sviluppo dei Kit, il cui sviluppo è illustrato in questa guida seguendo i modelli sviluppati dal partner Fábrica, Centro Ciência Viva dell'Università di Aveiro.

A tal fine, gli stand possono essere adattati al contesto locale cercando, attraverso i contenuti trattati in questa guida, di fornire risposte a domande quali:

CAPITOLO 2: COMO SI POSSONO PORTARE QUESTE PRATICHE NEI CONTESTI TURISTICI DI AZIONE DEI CITTADINI?

- › Quali soluzioni al cambiamento climatico si possono trovare nel contesto educativo?
- › Come possiamo promuovere il turismo sostenibile nei nostri territori?
- › Qual è la biodiversità più rilevante nei nostri territori? È a rischio?
- › Perché qui il livello del mare si sta alzando mentre altrove i ghiacci si stanno sciogliendo?
- › Perché l'oceano si sta acidificando e come influisce sui nostri molluschi?
- › Perché ci sono sempre più ondate di calore?
- › Può formarsi un uragano qui?
- › Cosa sta accadendo alle nostre piante costiere, come ci riguarda e cosa può fare il turismo per aiutarci?

Ad esempio, si possono proporre campagne per incoraggiare i turisti a calcolare la perdita di spiagge in base all'innalzamento annuale del livello del mare previsto nelle regioni turistiche che visitano. Allo stesso tempo, saranno incoraggiati a progettare misure per migliorare il litorale, come campagne di sensibilizzazione e di pulizia delle coste.

Una volta definiti i contenuti su cui lavorare nell'ambito turistico, è necessario selezionare la **piazza della città** che è un **punto di riferimento** per i turisti. Tenendo conto delle sue caratteristiche, si chiederanno agli architetti comunali idee per allestire stand con le risorse disponibili e si sceglierà la tipologia di tensostrutture più adatta. Si cercheranno anche sponsor per generare un sistema di banner che rendano visibile il logo del progetto, seguendo l'esperienza del progetto Oceántica del Campus do Mar.



Immagine 31: Campus do mar – Secondo giorno.

CAPITOLO 2: COMO SI POSSONO PORTARE QUESTE PRATICHE NEI CONTESTI TURISTICI DI AZIONE DEI CITTADINI?



Il montaggio sarà sviluppato in modo tale da essere ripreso nella proiezione del film EDUCINEMA Clima Tour Action. L'obiettivo sarà quello di coinvolgere le scuole nello sviluppo di cineforum sul film "*Climantopia Cinema*" utilizzando materiale scolastico. Oltre ad essere preparati per il cineforum, gli alunni saranno anche formati per svolgere le pratiche di laboratorio e le simulazioni contenute in questo materiale. I comuni potranno anche chiedere il supporto delle loro scuole di musica e di teatro per rafforzare le scuole secondarie nella sfida di mettere in scena la versione teatrale musicale da cui deriva il film.

2.2. STAMPA DI ILLUSTRAZIONI GENERALI E CREAZIONE DI ALTRI LOCALI ADIBITI A STAND

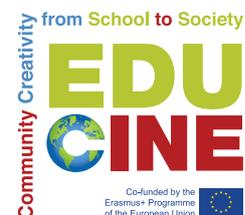
Gli studenti che fungono da divulgatori dovrebbero avere a disposizione illustrazioni a forma di mappa, possibilmente con macchine di accompagnamento, dei processi simulati nella pratica. In questo modo possono spiegare le motivazioni della pratica, indicando ad esempio dove avviene il processo che stanno spiegando nella dimostrazione, senza dover spostare l'attenzione dell'ascoltatore. Per utilizzare questo tipo di illustrazione in una fiera scientifica, si possono seguire i seguenti passi:

1. Posizionare un panno o una tovaglia sul tavolo per proteggerlo da eventuali danni.
2. Disporre le illustrazioni sul tavolo in modo che siano facilmente visibili ai visitatori mentre assistono alla dimostrazione o alla pratica di laboratorio, in modo che siano nello stesso campo visivo.
3. Stampare le illustrazioni su cartoncino plastificato in modo che possano essere sollevate e spostate senza subire danni.
4. Aggiungete etichette o descrizioni per aiutare i visitatori a comprendere meglio le illustrazioni.
5. Disponete di un sistema di post-it per registrare le idee sorprendenti e preziose dei visitatori.



Immagine 32: Campus do mar – Stand del mappamondo.

CAPITOLO 2: COMO SI POSSONO PORTARE QUESTE PRATICHE NEI CONTESTI TURISTICI DI AZIONE DEI CITTADINI?



Per creare dei roll-up per gli stand delle fiere scientifiche, si possono seguire i seguenti passaggi:

1. Creare un progetto di roll-up con le illustrazioni e le informazioni da mostrare, prendendo come riferimento le infografiche presenti in questo materiale e nell'ebook "*Climántopía, il libro di testo della scuola*".
2. Inviare il progetto elaborato dai tecnici comunali, dai dipartimenti artistici delle scuole secondarie e/ o dalle società di design a un'azienda specializzata nella stampa in rotolo per la stampa.
3. Selezionare supporti robusti per i roll-up in grado di sfruttare questa risorsa su spiagge, piazze e diverse attrazioni turistiche del comune.
4. Posizionare il roll-up in un luogo visibile e strategico all'interno dello stand, in modo che i visitatori possano vederlo facilmente, e sviluppare le informazioni in modo molto intuitivo, in modo che lo studente comunicatore non debba voltare a lungo le spalle al pubblico a cui sta spiegando.

2.3. ORGANIZZAZIONE DEL MATERIALE PER MICROSCOPIA, OTTICA, SIMULAZIONE E PRESENTAZIONE DI CAMPIONI NEGLI STAND



Immagine 33: Campus do mar – Stand per microscopia.

È necessario realizzare un allestimento coerente e logico, in modo che i visitatori possano comprendere chiaramente le informazioni presentate. È inoltre importante che il personale dello stand sia disponibile a rispondere alle domande dei visitatori e a gestire le risorse, lasciandole nella loro organizzazione logica e coerente, assicurando e motivando il visitatore a interagire con il materiale.

L'organizzazione di materiale di microscopia, ottica, simulazione e presentazione di campioni negli stand di citizen science è fondamentale per attirare l'attenzione dei visitatori e trasmettere informazioni in modo efficace, coinvolgendoli in processi che permettano loro di parlare di scienza mentre fanno scienza, utilizzando gli strumenti specifici della disciplina di cui si occupano. Per sfruttare al meglio questo tipo di strumenti e risorse negli stand di attrazione turistica, è necessario tenere conto di questi criteri nell'organizzazione del materiale presente nello stand:

- 1. Microscopi e lenti binoculari:** I microscopi e le lenti binoculari devono essere posizionati in modo che gli oculari siano all'altezza degli occhi dei visitatori. Durante gli orari di visita deve essere assicurata un'illuminazione adeguata per consentire essere in grado di osservare correttamente i campioni. Il microscopio deve avere

istruzioni chiare per l'uso. A tale scopo, è possibile posizionare un computer con un breve video dimostrativo con le chiavi d'uso. Alla fine, lo studente dimostratore mostrerà gli aspetti più rilevanti che sono stati visualizzati, dando la possibilità di rivederlo se qualcosa è sfuggito.

2. Simulazione: se possibile, nello sviluppo di processi di simulazione o nell'uso di modelli nello stand, si dovrebbe usare un grande schermo o un proiettore per mostrare le simulazioni in azione. Una volta terminata la simulazione, questo schermo fornirà informazioni su come sono state create le simulazioni e sul loro rapporto con la ricerca scientifica, fungendo da ponte con i modelli scientifici.
3. Esposizione dei campioni: Se i campioni sono esposti nello stand, possono essere collocati con cartellini ed etichette plastificate che forniscano informazioni sui campioni e sul loro rapporto con la ricerca scientifica. I campioni devono essere stabili e ben protetti dalla luce e dall'umidità.

2.4. STRATEGIE PER LA PARTECIPAZIONE DI DIVERSE GENERAZIONI



Immagine 34: Accesso differenziato.

Per avvicinare gli stand della citizen science alle diverse generazioni, è necessario utilizzare strategie diverse a seconda del pubblico di riferimento, compreso l'accesso ai bambini e alle persone a mobilità ridotta. Alcune strategie generali che possono essere utilizzate sono le seguenti:

- 1. Utilizzare un linguaggio chiaro e semplice:** è importante che le informazioni presentate negli stand siano comprensibili per tutte le età. È necessario evitare l'uso di gergo scientifico o di termini troppo tecnici.
- 2. Utilizzare attività interattive:** le attività interattive facilitano il coinvolgimento di persone di diverse generazioni nelle attività di citizen science. Per questo motivo, le attività presenti negli stand sono simulazioni interattive, esperimenti e altre attività pratiche, in modo che i visitatori possano imparare in modo divertente e possano partecipare allo sviluppo delle attività, sia a livello manipolativo che in termini di riflessione e argomentazione.
- 3. Adattare i contenuti, le attività e le risorse alle diverse fasce d'età:** i bambini più piccoli possono essere più interessati alle attività ludiche, mentre gli adulti possono preferire attività più incentrate sulla formazione e sull'acquisizione della cultura scientifica.

- 4. Fornire informazioni pertinenti:** è importante che le informazioni presentate negli stand siano pertinenti e abbiano un impatto sulla vita quotidiana delle persone. Questo può essere particolarmente importante per gli adulti più anziani, che possono essere più interessati a questioni di salute o benessere.
- 5. Le sfide devono essere pianificate e provate per facilitare l'interazione con i visitatori e per far sì che i turisti possano esprimere la rilevanza di questi contenuti nei loro ambienti di vita, professionali e quotidiani:** è interesse del personale dello stand interagire con i visitatori e rispondere alle loro domande, ma anche osare restituire le domande quando rispondono a quelle che pongono, cercando in questo ritorno che il turista porti allo stand una nuova esperienza. Le domande sono particolarmente importanti per i bambini, che sono molto curiosi, spontanei, attivi e hanno bisogno di una guida efficace per comprendere i concetti scientifici. Le domande sono particolarmente importanti per i bambini, che sono molto curiosi, spontanei, attivi e hanno bisogno di una guida efficace per comprendere i concetti scientifici.

2.5. CREAZIONE DI PROGETTI PER I KIT DI PRATICA DELLO STAND

Creare progetti per i kit di prova per le fiere scientifiche può essere un processo creativo e impegnativo. Di seguito sono riportati alcuni passaggi generali che possono essere seguiti per creare un kit pratico per una fiera della scienza:

1. Una volta identificati gli argomenti, progettati gli obiettivi di apprendimento e selezionate le attività pratiche, i materiali devono essere illustrati.
2. Nei casi necessari, come nella pratica della stratificazione oceanica, si dovrebbe stabilire un progetto di kit da portare a un vetrario per sviluppare il materiale per realizzare questa attività di simulazione. In questo caso particolare, si dovrebbe realizzare un disegno fotografico della vasca necessaria per la stratificazione, con i materiali necessari come espresso in questo esempio di vasca. Questo può includere materiali da costruzione, strumenti, attrezzature, istruzioni e qualsiasi altro elemento necessario per realizzare le pratiche.



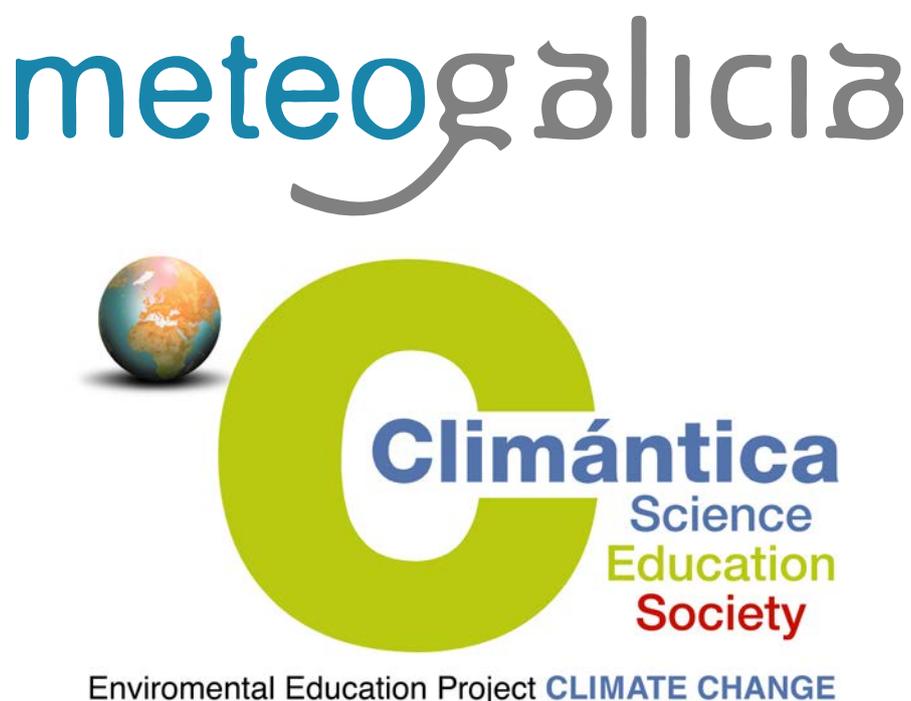
Immagine 35: Campus do mar – Stratificazione dell’oceano.

3.1. ESEMPI DI PROGETTI DI CITIZEN SCIENCE

Gli esempi forniti in questo e-book di progetti di buone pratiche che coinvolgono gli studenti nella formazione di altri studenti sono quelli che sono stati presi come ispirazione per questo compito. Si tratta dei seguenti progetti:

- › Scuole Meteoscopiche
- › Oceántica
- › EduCO₂Cean
- › Progetto Zosteco
- › InnoEduCO₂
- › Quattro Climi

Meteoescolas è nata nel 2007 dalla collaborazione del servizio di previsioni meteorologiche della Galizia, MeteoGalicia, con il Progetto Climántica, che si collocava come pilastro educativo del Piano d'azione della Galizia contro il cambiamento climatico per l'introduzione del cambiamento climatico nei progetti interdisciplinari del curriculum dell'allora Legge Organica in vigore in Spagna: LOE.



Immagini 36 & 37: Logos MeteoGalicia e Proyecto Climántica.

Oceántica è un progetto finanziato dalla Fondazione spagnola per la scienza e la tecnologia (FECYT) nell'anno accademico 2013-2014, la cui scienza scolastica è stata localizzata negli estuari della Galizia e la cui dimensione di citizen science è stata ispirata da Meteoescolas. Il suo sviluppo si è concentrato sugli estuari e ha ispirato il suo trasferimento in Europa attraverso EduCO₂ean, un progetto Erasmus Plus che si è concentrato sulla partecipazione degli studenti alle scienze scolastiche sulla base delle conclusioni ottenute dalla ricerca sugli ecosistemi serviti dalla pesca dei molluschi bivalvi.



Immagini 38 & 39: Logos Océántica e EduCO₂ean.

L'importanza delle praterie di fanerogame in questo tipo di servizio ecosistemico intertidale negli estuari ha dato origine al progetto Zosteco, finanziato dalla Biodiversity Foundation. L'approccio degli scolari alla citizen science orientata alla conservazione di queste praterie, nel contesto di COVID-19, ha ispirato il progetto e-InnoEduCO₂, finanziato nell'ambito della modalità straordinaria di innovazione educativa KA226 di Erasmus+ per realizzare lo sviluppo di tecnologie educative per l'apprendimento esperienziale di queste praterie e del loro rapporto con la salute.

Il confronto dell'applicazione comparativa di questo progetto alle praterie delle Rías Baixas, alle paludi cantabrice in Cantabria, a Doñana in Andalusia e alle praterie mediterranee dell'isola di Tabarca ha dato vita a Cuatro Climas, finanziato come cluster dalla Subdirección General de Cooperación Territorial e Innovación Educativa.



Immagine 40: Logo dei Quattro Climi.

3.2. SCUOLE METEOSCOPICHE



Immagine 41: Pontevedra.

Si tratta di un programma nato nel 2007, finanziato dal Piano d’Azione Galiziano contro il Cambiamento Climatico e sviluppato in collaborazione tra i team di Climántica e MeteoGalicia. Questo programma continua ad operare oggi all’interno di MeteoGalicia, il centro di previsione meteorologica della Galizia, anche se senza la dimensione di attività dimostrative su stand nelle scuole, una volta che il progetto interdisciplinare ha cessato di essere sviluppato con il cambiamento della legge organica e quello del Piano d’azione contro il cambiamento climatico della Galizia. Ogni scuola della rete Scuole Meteoscopiche riceve una stazione meteorologica MeteoGalicia con termometri di massima e minima e un pluviometro. I dati giornalieri vengono caricati su un’applicazione sviluppata da MeteoGalicia, che ha un filtro per essere integrata nel suo set di dati meteorologici se sono coerenti con i dati. Vengono caricati anche i dati delle osservazioni qualitative.

Il team di Climántica ha sviluppato materiale didattico che è stato utilizzato dagli studenti delle scuole che hanno implementato il progetto interdisciplinare LOE. Le scuole hanno ricevuto una formazione per gli insegnanti per consentire agli studenti di lavorare con le stazioni meteorologiche. Hanno inoltre ricevuto una formazione da parte del team di Climántica per addestrare gli studenti alle spiegazioni che avrebbero fatto negli spazi aperti al pubblico sul funzionamento del sistema climatico, sulla caratterizzazione microclimatica evidenziata dai dati delle loro stazioni meteorologiche e sui possibili effetti del cambiamento climatico sul sistema climatico a livello generale e particolare.

CAPITOLO 3: BUONE PRATICHE DI PROGETTI DI CITIZEN SCIENCE E CONDIVISIONE DELLE RISORSE



Immagine 42: Noia.

3.3. OCEÁNTICA

Oceántica è un progetto educativo su scienza, tecnologia e società strutturato in cinque fasi trasversali che comprendono le principali sfide nella conoscenza dell'ambiente marino e della sua sostenibilità, contestualizzate negli estuari della Galizia. È stato sviluppato nel biennio 2013-2014 ed è stato finanziato dalla Fondazione spagnola per la scienza e la tecnologia (FECYT). È stato promosso dal Campus di eccellenza internazionale spagnolo-portoghese Campus do Mar, guidato dall'Università di Vigo.



Immagine 43: Cíes.

Oceántica ha creato gruppi di ricerca composti da giovani ricercatori universitari e studenti delle scuole secondarie. Gli studenti erano incaricati di comunicare i risultati attraverso stand in cui presentavano i loro risultati. Queste presentazioni hanno avuto luogo in vari spazi pubblici, tra cui la spiaggia di Samil (Vigo). Lì è stato visualizzato l'interesse suscitato nei turisti dall'opportunità di conoscere la sostenibilità dell'ambiente costiero di cui stavano godendo grazie agli insegnamenti dei ragazzi delle scuole che avevano precedentemente studiato la conservazione dell'ambiente sulle spiagge.

Per farlo, hanno studiato le differenze nell'intervento antropico sulla spiaggia di Cíes, soggetta a conservazione come parco nazionale, e sulla spiaggia di Samil, interessata da opere pubbliche, in particolare dal lungomare. Per ottenere questa visualizzazione, hanno verificato le differenze nel profilo della spiaggia. Hanno poi controllato l'abbondanza e la distribuzione delle pulci di mare su entrambe le spiagge, come bioindicatore della diminuzione dell'intervento antropico sulla spiagge.



Immagine 44: Misure del profilo a Cies.

Hanno anche misurato l'abbondanza e la distribuzione delle alghe invasive su entrambe le spiagge. Inoltre, hanno studiato i possibili effetti del cambiamento climatico su queste invasioni. I risultati sono stati organizzati in documenti da trasmettere ai contenuti degli stand.



Immagine 45: Alghe a Cies.

3.4. EDUCO2CEAN

Questo progetto ha trasferito in Europa le lezioni apprese dal coinvolgimento delle scuole nella citizen science sviluppata in Oceania. Il progetto EDUCO2CEAN è stato finanziato da Erasmus+ nell'ambito della modalità di innovazione educativa KA201 per il biennio 2016-2018. Mira a generare un modello pedagogico Scienza-Tecnologia-Società (STS) con il potenziale per essere applicato in tutta l'Unione Europea e a trasmettere alla società l'importanza della ricerca sugli impatti e la mitigazione dei cambiamenti climatici nel mare, con particolare attenzione all'Oceano Atlantico e al Mar Baltico.



Immagine 46: Stand a Noia.

Il progetto propone lo sviluppo di competenze chiave per la promozione della creatività nella comunicazione necessaria a sensibilizzare la società sull'importanza della ricerca di fronte ai cambiamenti climatici e a favore della sostenibilità degli oceani; e per la promozione dello spirito scientifico imprenditoriale necessario a trasferire alla società l'importanza di queste conoscenze.

Per raggiungere questo obiettivo, si concentra sul coinvolgimento degli studenti in iniziative volte a creare idee e comunicazioni finalizzate alla sensibilizzazione ambientale. Si presuppone che queste sfide accademiche giovanili generino preoccupazioni e conoscenze di base che miglioreranno le future opportunità di lavoro dei partecipanti nella ricerca di soluzioni al cambiamento globale negli oceani.

La congiunzione e l'analisi comparativa delle sfide del cambiamento climatico e della sostenibilità nel Baltico e nell'Atlantico creeranno anche opportunità per lo sviluppo di un nuovo futuro.

La dimensione europea dell'educazione sarà ulteriormente sviluppata. Pertanto, le comunità educative e scientifiche dell'Atlantico e del Baltico collaboreranno alla creazione di un modello educativo STS che consentirà l'analisi comparativa degli impatti ambientali dei due oceani, causati dalla pesca eccessiva, dall'inquinamento, dall'aumento della temperatura del mare, dalla presenza di materiali pericolosi e da altri rischi ambientali.

In questo senso, il progetto è legato agli obiettivi di Horizon 2020, in quanto lavora sulle sfide sociali che l'UE deve affrontare, promuove la leadership dell'industria in Europa in relazione agli oceani Baltico e Atlantico e risponde ai cambiamenti climatici e all'inquinamento dei due oceani. Data la rilevanza di queste risposte per l'Europa, è strategico che da queste aree STS sia possibile fornire una formazione di base per i giovani che porterà a un'ulteriore formazione per diventare migliori professionisti europei in futuro in aree correlate a queste sfide. Inoltre, rafforza l'eccellenza della loro base scientifica, poiché con questo progetto molti studenti collaboreranno con gruppi di ricerca professionali e agiranno come comunicatori e sensibilizzatori della rilevanza di questa sfida, mettendo così in pratica i principi che nulla si impara meglio della ricerca e che chi insegna impara due volte.

In breve, l'impegno di EduCO₂ocean nella leadership, nel lavoro scientifico in team professionali, nelle capacità di comunicazione e nella formazione scientifica rigorosa consentirà loro di imparare di più, meglio e in modo più professionale, arrivando al 2020 in condizioni migliori e con migliori opportunità di lavorare in una società della conoscenza che stimolerà un'economia europea più competitiva e rispettosa dell'ambiente.

Questo progetto è stato valutato come un esempio di buona pratica. È stato quindi selezionato come caso di studio n. 15 come modello Scienza, Tecnologia e Società (STS) per lo sviluppo di progetti sulla sostenibilità nel periodo di sei anni 2021-2027.

La citizen science consisteva nel comunicare in stand allestiti a Noia, Lisbona e Madrid l'esperienza sviluppata da una comunità di ricerca composta da scienziati del Campus do Mar e da studenti dell'IES Virxe do Mar, che hanno condotto congiuntamente uno studio empirico con tecniche di ricerca chiave per studiare il possibile impatto globale sul reclutamento dei galli (*Cerastoderma edule*) nella principale banca di questo mollusco di alto valore commerciale in Galizia – Spagna. A tal fine, sono state studiate la distribuzione e l'abbondanza di questo bivalve.



Immagine 47: Stand a Lisbona.

La ricerca si è concentrata sull'avvio di una serie temporale di dati che permette di conoscere i possibili effetti del cambiamento globale sul bivalve di interesse commerciale *Cerastoderma edule* nel banco di molluschi Testal di Noia (Galizia – Spagna). Si tratta della principale risorsa economica di Noia e questo banco di molluschi è uno dei più importanti al mondo per questa risorsa marina.

La ricerca è stata proposta come l'inizio di una serie che si intende ripetere nei prossimi anni, nello stesso periodo dell'anno, prima dell'inizio della stagione di chiusura, nell'ultima settimana dei molluschi, appena prima del reclutamento o del passaggio da larve natanti a reclute di vongole trovate nel sedimento.

CAPITOLO 3: BUONE PRATICHE DI PROGETTI DI CITIZEN SCIENCE E CONDIVISIONE DELLE RISORSE



Immagine 48 & 49: Testa, Noia.

3.5. ZOSTECO

ZOSTECO – Conservation of *Zostera noltii* grasslands in the NW Iberian Peninsula: a research based on participatory mapping of uses and ecosystem services (Conservazione delle praterie di *Zostera noltii* nella penisola iberica occidentale: una ricerca basata sulla mappatura partecipativa degli usi e dei servizi ecosistemici), è stato finanziato dal programma Pleamar della Fondazione per la Biodiversità per essere attuato nel 2020.

Il progetto mira a generare conoscenze e strumenti utili sulle attività di pesca e ricreative e sulla loro relazione con la distribuzione spaziale dei loro habitat RN2000, con la partecipazione dei diversi soggetti interessati (amministrazione-gestione, settore della pesca e delle attività ricreative, gruppi ambientalisti, ricercatori) delle aree protette in cui operano.

A tal fine, sono state analizzate e aggiornate le informazioni esistenti, è stato condotto uno studio sulla percezione dei servizi forniti da questi habitat e sono stati realizzati workshop di formazione per elaborare una mappa dei servizi e dei conflitti. Sulla base di questi risultati, sono stati organizzati un forum partecipativo e gruppi di lavoro con gli attori coinvolti per sviluppare congiuntamente una relazione diagnostica e di gestione partecipativa per la mitigazione degli impatti e dei conflitti.



Immagine 50: Ricerca in Testal, Noia.

È stato inoltre realizzato un programma di innovazione educativa sull'interazione e sui conflitti identificati. Questo programma ha coinvolto gli studenti dell'IES Virxe do Mar che hanno studiato la distribuzione della *Zostera* nell'ecosistema della spiaggia di Testal, continuando il lavoro in laboratorio per presentare i risultati nel contesto della citizen science del progetto.



Immagine 51: Lavoro di laboratorio presso l'IES Virxe do Mar (Noia).

3.6. E-INNOEDUCO2

Si tratta di un progetto finanziato da Erasmus+ per il biennio 2021-2023 nell'ambito della modalità straordinaria KA226, per superare le barriere pedagogiche derivanti dalla pandemia COVID-19.



Immagine 52: Studenti che svolgono una pratica sul campo durante il ritorno alle lezioni frontali dopo la pandemia.

La pandemia ha dimostrato che la maggior parte dei sistemi educativi non era preparata al mondo delle opportunità di apprendimento digitale e che è urgente promuovere una cultura dell'innovazione in tutta la società e a tutti i livelli, a partire dall'età scolare. L'istruzione STE(A)M (scienza, tecnologia, ingegneria, arti e matematica) consente agli studenti di sviluppare abilità e competenze legate all'innovazione. Ci ha permesso di capire che la distanza sociale necessaria per la prevenzione del contagio richiedeva formule di visualizzazione per i dettagli sperimentali che possono essere percepiti solo con la visualizzazione diretta. Questo ha portato allo sviluppo di sistemi di visualizzazione audiovisiva che hanno permesso di proiettare la scienza scolastica verso la citizen science.

La pandemia è stata anche un richiamo a un rinnovato impegno nei confronti degli SDGs: garantire che tutti i giovani abbiano l'opportunità di avere successo a scuola e di sviluppare le conoscenze, le competenze, le azioni e i valori che consentiranno loro di contribuire alla società in termini di recupero ecologico, soprattutto per quanto riguarda l'urgenza di mitigare e adattarsi ai cambiamenti climatici. Le Nazioni Unite hanno designato il periodo 2021-2030 come Decennio delle scienze oceaniche per lo sviluppo sostenibile. Coinvolgendo gli studenti in questo ambito in modo esperienziale, si può avviarli ad agire come agenti della transizione ecologica, segnalando l'ecologia e le TIC come temi trasversali per una divulgazione scientifica creativa.

L'ideazione di questo progetto si è ispirata alle buone pratiche di citizen science sviluppate dagli studenti nei progetti scientifici scolastici Oceántica, EduCO₂cean e Zosteco. Gli studenti sono stati formati per comprendere la relazione tra le praterie di *Zostera* e i servizi ecosistemici che forniscono in relazione alla mitigazione dei cambiamenti climatici e agli effetti sulla salute umana, in particolare quelli legati al consumo di molluschi e pesci il cui ciclo biologico è legato a queste praterie. Sono state affrontate anche le garanzie di questo tipo di praterie per la prevenzione delle zoonosi grazie al loro ruolo di filtrazione dell'acqua. In questo contesto, gli studenti sono stati formati per comunicare l'importanza della conservazione di questo tipo di ecosistema attraverso la produzione di cortometraggi.

Nell'Atlantico, il lavoro è stato svolto nelle praterie intertidali di molluschi bivalvi Testal. Qui, utilizzando un'applicazione sviluppata nell'ambito del progetto dal CESGA, sono stati caricati dati sulla densità e sulla copertura di questa pianta marina.



Immagine 53: Testal, Noia.

In laboratorio hanno poi misurato la biomassa secca, la materia organica e la biodiversità di campioni prelevati da diverse praterie: una con frammentazione minima, una con frammentazione media e una con piante isolate.

Al termine del lavoro sul campo e in laboratorio, è stata discussa l'influenza della frammentazione delle fanerogame sulla rimozione della materia organica dall'acqua e sulla biodiversità e sono state tratte conclusioni sull'importanza delle fanerogame per la mitigazione dei cambiamenti climatici, in quanto importanti serbatoi di carbonio.



Immagine 54: Lavoro di laboratorio.

L'esperienza è stata ripetuta nella laguna costiera di Aveiro per confrontare due distinti ecosistemi di prateria intertidale atlantica.



Immagine 55: Aveiro.

Nel Mar Nero hanno lavorato con un caso di studio sull'influenza dei lavori pubblici sulle praterie di fanerogame. Il caso di studio si concentra sulle differenze tra una prateria di fanerogame interessata da lavori pubblici e una prateria di fanerogame non interessata da lavori pubblici.

Il Mar Baltico ha incluso un'analisi del rapporto tra le praterie di fanerogame e l'eutrofizzazione, un problema che, secondo l'ultimo rapporto dell'IPCC sugli oceani e la criosfera, interessa già più di 900 aree costiere e mari semichiusi in tutto il mondo.

Gli studenti mettono così a disposizione del pubblico questi studi di ecologia attraverso dei cortometraggi in cui presentano i loro risultati, le loro analisi, le loro giustificazioni sostenute dalla scienza e le loro conclusioni.

3.7. QUATTRO CLIMI



Immagine 56: Navigazione nella Ría de Noia.

Per adattare le metodologie e gli approcci di e-InnoEduCO₂ alle diverse comunità autonome, è stata presentata la candidatura dell'Agrupación escolar Quattro Climi finanziata nell'ambito delle sovvenzioni per la promozione dei cluster scolastici dalla Sottodirezione Generale di Cooperazione Territoriale e Innovazione Educativa del Ministero dell'Istruzione.

Per il suo sviluppo sono state pianificate 4 mobilità, una in ciascuna delle comunità autonome che fanno parte del consorzio, per studiare in modo comparativo le praterie intertidali di fanerogame delle Rías Baixas, le paludi di Santoña in Cantabria, quelle di Doñana in Andalusia e quelle dell'isola di Tabarca nella Comunità Valenciana. Durante l'evento saranno proiettati cortometraggi realizzati da produttori scolastici, performance scientifico-artistiche nell'ambito del progetto SostenArte e reportage fotografici delle diverse attività.

Il primo soggiorno del gruppo si è svolto nell'ultima settimana di marzo 2023 in Galizia, coordinato dall'IES Virxe do Mar de Noia con il tema "Las Rías Baixas vistas desde Cuatro Climas" (*Le Rías Baixas viste da Quattro Climi*). Vi hanno partecipato i centri della Cantabria e dell'Andalusia, con il centro della Comunità Valenciana collegato telematicamente.

Durante questo soggiorno sono stati discussi i rapporti delle praterie di fanerogame con la depurazione delle acque, la fissazione dei sedimenti e il miglioramento della riproduzione delle specie, oltre a brevi filmati realizzati dai prodotti scolastici. Inoltre, è stata introdotta la dimensione climatica

CAPITOLO 3: BUONE PRATICHE DI PROGETTI DI CITIZEN SCIENCE E CONDIVISIONE DELLE RISORSE

dell'Atlantico occidentale dalla cura dell'area protetta del Parco Naturale Dunes de Co rrubedo. C'è stato anche un incontro con gli scienziati che guidano le scolaresche nella ricerca sull'ecologia e la conservazione della biodiversità genetica per organizzare attività di ricerca nella zona intertidale di Testal, con raccoglitori di molluschi e scienziati. Gli ecosistemi delle Rías Baixas sono stati interpretati presso l'Acquario Finisterrae di A Coruña e il Museo della Biodiversità dell'Università di Santiago de Compostela, dove sono state illustrate le specie per concettualizzare le relazioni ecologiche in queste comunità e trasferire le conoscenze al pubblico attraverso cortometraggi prodotti dagli studenti e spettacoli musicali.



Immagine 57: Museo della Biodiversità.



Immagine 58: Tambre I.

Per localizzare la sedimentologia limosa in cui si sviluppano le praterie intertidali di molluschi di Testal e la natura degli estuari, è stato visualizzato l'arrivo dell'attraversamento del fiume Tambre nella zona di influenza delle maree. Abbiamo anche visualizzato la classica turbina della diga che corre lungo il fianco della montagna della centrale idroelettrica di Tambre I con la moderna turbina di Tambre II, alimentata con l'acqua del fondo del bacino di Barrié de la Maza, con l'acqua incanalata attraverso un tunnel e con un alto contenuto di sedimenti limosi, parte dei quali filtra la Zosteria.

Il secondo soggiorno del progetto è stato coordinato dall'IES Bernardino de Escalante de Laredo nell'ambito del tema STEAM del progetto "SostenArte" che ha portato a una performance video musicale il cui scopo è integrare l'arte per comunicare al pubblico l'urgenza di prendersi cura delle fanerogame. Si è svolta nella prima settimana di aprile 2023.



Immagine 59: Sorgente dell'Ebro.

Lì è stata analizzata la sorgente dei fiumi nelle montagne calcaree, visualizzando il colore dovuto alla dissoluzione del calcare dell'Ebro, per identificare la natura calcarea della sedimentologia limosa delle paludi di Santoña, alla foce del fiume Ansón, dove si sviluppano le praterie marine.

L'ecosistema della Zosteria nel Parco Naturale delle Paludi di Santoña è stato analizzato per studiare le praterie di *Zostera noltii* durante la bassa marea. Per esprimere tutto ciò, è stata sviluppata la performance musicale *SostenArte* attraverso workshop volti a preparare l'azione artistica in cui ecosistemi, sostenibilità e arte si uniranno nel pezzo "SostenArte", che è stato visualizzato l'ultimo giorno presso la Casa de Cultura di Laredo. A questa mobilità parteciperanno personalmente i centri di Galizia e Valencia, mentre il centro andaluso sarà collegato telematicamente.



Immagine 60: Santoña e Laredo.



Immagine 61: Sostenarte in officina.

È previsto per l'anno accademico 2023-2024, il soggiorno coordinato dall'IES Sixto Marco di Elx sul tem "Morfologia costiera e Posidonia oceanica. Il litorale di Santa Pola e l'isola di Nueva Tabarca. Le praterie di Posidonia oceanica". Vi parteciperanno i centri della Cantabria e dell'Andalusia, mentre il centro della Galizia sarà collegato telematicamente. Verrà effettuata una visita per conoscere l'ambiente della Riserva Marina dell'Isola di Nuova Tabarca e la morfologia costiera di Santa Pola, e verrà analizzata anche una zona umida costiera nel sud della provincia di Alicante: le Saline di Santa Pola. Verranno effettuate attività di immersione per registrare le immagini chiave per il documentario nelle praterie di Tabarca.

CAPITOLO 3: BUONE PRATICHE DI PROGETTI DI CITIZEN SCIENCE E CONDIVISIONE DELLE RISORSE



La mobilità andalusa si svolgerà anche nell'anno accademico 2023-2024, coordinata dall'IES Averroes di Cordoba. Vi parteciperanno i centri della Galizia e della Comunità Valenciana, mentre il centro cantabrico si unirà su base tematica. Il documentario per i giovani si concluderà con lo studio del Monumento Naturale dei Sotos de la Albolafia, nel tratto urbano del fiume Guadalquivir, per riflettere sull'importanza della conservazione dell'ambiente fluviale per il buono stato dei prati, terminando l'analisi con una visita al Parco Nazionale di Doñana con uno studio della zona costiera, delle paludi di El Rocío e dell'Arroyo de La Rocina nella zona nord del parco; una visita al Parco Naturale di Hornachuelos, che fa parte della Riserva della Biosfera Dehesas de Sierra Morena.

RIFERIMENTI

- › Barange, M., Merino, G., Blanchard, J. L., Scholtens, J., Harle, J., Allison, E. H., ... & Jennings, S. (2014). Impacts of climate change on marine ecosystem production in societies dependent on fisheries. *Nature climate change*, 4 (3), 211-216.
- › Doney, S. C. (2006). Plankton in a warmer world. *Nature*, 444 (7120), 695-696.
- › IPCC, 2019: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 755 pp. <https://doi.org/10.1017/9781009157964>.
- › Sóñora-Luna, F., & Alonso-Méndez, A. (2018). Ocean Under Global Change: From Science to School. *International Journal of Environmental and Science Education*, 13 (2), 97-112.
- › Sóñora-Luna, F., Rodríguez-Ruibal, M. M., & Troitiño, R. (2009). Un modelo activo de educación ambiental: prácticas sobre cambio climático. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 17 (2), 196-206.
- › Sóñora-Luna, F., Suárez, E. F., Carrión, C. B., & Méndez, A. A. (2019). Investigación de Ecoloxía Escolar nunha pradaría de Zosterá nolteii. *Innovación educativa*, (29), 27-43.

SITI WEB

- › www.climantica.org
- › www.educo2cean.org
- › www.innoeduco2.org
- › www.4climas.org

