

BIODIVERSITA' E CAMBIAMENTI CLIMATICI

Report WWF Italia
www.wwf.it/clima

Roma, 10 novembre 2015

INDICE

- 1) Effetti dell'aumento dei gas serra, responsabili del cambiamento climatico
- 2) Cambiamenti climatico e valore della biodiversità
- 3) Gli effetti dei cambiamenti climatici sulla biodiversità
- 4) Cosa diciamo quando diciamo "cambiamento climatico"
- 5) Cosa vuol dire "perdere biodiversità"
- 7) Gli impatti su habitat ed ecosistemi
 - Oceani
 - Zone umide
 - Ambienti nivali
 - Savana africana e grandi mammiferi migratori africani.
 - Foreste temperate
 - Foreste tropicali
 - Foreste tropicali asciutte
 - Barriere coralline
 - Fiumi ed ecosistemi ripariali
 - Ghiacciai
 - Foreste di mangrovie
 - Banchisa artica
 - Cambiamento climatico e tasso d'estinzione
- 8) Luoghi simbolo del cambiamento climatico
 - Alpi
 - Mediterraneo
- 9) Specie simbolo del cambiamento climatico
 - In Italia
 - nel Mondo

BIODIVERSITA' E CAMBIAMENTI CLIMATICI

Effetti dell'aumento dei gas serra, responsabili del cambiamento climatico

- Aumento delle temperature medie del pianeta
- Cambiamento nella distribuzione e intensità delle piogge
- Cambiamenti nella criosfera: copertura dei ghiacci, neve e permafrost
- Innalzamento del livello marino
- Acidificazione degli oceani
- Aumento della desertificazione ed erosione del suolo
- Aumento nella frequenza, intensità e durata degli eventi estremi
- Cambiamento nelle caratteristiche degli ecosistemi
- Aumento delle minacce alla salute umane
- Aumento della vulnerabilità umana sul pianeta

Cambiamenti climatici e valore della biodiversità

Nel 2010, anno internazionale della biodiversità, è stato presentato, con il titolo "Mainstreaming the Economics of Nature" il documento riassuntivo finale della più ampia ed autorevole analisi mai realizzata, sull'economia della biodiversità e degli ecosistemi (il TEEB, The Economics of Ecosystems and Biodiversity, www.teebweb.org). Il TEEB ci documenta con chiarezza come il capitale naturale costituisce la base delle nostre economie. L'invisibilità del valore della biodiversità nella considerazione economica ha purtroppo, sino ad oggi, incoraggiato l'uso inefficiente e distruttivo dei sistemi naturali e della biodiversità che non sono stati debitamente tenuti in conto. Nel 2014 Bob Costanza ed altri ricercatori hanno riesaminato la situazione del valore dei servizi ecosistemici mondiali e hanno calcolato che nel 2011 il valore non di mercato dei servizi ecosistemici planetari era di 125.000 miliardi di dollari, una cifra che nel 2011 era di due volte il prodotto globale valutato in 68.600 miliardi di dollari (Costanza R. et al., 2014, Changes in the global value of ecosystem services, Global Environmental Change 26; 152-158).

Il TEEB stima per difetto che la perdita globale di biodiversità e dei servizi ecosistemici ha un valore, ogni anno, di oltre 50 miliardi di euro. La perdita totale per il decennio 2000-2010 è stata calcolata in 545 miliardi di euro, l'1% del prodotto globale planetario. La previsione al 2050 ci dice che la perdita progressiva dei servizi ecosistemici potrebbe raggiungere i 14.000 miliardi di euro, con una percentuale del 7% del prodotto globale.

Avendo la biodiversità un ruolo cruciale nei sistemi umani (produzione di cibo e energia, protezione e sicurezza, difesa della salute, nonché la stessa diretta sopravvivenza della nostra specie) è evidente che quando si parla di impatto del cambiamento climatico sulla biodiversità questo abbia un implicito importante risolto sulle nostre esistenze. Cambiamenti nella biodiversità portano inevitabilmente ad una riduzione degli ecosistemi nel fornirci cibo, acqua potabile, sicurezza, medicine e altre importanti risorse. Non dobbiamo infatti dimenticare che dipendiamo da un buon stato di conservazione della biodiversità per mangiare (si pensi soltanto all'incredibile ruolo degli insetti impollinatori nelle produzioni agricole) o per bere (solo ecosistemi in un adeguato stato di conservazione possono garantire il servizio di depurazione e potabilizzazione dell'acqua) o

per curarci (più del 60% della popolazione mondiale si cura con rimedi direttamente estratti dagli ambienti naturali e una gran parte delle medicine utilizza principi attivi estratti da specie viventi). Eppure proprio il cambiamento climatico prodotto dall'uomo rischia di deteriorare e distruggere irreversibilmente il grande patrimonio di specie e di ecosistemi, ovvero la biodiversità, da cui dipendiamo.

Gli effetti dei cambiamenti climatici sulla biodiversità

I meccanismi con cui i cambiamenti climatici possono mettere a rischio la biodiversità del pianeta sono diversi, fra cui i più importanti sono i cambiamenti:

► **nelle temperature terrestri e marine** ► **nel regime delle piogge** ► **nel livello del mare** ► **nell'estensione e nella durata dei ghiacci terrestri e marini** ► **nell'albedo** ► **nelle frequenza e intensità degli eventi estremi.**

In alcune situazioni i cambiamenti climatici sono il principale fattore di degrado e distruzione degli ecosistemi, in altre situazioni aggravano e amplificano gli effetti di altre azioni prodotte dall'uomo come deforestazione, inquinamento, prelievo insostenibile, risorse naturali, frammentazione, consumo di suolo, diffusione specie aliene, etc.

Diverse specie di animali e di piante, per fuggire al riscaldamento del pianeta stanno spostando i loro areali di distribuzione verso maggiori latitudini o altitudini. Nell'America settentrionale ad esempio alcune specie si stanno spostando di latitudine verso Nord ad una velocità di quasi 17 km ogni dieci anni: una velocità da 2 a 3 volte maggiore di quanto prima constatato dagli scienziati. Secondo altri studi ben l'84% delle specie esaminate diffuse in alcune zone aride si sta spostando in risposta ai cambiamenti climatici (El-Keblany A., 2014, Impact of Climate Change on Biodiversity Loss and Extinction of Endemic plants of Arid Land Mountains , Biodiversity & Endangered Species; <http://www.esciencecentral.org/journals/impact-of-climate-change-on-biodiversity-loss-and-extinction-of-endemic-plants-of-arid-land-mountains-2332-2543-1-120.pdf>).

Queste migrazioni si stanno registrando anche sulle Alpi insieme alla constatazione che le specie che già vivono nelle zone più in quota, non avendo possibilità di spostarsi ulteriormente sono affette da un graduale declino. (http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=COB_Module-3_Climate.pdf)

Tuttavia, nonostante la storia evolutiva di molte specie e le loro capacità di coevoluzione e adattamento con gli ambienti naturali in cui vivono, è drammaticamente evidente che l'intensità e la velocità del cambiamento climatico si stia dimostrando superiore alla capacità stessa delle specie di adattarsi alle nuove condizioni aumentando così drammaticamente il rischio di estinzione.

I cambiamenti non riguardano solo le singole specie ma in alcuni casi interi ecosistemi: è il caso delle foreste boreali dell'Alaska dove, a causa del veloce riscaldamento climatico, si assiste alla diffusione verso Nord, a discapito di habitat quali la tundra.

Molti studi confermano inoltre sostanziali cambiamenti nei cicli vitali di piante e animali in relazione ad esempio alla stagione primaverile: molte piante germogliano e fioriscono prima, così come uccelli, anfibi, farfalle e altre specie di insetti e invertebrati anticipano fasi cruciali, fra cui la deposizione, la riproduzione e la migrazione, mettendo seriamente a rischio i loro successi riproduttivi o la loro presenza in molte aree nel medio termine.

Anche le variazioni prodotte dal cambiamento climatico sul regime delle piogge possono avere effetti nefasti: i cambiamenti nel regime delle piogge monsoniche estive stanno portando a sostanziali ritardi nelle fioriture con significativi impatti sulle dinamiche della biodiversità presente (e quindi anche sulle produzioni agricole) in territori semiaridi, così come l'anticipo del picco di portata di alcuni fiumi, imputabile ad uno scioglimento anticipato del manto nevoso invernale, incide sul comportamento e sul successo della migrazione di alcune specie di pesci.

Alcune caratteristiche del cambiamento climatico e dei suoi impatti sulla biodiversità:

1. Il cambiamento climatico porta a un sostanziale aumento dei fenomeni estremi. Precipitazioni abnormi, ondate di caldo, alluvioni, tempeste di forte intensità e concentrazione, possono affliggere oltre che la sicurezza umana anche lo stato della biodiversità. Nelle foreste boreali ad esempio il riscaldamento globale ha aumentato l'incidenza di incendi naturali con un sostanziale impatto sullo stato e sulla biodiversità delle foreste.
2. Un aspetto decisamente preoccupante dell'impatto del cambiamento climatico sulla biodiversità è dovuto al fatto che ogni specie risponde diversamente sia nelle modalità sia nell'intensità. Questo fa sì che importanti connessioni spaziali e temporali tra specie diverse che si sono evolute in milioni di anni di vita su questo pianeta – come ad esempio le relazioni tra insetti impollinatori e fioriture o fra predatori e prede – potrebbero alterarsi portando a veri e propri sconvolgimenti nelle catene trofiche e nei processi e nelle funzioni esercitate dagli ecosistemi.
3. Un esempio lampante è il declino negli ecosistemi artici delle popolazioni di arvicole e di lemming (piccoli roditori) e il conseguente declino dei loro predatori fra cui in particolare la volpe artica e la civetta delle nevi, i cui cicli riproduttivi sono strettamente legati all'abbondanza dei roditori.
4. Un altro aspetto dell'impatto del cambiamento climatico sulla biodiversità: le specie che saranno in grado di adattarsi meglio e prima alle nuove condizioni climatiche e ambientali oppure che hanno una maggiore tolleranza a specifici cambiamenti avranno evidentemente un vantaggio competitivo su altre meno adattabili e quindi più vulnerabili. Si rischia in questo modo una diffusione di poche specie più adattabili e l'estinzione di un elevato numero di specie altamente specializzate e meno adattabili. Le specie più minacciate sono senz'altro quelle che non possono facilmente modificare la propria distribuzione geografica e che hanno una bassa tolleranza ai cambiamenti ambientali. E' il caso ad esempio delle orche e delle balene beluga delle acque artiche: i beluga sono mammiferi marini estremamente specializzati alla vita nelle gelide acque artiche. La loro capacità di sopportare freddi estremi li teneva al riparo dalle più aggressive orche. L'aumento delle temperature dell'oceano artico sta facilitando l'ingresso delle orche nelle acque frequentate dai beluga esponendo questo più indifeso mammifero marino ai loro attacchi.
5. **A qualcuno piace caldo: le specie adattabili.** Avvantaggiati da climi più caldi e dalla riduzione dei climi estremi invernali che ne contenevano la diffusione sono le

zanzare, portatrici di malattie che saranno in aumento come la dengue, la febbre gialla e la malaria, le meduse, le cui popolazioni sono in aumento in Mediterraneo, parassiti degli alberi come alcuni coleotteri tra cui *Dendroctonus ponderosae* che si alimenta di pini nel Nord America o il punteruolo rosso *Rhynchophorus ferrugineus* (responsabile della moria di palme in Italia), o altri insetti come la vespa cinese *Dryocosmus kuriphilus* responsabile della malattia di molti castagni. La formica di fuoco, *Solenopsis invicta* specie aliena in molti habitat, è avvantaggiata dal riscaldamento del pianeta e ha notevoli impatti sulla biodiversità endemica, mentre è prevedibile una diffusione delle zecche, vettori di patologie e agenti patogeni.

6. Non dobbiamo inoltre trascurare che la naturale capacità di adattamento di molte specie ai cambiamenti prodotti dall'uomo sul clima è in molti casi ostacolata dalle altre non trascurabili trasformazioni prodotte dall'uomo su habitat ed ecosistemi terrestri e marini: i luoghi o gli ambienti verso cui spostarsi potrebbero semplicemente non essere più disponibili o non avere più le caratteristiche necessarie. La distruzione perpetuata per secoli dalla nostra specie - deforestazione, frammentazione, distruzione e trasformazione degli habitat, inquinamento, sono altri tipi di "cambiamento" prodotti dall'uomo sulla biosfera che aggravano e amplificano quello climatico. Semplicemente gli animali e le piante non hanno più gli habitat in cui rifugiarsi o non possono raggiungerli a causa delle barriere costruite dall'uomo (infrastrutture urbane, strade, ferrovie, ecc.)
7. Inoltre, poiché il cambiamento prodotto dall'uomo sul clima supera la normale variabilità in cui si sono evoluti e funzionano gli attuali ecosistemi è molto probabile che vengano superate soglie limite ("tipping point") oltre le quali gli ecosistemi non sono più in grado di funzionare. Questo timore esiste per molti grandi ecosistemi come le foreste tropicali, prima tra tutte l'Amazzonia.

Cosa vogliamo dire quando diciamo "cambiamento climatico"

E' utile chiarire subito che il cambiamento climatico non deve essere confuso con la variabilità climatica che costituisce oggetto della meteorologia. La variabilità climatica è rappresentata dalla fluttuazione naturale su base annuale o stagionale di una specifica grandezza (come può essere, per esempio, la temperatura o la piovosità) intorno al suo valore medio. Invece il cambiamento climatico si definisce dal punto di vista statistico come lo spostamento della media e, quindi, come un cambiamento vero e proprio.

Anche in riferimento al cambiamento climatico è presente il concetto di fluttuazione delle grandezze climatiche, ma tali grandezze oscillano intorno a un nuovo valore medio il quale, insieme a tutti quelli calcolati in un lungo arco di tempo (registrati in periodi di almeno trent'anni) definisce un trend climatico. In questo caso si parla di cambiamento climatico (Climate Change).

Tale variazione è fondamentalmente attribuita a un'alterazione della composizione chimica dell'atmosfera globale. Modificazioni nel sistema climatico della Terra ci sono sempre state nel corso dei 4.6 miliardi di anni che costituiscono l'età del nostro pianeta. Molti di questi sono stati cambiamenti drastici e drammatici che hanno profondamente modificato il

nostro pianeta e l'evoluzione dello stesso straordinario fenomeno della vita sulla Terra che è stata sottoposta nell'arco di questi miliardi di anni e fin dalla sua comparsa, anche ad episodi di "estinzione di massa" molto significativi, durante i quali si ritiene siano scomparsi persino oltre il 90% delle specie allora presenti (come è avvenuto, ad esempio, nell'estinzione di massa tra il Permiano e il Triassico 250 milioni di anni fa).

Ma è bene ricordarsi che tutti questi sconvolgimenti hanno avuto luogo senza alcuna presenza umana sulla Terra, che, invece, oggi è fortemente pervasiva su tutta la superficie terrestre (con oltre 7.3 miliardi di esseri umani) ed è altrettanto bene ricordare che i lucidi motivi, scientificamente dimostrati, che ci fanno preoccupare per il nostro immediato futuro, derivano proprio dagli effetti dell'impatto continuo e crescente dei nostri modelli di sviluppo sul sistema climatico e su tutti gli ecosistemi del pianeta.

In particolare dalla Rivoluzione Industriale e in maniera più significativa negli ultimi 60 anni, la variazione climatica è fortemente dovuta alle attività umane, come dimostrato dalla migliore documentazione scientifica disponibile in merito.

Il sistema climatico che si è venuto a formare negli ultimi 11.000 anni, pur nella sua dinamicità, ci ha consentito di passare dalla Rivoluzione Neolitica con l'avvio delle attività agricole e zootecniche fino a giungere alla Rivoluzione Industriale e alla grande espansione territoriale della nostra specie sulla Terra.

Oggi stiamo mettendo in serio pericolo questa dimensione di stabilità (pur nella sua indubbia dinamicità evolutiva) ponendo il Sistema Terra in una condizione abbastanza singolare dove una singola specie agisce quotidianamente per modificare le stesse condizioni fondamentali che ne abilitano la sua presenza e la sua sopravvivenza e modificando profondamente la ricchezza di ecosistemi e biodiversità che condividono questa fase di storia del pianeta.

In alcune situazioni i cambiamenti climatici sono il principale fattore di degrado e distruzione degli ecosistemi, in altre situazioni aggravano e amplificano gli effetti di altre azioni prodotte dall'uomo come deforestazione, inquinamento, prelievo insostenibile, risorse naturali, frammentazione, consumo di suolo, diffusione specie aliene, etc.

Mentre è abbastanza chiaro come la distruzione della biodiversità possa portare ad una riduzione della capacità dei sistemi naturali di fornirci, cibo, acqua e di stabilizzare il clima, è meno chiaro come la distruzione della biodiversità amplifichi gli impatti più nefasti del cambiamento climatico sulle nostre stesse vite, ovvero gli effetti degli eventi estremi: tempeste, uragani, tifoni, , ecc. (vedi dossier foreste WWF Italia http://awsassets.wwf.it/panda.org/downloads/dossier_foreste.pdf)

Cosa vuol dire "perdere biodiversità"

Una delle conseguenze più nefaste del cambiamento climatico sono i suoi effetti sulla biodiversità. Perdere biodiversità vuol dire mettere a rischio la nostra vita e quella delle generazioni che verranno su questo pianeta. La biodiversità infatti comprende la varietà degli ecosistemi, la ricchezza e varietà di specie e l'enorme diversità dei processi naturali che permettono alla vita di esistere su questo Pianeta. Si tratta del cuore del nostro straordinario capitale naturale, base essenziale per la nostra sopravvivenza, il nostro benessere e il nostro sviluppo. Per essere ancora più concreti la biodiversità ci garantisce la quantità e l'enorme diversità di cibo, la varietà di fibre di energia e di altre risorse

naturali di cui abbiamo bisogno. Ci fornisce l'acqua che possiamo bere, ci fornisce i medicinali con cui curarci. In modo lampante la biodiversità rende inoltre "sicura" la nostra vita sul pianeta: perdendola saremo più esposti agli effetti degli eventi estremi, cosa che purtroppo già avviene in molti luoghi del pianeta.

Perdere biodiversità significa:

- perdere una fonte di risorse naturali cruciali per le necessità e le attività umane;
- perdere il più prezioso alleato contro gli effetti deleteri prodotti dall'uomo sul clima e sugli altri cosiddetti confini planetari "Planetary Boundaries" perdere una ricchezza infinita (conosciamo solo una piccola parte di tutte le forme di vita presenti sul Pianeta) del materiale genetico utile per adattarci ai nuovi e grandi cambiamenti prodotti dall'uomo, comprendere meglio la vita e difenderci da esistenti e future malattie;
- perdere principi naturali cruciali per la produzioni di attuali e future medicine;
- perdere sistemi naturali di protezione dagli eventi estremi prodotti dai cambiamenti climatici;
- aumentare la desertificazione del pianeta (ogni anno si desertificano 12 milioni di ettari di terra fertile);
- perdere le nostre fonti di ispirazione per le nuove tecnologie e la capacità rigenerativa psicoculturale che i sistemi naturali ci offrono.
- perdere la capacità di immagazzinare e rigenerare depositi di acqua potabile;
- perdere un capitale naturale sicuro da utilizzare nei momenti di crisi.

Gli impatti su habitat ed ecosistemi

Sono molti gli habitat minacciati dai cambiamenti climatici, perché questi possono agire direttamente (ad esempio tramite l'aumento della temperatura) e indirettamente (determinando il cambiamento di fattori fisici, chimici e legati alle interazioni biologiche tra le varie specie) sugli ecosistemi e sulle specie.

I cambiamenti climatici possono avere impatto sugli ecosistemi in vari modi e, in particolare con:

- impatti sulla fisiologia e sul comportamento delle specie,
- impatti sul ciclo vitale delle specie (fenologia),
- impatti sulla distribuzione geografica delle specie,
- impatti sulla composizione e sulle interazioni delle specie in comunità ecologiche.

Oceani

Il mare ha sentito caldo dopo la terra, il calore specifico dell'acqua marina che ne determina una capacità termica elevata, gli ha consentito di resistere all'aumento della temperatura dell'aria per un po' di tempo, poi ha cominciato a riscaldarsi anche lui, ma al contrario della parte emersa del pianeta, il calore inglobato lo trattiene anche quando l'aria si raffredda e se il freddo invernale è breve, anche se intenso, com'è accaduto due volte negli ultimi dieci anni, il mare non conosce più le stagioni.

Gli ecosistemi marini giocano un ruolo cruciale nella regolazione del clima. Oltre ad aver assorbito fino ad oggi ben il 90% dell'aumento di calore del Pianeta, sono responsabili dell'assorbimento di ben il 30% dei gas serra prodotti dalle attività umane, tra cui principalmente l'anidride carbonica (CO₂). L'aumento di anidride carbonica degli oceani insieme all'aumento delle temperature delle acque producono una diminuzione del PH dei mari, portando quindi ad una vera e propria *acidificazione* di questi ecosistemi cruciali per la vita umana (l'alimentazione di quasi tre miliardi di persone dipende strettamente dalla pesca). Dall'inizio dell'era industriale, l'acidità degli oceani è aumentata del 26% con conseguenze riscontrabili su molti organismi, in particolare su quelli con uno scheletro o un guscio calcareo come i coralli, molluschi e altri invertebrati. All'attuale livello di riscaldamento e acidificazione delle acque rischiamo di perdere le barriere coralline entro il 2050. Recenti studi dimostrano che il pianeta ha già perso il 50% di questi preziosi ecosistemi corallini da cui dipende la vita di molte comunità e la ricchezza di biodiversità dei mari.

Più in generale il riscaldamento degli oceani ha un enorme impatto sulle relazioni e distribuzioni delle specie che si spostano e ridistribuiscono nei mari a seguito dei cambiamenti nelle temperature con notevoli ripercussioni sulla biodiversità dei mari.

Zone umide. Le zone umide costiere sono governate da regimi di salinità e livello delle acque molto delicati. I cambiamenti climatici stanno determinando in molte aree il repentino cambiamento dei parametri biofisici mettendo a rischio questi ecosistemi. I laghi costieri, le lagune e gli stagni dunali sono ambienti fondamentali sia per le specie animali e vegetali che ci vivono tutto l'anno come anfibi, rettili, pesci e piante acquatiche, sia per le specie migratrici che le usano come aree di sosta, alimentazione e svernamento.

Ambienti nivali. Gli ambienti estremi sono quelli maggiormente minacciati dai cambiamenti climatici. La riduzione dei ghiacciai e dei periodi di innevamento su tutto il pianeta sta minacciando molte specie alpine sulle montagne di tutto il mondo. Si tratta di specie altamente specializzate a vivere in condizioni estreme e quindi poco adattate ai repentini cambiamenti che il clima sta subendo. Ad esempio, diverse specie di uccelli, di farfalle, e della flora alpina sono in serio pericolo per i cambiamenti climatici.

Savana africana e grandi mammiferi migratori africani. Un esempio è rappresentato dalla regione del Serengeti-Mara, in Africa orientale che ospita uno dei fenomeni migratori naturali più straordinari presenti sul nostro pianeta. Circa un milione e mezzo di erbivori si sposta alla ricerca di erba giovane ricca di calcio. La grande migrazione è governata dal ciclo delle piogge e dalla pressione esercitata dagli erbivori sui pascoli. Le piogge si spostano da sud verso nord creando continuamente nuovi pascoli e gli animali seguono le piogge in un viaggio lungo e pericoloso. Oltre alle minacce di natura diretta come il **disboscamento selvaggio** e il **bracconaggio**, **oggi i cambiamenti climatici rischiano seriamente di compromettere questo ciclo naturale antichissimo.** Il clima è diventato, negli ultimi anni, sempre più caldo, la stagione secca dura più a lungo, quella umida arriva in ritardo e le piogge sono sempre più frequenti eventi meteorologici estremi provocano il dilavamento e l'**erosione del suolo.**

Foreste temperate

Sono costituite dalle grandi foreste europee, nord americane e di alcune zone asiatiche. La sovrapposizione della distribuzione di questi biomi con quella di importanti e diffuse culture umane ha avuto una grossa influenza sulla loro ecologia e distribuzione. Il cambiamento climatico si sovrappone quindi ad una situazione di disturbo “cronico”.

E' di tutta evidenza che un aumento dei fenomeni estremi (come uragani, alluvioni, frane, incendi naturali) prodotti dal cambiamento climatico ha un sostanziale impatto. Altri impatti sono dovuti ai “side effects” del cambiamento climatico come la siccità, l'aumento delle specie aliene, l'aumento delle patologie vegetali, etc..

Foreste tropicali

Le foreste tropicali, come ad esempio l'Amazzonia, sono ecosistemi evolutisi in milioni di anni. Solo recentemente sono diventate più chiare le dinamiche con cui le foreste tropicali contribuiscono a stabilizzare il clima. La loro distruzione non solo sottrae un tassello cruciale negli equilibri climatici ma rende questi ecosistemi particolarmente vulnerabili agli effetti del cambiamento climatico. Secondo alcuni ricercatori l'Amazzonia è arrivata sulle soglie di un “tipping point”: un punto di non ritorno che causerebbe la distruzione dell'ecosistema forestale e devastanti effetti climatici a catena.

Foreste tropicali asciutte

L'aumento delle temperature del pianeta potrebbe portare ad un aumento significativo dell'intensità, del numero e dell'estensione degli incendi naturali in questi ecosistemi importanti per il gran numero di specie che da essi dipendono.

Barriere coralline

Il cambiamento climatico è il principale responsabile della perdita del 50% dei coralli delle barriere coralline. Uno degli effetti più drammatici del cambiamento climatico sui coralli è il “*bleaching*” dei coralli che porta alla morte degli invertebrati marini. Negli ultimi anni siamo stati testimoni di diversi e diffusi fenomeni di *bleaching* che ha portato in alcune regioni dove sono presenti le barriere addirittura alla morte del 70% dei coralli. Le barriere coralline non sono solo, insieme alle foreste tropicali, l'ambiente più ricco di biodiversità ma sono cruciali per la vita, il sostentamento e il lavoro di milioni di persone.

Fiumi ed ecosistemi ripariali

La significativa riduzione del manto nevoso invernale potrebbe portare a significativi cambiamenti nei flussi e nella portata dei corsi d'acqua e quindi alla riduzione o all'estinzione di habitat e specie da essi dipendenti.

Ghiacciai

I ghiacciai o meglio la criosfera costituiscono gli ecosistemi più minacciati dal cambiamento climatico. Nonostante le condizioni estreme questi ambienti sono ricchi di biodiversità e di processi ecologici. Piccole variazioni nelle temperature e nei sistemi ecologici da queste dipendenti rischiano di portare a veri e propri collassi ecologici, fra cui *in primis* la fusione dei ghiacci. E' importante considerare che sulle Alpi abbiamo già perso il 40% dei ghiacci perenni.

Foreste di mangrovie

L'aumento del livello del mare mette a rischio l'habitat delle mangrovie già in gran parte distrutto dall'intervento dell'uomo per attività produttive e insediative lungo le coste.

Banchisa artica

Circa il 50% della calotta artica si sta riducendo in maniera drastica e se il riscaldamento globale dovesse continuare con il trend attuale gli esperti prevedono che prima della metà del secolo il mare Artico potrebbe essere praticamente privo di ghiacci nei mesi estivi.

Cambiamento climatico e tassi di estinzione.

L'umanità negli ultimi due secoli ha decisamente aumentato il tasso di estinzione delle specie, amplificando almeno di 100 volte quello riscontrato in condizioni pre-industriali (G. Ceballos, P. R. Ehrlich, A. D. Barnosky, A. García, R. M. Pringle, T. M. Palmer, Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. Science Advance 1, e1400253 (2015).

Tuttavia è estremamente evidente, per mancanza di dati adeguati di riferimento pre industriali e per mancanza di sufficienti informazioni sullo stato di gran parte delle specie ad oggi identificate dall'uomo, che questa valutazione debba essere presa come indicativa e possa in realtà essere una sottostima. I meccanismi di perdita di biodiversità e quindi di estinzione sono diversi e spesso interconnessi. Fra questi sta acquistando una drammatica rilevanza proprio il cambiamento climatico. Negli ultimi anni gli scienziati si sono accaniti per prevedere il tasso di estinzione delle specie causato dal cambiamento climatico nei prossimi decenni: sono state date diverse valutazioni di incrementi che variano dallo 0% al 54%. Tuttavia è evidente che il rischio di estinzione è molto più piccolo del numero di specie interessate dal cambiamento climatico e potrebbero esserci comunque dei cambiamenti nella distribuzione/comportamento delle specie, non direttamente correlabili con il rischio d'estinzione, che hanno effetti negativi sul funzionamento degli ecosistemi e sul nostro benessere

(Urban M.C., 2015, Accelerating extinction risk from climate change, Science, 348; 571-573) Non è quindi così importante valutare l'esattezza delle previsioni sul tasso d'estinzione quanto il constatare che il cambiamento climatico costituisce una vera minaccia per il futuro della diversità delle specie e quindi per il futuro dell'umanità.

Luoghi simbolo del cambiamento climatico:

Alpi

Le Alpi Italiane presentano connotati di peculiare fragilità ambientale ed ecologica che le rendono particolarmente vulnerabili al cambiamento climatico.

I ghiacciai alpini sono in forte ritiro nelle ultime decadi. Il nuovo Catasto dei ghiacciai italiani mostra come la superficie dei ghiacciai italiani sia passata dai 519 km² del 1962 (Catasto CGI-CNR), ai 609 km² del 1989 (catasto prodotto nell'ambito del World Glacier Inventory, con dati raccolti negli anni '70-80), agli attuali 368 km², pari al 40% in meno rispetto all'ultimo catasto. Contemporaneamente, il numero dei ghiacciai è passato oggi a 900, contro 824 nel 1962 e 1381 nel 1989, ove l'aumento è dovuto all'intensa

frammentazione che ha ridotto sistemi glaciali complessi a singoli ghiacciai più piccoli. Il quadro generale è quindi assai preoccupante ma ancora più critici sono i dati che vengono forniti da studi condotti su singoli gruppi glaciali: queste ricerche mostrano le evoluzioni recenti dei ghiacciai italiani, ne modellano il comportamento e ne ipotizzano le evoluzioni future ponendo di fronte a scenario assai preoccupante. Studi sulla potenziale evoluzione futura (fino al 2100) del ghiacciaio dei Forni in Valtellina, il più grande ghiacciaio vallivo italiano, utilizzando modelli di dinamica glaciale e gli scenari climatici forniti dall'IPCC, mostrano per il ghiacciaio, in forte ritiro negli ultimi trent'anni, il potenziale per una fortissima riduzione, in particolare nello scenario più pessimistico previsto dall'IPCC.

L'intera biodiversità alpina risulta particolarmente a rischio a causa del cambiamento climatico: le specie di alta quota presentano un elevato rischio estinzione anzitutto per la progressiva scomparsa delle condizioni ambientali cui sono adattate (basti pensare alla scomparsa dei ghiacciai) e l'impossibilità di trovare habitat consoni alle loro caratteristiche e in secondo luogo per la maggior competizione con specie più aggressive che provengono dalle quote più basse. Oltre alle pressioni cosiddette biologiche sono in aumento quelle "meccaniche" come venti più forti, alluvioni e incendi che aumentano lo stress su questi ecosistemi particolarmente "fragili".

Mediterraneo

Il "Rapporto sullo stato delle conoscenze scientifiche su impatti, vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti climatici in Italia" del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, pubblicato nel 2014, ed elaborato da illustri specialisti ci indica che notevoli cambiamenti del clima Mediterraneo potrebbero verificarsi già nei primi decenni del XXI secolo. Alcuni scenari, per il periodo 2021-50, mostrano un riscaldamento sostanziale (circa 1.5° C in inverno e quasi 2° C in estate) e una significativa diminuzione di precipitazioni (circa -5% in inverno e -10% in estate) su gran parte della regione Mediterranea. Valori più alti di riscaldamento e riduzioni più drastiche di precipitazioni si ottengono per scenari corrispondenti a più alte emissioni.

I cambiamenti della temperatura media sono sostanzialmente omogenei su tutto il bacino mediterraneo e per le diverse stagioni, mentre le precipitazioni mostrano andamenti diversi per l'estate e l'inverno e per la parte settentrionale e per quella meridionale dell'area Mediterranea.

Le proiezioni di cambiamento climatico per la penisola Italiana sono sostanzialmente consistenti con quelle ottenute per la regione Mediterranea. La temperatura media stagionale aumenta, rispetto al periodo di riferimento (1961-1990), sia nella parte settentrionale che centrale e meridionale della penisola, con valori che alla fine del XXI secolo, per qualche scenario, vanno da oltre 5°C per l'Italia del nord in estate ai circa 3°C per la Sicilia e la Sardegna. Le precipitazioni medie diminuiscono del 30% e oltre su gran parte della penisola in estate; in inverno la riduzione è molto meno consistente nel sud, praticamente nulla al centro, mentre nel settentrione si assiste ad un aumento significativo (+17%). Tale aumento appare interessante maggiormente le regioni nord-occidentali e la fascia tirrenica.

Oltre ai valori medi, le proiezioni indicano anche un sostanziale cambiamento nella variabilità interannuale delle temperature e delle precipitazioni sull'Italia. In particolare, l'aumento della variabilità estiva della temperatura, accompagnato dall'aumento delle massime (che in alcuni scenari è di circa 2°C) indica un aumento considerevole della

probabilità di occorrenza di ondate di calore. Anche la precipitazione mostra un cambio nei regimi, con un aumento degli eventi intensi, a dispetto della generale diminuzione dei valori medi stagionali.

Inoltre, i cambiamenti di precipitazione associati a quelli di temperatura ed evaporazione portano a un significativo aumento degli eventi siccitosi, su gran parte della penisola.

Il generale riscaldamento della penisola Italiana e dell'area alpina in particolare, porta a una significativa riduzione dell'estensione dei ghiacciai alpini.

Le proiezioni relative al cambiamento climatico indicano che anche le condizioni del Mar Mediterraneo potrebbero essere sostanzialmente alterate dal riscaldamento globale. In particolare, la sua temperatura superficiale è proiettata aumentare di circa 1.3 globale. rraneola nealin alcuni scenari.

L'aumento dell'evaporazione e la diminuzione delle precipitazioni potrebbero incrementare il carattere evaporativo del bacino mediterraneo alterando significativamente il suo bilancio idrico. Questa significativa alterazione del ciclo idrologico del bacino avrebbe sicuramente riflessi sulla sua circolazione e sullo scambio di acque con l'Oceano Atlantico.

Anche il bilancio energetico alla superficie del Mar Mediterraneo è sostanzialmente modificato nelle proiezioni di cambiamento climatico.

Il mare, quindi, riducendo la quantità di calore che cede all'aria, si riscalda, consistentemente con l'aumento della sua temperatura.

Le variazioni di temperatura e del bilancio idrologico del Mar Mediterraneo si riflettono sulla sua densità, ripercuotendosi, a parità di massa, sul livello del mare. Alcuni scenari indicano un possibile trend di aumento del livello del mare dell'ordine di

0.29 cm/anno, che porterebbero il livello del bacino nel periodo 2021-50 ad essere mediamente dai 7 ai 12 cm più alto. A questo aumento del livello del Mar Mediterraneo andrebbe poi aggiunto quello dovuto all'aumento del livello dell'oceano globale indotto dalla fusione dei ghiacci continentali (Groenlandia e Antartico occidentale) e gli effetti della subsidenza costiera.

La biodiversità e le funzioni degli ecosistemi marini del Mediterraneo, già intensamente impattati dalle attività umane (sforzo di pesca, inquinamento, deterioramento habitat, introduzione specie aliene, etc.) risentono significativamente del cambiamento climatico in corso. Fra i principali fattori responsabili di significativi cambiamenti nella biodiversità marina del Mediterraneo possiamo segnalare

- Diffusione di specie non autoctone (specie aliene, molte delle quali di origine tropicale)
- Spostamento di specie dalle acque meridionali (più calde) verso acque settentrionali (più fredde).
- Alterazione del sistema di ricircolo e ricambio delle acque profonde attivato dalle acque fredde.
- Cambiamenti nello sviluppo, nella riproduzione di diverse specie marine
- Estinzione di specie con particolare riguardo a quelle che dipendono da acque più fredde
- Aumento della diffusione di alcune specie facilitate dal cambiamento climatico come le meduse
- Deterioramento di alcuni habitat rispetto ai quali il cambiamento climatico amplifica altre cause prodotte dall'uomo (inquinamento, distruzione di habitat, etc.)

Il Mediterraneo, con i suoi cinque milioni di anni, è un mare giovane, temperato, caratterizzato da un'alta biodiversità ma con specie di modesta biomassa e scarsa

specializzazione. Questo ne disegna un ambiente fragile e climaticamente sensibile ma in condizione rispondere alla variabilità naturale e agli impatti antropici adattandosi a essi grazie alla sua elevata capacità omeostatica e a un'alta resilienza delle specie che vi vivono.

Per questo motivo ci si è accorti tardi che il Mediterraneo soffriva il caldo. Solamente nel 1995 si è iniziato a parlare di tropicalizzazione del bacino, osservando che le specie non indigene che entravano dal mar Rosso attraverso il Canale di Suez, dette lessepsiane, le specie aliene introdotte dall'uomo e le specie arrivate in tempi recenti dall'oceano Atlantico erano in netto aumento sia in numerici sia in biomassa. Inoltre, alcune di queste specie si stavano insediando, cioè riuscivano ad avere un intero ciclo vitale in Mediterraneo, ma soprattutto quelle che erano più invasive e mostravano un'alta aspettativa di vita avevano affinità subtropicale e tropicale. Questo fenomeno non si è ancora stabilizzato anzi mostra un costante incremento. In Mediterraneo orientale, nelle acque Libanesi e Siriane, le specie non indigene hanno già superato il 50% in peso nella cattura della pesca e in Mediterraneo si contano ormai oltre mille specie aliene, di cui un centinaio sono ritenute pericolose per la biodiversità del bacino, l'economia o la salute. L'attuale raddoppio del Canale di Suez rappresenta l'esatto opposto della politica di mitigazione e adattamento auspicata sia dalla Convenzione della Diversità Biologica sia dalla Convenzione sul Cambiamento Climatico, dobbiamo quindi aspettarci, nei prossimi anni, ulteriori invasioni biologiche.

Negli stessi anni ha cominciato a manifestarsi un altro fenomeno legato al cambiamento climatico definito "meridionalizzazione del Mediterraneo". Stava accadendo che alcune specie mediterranee termofile, cioè che preferivano l'acqua più calda, aumentassero in biomassa nelle aree in cui vivevano, come il pesce vela, il barracuda e il pesce balestra, un tempo catture accidentali e oggi comuni, oppure si spostassero verso nord, come il pesce pappagallo, la donzella pavonina e la ricciola bastarda.

La tropicalizzazione e la meridionalizzazione del mediterraneo sono state solo le prime evidenze dell'effetto del cambiamento climatico sul Mare Mediterraneo anche perché sono state apprezzate dai pescatori che sono la memoria storica del mare ma, purtroppo, nel tempo, altri fenomeni, per certi versi anche più inquietanti, hanno cominciato ad evidenziarsi.

Si stanno osservando oggi casi di asincronismo in mare, che è un fenomeno più noto in campo forestale, si tratta dello sfasamento dei cicli vitali in due specie che hanno maturato ruoli di commensalità o di mutualità. Un esempio ci viene dalla ricciola i cui giovanili, un tempo erano commensali del pesce pilota con cui condividono l'habitat, e oggi, invece, ne sono predatori avendo anticipato il periodo riproduttivo a causa del riscaldamento del mare.

Il cambiamento climatico sta anche modificando le correnti marine sulle quali la temperatura ha un ruolo importante. Il Mediterraneo funziona come una cella termoalina e gli spostamenti delle principali masse d'acqua sono legati alle differenze di temperatura e salinità tra il bacino orientale e quello occidentale. In linea generale, le masse d'acqua oceaniche, entrate dallo Stretto di Gibilterra, attraversano in superficie l'intero Mediterraneo sino alla parte più orientale mentre le masse d'acqua in uscita, ricche dei nutrienti provenienti dal bacino del Nilo, vanno verso occidente nello strato intermedio (il transiente intermedio levantino), per risalire, nello Stretto di Sicilia, una volta incontrate profondità

minori. Questo up-welling alimentava una ricca catena trofica che supportava una elevata biomassa ittica. Oggi il diverso riscaldamento delle acque superficiali dei due bacini ha cambiato il funzionamento della cella modificando il trasporto di nutrienti con serie conseguenze per la pesca delle specie pelagiche.

Il cambiamento climatico causa anche lunghi periodi di basso o nullo idrodinamismo delle acque marine costiere che inducendo fenomeni abnormi come la presenza massiccia dell'alga tossica *Ostreopsis ovata*, che ha impatti sulla balneazione e sulla salubrità di alcuni prodotti ittici.

Anche l'accentuarsi di eventi atmosferici paradossali sta incidendo in modo significativo sul mare Mediterraneo, a causa del riscaldamento delle acque si stanno intensificando gli uragani che un tempo erano rari, ma soprattutto nel 2011 il SAB del NOAA ha catalogato la prima tempesta tropicale nel Mediterraneo il 99L-01M detto "Rolf". L'incidenza di questi eventi sul biota marino è elevata poiché causano il trasporto in mare di grandi quantità di materiali antropici e naturali presenti sulla costa. Al cambiamento climatico è anche legato l'alternarsi di lunghi periodi di siccità nei mesi estivi seguito da grandi piogge in autunno, le cosiddette bombe d'acqua, che sono la causa di dissesti idrogeologici del territorio. Questi eventi hanno forte incidenza sul mare, basti pensare alle esondazioni dei fiumi, alle alluvioni di Genova nel 2011 e nel 2015, e di Giampileri, a Messina, nel 2009 che trasportando in mare relitti antropici, rifiuti o gigantesche quantità di fango, impattano profondamente con la fauna e la flora marina, soprattutto sulle specie sessili e quelle scarsamente vagili.

L'acidificazione dei mari è oggi un problema emergente a livello planetario e anche in Mediterraneo comincia a essere evidente. Con acidificazione del mare s'intende la progressiva riduzione del pH delle acque dovute alla crescente emissione di anidrite carbonica, strettamente legata al cambiamento climatico e magnificata dalla perdita dei servizi eco-sistemici resi dalla vegetazione marina la cui integrità è spesso compromessa dall'uomo. L'impatto dell'acidificazione è prevalentemente apprezzabile sugli animali con struttura a guscio calcareo come i coralli, i briozoi, gli echinodermi, i molluschi e le alghe coralline.

Un altro pericolo, o meglio un'altra minaccia del cambiamento climatico è legata all'innalzamento del livello del mare che non è oggi evidente in Mediterraneo ma potrebbe avere nei prossimi decenni, secondo le previsioni dell'IPCC, effetti devastanti soprattutto in alcune aree poco elevate sul livello del mare.

Mitigazione e adattamento nel Mediterraneo

Oltre agli aspetti della prevenzione, che sono strettamente legati all'applicazione dei dettati della Convenzione sui Cambiamenti Climatici e degli organismi a essa correlati, è particolarmente importante, in un mare con le caratteristiche del Mediterraneo, sviluppare, sia su una scala globale sia locale, politiche di adattamento e mitigazione che ne riducano gli impatti. Vanno garantiti i servizi ecosistemici offerti dalla componente vegetale, che appare oggi sempre più compromessa dall'inquinamento e dal degrado costiero, inoltre, ecosistemi sani e popolazioni ittiche non depauperate garantiscono una migliore risposta alle invasioni biologiche e alle alterazioni ambientali. E' quindi necessario adottare il più rigoroso approccio precauzionale per prevenire introduzione volontaria e involontaria delle specie non indigene marine e sviluppare politiche della pesca condivise tra tutti i Paesi del

Mediterraneo. L'applicazione della Direttiva Quadro sulla Strategia Marina da parte dei Paesi dell'Unione Europea e dell'iniziativa EcAp (Ecosystem Approach) da parte dei Paesi Contraenti la Convenzione di Barcellona potrebbe dare un serio contributo alle politiche di mitigazione adattamento al cambiamento climatico in Mediterraneo.

Specie simbolo del cambiamento climatico

Molte specie, in tutto il mondo, stanno registrando adattamenti nella distribuzione, nella fenologia, nel comportamento e nella fisiologia in risposta ai cambiamenti climatici. Tuttavia le specie che dipendono direttamente da basse temperature o dalla presenza di ghiacci e neve sono quelle più minacciate. Nelle aree fredde del pianeta vivono oltre 67 mammiferi terrestri, 35 mammiferi marini, 21.000 di altre specie di animali, piante e funghi: costituiscono la diversità biologica dei ghiacci della Terra, inferiore ai territori tropicali ma interessante per le condizioni climatiche e ambientali complessive alle quali sono adattate.

► In Italia

Stambecco (*Capra ibex*)

Durante l'inverno gli stambecchi subiscono perdite anche importanti a causa soprattutto delle valanghe. Negli ultimi anni però si è aggiunta una nuova minaccia più subdola: il caldo.

Con l'innalzamento delle temperature medie a causa dei cambiamenti climatici in atto, la stagione vegetativa nelle aree montane dove vivono gli stambecchi è sempre più anticipata, cosicché i prati si sono impoveriti di proprietà nutritive e non offrono ai capretti il foraggio adatto alla loro nutrizione nel momento critico dello svezzamento.

La loro sopravvivenza è scesa dal 50% negli anni '80 al 25% di oggi. Ne muoiono cioè 7-8 ogni dieci. Si è calcolato che nel solo Parco Nazionale del Gran Paradiso la popolazione cali di circa 200 esemplari l'anno!

E' opportuno ricordare che la popolazione di questa area protetta ha anche un valore simbolico, essendo l'origine di tutte le immissioni che hanno permesso a questa specie di ricolonizzare le Alpi.

Pernice bianca (*Lagopus muta helvetica*)

La **pernice bianca**, abitante delle vette alpine, risente dell'aumento delle temperature che riduce e frammenta i ghiacciai alpini. La superficie dei ghiacciai italiani è passata dai 519 kmq del 1962 (Catasto CGI-CNR), agli attuali 368 kmq, pari al 40% in meno.

Passeriformi migratori

Alcuni autorevoli ecologi come Chris D. Thomas, hanno pubblicato su Nature stime del tasso di estinzione altissime per gli uccelli a causa del global change: fino al 70% in Australia e ai tropici entro il 2050 (Thomas C.D. et al, 2004, Extinction risk from climate change, Nature, 427;145-148). Questo se il riscaldamento globale si fosse mantenuto entro i 2° centigradi, previsione che potrebbe essere ampiamente superata se dovessero verificarsi scenari di BAU (Business As Usual) o di modesto contenimento delle emissioni

come dimostrato nell'ultimo rapporto dell'IPCC, il Panel Intergovernamentale sul Cambiamento Climatico delle Nazioni Unite.

Molte specie di uccelli stanno già cambiando il loro areale di distribuzione in risposta al cambiamento climatico. Gli usignoli di fiume inglesi, ad esempio, hanno spostato i loro territori 29 km più a Nord negli ultimi 20 anni, le balie nere olandesi sono diminuite del 90% dal 1987 al 2003 perché arrivavano troppo tardi rispetto al picco della disponibilità di larve di cui si nutrono. I migratori europei arrivano nei territori riproduttivi mediamente un giorno prima ogni 3 anni dagli ultimi 40 anni, e quelli che svernano a nord del Sahara hanno ritardato il passo di 3,4 giorni.

Ermellino (*Mustela erminea*).

Mammifero distribuito nell'emisfero settentrionale, tipico dei boschi, ma soprattutto delle praterie di quota. In Italia vive solo sulle Alpi. Presenta un manto che varia con la stagione: in estate, la pelliccia è bruna rossastra nella parte superiore del corpo e bianca nella parte inferiore; in inverno la pelliccia diventa totalmente bianca, tranne la punta della coda che rimane nera. Lo scioglimento precoce delle nevi lo espone ad un rischio di predazione più elevato.

Fringuello alpino (*Montifringilla nivalis*). Piccolo passeriforme delle montagne europee e asiatiche. In Italia vive sulle Alpi e sui massicci dell'Appennino centrale. E' un'animale particolarmente adattato alle severe condizioni climatiche invernali, anche condizioni molto sfavorevoli durante la riproduzione sembrano non influenzare il successo riproduttivo. E' una specie particolarmente sensibile al riscaldamento climatico, un'importante ricerca di monitoraggio è condotta dalla Stazione Ornitologica d'alta quota presente a Campo Imperatore in Abruzzo.

Arvicola delle nevi (*Chionomys nivalis*). Piccolo roditore dalla folta e morbida pelliccia distribuito nelle montagne d'Europa e dell'Asia, tipico delle alte quote. Sul Monte Bianco si trova fino a 4.100 metri di altitudine. Presente anche con due popolazioni isolate sul Gran Sasso e sulla Maiella. Si nutre di vegetali e raramente di insetti. I cambiamenti climatici in atto potrebbero stravolgere questi delicatissimi ecosistemi montani con gravi ripercussioni su tutte le specie alpine.

Ululone dal ventre giallo (*Bombina variegata*). Piccolo rospo che deve il suo nome al canto che emette durante il periodo riproduttivo e alla colorazione del ventre. Trascorre l'inverno in buche del terreno coperte di fango e riappare in superficie verso la fine di aprile. In Italia è distribuito lungo l'arco alpino e la dorsale appenninica. Durante il periodo riproduttivo l'Ululone frequenta piccole raccolte d'acqua, di preferenza pozze e pozzanghere fangose e prive di vegetazione. La diminuzione delle precipitazioni e la siccità hanno contribuito alla riduzione di questa specie in molte aree appenniniche.

Stella alpina (*Leontopodium alpinum*). E' il tipico fiore delle Alpi (presente anche sull'Appennino con una specie gemella: la stella alpina dell'Appennino (*Leontopodium nivale*)). E' una pianta erbacea alta 5-20 cm, legata alle condizioni estreme d'alta montagna, terreni poveri e con poco suolo. Come tutte le specie rupestri e montane potrà subire sensibili rarefazioni a causa del riscaldamento del clima.

Abete bianco (*Abies alba*). L'abete bianco è il tipico albero di Natale delle regioni settentrionali. Presente sulle Alpi in modo abbastanza diffuso e sull'Appennino con una varietà tipica *Abies alba* var. *apennina*. Questa presenza sull'Appennino è molto importante perché le ricerche svolte da vari studiosi, come quella dell'Università della Tuscia di Viterbo, grazie anche alla collaborazione del WWF con uno specifico progetto, hanno permesso di appurare che in queste aree la specie si rifugiò durante le ultime glaciazioni, terminate 12.000 anni fa. Oggi l'abete bianco è fortemente minacciato, soprattutto sull'Appennino, da un fenomeno di deperimento e declino biologico detto fenomeno del Tannesterben. Questa specie infatti è molto sensibile all'eccessiva umidità atmosferica che favorisce i parassiti. Ama terreni profondi ed umidi. In caso di crisi da aridità i danni sono aggravati dalla presenza di parassiti.

► Nel Mondo

Orso polare (*Ursus maritimus*)

Senza banchi di ghiaccio, che stanno scomparendo a ritmi vertiginosi nell'Artico, nel 2050 i due terzi degli orsi polari esistenti potrebbero scomparire per sempre. La riduzione della banchisa artica nel periodo di massima alimentazione degli **orsi polari** spinge, inoltre, questi grandi animali ad avvicinarsi, in cerca di cibo, ai centri abitati, con conseguenze spesso spiacevoli.

Pinguini di Adelia (*Pygoscelis adeliae*)

Se le temperature del globo si alzeranno anche solo di 2°C l'Antartico, ad esempio, potrebbe perdere il 75% della popolazione di pinguini di **Adelia**. I pinguini di Adelia risentono infatti della riduzione dei ghiacci, della ridotta produttività marina e dell'aumento delle temperature esterne (che portano pioggia anziché neve). Quest'ultima condizione è forse la più tragica: le piogge bagnano il piumino dei piccoli esponendoli ad un veloce raffreddamento e quindi alla morte.

Pinguino reale (*Aptenodytes patagonicus*)

Recentissimi studi dimostrano come le conseguenze del cambiamento climatico sugli oceani stiano significativamente disturbando l'alimentazione, il successo riproduttivo e la dinamica delle popolazioni di questo importante pinguino dei territori antartici molto probabilmente per la riduzione delle prede disponibili nel periodo riproduttivo (Bost C.A. et al., 2015, Large scale climatic anomalies affect marine predators foraging behaviour and demography, Nature Communications

<http://www.nature.com/ncomms/2015/151027/ncomms9220/full/ncomms9220.html>)

Trichechi (*Odobenus rosmarus*)

In Alaska i trichechi, a causa dell'assottigliamento del ghiaccio marino artico, si radunano sempre più spesso sulle coste russe, visto che il loro habitat si riduce sempre più. Sia nel 2014 che nel 2015 sono state osservati assembramenti di 3500 trichechi, un fenomeno che mette a dura prova le loro capacità di sopravvivenza.

Krill antartico (*Euphasia superba*)

E' difficile immaginare quanto la vita sul pianeta sia dipendente dal krill antartico (*Euphasia superba*), un piccolo gamberetto planctonico che può raggiungere i 6 cm di lunghezza e i 2 grammi di peso e che si trova in grandi banchi nelle acque dell'Oceano Meridionale, banchi che possono raggiungere densità di 10.000 – 30.000 individui per metro cubo. Data la sua abbondanza e la sua ricchezza proteica il krill è il principale nutrimento di moltissimi organismi marini anche di grandi dimensioni, come albatrici, foche, balene, pinguini e uno svariato numero di pesci.

Il krill privilegia le acque fredde polari dove si riproduce e si alimenta sotto lo strato di ghiaccio (ambiente ricco di fitoplancton) che funziona come un vero e proprio "terreno fertile".

Il krill dipende quindi strettamente dall'ecologia degli oceani, dalla loro temperatura, dall'estensione dei ghiacci marini, e da altri importanti parametri biofisici. L'aumento della temperatura del Pianeta così come l'acidificazione degli oceani ha fatto già registrare un notevole impatto sulla produzione di krill, con evidenti ripercussioni su tutte le catene alimentari. In particolare il cambiamento climatico nel Krill interviene quindi attraverso:

- riduzione della disponibilità trofica (riduzione del fitoplancton);
- riduzione dello scheletro esterno (causata dall'acidificazione);
- riduzione del tasso di crescita e riproduzione (causata dall'aumento delle temperature).

Panda gigante (*Ailuropoda melanoleuca*)

Per quanto in leggero aumento il futuro del Panda gigante rimane incerto per una serie di minacce tutt'ora incombenti tra cui il cambiamento climatico. Le piccole e isolate popolazioni di questo magnifico orso dipendono in tutto e per tutto dalla disponibilità di bambù, che rappresenta più del 90% della loro dieta. Il futuro delle delicate foreste di bambù è strettamente legato all'impatto del cambiamento climatico nei limitati territori in cui sopravvivono i panda giganti.

Leopardo delle nevi

Il leopardo delle nevi è un meraviglioso abitante della catena dell'Himalaya. Gravemente minacciato di estinzione a causa del bracconaggio e del disturbo prodotto dall'uomo (la popolazione si è ulteriormente ridotta del 20% negli ultimi 16 anni) è oggi una delle specie che rischia maggiormente per i cambiamenti climatici. Oltre un terzo dell'habitat dei leopardi delle nevi rischia infatti di essere compromesso se il cambiamento climatico non verrà fermato.

L'aumento delle temperature rischia inoltre di spostare verso maggiori altitudini il limite degli alberi e di consentire all'uomo di coltivare e allevare bestiame sempre più in alto invadendo il territorio di questo meraviglioso felino e costringendolo a rifugiarsi in areali sempre più ristretti e frammentati con minore disponibilità di prede.

Anfibi

I loro complicati cicli vitali che si svolgono a cavallo tra gli ambienti acquatici e terrestri, la loro dipendenza dall'acqua e dall'umidità, fanno degli anfibi le specie più colpite dal cambiamento climatico. Non a caso ben il 33 % di queste specie è inserito nella lista rossa IUCN degli animali in via d'estinzione. Il riscaldamento del pianeta ha infatti contribuito alla

riduzione degli habitat umidi cruciali per la riproduzione di rane, raganelle, tritoni, salamandre e rospi mentre l'aumento delle temperature terrestri ha causato un deperimento fisiologico di specie caratterizzate da un'epidermide estremamente permeabile e delicata. Inoltre i cambiamenti climatici hanno favorito la diffusione del fungo chitridio che provoca la chitridiomicosi, infezione ormai globalmente diffusa, che si riscontra in oltre 500 specie di anfibi nel mondo delle quali almeno 200 hanno subito declini importanti nelle loro popolazioni a causa di questa infezione.

Uccelli trampolieri

Specie come il falaropo beccosottile (*Phalaropus lobatus*) che nidifica nella tundra artica è solo una delle specie minacciate che vive in Nord Europa e in Nord America a rischio, a causa del riscaldamento del pianeta. Tutte queste specie di limicoli sono legate ai tempi di disgelo e il loro arrivo dai quartieri di svernamento in Europa meridionale o in Africa è sincronizzato con la presenza di insetti con cui alimentano la prole. I cambiamenti climatici stanno alterando questo delicato ciclo.

Tucano solforato (*Ramphastos sulfuratus*)

In Costa Rica, specie come il **Tucano solforato**, un tempo confinati nelle zone di pianura, hanno cominciato a nidificare sulle pendici delle montagne.

Fiori alpini

Sulle Alpi svizzere, piante come la **sassifraga a foglie opposte** (*Saxifraga oppositifolia*) e la **draba di Fladniz** (*Draba fladnizensis*) stanno lentamente avanzando verso quote più elevate.

Aquila imperiale iberica (*Aquila adalberti*)

In Spagna, l'**aquila imperiale iberica** sta mutando l'areale di distribuzione in relazione ai cambiamenti climatici e alla distribuzione delle sue prede, spesso trovando siti idonei fuori dalle attuali aree protette.

Salmoni

L'effetto combinato di alcuni fattori tra cui l'aumento della temperatura media dei corsi d'acqua, la riduzione dei flussi estivi (dovuto ad una ridotta quantità di nevi invernali), l'aumento delle esondazioni invernali, può avere un effetto deleterio sulla riproduzione dei salmoni selvatici e sulla sopravvivenza degli stadi giovanili.

Plancton marino

L'abbondanza e la distribuzione del plancton marino, alla base delle cruciali catene alimentari degli oceani, dipende direttamente dai parametri come l'ossigenazione e la salinità delle acque: il cambiamento climatico rischia di alterare in modo rilevante questi parametri riducendo la produzione di plancton (Moller K.O., 2015. Effects of climate-induced habitat changes on a key zooplankton species. Journal of Plankton Research, Marzo 2015) con effetti perversi su molte catene trofiche.

Tartarughe marine

Il rapido aumento del livello dei mari rischia di mettere a repentaglio il futuro delle spiagge, habitat cruciale per la riproduzione delle tartarughe marine, che proprio lungo i lidi sabbiosi depongono le proprie uova.

Il sesso alla nascita delle tartarughe marine dipende inoltre dalla temperatura (le temperature più basse determinano la nascita di maschi, quelle più alte di femmine). Variazioni in questi parametri rischia di determinare un rapporto maschi/femmine del tutto squilibrato. Sono molte le specie animali la cui determinazione sessuale viene influenzata dalla temperatura, fra cui alcune specie di rettili, di pesci e di invertebrati.

Balena franca Nord-atlantica (*Eubalaena glacialis*)

La balena franca Nord-atlantica è uno dei mammiferi marini più minacciati di estinzione del pianeta. La specie, ridotta al collasso dall'industria baleniera (ne rimangono non più di 350 individui) risente oggi gravemente del cambiamento climatico che determina una ridotta produzione del plancton di cui si alimenta. Le balene franche per potersi alimentare hanno infatti bisogno di grandi banchi di plancton, che sono oggi messi a rischio dal cambiamento climatico.

Non potendosi alimentare adeguatamente le femmine hanno difficoltà a portare avanti con successo le gravidanze e tanto meno produrre adeguato latte per i loro piccoli.

Oranghi (*Pan spp.*)

Il futuro degli oranghi, uniche grandi scimmie asiatiche, è seriamente a rischio. Una buona parte delle foreste tropicali indonesiane dove vivono questi meravigliosi nostri cugini sono state distrutte dalla deforestazione e dagli incendi negli ultimi anni. A questi meccanismi di perdita di biodiversità si aggiungono gli effetti devastanti del cambiamento climatico: fra cui i più impattanti sono le frequenti siccità e il numero sempre più alto di incendi naturali e non.

Gatto andino (*Leopardus jacobita*)

Il gatto andino vive e caccia in un ambiente al limite della linea di foresta: si contano appena 2500/3000 esemplari in tutto. L'innalzamento della temperatura influisce sulle prede di cui si nutre questo felino, come le viscacce, che vedono aumentare la diffusione di malattie, le parassitosi, etc.

Fenicotteri andini (*Phoenicoparrus andinus* e *Phoenicopterus jamesi*)

Le popolazioni delle specie di fenicotteri andini negli ultimi anni sembrano essere messe sempre più in sofferenza dal calo delle precipitazioni che influiscono sui laghi andini di acqua dolce. Il pericolo minaccia anche altre specie dell'avifauna andina migratrice legate agli ambienti di acqua dolce.

Ghepardo (*Acinonyx jubatus*)

Anche alcune specie delle savane africane e quindi adattate a temperature senz'altro elevate risentono dei cambiamenti climatici. Gli scienziati hanno ad esempio rilevato che

nel ghepardo l'aumento della temperatura terrestre ha provocato una notevole riduzione del tasso di fertilità maschile. Si è infatti registrato una produzione più bassa di spermatozoi e una riduzione del tasso di testosterone, tipico ormone maschile. Per non parlare poi della riduzione della disponibilità di prede: le gazzelle infatti risentono a loro volta dell'aumento della siccità.
