

STORIA

Fin dalla preistoria la specie *Homo sapiens* ha dovuto adattarsi a **cambiamenti climatici** che hanno comportato profonde trasformazioni degli ambienti naturali.

GEOGRAFIA

Il **rapido aumento delle temperature** degli ultimi decenni, causato dalle **attività umane**, ha gravi ripercussioni sull'ambiente in cui viviamo.

EDUCAZIONE CIVICA



La **lotta al cambiamento climatico** è una sfida per l'intera umanità e richiede il contributo di tutti, come sottolinea l'obiettivo 13 dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite.



Cambiamenti climatici, una sfida per i *Sapiens*



RESTIAMO
AGGIORNATI

I *Sapiens* furono l'unica specie del genere *Homo* a sopravvivere al clima estremamente rigido dell'ultima glaciazione e nei millenni successivi seppero adattarsi con successo all'aumento delle temperature. Per riuscire in questa duplice impresa, oltre a scoprire tecniche e strumenti per avere maggiori possibilità di sopravvivenza, dovettero sviluppare la capacità di comunicare e collaborare, due competenze che saranno indispensabili anche nel prossimo futuro per affrontare il problema del riscaldamento globale.

Gli ominidi tra gelo e calore

Il clima terrestre è da sempre soggetto a oscillazioni, con aumenti e cali delle temperature medie anche di diversi gradi. In particolare, nel **Pleistocene**, l'era geologica iniziata 2,5 milioni di anni fa, durante la quale si sono diffuse le specie appartenenti al genere *Homo*, si sono alternate lunghe fasi di **glaciazione**, in cui le temperature sono scese in modo graduale, a più brevi **periodi interglaciali**, in cui le temperature sono salite, spesso in modo brusco ► **FOCUS**.

I primi *Homo sapiens* sono comparsi in Africa nel pieno dell'ultima glaciazione e sono sopravvissuti per decine di migliaia di anni a temperature progressivamente decrescenti. Furono epoche in cui il gelo intrappolò enormi quantità d'acqua nelle calotte polari e nei ghiacciai, con il conseguente ritiro degli oceani, il cui livello era fino a 90 metri più basso ri-

spetto alle quote attuali. Poi, intorno a 12.000 anni fa, iniziò un nuovo periodo interglaciale, considerato l'inizio di una nuova era geologica, l'**Olocene**, in corso ancora oggi. In questa fase, il **riscaldamento** dell'atmosfera e dei mari causò notevoli **sconvolgimenti ambientali**: alluvioni provocate dallo scioglimento dei ghiacci, vasti incendi prodotti dal calore, periodi di siccità. A causa delle temperature in ascesa e dei cambiamenti nelle precipitazioni nevose e piovose, interi habitat, come le foreste di latifoglie e di conifere, si estesero enormemente e si spostarono verso i poli, in aree in precedenza occupate da ghiacci, praterie e steppe. Alcune specie animali e vegetali migrarono o si adattarono al nuovo ambiente, molte altre si estinsero, tra cui i mammut e altre specie della cosiddetta **megafauna**, cioè i mammiferi di grandi dimensioni che fino al Pleistocene erano presenti in tutti i continenti.



La **grotta** sull'isola di Flores, in Indonesia, dove abitava l'*Homo floresiensis*, contemporaneo e "parente" dell'*Homo habilis*. Questa comune discendenza attesta la prima **migrazione fuori dall'Africa** da parte del **genere Homo**.

Una nuova fase di riscaldamento globale

Per molti versi, oggi il nostro pianeta sta vivendo una condizione analoga a quella che si verificò alla fine dell'ultima glaciazione, a causa dell'**aumento di circa 1°C** della temperatura media dell'atmosfera rispetto alla fine del XIX secolo. Questo

cambiamento, che può apparire minimo, ha in realtà **conseguenze molto rilevanti**: la riduzione degli habitat tipici dei climi più freddi – dai ghiacciai di alta quota alla tundra, alle calotte polari –, l'espansione dei deserti e l'avanzata di specie tropicali verso le regioni temperate, come avviene per esempio nel Mediterraneo con la comparsa di pesci e vegetazione tipici del mar Rosso. Inoltre, la variazione della temperatura influisce su correnti marine, venti e precipitazioni e accresce la frequenza di **fenomeni naturali estremi**, dalle ondate di caldo anomalo agli uragani, alle piogge torrenziali.

Oltre che sugli ambienti naturali, tutto ciò ha un forte **impatto sulle attività umane**, e soprattutto sull'agricoltura, che subisce la mancanza o l'eccesso di acqua, le fluttuazioni delle temperature stagionali, l'invasione di nuovi parassiti e specie infestanti.

Un cambiamento causato dalle attività umane

Per quanto abbia effetti simili, questa fase di riscaldamento presenta, però, nette **differenze rispetto al passato**. Innanzitutto sono diverse le **cause**. L'aumento del calore **nei periodi interglaciali** era provocato da **spostamenti dell'orbita terrestre**, dai quali dipendeva un maggiore irraggiamento solare e, quindi, un incremento delle temperature. Anche le acque degli oceani si riscaldavano e, in seguito a complessi fenomeni chimici, si riduceva la loro capacità di assorbire **anidride carbonica**, che veniva dunque lentamente immessa nell'**atmosfera**, provocando un maggiore **effetto serra**, cioè una maggiore tendenza dell'atmosfera a trattenere il calore solare.

FOCUS

Le grandi glaciazioni e la diffusione dei Sapiens

Si definisce "glaciazione" una fase climatica in cui le temperature sono mediamente basse e, di conseguenza, le **masse di ghiaccio** presenti ai poli e in alta montagna si espandono su **vaste porzioni della superficie terrestre**.

Durante il Pleistocene (epoca che va circa da 2,5 milioni a 12.000 anni fa) ci fu un lungo periodo di glaciazione che ridusse l'estensione dei mari e degli oceani fino a far affiorare parti di crosta terrestre in precedenza sommerse, per esempio tra Asia e America settentrionale, nello stretto di Bering, e tra Asia meridionale e Australia: questo fenomeno favorì la diffusione dell'*Homo sapiens* in tutti i continenti.

► Uno scheletro di **mammuto**, una delle specie che non sopravvissero ai cambiamenti climatici verificatisi nel passaggio dal Pleistocene all'Olocene.





Oggi, invece, a causare il riscaldamento globale è innanzitutto l'anidride carbonica prodotta dalle **attività umane**, a partire dall'uso di **combustibili fossili** come carbone e petrolio, avviato in maniera massiccia alla fine del XVIII secolo con la rivoluzione industriale. Ciò ha prodotto un'elevatissima **concentrazione di anidride carbonica**, con un conseguente accentuarsi dell'effetto serra, che potrebbe portare entro la fine del secolo a una crescita delle temperature di altri 3 °C, con effetti difficilmente immaginabili per gli ecosistemi, le coltivazioni e gli insediamenti umani ► **SVILUPPO SOSTENIBILE**. L'altra importante differenza rispetto ai cambiamenti climatici del passato è, infatti, la **rapidità** della trasformazione in atto che, concentrando in pochi decenni fenomeni che in passato si svolgevano nell'arco di millenni, rende molto difficile alle specie l'adattamento alle nuove condizioni climatiche.

Tecnica, comunicazione, collaborazione

Fra i tanti animali che si estinsero durante l'ultima glaciazione vi furono anche tutte le specie di *Homo*, tranne una, la nostra: *Homo sapiens*. Per sopravvivere al crollo delle temperature, i *Sapiens* misero in campo una **notevole capacità di adattamento**, imparando a modificare l'ambiente in base alle proprie esigenze e a sfruttarne le risorse per soddisfare i propri bisogni. Combatterono il gelo crescente usando il fuoco per scaldarsi e cucinare e cominciarono a utilizzare le pelli degli animali per realizzare indumenti che li proteggevano dal freddo, imparando a procurarsele, a conciarle e a cucirle.

I ritrovamenti archeologici sembrano, tuttavia, dimostrare che anche altre specie del genere *Homo*, come i Neanderthal, appresero queste tecniche, eppure si estinsero. Non fu, dunque, soltanto l'innovazione tecnologica a salvare i *Sapiens*. A essa, secondo la tesi oggi prevalente, si aggiunse un altro fattore determinante: la **capacità di comunicare e cooperare**. Anche se il linguaggio non fu un'esclusiva dei *Sapiens*, la conformazione del cervello umano e degli organi di fonazione consentiva una maggiore interazione con altri individui e una spiccata abilità nell'elaborare concetti astratti e nel trasmettere informazioni. Ciò

SVILUPPO SOSTENIBILE



L'aumento della concentrazione di CO₂ e le possibili soluzioni

La causa del cambiamento climatico attuale, come detto, è l'aumento della concentrazione di anidride carbonica nell'atmosfera. Un confronto tra i livelli di CO₂ raggiunti nel passato e quelli odierni dimostra che questo aumento è riconducibile alle attività antropiche e non a normali cicli naturali. Infatti, se osserviamo il grafico, che mostra la concentrazione di CO₂ in atmosfera dall'ultima fase del Pleistocene all'Olocene, notiamo che l'**andamento** è **ciclico** fino alla seconda metà del XVIII secolo, con fasi di diminuzione e fasi di ascesa entro valori che al massimo si aggirano intorno alle 300 parti per milione (ppm), ma a partire **dalla rivoluzione industriale** il ciclo si interrompe e si rileva una **forte anomalia**: la concentrazione di CO₂ non solo non ha cominciato a scendere dopo aver raggiunto il picco di 300 ppm, ma ha continuato a salire molto rapidamente fino a **livelli mai raggiunti** nel Pleistocene. Ciò ha già portato e porterà inevitabilmente nei prossimi decenni a un aumento delle temperature.

Per contrastare questa tendenza, negli ultimi anni sono state proposte varie soluzioni tecnologiche. Una delle più note è lo **sbiancamento delle nuvole** attraverso l'immissione nell'atmosfera di particelle di acqua salata. Nuvole più bianche rifletterebbero una maggiore quantità di luce solare mantenendo più fresca la superficie terrestre sottostante e quindi compenserebbero in parte l'effetto serra dovuto all'anidride carbonica. Uno scopo analogo avrebbero gli **specchi** che alcuni tecnici propongono di

consentire di scambiare scoperte ed esperienze tra gruppi umani e tra generazioni e quindi di accumulare conoscenze che permisero di affrontare le difficoltà poste da un ambiente spesso ostile.

Un altro elemento cruciale fu la capacità dei *Sapiens* di identificarsi con altri membri della propria specie e di stabilire legami di **collaborazione** anche **al di fuori del proprio gruppo**. Questo **impulso sociale** permise di elaborare e usare tecniche che richiedevano la partecipazione di molti individui, come la gestione del fuoco o la caccia.

Dopo la fine della glaciazione, quando le temperature cominciarono a salire, le capacità tecnologiche, comunicative e cooperative dei *Sapiens* furono di nuovo fondamentali per adattarsi a un ambiente in trasformazione, sviluppando progressivamente tecniche come l'agricoltura e la lavorazione dei metalli, che avrebbero caratterizzato l'epoca neolitica.

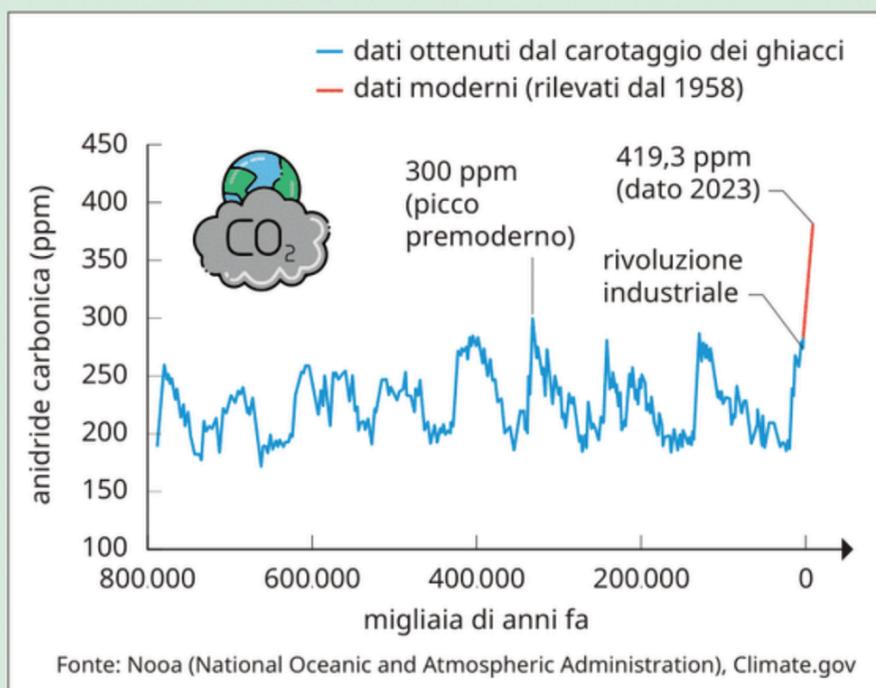
Competenze antiche per una sfida moderna

Oggi ci troviamo in una situazione di grande vantaggio rispetto ai nostri antenati *Sapiens*. Innanzitutto, le nostre **conoscenze in campo meteorologico e climatico** ci consentono di monitorare i fenomeni atmosferici e in parte di prevederli. Inoltre, le **tecnologie** che abbiamo sviluppato ci garantiscono possibilità di influire sull'ambiente inimmaginabili per i nostri progenitori: già oggi vengono impiegate per creare nuovi strumenti che permettono di produrre energia e di svolgere qualunque attività riducendo il nostro impatto sul clima.



far orbitare intorno al pianeta, così come lo strato di **anidride solforosa**, un gas naturalmente emesso dai vulcani, che si potrebbe artificialmente immettere nella stratosfera (il secondo dei cinque strati in cui si suddivide l'atmosfera). Contro queste tecniche di **ingegneria climatica** si è, però, espresso l'Ipcc, il Gruppo intergovernativo sui cambiamenti climatici, istituito nel 1988 dall'Onu, secondo il quale soluzioni simili potrebbero avere conseguenze imprevedibili sull'ambiente e soprattutto non affrontano il problema alla radice dei cambiamenti climatici: l'emissione di anidride carbonica e altri gas serra.

Diverso è il discorso per un'altra soluzione di ingegneria climatica: la **cattura dell'anidride carbonica** presente nell'atmosfera e il suo stoccaggio a basse temperature nel sottosuolo. Questo genere di intervento, che viene già praticato, ridurrebbe la concentrazione di gas serra nell'atmosfera, ma la sua applicazione su vasta scala avrebbe costi elevatissimi. Meno dispendioso sarebbe **piantare nuove foreste**, che assorbono naturalmente anidride carbonica producendo ossigeno, o ripristinare ambienti come le **torbiere** (ambienti umidi formati da sostanze vegetali sature d'acqua che si stanno trasformando in carbone), capaci di assorbire naturalmente grandi quantità di anidride carbonica.



▲ Il più grande impianto al mondo per la **cattura dell'anidride carbonica** si trova in Islanda.

Tuttavia, sarebbe illusorio pensare che la tecnologia da sola possa metterci nelle condizioni di affrontare un mutamento climatico senza precedenti come quello previsto per i prossimi decenni. Per farlo con successo dovremo sfruttare al meglio le stesse capacità che permisero ai nostri progenitori di sopravvivere ai mutamenti climatici: **comunicazione e cooperazione**. Lo scambio di conoscenze, soprattutto delle esperienze di quelle popolazioni che da sempre si trovano a vivere in climi caldi e aridi, può risultare essenziale per trovare soluzioni ai problemi prodotti dall'innalzamento delle temperature.

Quanto alla collaborazione, una **sfida** realmente **globale** come quella del mutamento climatico non può essere affrontata senza il contributo di tutti, a livello individuale come a livello internazionale. Questa consapevolezza ha portato a organizzare la **Conferenza dell'Onu sui cambiamenti climatici**, nota come Cop, che dal 1995 si riunisce ogni anno per cercare soluzioni che concilino gli interessi di tutti i Paesi del pianeta. In quest'ottica, due delle Cop più recenti sono state organizzate in Paesi produttori di petrolio – gli Emirati Arabi Uniti nel 2023 e l'Azerbaigian nel 2024 –, per coinvolgere anche questi Stati nella **transizione verso fonti di energia** che non contribuiscano all'accumulo di anidride carbonica. Lo scopo non è quello di invertire il riscaldamento globale, ormai in corso, ma di contenerlo entro livelli accettabili, calcolati in una crescita di **1,5 °C** rispetto all'epoca preindustriale. Questo obiettivo è stato concordato durante la Cop del 2015 e fissato nell'**Ac-**

cordo di Parigi, cui aderiscono quasi tutti i Paesi del mondo: un obiettivo ambizioso, che comporterà ingenti investimenti e una trasformazione dell'economia e degli stili di vita, ma non agire significherebbe andare incontro a danni ben più gravi.



COMPETENZA SOCIALE E CIVICA



Migrare a causa del clima

I fenomeni naturali estremi, come alluvioni o siccità, hanno un forte impatto sulle attività umane e non sempre possono essere previsti e controllati. Quando le abitazioni e le attività economiche sono state distrutte da una calamità naturale o quando la terra non offre più le risorse necessarie, la popolazione è costretta ad allontanarsi. Questo fenomeno è noto negli ultimi anni con il nome di "migrazione climatica".

Divisi a coppie o in piccoli gruppi secondo le indicazioni dell'insegnante, cercate in rete su siti affidabili in cosa consistono le migrazioni climatiche e quali parti del pianeta riguardano. Costruite poi una carta tematica, una presentazione in PPT o un'infografica in cui indicherete l'entità del fenomeno, i tipi di eventi naturali estremi che causano le migrazioni, gli spostamenti dei migranti climatici dal Paese di provenienza a quello di arrivo.