

GIACOMO MORO MAURETTO



SE PIANTO UN ALBERO
POSSO MANGIARE
UNA BISTECCA?

GUIDA SCIENTIFICA
PER UN AMBIENTALISMO CONSAPEVOLE

MONDADORI

GIACOMO MORO MAURETTO

?

SE PIANTO UN ALBERO
POSSO MANGIARE
UNA BISTECCA?

GUIDA SCIENTIFICA
PER UN AMBIENTALISMO CONSAPEVOLE

MONDADORI

Il libro

Emetto più CO2 se mangio carne bovina biologica, polli da allevamento intensivo, frutti di mare o un trancio di pesce spada? È davvero utile adottare alveari di api o finanziare aziende o associazioni che piantano alberi in giro per il mondo?

Ogni giorno la nostra vita è riempita da una serie di dilemmi etici e morali che assomigliano molto a queste domande. Ormai, infatti, abbiamo tutti gli strumenti per capire che ogni nostro comportamento produce un impatto sul pianeta. Eppure, nonostante questa consapevolezza, spesso ci sentiamo impotenti di fronte ai mille problemi che la crisi ambientale ci pone di fronte quotidianamente. È difficile capire quale delle possibili soluzioni sia la migliore e così anche la nostra buona volontà di azione ne viene minata.

Giacomo Moro Mauretto, in arte Entropy for Life, con questo libro chiaro e accurato ci aiuta a superare proprio tale sensazione di impotenza, grazie a un approccio scientifico rigoroso, privo di ogni ideologia e basato sui fatti. Dobbiamo inquadrare i problemi ambientali con pragmatismo: cosa possiamo fare affinché le nostre azioni, a parità di condizioni, risultino le migliori possibili per il pianeta ?

Le nostre risorse e il nostro tempo sono limitati e vanno utilizzati al meglio. E *Se pianto un albero posso mangiare una bistecca?* ci racconta proprio quali sono i problemi ecologici più importanti, quali sono le cause che contribuiscono maggiormente alla crisi ambientale e quali sono le azioni più utili per contrastarla. Il rischio, altrimenti, è di focalizzarsi su pratiche inutili o persino deleterie. E sprecare una grande quantità di risorse e di tempo, avendo la sensazione di aver fatto abbastanza, è un errore che oggi non ci possiamo permettere.

L'autore



Giacomo Moro Mauretto, in arte Entropy for Life, è laureato in Biologia Evoluzionistica. Negli ultimi anni, attraverso i suoi canali social, si è dedicato alla divulgazione scientifica. Ogni giorno, con i suoi video, racconta con chiarezza e un rigoroso approccio scientifico di animali, piante, evoluzione e questioni ambientali.

Giacomo Moro Mauretto

SE PIANTO UN ALBERO POSSO MANGIARE UNA BISTECCA?

Guida scientifica per un ambientalismo consapevole

MONDADORI

Se pianto un albero posso mangiare una bistecca?

A chiunque voglia fare qualcosa di concreto per l'ambiente

Una moka

Mi sveglio. È tardi, e oggi ho un appuntamento importante. Vado in cucina per farmi il primo caffè della giornata. Prendo il barattolo con la polvere macinata e afferro la moka in fretta e furia. Devo riempire d'acqua la base ma sono in ritardo, per cui decido di fare una cosa che non faccio mai: giro la leva del rubinetto a sinistra e la alzo. L'acqua scorre nel lavandino finché non diventa calda. A quel punto riempio la moka.

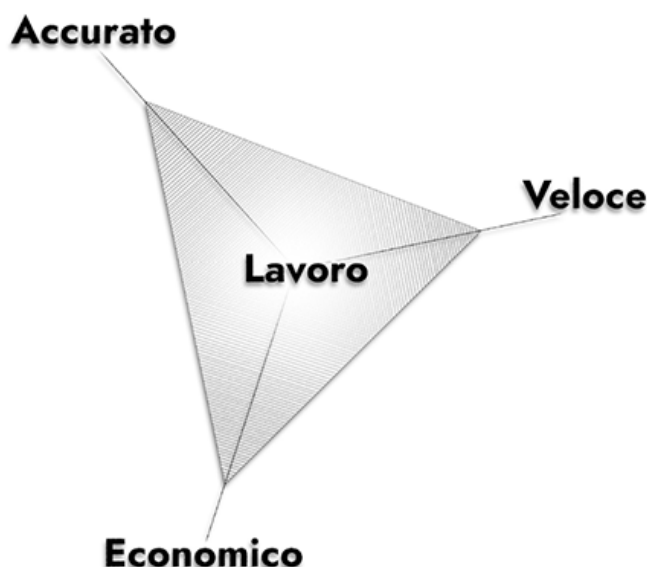
Aggiungo il caffè macinato, chiudo la moka e la metto sulla piastra a induzione. Il caffè è pronto in un paio di minuti. Ci ha messo meno del solito: scaldare l'acqua dai circa 50 gradi ai 90 è inevitabilmente più veloce di quanto succede normalmente, quando utilizzo l'acqua fredda.

Non appena inizio a bere, il mio cervello si attiva – si tratta di puro effetto placebo, dato che il mio corpo non ha fatto in tempo ad assorbire abbastanza caffeina – e comincio a riflettere sulla strana pratica che ho messo in atto. Ho sprecato acqua per guadagnare tempo. Salgono i sensi di colpa. Eppure, pensandoci bene, la questione è più complessa. Probabilmente ho risparmiato anche un po' di energia. Infatti la moka è uno strumento poco efficiente per scaldare l'acqua, mentre la mia caldaia lo è di più. Quando metto su la moka, una grande quantità di calore viene disperso nell'aria della stanza. Fortunatamente ho una piastra a induzione, però se avessi avuto il fornello a gas (che avevo fino a un paio di anni fa) la dispersione di energia sarebbe stata ancora maggiore: la combustione avrebbe rilasciato un sacco di CO_2 e vapore acqueo caldissimi. A questo punto inizia a venirmi un dubbio: quale delle due scelte è più ecologica?

Questi ragionamenti mi fanno dimenticare il mio appuntamento. Avrei dovuto consegnare la bozza del mio libro, ma poco importa: se lo state leggendo, devo averlo comunque finito.

Torniamo a questo caso, assumendo per un momento di non aggiungere altre variabili e considerazioni (per esempio, si potrebbe sindacare su quanto calore venga disperso nelle tubature), e accettiamo per ora la constatazione che ci siano due risorse importanti che possono andare sprecate. Come si decide se è preferibile risparmiare acqua sprecando energia, oppure sprecare un po' di acqua per risparmiare un po' di energia (e guadagnare un po' di tempo)?

Il mio non è un tranello, voglio semplicemente introdurre uno dei concetti che incontreremo molto spesso nel corso di questo libro: il *trade-off*. Si parla di *trade-off* quando due o più variabili sono tra loro vincolate, e al crescere dell'una inevitabilmente l'altra cala.



Rappresentazione di un tipico caso in cui ci si trova in una situazione di *trade-off*. Il lavoro potenziale per fare qualsiasi cosa è vincolato da diverse variabili. Non si può avere contemporaneamente del lavoro a basso costo, veloce e accurato: se la coperta si tira da una parte, si accorcia dall'altra. I *trade-off* sono ovunque, e lo vedremo in questo libro.

Nell'esempio della moka c'è un *trade-off* tra lo spreco d'acqua e quello d'energia.

Entrambi gli sprechi possono essere associati a problematiche ecologiche. L'acqua è una risorsa essenziale, sia per l'umanità sia per gli

altri organismi viventi: la carenza d'acqua peggiora la qualità della vita delle persone, e l'eccessivo utilizzo può mettere a rischio gli ecosistemi intorno a noi. D'altronde, l'energia che arriva nelle nostre case sotto forma di elettricità è in larga parte prodotta bruciando combustibili fossili, e quindi corrisponde a una certa quantità di emissioni di CO₂ e contribuisce all'aumento dell'effetto serra. Nel caso del fornello a gas, la quota di energia dovuta alla fonte fossile è totale. Come si risolve questa *impasse*?

Il modo in cui molte persone fanno queste scelte è piuttosto semplice: non ci pensano. Di solito utilizzano altri metodi per decidere come comportarsi, dato che valutare quale opzione sia più ecologica non è la loro priorità. Nel mio caso, prima di queste elucubrazioni, il parametro che mi aveva fatto scegliere riguardava le mie esigenze di tempo e la mia sensazione di fretta. Altri avrebbero potuto utilizzare il metodo che hanno sempre visto usare dai propri conoscenti: una fetta enorme di quello che facciamo è dovuto alle nostre consuetudini. Altri ancora potrebbero indagare la presenza di possibili differenze organolettiche tra un caffè preparato con acqua che si inizia a scaldare a 50 gradi rispetto a uno la cui acqua inizia a scaldarsi a 20 (se ci sono, io non le sento).

C'è un altro modo diffusissimo per districare questo tipo di *impasse*: l'utilizzo di regole comportamentali dogmatiche. Come vedremo diffusamente, quando si cerca di affrontare le problematiche ambientali usare codici semplici e immediati è la normalità. Alcuni di questi gesti simbolici ci vengono insegnati fin da bambini, altri li impariamo studiando o dai media. Ecco alcuni esempi: “Spegnere la luce”, “Piantare un albero”, “Non sprecare il cibo”, “Non buttare le cartacce a terra” e così via. Nella maggior parte dei casi si tratta di idee giustissime; in altri casi, invece, portano con sé dei limiti.

Spesso questi gesti simbolici diventano parte del nostro modo di fare, a volte anche della nostra identità. Personalmente provo un fastidio viscerale se vedo qualcuno buttare una carta a terra, e sono a disagio se ho in mano una bottiglia di plastica senza avere vicino il cestino della raccolta differenziata adeguato. Penso che qualcuno di voi avverta un imbarazzo simile a immaginare lo scenario precedente della moka: l'acqua che scorre inutilmente è un simbolo radicato. Per molti, sprecare acqua è sempre una

cosa gravissima, e a quel punto lo stallo è risolto: non c'è alternativa all'acqua fredda.

Eppure questi codici spesso presentano dei problemi: in alcuni casi sono fuorvianti, in altri non ci permettono di capire bene perché facciamo qualcosa. Un gesto simbolico fuorviante, per esempio, riguarda l'azione di "adottare un alveare" per salvaguardare le api: ne parleremo nel settimo capitolo.

Poi c'è il problema che certi codici nascono più facilmente di altri. Alcuni dei problemi ambientali che dobbiamo affrontare come umanità hanno a che fare con aspetti invisibili. Avete mai visto dell'energia? Avete mai visto delle emissioni di CO₂? Se dite di sì vi state confondendo con l'inquinamento da polveri sottili; sono due cose diverse, perché la CO₂ è incolore. Citando impropriamente *Il piccolo principe*, è proprio vero che a volte l'essenziale è invisibile agli occhi. Quindi, è molto più facile rendere un simbolo l'acqua che scorre inutilmente piuttosto che l'energia sprecata.

C'è infine un altro modo, secondo me preferibile, per interfacciarsi con le problematiche ambientali: un approccio *science based*. Faccio un parallelismo con la medicina, per rendere meglio il concetto. Negli ultimi secoli, la medicina è cambiata molto. In passato dominavano pratiche tradizionali, che affondavano le radici in dottrine filosofiche, in usanze antiche o in luoghi comuni, tramandati di generazione in generazione. Progressivamente la conoscenza del mondo biologico, della fisiologia umana e un metodo quantitativo basato sulla statistica hanno prevalso, e ciò ha permesso di discernere quali procedure funzionino meglio. Questo ha aiutato a sviluppare trattamenti nuovi, farmaci innovativi e terapie all'avanguardia, spesso mandando in pensione pratiche meno efficaci, inutili o persino deleterie.

Due degli esiti più sorprendenti di questo processo riguardano il drastico calo della mortalità infantile e la riduzione della letalità a causa del cancro. In Italia, appena finita la Seconda guerra mondiale, quasi un bambino su dieci non superava i cinque anni di vita. Eppure questo era già un buonissimo miglioramento rispetto al passato: durante i primi anni dell'Unità d'Italia moriva un bambino ogni due. Una volta era praticamente inevitabile conoscere qualcuno che avesse perso un figlio. Oggi la mortalità

infantile è calata molto: solo lo 0,3 per cento dei bambini non supera i cinque anni, quindi un bambino ogni trecentotrenta.¹

Un altro esempio riguarda i vari tipi di cancro. Nell'immaginario comune si è diffusa l'idea che il cancro stia uccidendo sempre più persone, ed è così: l'incidenza di quasi tutte le forme di cancro aumenta vistosamente con l'età, e dato che la nostra popolazione sta invecchiando, anche i malati di cancro aumentano. Tuttavia, se si osservano i dati standardizzati per età, quindi le probabilità di avere un cancro o di morire di cancro per persone della stessa età in diversi periodi (per esempio, per una persona di sessant'anni nel 1990 e nel 2020), si scoprono delle cose interessanti.

Intanto negli ultimi trent'anni le percentuali non sono molto cambiate, e in Italia dall'inizio degli anni Duemila stanno calando, seppur leggermente (tra i motivi principali ci sono la riduzione del fumo e del consumo di alcolici).² Ciò ovviamente non esclude il fatto che nel secolo scorso la quantità di persone con un tumore sia aumentata; alcuni fattori, come il fumo (che ora è in calo), hanno avuto un'impennata dopo la Seconda guerra mondiale. Però questa tendenza è ferma da almeno trent'anni.

Il vero cambiamento riguarda le probabilità di sopravvivere al cancro. Rispetto a una persona della tua età del 1990, ora hai in media il 25 per cento di probabilità in più di sopravvivere.³ Si può fare ancora tanto, dato che le possibilità di sopravvivenza variano molto, ma negli ultimi trent'anni siamo riusciti a guadagnare un po' di vantaggio su ogni tipo di cancro. Conosco più di una persona che ha avuto un tumore, che trent'anni fa non ce l'avrebbe fatta, e invece ora sta bene. Allo stesso modo, molti di noi sono bambini sopravvissuti ben cresciuti.

Possiamo affrontare le problematiche ambientali allo stesso modo? In parte questo già succede. Soprattutto a livello sovranazionale, i risultati della ricerca scientifica si sono tradotti in documenti che illustrano in maniera chiara quali sono i problemi ambientali principali dei nostri tempi e come affrontarli.

Ecco quindi che l'IPCC redige dossier che riassumono la letteratura scientifica sul cambiamento climatico, analizzando il fenomeno, le cause, i possibili scenari e le eventuali direzioni in cui agire. La meno conosciuta IPBES, invece, pubblica report che riguardano la perdita di biodiversità, che

tratterò approfonditamente in questo libro. Anche in quel caso la comunità scientifica studia le dimensioni, le cause, l'efficacia di alcune azioni per contrastare questi problemi, suggerendo alla politica e alla società in generale delle possibili direzioni. Lo stesso vale per qualsiasi altro fenomeno: dalle varie forme di inquinamento all'esaurimento delle risorse, è difficile che una problematica ambientale non sia stata studiata. O che non si stia almeno iniziando a farlo.

Perché fidarsi della scienza?

A questo punto, però, potrebbe sorgere una domanda: “Perché dovremmo fidarci della scienza?”. Perché non basare le nostre azioni su altro, come il senso comune, le tradizioni, precetti filosofici o religiosi?

In questo libro vi mostrerò vari casi in cui alcuni concetti ormai consolidati nell'opinione pubblica non hanno alcun fondamento in base alle nostre conoscenze scientifiche. Anzi, probabilmente l'ho già fatto: la maggior parte delle persone pensa che la causa degli aumenti dei tumori negli ultimi decenni non sia l'allungamento dell'aspettativa di vita, ma altri fattori. Eppure potete ben verificarlo dalle fonti che ho citato (cosa che potrete fare per ogni argomento trattato in questo libro). Purtroppo, molto spesso c'è un forte distacco tra le conoscenze scientifiche e il senso comune o le normali intuizioni che abbiamo fin da bambini. Quindi la domanda torna con molta forza: “Perché dovremmo fidarci della scienza?”.

Negli ultimi decenni filosofi della scienza, sociologi e scienziati si sono interrogati su questo quesito. Ne è un esempio il recente libro della storica della scienza Naomi Oreskes,⁴ in cui l'autrice fa una lunga disamina sull'argomento, soffermandosi soprattutto sulla prospettiva sociologica, e prova a rispondere proprio a questa domanda. Ve ne consiglio la lettura. Lasciate però che parta da una risposta più banale, ma per me più convincente: “Perché funziona”. Negli ultimi secoli l'attività scientifica ci ha permesso di comprendere un'infinità di aspetti del mondo: la struttura della materia, i modi in cui l'energia fluisce e si trasforma, le strutture e le interazioni delle molecole dentro il nostro corpo, i processi evolutivi e molto altro.

Queste conoscenze si sono dimostrate particolarmente utili per risolvere alcuni problemi: le scoperte della chimica ci hanno consentito di creare nuovi materiali o nuove sostanze; quelle della fisica ci hanno permesso di avere il tipo di luce che abbiamo ora in casa, così come i sistemi per riscaldare o raffreddare il nostro cibo o i nostri ambienti. Ogni teoria scientifica ha avuto delle ricadute pratiche: persino la fisica quantistica, disciplina che ci sembra molto esotica, è alla base dei microprocessori dei nostri PC e smartphone.

Anche la teoria dell'evoluzione, che può essere percepita come poco concreta, ha avuto dei risvolti pratici: ci ha aiutato a selezionare nuove varietà di piante, ci ha fatto scoprire la parentela tra le specie, con ripercussioni sullo studio delle malattie o sullo sviluppo di farmaci, ci ha permesso di addomesticare le volpi e molto altro. L'attività scientifica ha ben dimostrato che i suoi processi, quando cercano di interrogare la realtà, raggiungono risultati strabilianti.

Ma cos'ha la ricerca scientifica di tanto speciale? Perché funziona?

Anche qui sarò parziale, ma allo stesso tempo vi rimando a letture più approfondite su questo tema.⁵ Dando un'unica risposta, inevitabilmente incompleta ma per me molto convincente, il motivo principale si potrebbe riassumere così: l'approccio scientifico consiste in un tentativo continuo di andare oltre la soggettività dell'individuo e di provare a rimettersi a elementi oggettivi o intersoggettivi.

Ne è un esempio il processo di matematizzazione che hanno subito molte scienze. Ancorare alcune rappresentazioni del mondo a numeri, formule o modelli matematici ha un doppio effetto: da una parte tutto questo è meno influenzabile dalla nostra soggettività, dall'altra è più facile che sia compreso e accettato all'interno di una comunità di persone che, a loro volta, tra la propria soggettività e i modelli matematici preferiscono fidarsi dei modelli. Quindi, ecco che i chimici provano a cristallizzare la loro conoscenza nella tavola periodica. I fisici usano le formule per descrivere gli orbitali di un atomo. I biologi cercano disperatamente di avere un modello unico per capire come si ripiegano le proteine.

Allo stesso tempo, un dibattito scientifico viene vinto da una delle parti a suon di esperimenti o mostrando che i calcoli della controparte erano sbagliati. Anche rimettersi alla conoscenza collettiva è preferibile, dato che

la comunità scientifica è ampia, è composta da persone sveglie che tendono a mettere in dubbio molte cose che vengono dette, e al suo interno ci sono dei meccanismi di correzione e controllo delle scoperte scientifiche e della loro formalizzazione.

Se una teoria ha raccolto un forte consenso scientifico ma io penso che sia sbagliata, ci sono due strade: o provare a mettere in dubbio la mia prospettiva, che probabilmente è parziale rispetto a quella dell'intera comunità scientifica, o tentare di convincere gli altri scienziati, magari forte di esperimenti, modelli e calcoli migliori.

Tutti noi, in tantissime attività della nostra vita, ci fidiamo della scienza: c'è semplicemente chi lo fa di più e chi di meno. Si può bere l'acqua da una bottiglia o da un rubinetto senza preoccupazioni perché negli scorsi decenni i chimici e i tossicologi hanno studiato quali sostanze possono essere presenti nell'acqua e in quali quantità, e ora altri esseri umani controllano che questi parametri vengano rispettati. La maggior parte della gente usa un telefono che in vari modi applica le scoperte dell'elettromagnetismo e della fisica quantistica. Molte persone prendono sistematicamente dei farmaci, e quasi tutti abbiamo avuto bisogno di almeno un trattamento o un'operazione chirurgica.

Probabilmente io mi fido dei risultati dell'attività scientifica più della maggior parte della popolazione: in base a questi ho deciso la composizione della mia dieta, quante ore per notte dormire (non meno di sette e non più di nove), ho deciso di non bere più di quattordici unità alcoliche settimanali (la mia media sta ben sotto le sette), ho deciso il numero di caffè che posso bere in una giornata e persino nel gestire la mia attività fisica mi sono messo a studiare cosa dice la letteratura scientifica.

Di fronte al senso comune, sintetizzato in espressioni del tipo “bere più di tre caffè al giorno fa male”, mi chiedo sempre: chissà cosa emerge dalla ricerca scientifica. Se scopro che il riassunto di migliaia di studi evidenzia che per una persona con le mie caratteristiche bere anche più di tre caffè non fa male (e anzi può avere degli effetti positivi), allora decido di seguire la letteratura, e non il senso comune.⁶

Chiariamo subito un fatto: l'attività scientifica non indica cosa si deve fare, al massimo suggerisce ciò che è preferibile secondo alcuni parametri. Per esempio, la ricerca scientifica può asserire che bere alcol è un fattore di

rischio per svariate malattie, e che complessivamente l'attuale consumo europeo è causa di circa il 6,5 per cento delle morti.⁷ Inoltre, può evidenziare che l'impatto dell'alcol è diverso a seconda della quantità ingerita: una birra o un bicchiere di vino al giorno (circa un'unità alcolica) hanno un incremento della mortalità marginale nell'ordine dello zero virgola, con due si sale intorno al 2 per cento, sopra le tre si sale oltre il 5 per cento e così via.

Morire prima è qualcosa che non piace alla gente. Ma gli alcolici piacciono alla maggior parte delle persone. Come ci si pone a livello individuale e politico? Si cerca di trovare un giusto compromesso; difficilmente si arriva agli estremi. Bere bevande alcoliche fa male? Non per questo gli Stati devono vietare completamente il consumo di tali sostanze. Però non prendere atto delle conoscenze scientifiche nel momento in cui si legifera è sciocco: ed ecco che, quindi, si può valutare di aumentarne la tassazione, anche solo per recuperare una fetta delle spese sanitarie e sociali causate dal loro consumo (come si fa per il fumo di sigaretta). Oppure si può decidere di vietare le pubblicità di questi prodotti, e le istituzioni mediche possono spingere i medici a non consigliarne il consumo ai pazienti. In alcuni casi, non seguire le indicazioni della ricerca scientifica può avere ricadute legali: ci si può rivalere su un medico che ha consigliato a una donna in gravidanza di bere degli alcolici e questo ha causato dei danni.

Allo stesso modo, qualsiasi approccio che vuole affrontare le problematiche ambientali non può che farlo basandosi sui risultati della comunità scientifica nei vari ambiti di interesse. Se si ignora il risultato della ricerca in favore del senso comune, di sensazioni individuali, di ideologie politiche o di credenze varie, si rischia di non riuscire a inquadrare la reale entità dei problemi ambientali, e quindi di mettere in campo soluzioni inefficaci. Ecco uno dei punti di partenza di questo libro.

Tornando alla moka, avrete notato che già i termini del problema sono stati posti secondo argomenti scientifici: da una parte l'acqua è un bene prezioso, e la sua mancanza ha impatti sociali ed ecologici importanti; dall'altra l'energia utilizzata per scaldare l'acqua genera anidride carbonica, che contribuisce al cambiamento climatico. A questo punto, per fare un passo avanti dobbiamo conoscere le dimensioni dei fenomeni, ovvero

dobbiamo misurarli. Per arrivare al massimo della temperatura ho calcolato di aver sprecato un litro d'acqua, ma per ogni rubinetto la quantità sarà diversa.

Per misurare quanta CO_2 è stata prodotta per l'elettricità utilizzata dalla mia piastra a induzione ho preso i dati del consumo elettrico di una moka e li ho moltiplicati per la quantità di anidride carbonica emessa da quella elettricità. Parliamo di una riduzione stimata di 0,7 grammi di CO_2 .⁸ Le emissioni medie di un italiano sono nell'ordine di 20 chili di CO_2 al giorno: parliamo quindi dello 0,035 per cento.

In media, un italiano consuma 220 litri di acqua al giorno,⁹ quindi l'acqua che facciamo scorrere prima di riempire la moka, assumendo che sia un litro e che facciamo un solo caffè al giorno, ci farà consumare lo 0,45 per cento in più. In proporzione, questa pratica aumenta il mio consumo di acqua in percentuale maggiore rispetto a quello energetico. A questo punto, cos'è preferibile?

Ma soprattutto, non pensate che sia un po' maniacale questo approccio? Ho passato più di mezza giornata a cercare i dati sui consumi italiani, a misurare quanta acqua uscisse dal mio rubinetto, a fare i calcoli per stimare il consumo di energia e la quantità relativa di CO_2 . È vero che questo "gioco" mi ha spinto ad approfondire dati e procedure che ora conosco e che mi torneranno utili, tuttavia non è auspicabile mettersi a misurare ogni minima azione della nostra vita. Come si esce da questa ulteriore *impasse*? Vi faccio una modesta proposta nel prossimo paragrafo.

Ottimizzazione e pragmaticità

Nel periodo in cui stavo pensando a questo libro mi sono imbattuto nell'Altruismo efficace, reso popolare dal filosofo Peter Singer. Questo movimento ha alla base un'etica utilitarista. In altre parole, l'Altruismo efficace ritiene positiva un'azione se le sue conseguenze diminuiscono il dolore o aumentano il benessere generale.

Il ragionamento che fanno gli altruisti efficaci è semplice: "Come posso fare in modo che le mie azioni o le mie risorse, a parità di condizioni, facciano più bene possibile al maggior numero di persone?" (si noti che il

termine “bene” corrisponde per un utilitarista proprio alla riduzione della sofferenza).

L'altruismo o la beneficenza vengono spesso immaginati come attività fatte con il cuore, non in conseguenza di attenti calcoli o ragionamenti logici. Eppure le constatazioni da cui parte l'Altruismo efficace sono più concrete: le nostre risorse e il nostro tempo sono limitati; salvare più vite è meglio di salvarne meno; alleviare la sofferenza a molte persone è meglio che alleviarla a poche; esistono azioni benefiche che a parità di sforzo raggiungono risultati migliori. Ne consegue inevitabilmente che trovare i modi per allocare le risorse in donazioni o azioni che ottimizzino l'aumento del benessere è una cosa preferibile rispetto al non farlo o a fare scelte sub-ottimali.

Il comportamento degli altruisti efficaci può sembrarci strano: cercano di guadagnare molto per destinare la maggior quantità possibile del loro reddito in beneficenza a realtà che, a parità di donazioni, permettono di salvare più vite o di migliorare la qualità della vita di un maggior numero di persone. Potrebbe stupirvi, ma esistono enti che cercano di calcolare quanto, a parità di donazione, una certa pratica sia efficace.¹⁰

Gli altruisti efficaci si basano su queste valutazioni. Le loro donazioni vanno soprattutto alle parti più povere del mondo, dato che il potere d'acquisto lì è molto maggiore, e quindi si possono salvare più persone a parità di donazioni. Gli altruisti efficaci fanno molte altre cose, tipo donare il sangue, gli organi e fare volontariato. A qualcuno tale approccio può sembrare freddo e macchinoso, eppure queste persone hanno salvato indirettamente decine o centinaia di vite, molto più di quanto fa normalmente la maggior parte di noi.

C'è da puntualizzare che negli ultimi anni sono state mosse varie critiche a questo movimento, che come tutte le attività umane porta con sé dei lati negativi: una delle più forti riguarda il fatto che alcune realtà che raccolgono soldi per donazioni “efficaci” hanno iniziato a fare anche investimenti di dubbia efficacia, sul breve e sul lungo termine.¹¹ D'altronde, dal punto di vista filosofico l'utilitarismo spesso si trova nella difficoltà di tenere in considerazione le generazioni future: è relativamente facile dire che è meglio salvare dieci vite piuttosto che una; ma è meglio salvare diecimila vite o ridurre dell'1 per cento le probabilità che un'intelligenza artificiale prenda il controllo dell'umanità?

Al di là delle critiche, alcuni ragionamenti fatti dagli altruisti efficaci si possono traslare anche all'ecologia, alla risoluzione dei problemi ambientali e all'attivismo in questi ambiti, che sta crescendo molto: le nostre risorse e il nostro tempo sono limitati; ci sono problemi vistosamente più importanti di altri; esistono fenomeni che contribuiscono maggiormente alle problematiche ambientali.

Inquadrare al meglio questi problemi, capirne le cause in ordine di importanza, agire ottimizzando la comunicazione, le risorse e le azioni dovrebbe essere un imperativo per chi vuole contribuire efficacemente. Il rischio, altrimenti, è di focalizzarsi su pratiche inutili, persino deleterie, per i risultati che vogliamo ottenere. Sprecare una grande quantità di risorse, avendo persino la sensazione di aver fatto abbastanza, è un errore che un attivista o chi persegue istanze ambientali non si può permettere in questo momento storico.

Vilfredo Pareto, un famoso economista italiano, nel 1900 descrisse un meccanismo presente in svariati sistemi complessi. Aveva notato, infatti, che la distribuzione di molti fenomeni naturali non è uniforme, ma tende a un accentramento. Secondo il principio di Pareto, in un sistema complesso una minoranza di soggetti detiene la maggior parte dei beni o causa una quota maggioritaria di fenomeni, e viceversa. Queste osservazioni sono state popolarizzate con il concetto della "legge dell'80/20".

L'aspetto interessante è che questo tipo di distribuzione è presente in diversi ambiti: in un ecosistema, il 20 per cento delle api impollina l'80 per cento delle specie di piante, mentre il restante 80 per cento impollina solo il 20 per cento delle specie di piante; l'80 per cento della ricchezza mondiale è posseduto da circa il 20 per cento della popolazione; spesso è il 20 per cento dei prodotti o dei servizi di un'azienda a portare l'80 per cento del fatturato. Per cui un'azienda, se vuole crescere, deve identificare quel 20 per cento ed eventualmente puntare su quello, cercando di distogliere energie e risorse dalle attività che concernono l'80 per cento più dispendioso.

È del tutto verosimile che anche le emissioni o altri fenomeni che hanno a che fare con l'impatto ambientale abbiano questo tipo di distribuzione. Per esempio, alcuni alimenti, che hanno un apporto nutrizionale minoritario, causano la maggior parte dell'impatto ambientale. Lo stesso avviene per

quanto riguarda i trasporti, il consumo energetico domestico, l'inquinamento da plastica nei mari.

Anche le azioni individuali e collettive messe in campo per affrontare tali problematiche si suddividono così. Se vogliamo renderci utili in modo efficace dobbiamo cercare di capire cosa ci dice il sunto della ricerca scientifica, individuare le cause più impattanti e agire provando a massimizzare i nostri sforzi. Il movimento dell'Altruismo efficace e il principio di Pareto per ottimizzare le proprie azioni sono casi di puro pragmatismo, che spero di suggerire in questo libro.

Torniamo per l'ultima volta alla moka: vi avverto, sto per far saltare il banco.

Sapete quanti grammi di CO_2 servono per produrre un chilo di caffè? Nella ricerca scientifica esiste un sistema di quantificazione chiamato LCA (che sta per *Life Cycle Assessment*) che serve a quantificare l'impiego totale di risorse o di emissioni necessarie per produrre, trasformare e smaltire un prodotto (anche se non è sempre detto che lo smaltimento sia computato). Per produrre globalmente un chilo di caffè vengono emessi circa 15 chili di CO_2 :¹² il grosso è dovuto alla coltivazione, un ruolo minore ce l'ha il trasporto. Con un chilo di polvere macinata si ottengono in media 120 caffè, e quindi a ogni caffè corrisponderanno 120 grammi di CO_2 per la produzione contro circa un grammo per la sua preparazione.

Come potete osservare, le emissioni rilasciate dal riscaldamento della moka sono minime rispetto a quelle emesse nel processo di produzione del caffè. Questo non è un calcolo che serve a deresponsabilizzarmi, della serie: "Ecco, allora è indifferente il modo in cui scaldo il caffè". Serve a fare un passo in più: "Se sono veramente preoccupato per le mie emissioni, ho appena trovato qualcosa su cui agire molto più drasticamente". Pensate che io bevo tantissimo caffè: più di dieci volte l'equivalente di un caffè espresso ogni giorno. Facendo un calcolo veloce, ho scoperto che il mio semplice consumo di caffè porta a un'emissione annua nell'ordine di 0,3 tonnellate di CO_2 : più o meno quanto fare un viaggio in aereo di andata e ritorno da Venezia a Palermo.

Posso puntare a ridurre la quantità di caffè giornalieri, o utilizzare porzioni più piccole (già ora bevo più della dose massima di caffè

consigliata dall'EFSA).¹³ Inoltre, non tutto il caffè è uguale: ci sono coltivazioni più sostenibili di altre, che emettono un quarto della CO₂.¹⁴

Oppure posso fare scelte più sistemiche: passare alla piastra a induzione (cosa che ho già fatto), efficientare la mia caldaia, aggiungere pannelli solari termici per riscaldare l'acqua con energia più pulita per una buona fetta dell'anno, aggiungere pannelli fotovoltaici per l'elettricità o puntare a fare scelte collettive che permettano di avere un mix energetico nazionale meno sporco. Tutto ciò comporterebbe una riduzione più vistosa delle mie emissioni, senza perdere enormi quantità di tempo a ossessionarmi con ogni minima decisione nella mia vita.

So a cosa stai pensando: le opzioni che ho proposto costano, tranne ridurre la quantità di caffè, ma allo stesso tempo sul medio o lungo termine possono far risparmiare moltissimo. Diversi problemi ambientali sono sistemici, perciò si devono affrontare mettendo in campo azioni sistemiche.

Finora ho definito i termini di un problema, ho cercato di identificarne gli elementi principali e ho confrontato tra loro i frutti delle diverse misurazioni. Questo approccio, come vedrete, si troverà in tutto il libro. Nei prossimi cinque capitoli chiariremo cosa intendiamo quando parliamo di “ambiente” e stabiliremo i parametri a cui fare riferimento per misurare le sue problematiche. Cominciamo.

PRIMA PARTE

Le problematiche ambientali

Cos'ha più probabilità di ucciderti in questo momento? Cosa può mettere in crisi le nostre società? Farci perdere i vari comfort che abbiamo ottenuto, come elettricità e acqua corrente? C'è qualche minaccia che rischia di far estinguere la specie umana?

La risposta potrebbe essere la stessa per tutte queste domande: un asteroide che fra qualche ora si schianterà sulla Terra o l'eruzione di un supervulcano che altererà per secoli le caratteristiche geofisiche del nostro pianeta. Però è più verosimile che queste domande abbiano risposte diverse, molte delle quali potrebbero essere legate a problematiche ambientali. Potremmo morire a causa di qualche forma di inquinamento o per un evento estremo causato dal cambiamento climatico. Alcune società o città potrebbero crollare a causa dell'insostenibilità dell'utilizzo delle risorse o per l'aumento delle temperature della zona.

In un famoso libro di Jared Diamond, *Collasso*, si sostiene che quando nella storia alcune civiltà sono collassate (e persino scomparse) la causa principale era sempre riconducibile a problematiche ambientali. Si parla di collassi veri e propri, non di crolli politici come quello dell'Impero romano: lì la gente ha continuato a vivere in modo relativamente normale; la popolazione non è veramente collassata. Negli anni, diversi capitoli di quel libro sono stati criticati, ma è probabile che la tesi di fondo rimanga valida: siamo ancora indissolubilmente legati all'ambiente in cui viviamo. Perturbazioni ambientali troppo forti possono mettere in crisi la nostra capacità di nutrirci e ricavare l'energia che ci serve per tenere unite e far funzionare le nostre società. Vi confesso che la lettura di *Collasso* mi spinse ad approfondire molto i temi ambientali, e se ora scrivo questo libro è anche per quella lettura che feci da diciottenne.

C'è però un problema: il tema dell'ambiente è così vasto che definire di cosa stiamo parlando è difficile. Le persone in mountain bike che tendono a

rovinare i sentieri di montagna sono un problema ambientale? L'estrazione di terre rare per produrre nuove tecnologie causa un danno ambientale? Questo danno è paragonabile ai benefici che possono portare quelle nuove tecnologie?

Se non troviamo dei modi per definire e confrontare i vari fenomeni rimaniamo nell'ambito dell'arbitrio. Spiegare e misurare i diversi problemi ambientali diventa quindi essenziale per rispondere alle domande di inizio capitolo. D'altro canto, è importante anche per agire in modo concreto. Immagina di voler fare una donazione e di dover scegliere tra due associazioni che si occupano di raccogliere la plastica, una sulla terraferma e l'altra in mare: quale delle due merita una parte dei tuoi risparmi? Ha più senso donare per piantare nuovi alberi o per salvaguardare le foreste esistenti?

Per rispondere a queste domande dobbiamo trovare un metodo per distinguere che cosa sia un problema ambientale dal resto (per esempio decoro, senso comune, tradizioni, suggestioni eccetera) e per riuscire a decidere cosa sia più grave e cosa meno. Chi studia l'ambiente, e il suo rapporto con le attività umane, utilizza un criterio del tutto ragionevole: osservare l'impatto. Moltissime azioni hanno un effetto trascurabile dal punto di vista ambientale (per esempio buttare una buccia d'arancia in un bosco), alcune hanno un effetto positivo (per esempio preservare un pezzo di foresta), mentre altre risultano negative in modo quantificabile. Nell'ultimo caso, possiamo chiamare questo evento "danno ambientale". Quando una pratica causa sistematicamente dei danni ambientali ci troviamo di fronte a un problema, da capire ed eventualmente da risolvere.

L'impatto si può misurare su vari aspetti: le vite umane, la salute, le vite degli altri animali, il benessere animale, l'integrità della vegetazione o della biodiversità. Alcune volte il danno ambientale è lampante: è il caso di varie forme di inquinamento, in cui il rilascio di una sostanza si ripercuote in modo diretto su animali e piante. Altre volte è più indiretto, e bisogna comprendere più passaggi. Per esempio, nel caso del buco nell'ozono, l'emissione di alcune sostanze riduce lo strato di ozono nell'atmosfera, e ciò può portare a una maggiore incidenza di raggi ultravioletti a parità di esposizione solare.

Per essere rigorosi, è importante misurare o fare delle stime del danno ambientale, altrimenti si rischia di concentrarsi su problemi di poco conto o

inesistenti. L'aumento della mortalità, la diminuzione degli anni di vita sana, l'incremento dell'incidenza di alcune malattie, il calo di una popolazione di animali o di piante, l'estinzione di alcune specie o della biodiversità in generale sono tutti parametri che si possono e si devono misurare.

L'importanza di quantificare ci serve anche per capire in che scala stiamo analizzando un problema. Uno dei motivi per cui il nostro rapporto con l'ambiente è difficile da inquadrare riguarda la demografia: siamo tantissimi e, seppure l'azione dei singoli sia spesso trascurabile, tutte le azioni sommate possono risultare molto impattanti. Le emissioni di CO_2 di un individuo si aggirano spesso tra una e 10 tonnellate l'anno;¹ ma l'umanità complessivamente emette nell'atmosfera quasi 40 miliardi di tonnellate di anidride carbonica all'anno, abbastanza per avere un effetto sulla composizione dei gas atmosferici.

Vi propongo una schematizzazione molto semplice, e quindi particolarmente utile, per inquadrare le principali problematiche ambientali. In questo periodo l'umanità sta affrontando quattro macrofenomeni: inquinamento, cambiamento climatico, esaurimento delle risorse e perdita di biodiversità.

Questa non è l'unica schematizzazione possibile, ce ne sono svariate. Un esempio riguarda il caso dei nove limiti planetari, parametri da misurare, con soglie da evitare di sfiorare per non compromettere gli ecosistemi e la nostra permanenza sulla Terra.² Questi sono: perdita della biodiversità, flussi biogeochimici, inquinamento da sostanze chimiche, modifica del sistema agrario, utilizzo delle acque dolci, acidificazione degli oceani, riduzione dello strato di ozono, carico di aerosol atmosferici e cambiamento climatico. Tutti i limiti planetari sono accorpati o spalmati nel quartetto che vi propongo: per esempio l'acidificazione degli oceani e il cambiamento climatico sono due conseguenze dello stesso problema, perché entrambi sono causati dalle emissioni di CO_2 .

Capire questa categorizzazione è importante per evitare fraintendimenti: uno dei più tipici riguarda la sovrapposizione tra l'inquinamento e il cambiamento climatico. Mentre globalmente l'inquinamento dell'aria è in calo,³ le emissioni di CO_2 sono in aumento. D'altro canto vedrete nel resto

del libro che esistono molti casi in cui un'azione ha un effetto positivo nei confronti di una problematica ambientale, ma rischia di aggravarne un'altra. Senza una categorizzazione, si rischia di indicare i problemi e chiedersi se determinate misure facciano “bene o male all'ambiente”, trattando il tutto come qualcosa di unico e indiscriminato. Cercare di ricondurre un'azione o un evento a una di queste categorie può aiutare a capire se ha effettivamente una ricaduta negativa o meno.

Dedicherò i prossimi quattro capitoli del libro ad approfondire le principali problematiche ambientali. Mentre leggete vi invito a provare a adottare questa schematizzazione quando sentite parlare di un qualsiasi tema ecologico. Se vi viene offerto un prodotto o vi viene proposto di fare un'azione “più ecologica” o “più sostenibile” chiedetevi: su che fronte? Di quale questione ambientale stiamo parlando?

3 Inquinamento

O meglio, inquinamenti

Dall'avvento della rivoluzione industriale, l'umanità ha prodotto tantissime cose. Abbiamo inventato molecole nuove, materiali non presenti prima, e abbiamo cominciato a produrli in grandi quantità. Molte di queste sostanze le abbiamo create per migliorare la qualità della nostra vita (pensate ai farmaci) o per aiutarci a produrre più cibo (come i fertilizzanti e i fitofarmaci). Però alcune di esse erano e sono tossiche per la nostra o per altre specie; oppure si sono rivelati tossici gli scarti legati alla loro produzione. Un esempio lampante riguarda la combustione della legna o del carbone, che rilascia nell'aria molte sostanze e materiali che possono danneggiare gli esseri umani, gli altri animali o interi ecosistemi.

L'ambientalismo moderno nasce da una specifica lotta contro una forma di inquinamento: l'utilizzo smodato di DDT negli Stati Uniti. Nel 1962 Rachel Carson pubblicò il libro *Primavera silenziosa*, in cui denunciava l'impatto ecologico dei pesticidi, e in particolare del DDT. Le evidenze che questa sostanza, o meglio un suo sottoprodotto, avesse un impatto sugli uccelli, animali amati dalla popolazione, aiutò a veicolare il messaggio. A sessant'anni di distanza l'inquinamento, soprattutto quello causato da prodotti di sintesi, continua a rimanere una delle principali preoccupazioni per chi si occupa di ambiente e di opinione pubblica. Il DDT, sebbene sia stato bandito in quasi tutti i Paesi alle nostre latitudini, è attualmente utilizzato come sistema di controllo della malaria, soprattutto nel Sud dell'Africa, e salva centinaia di migliaia di vite umane, tanto che è raccomandato il suo uso in casa direttamente dall'OMS.¹

Vista la grandissima quantità di molecole potenzialmente tossiche per noi e per gli altri organismi viventi, parlare di inquinamento non è facile. Alcune forme di inquinamento riguardano l'immissione di sostanze

nell'aria, nelle acque o nel suolo. Gli inquinanti differiscono per il tipo di azione che possono avere: in alcuni casi questi prodotti reagiscono chimicamente con i tessuti, in altri casi il danno viene causato dalla forma e dalla consistenza del materiale (vale per le plastiche e il particolato atmosferico). C'è poi una grande variabilità nel danno potenziale dei vari inquinanti. A tal proposito, lasciate che faccia una digressione su due concetti fondamentali: la differenza in ambito scientifico tra rischio e pericolo.

Il pericolo riguarda il danno che comporta l'esposizione a una certa sostanza: mezzo grammo di metilmercurio è una quantità ben al di sopra della dose letale per un essere umano adulto, per cui si tratta di un veleno molto pericoloso.² Però questo ci dice poco sulla reale preoccupazione che dovremmo avere nei confronti di tale sostanza: siamo esposti ogni giorno al metilmercurio, eppure sono poche le persone che ne rimangono danneggiate.

Ad aiutarci è il concetto di rischio, cioè la probabilità che possa essere raggiunta una soglia dannosa per un individuo. Calcolare il rischio è fondamentale, perché è ciò che effettivamente conta nella nostra vita. L'incontro con una tigre è sicuramente pericoloso, ma non me ne preoccupo, perché l'evento ha una bassa probabilità di verificarsi a Bassano del Grappa, dove vivo. Se avessi costantemente il terrore di incontrare una tigre la qualità della mia vita calerebbe drasticamente.

La percezione del rischio è quindi un altro parametro importante, poiché determina le nostre scelte individuali e collettive: capire quanto la percezione del rischio sia vicina al rischio reale è essenziale. Nel caso del metilmercurio stiamo parlando di una sostanza che in media si trova nell'ordine di 5 milligrammi in una persona adulta,³ ha una dose mortale intorno ai 150 milligrammi, ma già a 25 inizia a dare i primi sintomi. Il consumo frequente di pesci di grandi dimensioni (come pesce spada, tonno e alcuni squali) o pesci di fondale può aumentarne la concentrazione nel nostro organismo.

C'è da preoccuparsene? Dipende. Se siamo assidui mangiatori di grandi pesci predatori, allora una certa preoccupazione può sorgere, ma in generale altre pratiche alimentari possono avere effetti molto più dirompenti sulla nostra salute (come banalmente mangiare troppo). Esistono poi avvenimenti puntiformi, in cui un evento può portare a un avvelenamento di massa: per

quanto riguarda il metilmercurio, sono ben conosciuti il caso del suo sversamento in mare, a Minamata, in Giappone, negli anni Cinquanta, e l'episodio che riguardò un carico di grano avvelenato arrivato in Iraq negli anni Settanta. Complessivamente i due eventi causarono l'avvelenamento di circa ottomila persone.

Ho usato l'esempio del metilmercurio perché mi sembra emblematico di come affrontare la maggior parte degli inquinanti che riguardano la nostra salute. Il metilmercurio è pericoloso: alcuni eventi puntiformi hanno mostrato la sua capacità di danneggiare molte persone in modo distruttivo. Non si può nemmeno negare che ci possa danneggiare nella vita di tutti i giorni: se adottiamo sistematicamente delle pratiche al limite, rischiamo di bioaccumularne quantità dannose. Tuttavia, se quotidianamente seguiamo una dieta nella norma abbiamo poche possibilità di avere dei problemi, e quindi giustamente non ce ne preoccupiamo.

Un discorso analogo si può fare per tutti gli inquinanti provenienti dal cibo, dall'acqua, dai prodotti per la casa eccetera. Attualmente queste forme di inquinamento non sono fattori di rischio rilevanti nelle nostre vite (poi vedremo che non è lo stesso per animali e piante intorno a noi). Circa ogni due anni esce un report del Global Burden of Disease Collaborative Network che cerca di stimare quali sono le cause di morte e di riduzione di vita sana nel mondo. Leggerlo permette di mettere in prospettiva i principali fattori di rischio per la nostra vita e la nostra salute.

Se la lettura di queste analisi vi sembra troppo complessa, alcuni siti – che io amo – come “Our World in Data” (<https://ourworldindata.org/>) costruiscono grafici che derivano da analisi di questo tipo o da studi scientifici, in modo da visualizzare immediatamente i dati e le loro proiezioni. Nella lista dei primi venti fattori di rischio per gli abitanti dell'Europa non compare nessun tipo di inquinamento associato al cibo, a quello che beviamo o che ci spalmiamo addosso: l'eccesso di sale uccide di gran lunga più di qualsiasi residuo di fitofarmaci, metalli pesanti o altre sostanze inquinanti. E l'eccesso di sale è di gran lunga meno dannoso del consumo di alcol, del fatto di essere obesi, di avere una dieta squilibrata nei macronutrienti o di fumare.

Conosco persone che vivono nella convinzione che il cibo che troviamo al supermercato contenga sostanze tossiche per la salute, ma poi bevono alcolici regolarmente. Conosco persone che consumano esclusivamente cibo

biologico per evitare di assumere i residui di alcuni fitofarmaci, ma poi hanno una dieta completamente squilibrata nei macronutrienti. Il rischio nei confronti di questo tipo di inquinamento è indubbiamente sopravvalutato. La realtà è che, almeno in Europa, tali preoccupazioni dovrebbero essere appianate dall'attenzione degli enti regolatori. L'EFSA (European Food Safety Authority) valuta costantemente il rischio di tutte le sostanze contenute nei nostri piatti, e pone limiti stringenti. Per molte di quelle potenzialmente tossiche, il limite permesso è di decine o centinaia di volte più basso delle soglie che la ricerca individua come problematiche per la salute.⁴ Lo stesso vale per tanti prodotti per la casa, per i cosmetici e così via. Questa attenzione è più che giustificata: la storia recente è piena di casi di sostanze che si sono rivelate dannose (come l'amianto o il piombo nei carburanti), ma chi di dovere è intervenuto prontamente per limitare i danni potenziali.

Per questo ormai la preoccupazione degli abitanti dell'Europa per molte forme di inquinamento è anacronistica, e ci sono altre questioni di cui preoccuparsi per la salute. Eppure occorre fare due grosse precisazioni: esiste una forma di inquinamento che sistematicamente uccide decine di migliaia di persone ogni anno in Europa; e dobbiamo ricordarci che alcuni inquinanti, pur non essendo un forte rischio per noi, lo sono per le specie attorno a noi.

L'inquinamento che uccide di più

Vediamo intanto il primo punto: purtroppo l'inquinamento dell'aria è ancora un grosso problema. Le nostre società riescono a funzionare utilizzando grandi quantità di energia, e uno dei modi per produrre energia è bruciare vari materiali. Bruciamo di tutto, costantemente: legna, carbone, petrolio, gas e rifiuti. Gli obiettivi per cui usiamo la combustione per ricavare energia sono molteplici: sviluppare calore, elettricità e convertire l'energia chimica delle sostanze nel movimento dei vari mezzi di trasporto. Se avviene in modo efficiente, la combustione produce tendenzialmente due prodotti: CO₂ e vapore acqueo, che non sono tossici per l'uomo. Purtroppo, però, le cose non vanno nel migliore dei modi possibili. La combustione non è sempre perfetta: in piccola quantità si possono produrre molecole tossiche,

come alcuni composti dell'azoto, l'ozono, svariate sostanze organiche o persino particelle di materiale solido o liquido (le famose polveri sottili, tra cui le PM₁₀ o le PM_{2,5}), che iniziano a fluttuare nell'aria. E attraverso la respirazione tali particelle possono arrivare nei nostri polmoni, e da qui anche nel flusso sanguigno.

Ogni anno questi composti uccidono decine di migliaia di persone nel nostro Paese e peggiorano la qualità della vita di milioni di noi. Vale soprattutto per gli abitanti della valle del Po, che hanno il doppio problema di trovarsi in un luogo densamente abitato, quindi con moltissime combustioni, e di essere riparati dai venti a causa dell'arco alpino.

La letalità dell'inquinamento dell'aria è qualcosa che sottovalutiamo: circa il 4 per cento dei morti in Italia ogni anno è attribuibile all'inquinamento dell'aria, più delle morti dovute al consumo di alcol e tre volte meno di quelle causate dal fumo di tabacco.⁵ Di queste, la maggior parte è dovuta al particolato, che in proporzione uccide circa cinque volte più dell'eccesso di ozono e degli ossidi dell'azoto.⁶ Come sempre, nell'attività scientifica esistono diverse stime: il dato del 4 per cento viene dal Global Burden of Disease, mentre l'Agenzia europea dell'ambiente stima che il numero dei morti causato dall'inquinamento dell'aria possa essere il doppio, intorno al 9 per cento. In ogni caso sono numeri enormi.

Ma nella tragedia c'è una buona notizia: questi decessi sono in calo sistematico da decenni. Trent'anni fa l'inquinamento dell'aria uccideva quasi il doppio delle persone ogni anno. Infatti, nonostante gli esseri umani non abbiano smesso di bruciare vari materiali, il tipo di sostanza bruciata e il processo con cui ciò avviene fanno delle grosse differenze.

Per produrre energia elettrica, il carbone rilascia un numero maggiore di sostanze tossiche rispetto a gasolio, benzina e gas. Anche le stufe a legna inquinano di più rispetto al riscaldamento con gli idrocarburi (vedremo che questo, però, non va bene dal punto di vista delle emissioni di CO₂). Le macchine a benzina inquinano in media meno delle macchine diesel, e quelle a GPL o metano ancora meno.

Le reazioni di combustione che avvengono in grandi reattori e a temperature più alte tendono ad avere combustioni più complete e a rilasciare meno scarti: poche grandi centrali inquinano meno di molte piccole stufe, a parità di energia prodotta. Allo stesso modo, l'utilizzo di

filtri può limitare il particolato emesso, mentre i catalizzatori riducono l'emissione di specie chimiche tossiche.

L'attuale speranza è che la tendenza alla riduzione dell'inquinamento dell'aria possa migliorare ancora, e tutti possiamo contribuire a farlo. Alcuni fenomeni sociali stanno andando in questa direzione: per esempio il passaggio ad auto sempre meno inquinanti, soprattutto auto elettriche, potrebbe abbassare di molto la produzione di sostanze inquinanti dovute ai trasporti. D'altro canto, l'aumento dei costi dell'energia, cui si è assistito negli ultimi anni, potrebbe spingere sempre più persone a optare per sistemi di riscaldamento con legna o pellet, ad alto rischio di inquinamento.

Gli inquinanti nutrienti

Riassumendo, escluso l'inquinamento dell'aria, nelle nostre società è difficile essere danneggiati da qualcosa di tossico, a meno che non lo facciamo deliberatamente, per esempio tramite il fumo o l'alcol. Tuttavia, non si può dire lo stesso per gli animali e le piante attorno a noi.

Esistono vari inquinanti che colpiscono soprattutto le specie acquatiche: ciò è dovuto al fatto che molte sostanze riescono a sciogliersi nell'acqua dei fiumi e poi arrivano nei mari. La storia italiana è costellata di disastri ecologici che riguardano gli sversamenti nei fiumi e nei laghi di molecole e sali di scarto delle industrie, e di incidenti che hanno portato al rilascio di inquinanti nell'aria. Un esempio lampante riguarda il lago d'Orta che, a partire dal 1926, per decenni è stato il punto di sversamento di rame e solfato d'ammonio, con la scomparsa di quasi tutte le specie di pesci.⁷ Fortunatamente ora il lago si sta ripopolando.

Ma oltre ai singoli disastri puntiformi, bisogna cercare di capire cosa rilascia sistematicamente inquinanti nelle nostre acque. I contributi principali sono dati dallo sversamento e dalla mancata depurazione delle acque reflue civili e industriali e dal ruolo dell'agricoltura e dell'allevamento.

Per quanto riguarda la gestione degli scarichi civili, la situazione sta migliorando: si stima che nel 2018 nel nostro Paese fosse depurato il 95,4 per cento del carico organico degli agglomerati urbani, rispetto al 92,5 per cento del 2016.⁸ Anche dal lato industriale nell'Unione europea si registra

un calo progressivo degli sversamenti di sostanze inquinanti, soprattutto di metalli pesanti.⁹

L'agricoltura e l'allevamento possono inquinare in vari modi, che hanno a che fare con la percolazione delle sostanze che si trovano sul campo. In particolare, parliamo di inquinamento legato al dilavamento di fitofarmaci – molecole spesso utilizzate per danneggiare animali e piante in competizione con la coltura di interesse – e di inquinamento da nutrienti.

L'analisi ISPRA più accurata ed estesa riguarda la presenza di fitofarmaci nelle acque interne. Essa mostra che su tutto il territorio nazionale circa il 21 per cento dei punti di monitoraggio delle acque superficiali eccede i limiti ambientali.¹⁰ In molti casi tale eccesso è dovuto alla scarsa applicazione di direttive agricole particolarmente stringenti.

A questo punto mi permetto di fare un approfondimento sul fenomeno dell'inquinamento da nutrienti, dato che è poco conosciuto ma ha un potenziale dannoso enorme in molti ecosistemi, e su cui torneremo più volte.

Questo tipo di inquinamento tende a essere sottovalutato perché culturalmente siamo spaventati da ciò che non conosciamo (nuovi materiali, nuove sostanze di sintesi e così via), mentre difficilmente ci preoccupa qualcosa che riteniamo “naturale”, come il letame.

Da millenni, alcune molecole fondamentali per la crescita delle piante vengono sistematicamente immesse nei campi per permettere una maggiore produttività agricola, come diversi composti dell'azoto o del fosforo. Per raggiungere questi risultati si possono adottare diversi metodi: far ruotare le colture, garantendo la coltivazione dei legumi con una certa frequenza, spargere letame, liquami o altre materie organiche provenienti da altre colture agricole o utilizzare i fertilizzanti. Purtroppo, però, un uso massiccio o erroneo di queste pratiche può portare a un'eccessiva quantità di questi composti, i quali possono essere dilavati dalle piogge e quindi finire nei fiumi.

L'acqua arricchita di sostanze nutrienti fa crescere grandi quantità di organismi, soprattutto batteri fotosintetici o alghe unicellulari. La proliferazione di tali organismi nel corso lento dei fiumi, nei laghi, nelle lagune o in mari particolarmente chiusi può causare conseguenze pesanti sulla flora e sulla fauna che vivono al loro interno.

I meccanismi sono vari: l'esplosione algale nelle ore diurne produce un eccesso di ossigeno, mentre di notte l'ossigeno viene consumato. L'acqua povera di ossigeno diventa quindi invivibile per i pesci e gli altri animali acquatici. Alcuni esseri viventi, legati a questi eventi, producono a loro volta delle sostanze tossiche, che possono uccidere altri organismi (in casi specifici, sono tossici anche per la nostra specie). Questo fenomeno si chiama eutrofizzazione. L'aumento delle temperature medie insieme all'inquinamento da nutrienti sta facendo moltiplicare in tutto il mondo gli eventi di esplosioni algali, fino a raggiungere casi estremi.¹¹

Si tratta di una cascata di eventi che porta l'intero bacino o una parte di esso a diventare simile per colore e consistenza a un passato di zucchine, e perciò non adatto alla sopravvivenza di molti animali. Un caso ben documentato è quello del lago Erie in Ohio, che nel 2013 e nel 2015 ha avuto una crescita di alghe fuori scala, le quali hanno ucciso una parte consistente della fauna del lago.¹²

Anche i mari sono a rischio, soprattutto quelli chiusi o con poco ricircolo come il Mediterraneo, in cui negli ultimi due decenni eventi simili sono aumentati, come ha mostrato una review recente.¹³ In particolare, poi, questo tipo di fenomeni sono rischiosi per le aree vicine agli estuari, che sono aree ad alta biodiversità. Come vedremo, varie valutazioni ambientali sull'impatto ecologico dei prodotti alimentari presentano un dato che riguarda il "potenziale di eutrofizzazione". Si tratta della produzione di composti dell'azoto o del fosforo, che sono i principali gruppi chimici che contribuiscono a questo fenomeno.

Piccola digressione "storica". Durante la più grande estinzione di massa della storia sulla Terra, quella che separa il Permiano dal Triassico, avvenuta circa duecentocinquanta milioni di anni fa, l'aumento eccessivo delle temperature e i nutrienti riversatisi nelle acque a causa degli incendi e della moria di molti animali hanno portato a esplosioni algali fuori scala, che hanno impedito il recupero della biodiversità nell'acqua dolce per almeno 3 milioni di anni.¹⁴

Riassumendo, in Italia (ma vale per tutta Europa) le acque interne, cioè fiumi e laghi, stanno vivendo un problema ecologico molto grave, e l'inquinamento delle acque ne è uno dei fattori principali. Questo succede anche se contemporaneamente muore sempre meno gente a causa dell'inquinamento.

Le plastiche

Parlando di inquinamento e ambiente, in un libro che intende analizzare come le problematiche ambientali vengono comunicate e interpretate dall'opinione pubblica, non si può evitare di parlare di un tipo di inquinamento che ha una forte esposizione mediatica: quello da plastica.

Il fatto di usare il termine “plastica” per intendere un gruppo di composti così ampio fa ben capire quanto superficialmente conosciamo tali sostanze. In realtà le plastiche o i polimeri plastici sono molto variegati, con origini, composizione e caratteristiche differenti. In comune hanno il fatto di essere polimeri organici.

Per polimeri si intendono le molecole che sono formate da unità più piccole, chiamate monomeri, ripetute. Le molecole organiche sono invece quelle costituite da catene di carbonio (e idrogeno). Questi polimeri nascono dall'unione di monomeri anche piuttosto diversi: in alcuni casi si tratta di molecole presenti pure negli organismi viventi, come il lattato o il butirrato, e ciò le rende facilmente digeribili da batteri o funghi, alle giuste condizioni; altre volte sono meno degradabili. Le più comuni non sono digeribili dagli organismi viventi, ma possono essere erose dall'azione meccanica o da reazioni chimiche, spesso accelerate dalla luce del sole (questo processo viene chiamato fotodegradazione).

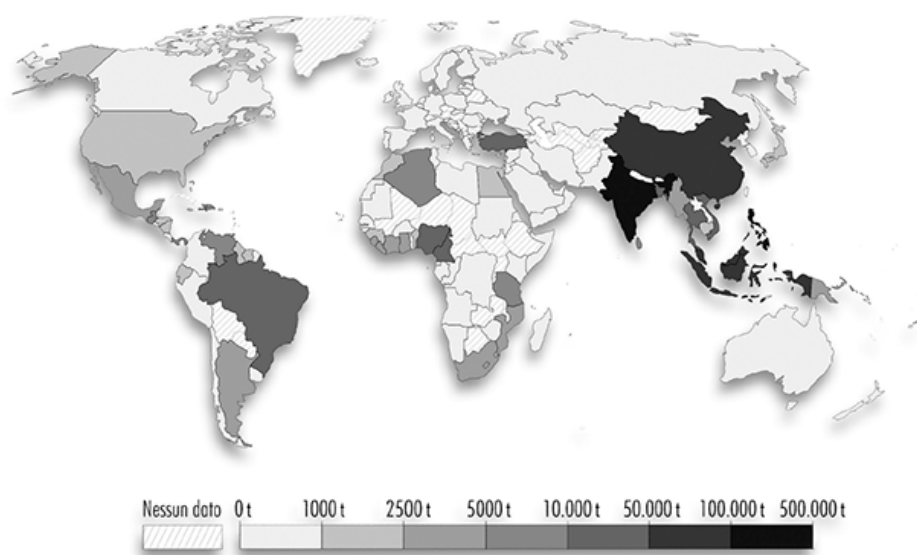
Potrebbe sorprendervi notare una forte analogia tra i materiali plastici e alcune delle molecole biologiche più importanti per la vita, come la cellulosa, l'amido e la chitina (quest'ultima si trova nei funghi e nell'esoscheletro degli insetti e dei crostacei). Tutti e tre sono polimeri derivanti dall'unione di monomeri molto semplici e, similmente a molti materiali plastici, la cellulosa e la chitina sono per noi inerti: non riusciamo a digerirle.

Le plastiche non hanno di per sé un impatto negativo nel mondo, a meno che non vengano rilasciate in certi ecosistemi: soprattutto nei mari. Ogni anno l'umanità produce circa 250 milioni di tonnellate di plastica,¹⁵ di cui il 3 per cento finisce nei mari: si tratta di 8 milioni di tonnellate.

Le differenze geografiche nelle emissioni sono sostanziali. La plastica che finisce nei mari e che proviene dall'Europa si attesta intorno allo 0,5 per cento;¹⁶ in diversi Stati asiatici la percentuale si avvicina al 10 per cento e in alcuni casi va ben oltre. Lo smaltimento di questo materiale viene quindi

gestito in modo diverso: alcuni Stati hanno una responsabilità maggiore nella sua dispersione nei mari. Per esempio le Filippine, pur avendo una popolazione che corrisponde a circa l'1,3 per cento dell'umanità, sono responsabili di più del 35 per cento della plastica che arriva negli oceani ogni anno. Attraverso il solo fiume Pásig si riversa nei mari dieci volte più plastica di quella che proviene da tutta l'Europa.¹⁷

Queste enormi sproporzioni potrebbero renderci inermi, ma d'altro canto ci danno un'ottima indicazione su come agire per ottimizzare le nostre azioni. Per esempio, supportare delle campagne di sensibilizzazione, di riciclo o di bonifica della plastica nelle Filippine potrebbe avere degli esiti strabilianti, a fronte di piccoli investimenti o donazioni.



Lo sversamento di plastica nei mari avviene soprattutto attraverso i fiumi. I Paesi asiatici sono responsabili di circa l'80% della plastica che ogni anno finisce nei mari. Le Filippine sono di gran lunga lo Stato che riversa più plastica: più di un terzo di tutta quella del mondo.

La riduzione delle plastiche in parti progressivamente più piccole comporta che, soprattutto nei mari, è possibile trovare frammenti di plastica praticamente di qualsiasi dimensione. Categorizzare le plastiche a seconda della loro grandezza aiuta a capirne il potenziale impatto sugli organismi viventi, per cui ha senso dividerle in base alle dimensioni. Le macroplastiche sono composte da pezzi maggiori di 2,5 centimetri, le

mesoplastiche da pezzi maggiori di 5 millimetri, mentre le microplastiche sono particelle più piccole di 5 millimetri.

È ben documentato che le plastiche di grandi o medie dimensioni possono avere ripercussioni sull'ambiente marino in vari modi: impigliandosi agli organismi (questo vale soprattutto per lenze di nylon e reti da pesca), oppure venendo ingerite, o ancora fungendo da trasporto per specie alloctone invasive. In letteratura scientifica è disponibile una lista composta da centinaia di specie (da 300 a 700, in base alla certezza del danno)¹⁸ colpite dall'ingestione delle plastiche o dal fatto di rimanerci impigliate: si tratta soprattutto di cetacei, altri mammiferi marini, uccelli e rettili.

L'aspetto ritenuto più grave dagli esperti del settore¹⁹ riguarda la diffusione di reti e fili da pesca, seguiti dai sacchetti di plastica e dai palloncini gonfiabili. Dati sul campo sembrano confermare queste indicazioni: attualmente l'impatto principale è dovuto alle plastiche rilasciate dalle attività ittiche.²⁰

L'altro problema delle plastiche medie o grandi è legato alla loro colonizzazione da parte di organismi marini. Oggetti galleggianti nel mare vengono velocemente occupati; ormai sono quasi un centinaio le specie che utilizzano come nuovo habitat questa risorsa:²¹ si tratta di pesci, crostacei, anemoni, spugne e altri gruppi tassonomici. Il rischio principale è che agglomerati di plastiche possano fungere da zattere in grado di viaggiare persino attraverso gli oceani, portando gli organismi da una costa continentale a un'altra, fino a causare l'invasione biologica da parte di un nuovo organismo; fatto che, come vedremo nel sesto capitolo, è molto grave.

Se cercate nei motori di ricerca degli articoli scientifici i termini *plastic pollution* (inquinamento da plastica), la maggior parte degli studi recenti parla delle microplastiche. A dire il vero, la quantità di materiale sulle microplastiche è soverchiante, tanto che risulta difficile trovare dei lavori recenti che parlino dell'impatto delle macroplastiche (come quelli suggeriti nelle note del libro). Come mai?

Probabilmente ciò è dovuto a un ritardo nella ricerca: mentre è dagli anni Settanta che si pubblicano studi sull'impatto della plastica di dimensioni medie e grandi nei mari, è solo negli ultimi decenni che si parla dei pezzettini di plastica più piccoli, e ora gli scienziati stanno recuperando. A questo va aggiunto un altro fatto, che rende il discorso sulle microplastiche

di maggior interesse per noi: la possibilità che siano pericolose anche per la nostra specie. L'idea di fondo di questa preoccupazione consiste nel rischio dell'ingestione di microplastiche attraverso gli animali marini di cui ci cibiamo.

Le microplastiche nei mari derivano principalmente dalla degradazione di pezzi di plastica più grandi (microplastiche secondarie) e in secondo luogo dall'immissione diretta in mare di pezzi molto piccoli di plastica direttamente dalle attività umane (microplastiche primarie). Questi frammenti di plastica, spesso sotto forma di filamenti, possono essere ingeriti dagli organismi marini, che a loro volta possono essere ingeriti da animali più grandi. E così giungere fino a noi. Qui però arriva la parte su cui la letteratura scientifica non ha ancora delineato uno scenario chiaro: qual è l'impatto della microplastica sugli organismi marini? E qual è invece quello potenziale sulla nostra specie?

I modi in cui l'ingestione delle microplastiche potrebbero danneggiare gli organismi sono vari: negli animali più piccoli la plastica non digerita potrebbe creare un'ostruzione nel sistema digerente, o comunque un rallentamento nella crescita, dovuto al fatto che viene mangiata plastica al posto di cibo; inoltre, si teme che alcune plastiche possano contenere inquinanti secondari. Infatti, mentre la maggior parte dei materiali plastici è inerte, alcune sostanze utilizzate per conferire specifiche proprietà al materiale possono essere tossiche, e venire disperse lentamente durante la degradazione della plastica. In ambiente acquoso, poi, alcuni inquinanti potrebbero penetrare dentro la plastica ed essere eventualmente rilasciati all'interno del corpo dell'animale.

L'impatto della microplastica sullo zooplankton è stato studiato in decine di studi, anche se spesso su campioni piccoli e con risultati non statisticamente significativi.²² Eppure, in generale dalle misurazioni di vari gruppi di animali emerge una tendenza negativa nella crescita e nella riproduzione.

Ormai la presenza di microplastiche si può trovare un po' ovunque negli animali marini. A questo punto la domanda nasce spontanea: ma quindi ce le mangiamo attraverso i frutti di mare?

Succede, ma probabilmente non è la principale fonte di ingestione di microplastiche. Siamo circondati da plastiche che possono sfilacciarsi o sminuzzarsi in pezzettini più piccoli: molti nostri vestiti sono realizzati

utilizzando fibre di plastica, così come alcuni nostri mobili, il tagliere che adoperiamo per le verdure eccetera. Ogni anno probabilmente ingeriamo decine di migliaia di pezzettini di microplastiche. Un gruppo di ricercatori inglesi ha provato a quantificare le microplastiche che vengono ingerite ogni anno attraverso la polvere che cade nei nostri piatti e quelle che potremmo ingoiare attraverso le cozze,²³ animali filtratori. Il confronto è impietoso: le microplastiche che mangiamo dalle polveri domestiche sono centinaia di volte maggiori (nello studio, la differenza media è di 334 volte).

Questa indicazione dovrebbe aiutarci a contestualizzare meglio il fenomeno dell'ingestione di microplastiche per la salute umana: è una cosa che succede già da decenni e in quantità sostanziali. Ciò non significa che non sia un problema; attualmente non abbiamo indicazioni chiare da nessun ente internazionale sui rischi a esso associati.²⁴ D'altro canto si può sperare che un fenomeno così diffuso nel tempo e nello spazio, se non ha ancora mostrato associazioni epidemiologiche statisticamente significative, abbia un impatto relativamente basso.

Forse è un passo logico eccessivo desumere che un aumento dell'ingestione di microplastica dai frutti di mare possa essere trascurabile, ma almeno è un punto di partenza per ulteriori analisi. Se e quando verranno pubblicati studi epidemiologici sulla salute umana, sarà interessante valutarne le conseguenze. Attualmente ha senso concentrarsi sull'impatto delle microplastiche sugli altri organismi viventi, e soprattutto su quello delle plastiche più grandi, che hanno un effetto chiaro e misurato su centinaia di specie animali.

Le plastiche usate dagli esseri umani sono solide e spesso di grandi dimensioni: questo le rende un tipo di inquinante più facilmente gestibile rispetto ad alcuni gas, particolati tossici o liquidi che possono percolare. Mentre il particolato atmosferico che esce da una stufa è inevitabilmente inquinante, una bottiglia di plastica che cade a terra nel centro di Milano potrebbe non esserlo, se viene recuperata prima che possa arrivare in un qualche ambiente naturale. Tale punto va tenuto in forte considerazione in questo momento storico in cui la plastica è diventata un simbolo negativo per quanto riguarda l'ambiente.

È importante tenerlo a mente, perché ci sono situazioni in cui, se la plastica viene riciclata, può risultare la scelta di gran lunga più ecologica sul fronte delle emissioni, dell'inquinamento o della riduzione delle risorse. Ne

è un esempio la vendita di bibite nei bar o del latte nei supermercati: la bottiglia di plastica è meglio del vetro e dell'alluminio su diversi fronti,²⁵ a patto che poi la bottiglia non finisca nel mare. Nel nostro Paese la maggior parte della plastica fortunatamente non viene dispersa nell'ambiente, ma viene riciclata, eliminata in termovalorizzatori o accumulata in discariche. Purtroppo una certa quantità (intorno allo 0,9 per cento) di plastica sfugge ai normali processi di accumulo o riciclo e si libera nell'ambiente naturale. Bisognerebbe ridurre ulteriormente questa quota, e allo stesso tempo concentrare gli sforzi verso quei Paesi in cui quasi il 10 per cento dei rifiuti di plastica finisce nei mari.

Alcune forme di inquinamento hanno una dimensione locale, per altre, invece, come nel caso della plastica negli oceani o del buco nell'ozono, il problema può prendere dimensioni globali. Capire l'area di interesse di un fenomeno è importante per definire quali sono le istituzioni che se ne devono prendere carico e per capire se occorre agire in modo specifico in un dato punto per risolvere la questione. Tendiamo a pensare che un'azione locale positiva abbia sempre delle ricadute globali positive e viceversa, ma purtroppo questo non è vero. Ci sono molteplici casi in cui si crea una contrapposizione tra locale e globale, ed è giusto prenderne atto e ragionare sul *trade-off*. Ecco alcuni esempi.

L'estrazione di materiali per la produzione di pannelli fotovoltaici, pale eoliche e impianti per accumulare energia può causare un forte impatto locale, portando a deforestazione, consumo di suolo o varie forme di inquinamento; eppure l'utilizzo di fonti rinnovabili e sistemi di accumulo energetico è uno dei modi per contribuire a diminuire le emissioni di gas serra, e quindi opporsi al cambiamento climatico.

L'uso intensivo di fertilizzanti o letami da una parte fa aumentare l'inquinamento da nutrienti, dall'altra permette una maggiore produttività di cibo per unità di superficie, e quindi di limitare la deforestazione.

Le stufe a legna sono più inquinanti a livello locale, tuttavia emettono meno CO₂, il che è un bene a livello globale.

I problemi locali sono più sentiti dei problemi globali e allo stesso tempo sono anche più facili da gestire: ecco quindi che vengono bloccati o ostacolati grandi impianti per la produzione di energie da fonti rinnovabili. Ecco che nei Paesi ricchi vengono incentivate pratiche agricole che

impattano meno per unità di superficie, ma che rendono necessaria più superficie, la quale va ricavata in varie parti del mondo.

Riconoscere le dimensioni di un fenomeno è importante per definire a che livello politico si deve intervenire: l'inquinamento dell'aria della Pianura Padana va affrontato a livello regionale o nazionale; l'inquinamento delle plastiche nel Mediterraneo invece va affrontato a livello sovranazionale, dato che l'Italia è solo uno dei tanti Paesi che confina con questo mare.

L'anidride carbonica è un inquinante?

Negli scorsi decenni si è discusso a lungo, soprattutto negli Stati Uniti, se ritenere questa molecola un inquinante o meno. Molto dipende dalla definizione di inquinante. Se si definisce così una qualsiasi sostanza che tende ad alterare gli equilibri biologici o geofisici di un certo ambiente, allora la CO_2 è un inquinante; l'Organizzazione mondiale della sanità usa questa definizione.²⁶ Se si considera un inquinante una qualsiasi sostanza che direttamente o indirettamente crea un danno agli organismi viventi, allora la CO_2 è un inquinante, perché ha due forme di danno indiretto molto forti: è la principale causa dell'aumento dell'effetto serra, che sta provocando il cambiamento climatico attuale; a contatto con l'acqua si trasforma in acido carbonico, che può essere pericoloso per vari organismi.

L'unica definizione, particolarmente stringente, per cui la CO_2 non è da considerarsi un inquinante è quella del danno diretto: fortunatamente, infatti, non danneggia i nostri tessuti come fanno altri inquinanti. In realtà, anche qui ci sarebbe da aprire una piccola parentesi: concentrazioni troppo alte di CO_2 in casa (sopra le 600 ppm) iniziano ad avere leggeri effetti sulle capacità cognitive come il *decision making*,²⁷ nulla che però non si possa recuperare aprendo le finestre.

Assodato che la CO_2 è un inquinante secondo molte delle definizioni possibili, spesso non viene definita e trattata come tale. A ben vedere, solo l'Agenzia per la protezione dell'ambiente degli Stati Uniti si riferisce ai gas climalteranti come a "inquinamento da carbonio".²⁸ Gli altri enti internazionali tendono a non citare mai la CO_2 come inquinante, nemmeno l'Agenzia europea dell'ambiente.²⁹ Perfino in letteratura scientifica si

tendono a distinguere le due cose. Emissioni (dei gas a effetto serra) e inquinamento dell'aria sono termini che vengono usati in modo scollegato.

Anche in questo libro uso questa distinzione. Lo faccio perché penso che ci siano dei buoni motivi per trattare i due aspetti in modo differente. Per prima cosa hanno scale diverse a livello geografico: l'inquinamento dell'aria è un fenomeno locale, le emissioni sono un fenomeno globale. La quantità di CO₂ che viene emessa non è paragonabile a nessun altro inquinante: come vedremo, si tratta di decine di miliardi di tonnellate di CO₂ ogni anno. Esistono poi tecnologie o scelte che possono aumentare un fenomeno e diminuirne un altro. C'è inoltre un altro motivo, che vedremo tra poco: ed è il senso di ineluttabilità che sembra avere il nostro rapporto con i gas serra. Infatti, mentre in altri casi siamo riusciti a ridurre varie forme di inquinamento, lo stesso non si può dire per questo tipo di emissioni, tanto che negli ultimi anni non solo non si sono arrestate, ma sono addirittura aumentate.

Cambiamento climatico

Energia

Il cambiamento climatico è la problematica ambientale di cui si parla maggiormente, e a ragione: è una delle sfide più grandi (se non la più grande) che l'umanità deve riuscire ad affrontare ora e nei prossimi decenni. Proprio perché se ne parla molto, sarò veloce sugli elementi base, mentre approfondirò un paio di concetti di cui si discute meno.

Il cambiamento climatico è un problema che ha a che fare con l'energia, da almeno due punti di vista. In primo luogo, stiamo emettendo dei gas che contribuiscono ad aumentare la quantità di energia solare che viene trattenuta sulla Terra; in questo modo si incrementa il cosiddetto effetto serra. Emettiamo tali gas essenzialmente per ricavare energia da depositi di organismi morti milioni di anni fa, che si tratti di carbone, gas o petrolio.

Il principale gas che contribuisce ad accentuare l'effetto serra è l'anidride carbonica: da sola causa circa il 75 per cento dell'aumento dell'effetto serra. Al secondo e terzo posto ci sono due gas meno conosciuti: il metano e il protossido di azoto, che contribuiscono a colmare quasi tutto il 25 per cento rimanente.¹ Queste molecole hanno una proprietà che le rende speciali rispetto agli altri gas più abbondanti nell'atmosfera, come l'azoto (N_2) e l'ossigeno (O_2): sono trasparenti alla luce visibile, ma non sono trasparenti ai raggi infrarossi (come il vetro di una serra).

Ogni giorno i raggi del sole vengono assorbiti dagli oggetti colorati. Quanto più il colore è scuro, tanto più è alto l'assorbimento (il resto viene riflesso). Il calore assorbito se ne può andare via solamente in due modi: attraverso molecole molto veloci di gas che vincono la forza di gravità (ma è un fenomeno marginale) o attraverso onde elettromagnetiche nello spettro degli infrarossi. Proprio qui sta l'inghippo: alcune molecole assorbono queste onde e ne riflettono una parte verso terra.

La molecola che causa la maggior parte di questa riflessione è l'acqua in forma di vapore, il resto sono i gas che ho citato prima. La quantità di acqua in forma gassosa nell'atmosfera è relativamente stabile nel tempo, e ciò permette di avere una temperatura media della Terra a livelli simili a quella che conosciamo. Il problema sta nel fatto che la concentrazione degli altri gas può crescere senza grossi problemi. La CO_2 è un gas con un effetto serra molto maggiore dell'acqua: infatti, un aumento dello 0,1 per cento circa (o di 100 ppm) nell'atmosfera ha già causato un aumento delle temperature medie globali di circa 1 grado.²

Proprio per il fatto che piccole fluttuazioni di CO_2 comportano effetti mastodontici, si preferisce analizzare la sua concentrazione in parti per milione, invece che in percentuali. Nel momento in cui scrivo, nell'atmosfera ce ne sono 420 ppm, mentre alla fine della Seconda guerra mondiale ce n'erano circa 310.³

Il metano e il protossido di azoto aumentano l'effetto serra di decine o centinaia di volte rispetto alla CO_2 , a parità di quantità. Fortunatamente ne emettiamo centinaia di volte meno. Eppure, il metano in particolare è un sorvegliato speciale, dato che grosse emissioni potrebbero avvenire per processi naturali causati a loro volta dal cambiamento climatico, come vedremo tra poco. Il metano in media tende a persistere nell'atmosfera molto meno della CO_2 ; la maggior parte del metano che emettiamo oggi reagirà con l'ossigeno nei prossimi decenni e diventerà CO_2 e acqua. Ciò nonostante, ha tutto il tempo di aumentare l'effetto serra per qualche decennio, se a mano a mano se ne emette ancora.

C'è un sistema molto comodo per misurare in modo univoco i gas che causano l'aumento dell'effetto serra. Si può equiparare l'effetto di alterazione del clima di una data quantità di metano, o di un altro gas, alla quantità equivalente di CO_2 che ha lo stesso incremento. In questo modo è possibile sommare matematicamente i contributi. Ogni anno emettiamo circa 36 gigatonnellate di CO_2 (giga è un prefisso greco che indica i miliardi). A questi vanno sommati altri gas serra, che corrispondono all'effetto di circa 14 gigatonnellate di CO_2 . Quindi, complessivamente, possiamo dire che emettiamo circa 50 gigatonnellate di CO_2 e (si legge CO_2 equivalente). Quant'è? Molto, da ogni punto di vista. Negli ultimi duecentocinquant'anni abbiamo emesso circa 1800 gigatonnellate di CO_2 (al

2022);⁴ al ritmo attuale potremmo emettere altrettanta CO₂ e in soli trentasei anni. Com'è possibile?

La combustione rimane il principale tipo di reazione chimica che sfruttiamo per ricavare energia: tramite questo processo riusciamo a far muovere i mezzi di trasporto, a produrre calore e a riscaldare le nostre case, a far avvenire processi industriali e a generare elettricità. Negli ultimi duecentocinquant'anni, però, qualcosa è cambiato. Invece di bruciare legna o altre forme di biomassa appartenenti al normale ciclo del carbonio, abbiamo iniziato a estrarre grandi quantità di carbonio intrappolato in organismi del passato: la legna è stata trasformata in carbone e gli abitanti del mare in petrolio.

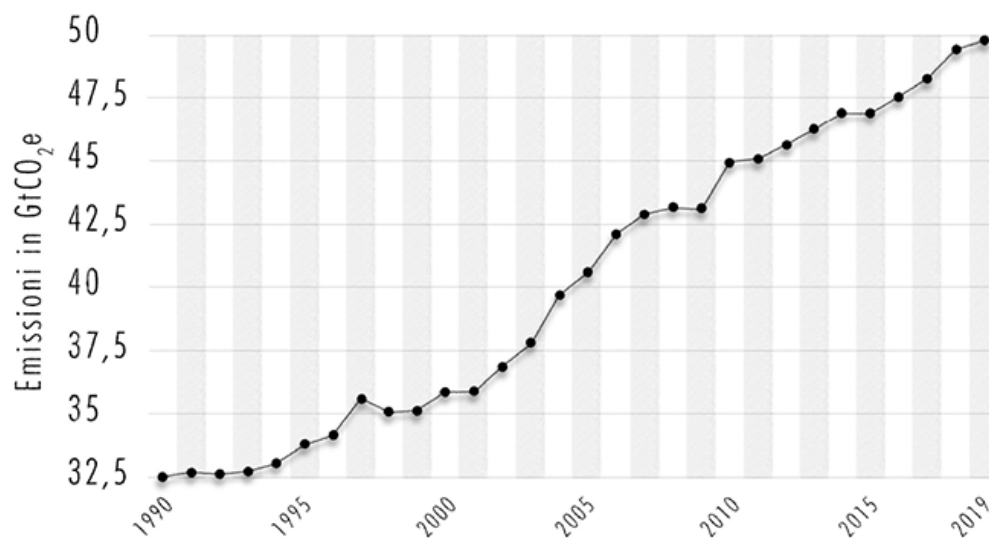
L'utilizzo di questi resti, comunemente chiamati combustibili fossili, ha un effetto ovvio: libera grandi quantità di carbonio, sotto forma di CO₂, che prima era bloccato sotto terra. Da duecentocinquant'anni il mondo in cui viviamo poggia le basi su un continuo processo di estrazione e combustione. L'energia è ovunque, e un flusso costante di energia è essenziale per le nostre vite: per non morire di fame, per riparare gli oggetti che inevitabilmente tendono a rovinarsi, per riscaldare, per raffreddare, per muoversi.

A partire dalla fine della Seconda guerra mondiale, la nostra specie ha vissuto una profonda accelerazione, da ogni punto di vista: la popolazione è quadruplicata, la ricchezza nella maggior parte dei Paesi è aumentata, miliardi di persone hanno migliorato la loro situazione materiale. Si tratta spesso di cose semplici, come il frigorifero, l'acqua corrente, l'elettricità e una dieta più ricca. Il mondo della prima metà del Novecento lo sentiamo vicino a noi, ma era ben più piccolo: c'era poca gente, poche possibilità, pochi oggetti e molti stenti in quasi tutto il mondo, tranne tra i ricchissimi.

Il rovescio della medaglia è che mentre gran parte della popolazione aumentava il proprio tenore di vita, lo faceva bruciando combustibili fossili. Ora qualcosa di simile sta succedendo in Asia e in Africa: negli ultimi decenni centinaia di milioni di persone sono uscite dalla soglia di povertà, però tale crescita si è basata in larga parte sull'energia proveniente dalle combustioni.

In questo momento, pur consci del fatto che i gas serra causano il cambiamento climatico, non solo stiamo continuando a emettere 50 Gt di

CO₂e all'anno, ma la tendenza è quella di un aumento annuale delle emissioni. La domanda sorge spontanea: quando inizieremo a invertire la rotta?



Le emissioni annuali di gas a effetto serra sono sempre aumentate negli ultimi decenni. Prima di arrivare a emissioni zero dobbiamo capire quando riusciremo ad azzerare l'incremento annuale delle emissioni.

Globale, per davvero

Il cambiamento climatico è un fenomeno globale con una caratteristica peculiare: non è particolarmente importante dove avvengono le emissioni. Pensateci un secondo: mentre per l'inquinamento è ben diverso se spargo una sostanza tossica nell'oceano Atlantico, nel centro di una città o in una foresta, per quanto riguarda il cambiamento climatico questi gas tendono a diffondersi in tutto il mondo a causa dei venti (seppur esistano delle differenze medie tra i due emisferi).

Il contributo all'aumento dell'effetto serra è quindi direttamente proporzionale alla quantità di CO₂e emessa, senza ulteriori correzioni. Questo rende fattibile la matematizzazione e il confronto di varie attività umane, anche se molto diverse tra loro: si possono misurare le emissioni della produzione del broccolo in Spagna e paragonarle alle emissioni della produzione di chip a Taiwan e così via. Nell'enorme confusione sulle varie

problematiche ambientali, a cui stiamo cercando di mettere ordine, c'è almeno un lato positivo che riguarda il cambiamento climatico: la sua causa principale ha un'unica unità di misura.

La globalità, però, rende complessa la gestione politica di questo fenomeno: è necessario coordinarsi tutti insieme per ridurre le emissioni. Le tensioni sono inevitabili, soprattutto nel confronto tra i Paesi sviluppati, che sono cresciuti anche emettendo molto (per esempio i Paesi europei e nordamericani), e i Paesi che si stanno sviluppando ora, emettendo grandi quantità di anidride carbonica (per esempio i Paesi asiatici).

L'aumento dell'effetto serra può avere enormi conseguenze difficili da comprendere o immaginare. La prima è quella dell'aumento della temperatura di ogni cosa. Il calore viene assorbito soprattutto dall'acqua, data la sua alta capacità termica, e poi dall'aria. L'innalzamento della temperatura media dell'aria e dell'acqua a sua volta si traduce in ondate di calore più frequenti, fusione dei ghiacci, inverni più miti, maggiore evaporazione (e quindi precipitazioni più frequenti in alcune parti del mondo) e tanti altri fenomeni atmosferici.

Tutto ciò può impattare sulla nostra specie e sugli altri organismi viventi (lo vedremo nel prossimo capitolo). Forse rischiamo di fare un errore di valutazione pensando solo agli effetti sull'umanità. Quando immaginiamo l'aumento di temperatura, lo associamo semplicemente all'idea di passare più tempo al caldo o a estati più torride. Possiamo persino ritenere erroneamente che sia un problema aggirabile con l'aria condizionata, tanto è facile installarla per noi che stiamo nella parte più ricca del mondo.

Sfortunatamente le cose non sono così semplici: molte attività umane sono influenzate dalle caratteristiche climatiche. E l'attività umana più condizionata da eventi climatici è anche quella che ci fornisce la maggior parte del cibo: l'agricoltura. Coltivare le piante in un mondo in continuo cambiamento non è semplice: l'aumento delle temperature e variazioni nelle precipitazioni possono ridurre di molto la produttività di alcune colture. Inverni più miti aiutano alcuni parassiti a diffondersi ulteriormente. Temperature medie più alte rischiano di rendere complessi aspetti essenziali per la nostra sopravvivenza, in modi difficili da immaginare.

Più energia non significa solo più calore, ma anche più vento, più onde, più uragani, più fulmini... Complessivamente, inoltre, l'aumento di energia ha un effetto particolare, ben conosciuto in termodinamica: rende

maggiormente probabili gli eventi estremi. Arrivando a situazioni paradossali, come dimostra il caso delle precipitazioni: nel futuro pioverà in media di più, dato che maggior calore porterà a una maggiore evaporazione dell'acqua dai mari e dalla vegetazione. Contemporaneamente saranno più frequenti eventi di siccità.

Non sono prospettive rosee per il nostro Paese, che tende a soffrire particolarmente questo tipo di fenomeni. Tutti i cambiamenti climatici stanno avvenendo molto velocemente e hanno già delle conseguenze sulla nostra e sulle altre specie, ma inevitabilmente nei prossimi anni non potranno che aumentare, contribuendo a quella che è a tutti gli effetti una crisi climatica globale.⁵

I feedback

Ci sono due aspetti meno conosciuti legati al cambiamento climatico.

Il primo riguarda l'effetto acidificante della CO_2 . Questo gas, reagendo con l'acqua, forma l'acido carbonico (H_2CO_3). Troppo acido carbonico nei mari rischia di acidificare questi ambienti, rendendo più difficile la vita a diversi organismi. Anche per questo motivo la riduzione della CO_2 è importante, non solo per limitare gli effetti del cambiamento climatico.

Questa informazione è particolarmente interessante quando si parla di progetti di geoingegneria che potrebbero puntare a diminuire l'effetto serra. Infatti, non è escluso che nei prossimi decenni vengano proposte azioni su vasta scala per limitare l'assorbimento di energia da parte della Terra. In linea teorica si può ridurre questa energia portando a una riflessione della luce: aumentando la quantità di nuvole, mettendo degli specchi a terra o nello spazio, dipingendo le rocce di bianco eccetera. Sono tutte azioni utili, ma rimarrebbe il problema dell'acidificazione.

Qualcosa di simile vale per le proposte che mirano ad abbassare il quantitativo di metano nell'aria. Questo gas non è stabile, e tende a reagire spontaneamente con l'ossigeno: esiste un'intera branca di ricerca che propone di utilizzare dei catalizzatori per velocizzare tale processo, in modo da accorciarne la permanenza in atmosfera. Sarebbe una cosa fantastica dal punto di vista della riduzione dell'effetto serra, ma rimarrebbe sempre il problema della CO_2 .

C'è un secondo aspetto un po' difficile da inquadrare: quello dei feedback positivi. Si tratta di quei casi in cui l'aumento di temperatura o altri fenomeni legati al cambiamento climatico a loro volta causano l'aumento della temperatura o delle emissioni.⁶ Sembra un gioco di parole; a questo punto è più efficace fare degli esempi.

Nel permafrost artico sono imprigionate grandi quantità di materia organica, ben bloccate per il solo fatto di essere ghiacciate; con lo scongelamento dovuto all'incremento della temperatura i batteri possono iniziare a nutrirsi, producendo metano e anidride carbonica. Allo stesso tempo, la produzione di grandi quantità di questi gas può contribuire al riscaldamento della temperatura e così via, in un circolo vizioso.

Esistono vari meccanismi di questo tipo: l'aumento della temperatura può portare al rallentamento della crescita di alcune foreste, e quindi a una diminuzione dell'assorbimento della CO_2 ; la fusione dei ghiacci e della neve riduce la capacità di riflessione della luce dovuta al bianco, e quindi più energia viene assorbita dalle rocce o dai mari; lo scioglimento della banchisa artica aumenta la grandezza degli specchi d'acqua, che a loro volta formano onde più grandi, le quali contribuiscono a erodere e fondere la banchisa stessa. Ne esistono altri che conosciamo, e probabilmente altri che non conosciamo.

Nei sistemi complessi, questo tipo di fenomeni si chiamano feedback positivi e si verificano quando le conseguenze di un processo aumentano le cause del processo stesso. In natura sono rari e hanno spesso esiti dirompenti: gli incendi, le esplosioni, gli orgasmi e le contrazioni durante il parto. Sono invece più diffusi i meccanismi opposti, quando l'esito di un processo tende a inibire le cause del processo stesso. Se bevete, vi passa la sete. Se mangiate un cibo acido, il vostro corpo ha dei meccanismi per contrastare questa acidità. Se tagliate un bosco, c'è un'alta probabilità che le piante ricrescano. E così via.

Il feedback negativo più conosciuto legato al cambiamento climatico riguarda la crescita delle piante: con più CO_2 le piante crescono più velocemente. Dati sulla produttività delle foreste da tutto il mondo e dati satellitari sull'intensità dell'attività fotosintetica mostrano che effettivamente le piante stanno crescendo di più, e quindi assorbono più CO_2 (quando non vengono tagliate).⁷

Anche a causa di questi feedback, non è facile capire quali possano essere gli effetti sul medio e lungo termine di un qualsiasi fenomeno. Parliamo proprio delle foreste: l'aumento di CO₂ può farle crescere più velocemente, eppure questa tendenza si contrappone ad altre, come l'aumento della deforestazione, soprattutto nei Paesi in via di sviluppo, l'aumento di incendi ed eventi estremi dovuti al cambiamento climatico, l'aumento della temperatura o dell'acidità della pioggia, che può avere effetti locali su alcune specie. Costruire un modello che possa aiutare a prevedere l'assorbimento della CO₂ da parte delle foreste nel decennio 2040-2050 diventa quindi molto complesso.

Il lato preoccupante dei feedback positivi sta nel fatto che una volta che si instaurano diventano potenzialmente inarrestabili. Il rilascio di immense quantità di metano dalla tundra artica può avviare un processo per cui l'effetto serra continuerebbe ad aumentare anche se noi riuscissimo a ridurre o ad azzerare le emissioni. Superato un certo punto, il cosiddetto punto critico (o *tipping point*), questi meccanismi diventerebbero autosussistenti. Alcune delle soglie che a livello internazionale ci siamo posti per non sfiorare l'aumento di temperatura media della Terra di 1,5 o 2 gradi sono in linea con la stima di alcuni punti critici di alcuni sistemi naturali.⁸

Nel mondo, i vari sistemi hanno punti critici differenti e ci possono essere feedback negativi sconosciuti che a un certo punto potrebbero opporsi. In questo sistema incerto, tutto quello che si può fare è provare a ridurre il più possibile le emissioni nei prossimi anni, trovare dei modi per assorbire grandi quantità di CO₂ e contemporaneamente adattarci a vivere in un contesto diverso.

Non tratterò la tematica di come ridurre le emissioni in un mondo così complesso: altri autori hanno provato ad affrontare questo argomento nei loro libri, che vi cito nelle note. Mi interessava inquadrare il cambiamento climatico nelle sue caratteristiche principali. Purtroppo, però, il cambiamento climatico non è l'unico problema ambientale.

Esaurimento delle risorse

L'acqua

Un altro tipo di problematica ambientale, di cui si parla molto, è quella del consumo delle risorse. Il depauperamento delle risorse o il loro esaurimento ha un ovvio impatto sia sugli esseri umani sia sugli altri organismi viventi: la loro carenza può generare un danno o addirittura provocarne la morte.

La principale risorsa che rischia di esaurirsi è l'acqua. L'acqua si trova in grandissime quantità nei nostri mari, eppure questa ha il problema di essere ricca di sali, e quindi non può essere utilizzata né per l'agricoltura né per il consumo diretto e neanche per molti processi industriali. Teoricamente, se avessimo a disposizione grandi quantità di energia, questo non sarebbe un problema: separare l'acqua dal sale è semplice, e conosciamo vari modi per farlo. Purtroppo non abbiamo a disposizione energia pulita in grandi quantità, almeno per ora. Per questo motivo quando parliamo di consumo di acqua ci riferiamo all'acqua dolce, quantitativamente molto più scarsa.

Tale risorsa deriva dal ciclo dell'acqua che tutti abbiamo imparato da bambini: grandi masse evaporano dai mari, dagli oceani e dalla vegetazione, e ritornano sulla terraferma tramite le varie precipitazioni. L'acqua può essere rallentata o immobilizzata per lunghi periodi se cade sotto forma di neve, se si ghiaccia o se penetra tra le rocce. La maggior parte dell'acqua che arriva sulla terraferma bagna direttamente il suolo o viene assorbita dalle piante, e da qui evapora nuovamente nell'atmosfera. Le piante, infatti, per sopravvivere e crescere evaporano grandi quantità d'acqua, a volte persino più del proprio peso in una sola giornata. Una fetta minoritaria delle precipitazioni viene progressivamente drenata verso i mari dai nostri fiumi e a volte si concentra in grosse conche, che chiamiamo laghi.

L'acqua è una risorsa essenziale per qualsiasi essere vivente. Il prosciugamento di un fiume o di un lago porta alla morte degli organismi

che vivono al loro interno. Le piante vivono e crescono utilizzando grandi quantità di acqua, che prelevano dal suolo ed evaporano tramite le foglie: c'è una sorprendente linearità tra la crescita delle piante e la frequenza di precipitazioni in una data zona. Questo è il motivo per cui le foreste equatoriali sono più produttive della savana, e la savana è più produttiva delle zone desertiche.

La mancanza di acqua è un grosso problema anche per la nostra specie, che ne fa tantissimi usi: per coltivare le piante – per l'alimentazione umana, per produrre mangimi o per far crescere la vegetazione nei pascoli per l'allevamento –, per altre produzioni non alimentari (per esempio il cotone per vestirsi), per l'uso civile, per processi industriali e per la produzione di energia elettrica. Si stima che in questo momento già più della metà della popolazione mondiale viva in regioni con un qualche livello di stress idrico.¹

Capire quanta acqua stiamo utilizzando, soprattutto per evitare che possa essere ridotta enormemente o persino esaurirsi, in un dato momento, è essenziale. Diventa quindi fondamentale misurare il consumo di acqua che le nostre attività comportano. Eppure non è facile, e anche dentro la comunità scientifica c'è un dibattito su come farlo nel migliore dei modi.

Uno dei metodi per misurare quanta acqua occorre per produrre una data quantità di un bene o di un servizio è quello della *water footprint* (impronta idrica) che cerca di tener conto di tutta l'acqua adoperata, e ha come responso un volume finale (come si fa per l'impronta carbonica).² Avrete probabilmente visto delle infografiche in cui a ogni prodotto è associato un certo quantitativo di acqua, con numeri spesso sorprendenti: decine di migliaia di litri per un singolo prodotto. Tali dati vengono da questo tipo di analisi.

A criticare questo approccio sono gli studi di LCA (che abbiamo già visto per la misurazione delle emissioni). Invece di conteggiare l'utilizzo dell'acqua in modo assoluto, essi cercano di stimare l'impatto della sottrazione di quell'acqua in un determinato luogo. Inoltre, spesso le ricerche di LCA sull'impatto idrico vengono effettuate insieme alle stime dell'impatto su altri parametri ambientali: emissioni, occupazione di suolo, inquinamento eutrofizzante eccetera.

Una delle principali differenze tra questi due approcci sta nel conteggio dell'acqua piovana. L'acqua che cade in un campo, viene assorbita dal suolo, dalle piante o evapora: va conteggiata come l'acqua prelevata da un fiume o da una falda?

Chi si occupa di questi temi tende a distinguere tra diversi tipi di acqua: blu, verde e grigia. L'acqua verde è l'acqua piovana assorbita dalle piante per la loro crescita e dal suolo, che poi evapora; essa inevitabilmente è proporzionale a quanto piove in un dato periodo e alla superficie di riferimento. L'acqua blu, invece, è l'acqua sottratta ai bacini idrici o alle falde acquifere per le attività umane. Solo una piccola frazione dell'acqua blu viene trattata e resa potabile per l'uso civile; la maggior parte viene utilizzata per l'agricoltura e l'allevamento. Infine c'è l'acqua grigia, cioè quella che viene inquinata da un qualche processo produttivo, che sia industriale o legato all'inquinamento da nutrienti.

Queste distinzioni, se ben capite, aiutano a non fare confusione. Per esempio, quando si dice che la nostra rete idrica perde tantissima acqua a causa delle mancate manutenzioni (in media il 36 per cento)³ ci si sta riferendo all'acqua potabile. Significa che della piccola porzione di acqua che preleviamo e trattiamo per l'uso umano diretto, il 36 per cento viene perso. È un problema ambientale enorme? Per lo più no, perché stiamo parlando di quantità d'acqua molto basse nel computo totale. Però è un danno economico: spreco di lavoro, energia e infrastrutture. Inoltre, nei periodi più siccitosi, in cui anche l'acqua potabile può fare la differenza nel prelievo complessivo, questa perdita diventa parte del problema.

Tali distinzioni sono utili per vari motivi. L'impronta sull'acqua blu è quella da monitorare con maggiore attenzione, dato che è sull'acqua dei bacini idrici che si basa la vita degli ecosistemi, ed è anche l'acqua utilizzata per le attività umane, per l'agricoltura e l'allevamento.

Le analisi di *water footprint* tengono conto dell'acqua verde, gli studi LCA invece tendono a escluderla. Dato che per quasi tutte le colture la quota di acqua verde è maggioritaria, ne consegue che il risultato sul consumo di acqua di questi due sistemi dia risultati diversissimi. Per esempio, un animale cresciuto al pascolo può avere impronte idriche da decine di migliaia di litri d'acqua per chilo di carne. Ma contemporaneamente avere un consumo d'acqua blu più basso di un animale della stessa specie tenuto

in una stalla lavata sistematicamente, e quindi avere un valore più basso in uno studio LCA sull'utilizzo dell'acqua.

In realtà il conteggio dell'acqua verde non scompare del tutto dagli studi LCA. Infatti, come vi dicevo, questi studi tendono a misurare altri tipi di impatto, come l'utilizzo di superficie. Dato che l'acqua verde è proporzionale alla superficie utilizzata per una coltura, preoccuparsi per l'utilizzo di acqua verde non è molto diverso dal preoccuparsi per il consumo di superficie.

C'è poi una seconda differenza sostanziale tra gli studi LCA e la misurazione della *water footprint*. Mille litri d'acqua sottratti da un corso d'acqua in Brasile sono equivalenti a quelli sottratti in Italia? L'acqua della provincia di Bolzano ha lo stesso valore unitario dell'acqua in Sicilia? Chiaramente no. Questo è uno dei motivi per cui l'utilizzo di numeri in valore assoluto per stimare il consumo di acqua è criticato da chi fa queste analisi.⁴

Ciò non accade per l'impronta carbonica: in quel caso la produzione della medesima quantità di CO₂ ha lo stesso peso in qualsiasi punto del mondo. Esistono però delle stime per equiparare il peso dell'utilizzo di diverse quantità di acqua confrontandolo con la scarsità di questa risorsa nella regione di riferimento. Ecco quindi che, per esempio, per produrre un chilo di carne di manzo in Italia serve circa la stessa quantità di acqua che in Olanda, ma se normalizziamo per l'indice di scarsità il peso di quell'acqua è quasi venti volte più alto in Italia che in Olanda.⁵

Gli studi LCA tendono a tener conto dell'indice di scarsità quando vanno a misurare la sottrazione di acqua blu. Ulteriore motivo per cui spesso hanno risultati molto diversi dalla semplice impronta idrica. Proprio perché l'accoppiata dell'acqua blu pesata per indice di scarsità e dell'occupazione del suolo fornisce più informazioni, userò questi dati quando ci sarà da analizzare il consumo di risorse necessarie per alcuni alimenti. È lo stesso motivo per cui può risultare ridondante fare puntualizzazioni a proposito dell'acqua grigia e il potenziale di eutrofizzazione o altri inquinanti: sono dati che raccontano la stessa storia.

Questo però non significa che le analisi di *water footprint* non siano importanti. L'impatto dell'acqua verde va monitorato per un problema che la

contraddistingue: varia molto a seconda delle precipitazioni. Mi lascia sempre sgomento pensare che la nostra specie, composta da più di otto miliardi di persone, dipenda dalla stocasticità delle piogge sui nostri campi. L'acqua assorbita dalle piante non può scendere sotto una certa quantità, altrimenti si rischia un crollo nella resa o persino la morte di tutta la coltura. Tale quantità varia da specie a specie e anche in base alle diverse varietà. Il mais, per esempio, ha bisogno di più acqua dell'orzo, eppure sono entrambe colture utilizzate per produrre mangimi.

Ogni anno l'umanità coltiva o lascia pascolare gli animali su più di un terzo della superficie delle terre emerse, senza sapere precisamente quanto pioverà nei mesi successivi; pensare che è da qui che si ricava la maggior parte del cibo che mangiamo mi dà un po' di angoscia. Appena si semina, si fa un atto di fede (spesso ben supportata dai dati delle annate precedenti) sulla quantità di acqua che servirà: si dà per scontato che una soglia minima di acqua verde e acqua blu sarà disponibile. Ecco che quando piove molto poco, per stagioni consecutive, non solo può venire a mancare l'acqua delle precipitazioni, ma anche quella nei fiumi. Ed è proprio in questo periodo che una quota teorica dell'acqua verde deve essere coperta dall'acqua blu: infatti, durante i periodi di siccità si tende a utilizzare più acqua blu per irrigare i campi.

Avere delle colture che necessitano di molta acqua verde può essere problematico a livello gestionale se si vive in un territorio in cui le precipitazioni medie stanno calando oppure se c'è una forte variabilità. Il cambiamento climatico è il principale fattore che potrà cambiare il regime delle precipitazioni, sia nella quantità media annuale sia nella variabilità. Con un clima più caldo sono più probabili anni con ampie precipitazioni e anni di estrema siccità: preoccuparsi delle emissioni di gas serra significa preoccuparsi anche della scarsità d'acqua.

D'altro canto, analizzare quali processi umani consumano più acqua in un territorio in cui c'è una forte scarsità, o si prevede che ci sarà, permette di avere un margine più ampio su cui agire. Attualmente, nel nostro Paese, l'acqua viene usata principalmente per l'agricoltura e l'allevamento. Ridurre e migliorare l'utilizzo dell'acqua in questo settore è sicuramente l'aspetto prioritario. Limitare il consumo d'acqua è quindi un aspetto che ha a che fare con la gestione territoriale, in base alle precipitazioni medie, al

tipo di terreno, al tipo di colture che si tende a coltivare nella zona e alle fluttuazioni stagionali tipiche.

Quattro miliardi di ettari

C'è un'altra risorsa, che ho citato poco fa, che stiamo dilapidando a ritmi impressionanti: la superficie. In italiano, *land use* viene tradotto con utilizzo di suolo, eppure questo termine può causare dei fraintendimenti semantici. Infatti, con le espressioni “consumo di suolo” o “utilizzo di suolo”, nella nostra lingua sovente si intende l'atto di cementificare, scavare o coprire del terreno. Da questo computo, però, rimangono fuori l'agricoltura e l'allevamento, che sono i due sistemi principali con cui occupiamo terreno in tutto il mondo. In ogni caso in italiano esistono dei corrispettivi di *land use*: in urbanistica si parla di “destinazione dell'uso di suolo”; io preferisco “consumo di superficie” o “occupazione del suolo”, che rende meglio l'idea.

La nostra specie è pazzesca: tolta la superficie inabitabile o difficilmente abitabile (ghiacciai, deserti eccetera) occupa circa metà di tutto il resto. Alcuni di questi spazi sono utilizzati da centinaia o migliaia di anni (la nostra penisola ne è un esempio perfetto); altri territori sono stati occupati soprattutto nell'ultimo secolo a causa dell'espansione demografica. Non ce ne rendiamo conto, ma l'habitat tipico della Pianura Padana sarebbe la cosiddetta foresta planiziale, un bosco dominato soprattutto dalla farnia, un tipo di quercia. Se l'attraversiamo in autostrada o la guardiamo da un aereo ci rendiamo conto che ora, invece, è interamente composta da campi coltivati (mais, soia, orzo, frumento, colza, girasoli e poco altro). Abbiamo già completamente deforestato le nostre pianure.

La maggior parte di questa superficie serve a produrre mangimi per gli animali che alleviamo. In altre aree del mondo, soprattutto in Australia, Sud America e Africa, l'occupazione del suolo è destinata principalmente a pascoli. Questa terra viene sottratta alle foreste o ad altri ambienti naturali. In certe culture, come la nostra, si dà per scontato che la terra si debba necessariamente usare: i campi incolti o i processi spontanei di rinaturalizzazione di alcuni boschi vengono giudicati in modo negativo. Eppure, da un punto di vista ambientale tale processo è spesso positivo: permette ad alcuni organismi di espandere il proprio territorio e comporta

un assorbimento di CO₂. Su questo fronte c'è una buona notizia che riguarda il nostro Paese, ma in realtà quasi tutta l'Eurasia: i boschi si stanno espandendo.⁶

In larga parte ciò è dovuto all'abbandono delle montagne e delle campagne, dove l'agricoltura e l'allevamento sono economicamente meno vantaggiosi, oltre al fatto che sempre più persone si spostano verso le città per motivi socioeconomici. Purtroppo a livello globale le cose non vanno altrettanto bene. Soprattutto nei Paesi con più biodiversità, e dove le foreste hanno immagazzinato più carbonio, si deforesta a ritmi insostenibili. Complessivamente parliamo di circa quattro milioni di ettari all'anno,⁷ quando la nostra specie ne ha già deforestato circa due miliardi di ettari. Brasile e Indonesia, i Paesi con maggiore estensione di foreste equatoriali, sono in cima alla classifica. Se alle foreste aggiungiamo le praterie e gli arbusteti, dove l'impatto è ancora maggiore, si stima che ne abbiamo già occupato tra i quattro e i cinque miliardi di ettari.

La trasformazione di vari habitat naturali in campi coltivati o pascoli è il principale fattore di distruzione della biodiversità sulla terraferma. Per questo motivo misurare la quantità di suolo utilizzata per produrre un certo alimento (o tessuto) è un ottimo modo per valutarne l'impatto ambientale sulla biodiversità in generale. Insieme alla produzione di emissioni, il dato sull'occupazione di suolo non dovrebbe mai mancare, e fortunatamente in molti studi di LCA se ne tiene sempre più conto, insieme ad altri parametri legati all'inquinamento.

L'occupazione del suolo è un problema che ha una forte componente locale: l'impatto varia da zona a zona e, come abbiamo visto, si osservano tendenze diverse tra i continenti. Anche questa risorsa è legata al tipico *trade-off* di scala, quel conflitto tra globale e locale che abbiamo già visto. Un esempio perfetto riguarda l'utilizzo di pannelli fotovoltaici su appezzamenti di terra per ricavare energia elettrica: il solare ha una densità energetica molto scarsa e quindi necessita di grandi quantità di superficie, che viene sottratta ad altre attività umane o ad ambienti naturali. Eppure aumentare il numero e la grandezza dei pannelli solari nei prossimi anni sarà quasi inevitabile per ridurre le emissioni di gas serra.

L'energia è un'altra risorsa molto preziosa in questo periodo storico. L'utilizzo di energia, di per sé, non provoca conseguenze a livello ambientale: non è come per l'acqua o il suolo, che se sottratti possono causare ripercussioni dirette su altri organismi viventi o sulle nostre società. L'attuale problema di questa risorsa è che produrla genera impatti ambientali, il più evidente dei quali è l'emissione di anidride carbonica causata dalle fonti fossili: carbone, petrolio e gas. Ridurre il consumo di energia e far in modo che provenga da fonti non fossili è prioritario per la nostra specie: d'altronde tre quarti delle attuali emissioni di gas climalteranti sono dovute, in ultima istanza, alla produzione di energia.

D'altro canto, in alcune valutazioni dell'impatto ambientale di certi prodotti si trova sia il dato del consumo energetico sia quello relativo alle emissioni. Questi due dati possono essere molto diversi: il motivo è che, soprattutto per alcuni alimenti (come la carne bovina o il riso), una quota rilevante delle emissioni è legata alla produzione di metano, o alla deforestazione associata all'espansione di queste colture. Inutile dire che per valutare l'impatto ambientale il dato sulle emissioni è molto più importante di quello relativo al consumo energetico, che invece può essere più utile per valutazioni economiche.

C'è un'altra risorsa che stiamo dilapidando molto velocemente in quasi tutto il mondo e che vedremo approfonditamente nel prossimo capitolo: la biodiversità.

Perdita della biodiversità

Che cos'è?

Tra le problematiche ambientali più gravi, quella che in proporzione suscita minore attenzione da parte dei media è sicuramente la perdita di biodiversità. All'opposto, in un'ipotetica classifica, si piazzerebbe probabilmente l'inquinamento.

Il cambiamento climatico è sicuramente la minaccia principale, e per le sue caratteristiche è una delle più difficili da combattere, come abbiamo visto. D'altro canto se ne parla molto: i movimenti studenteschi come i Fridays for Future hanno portato questo tema nel dibattito pubblico di molti Paesi; i leader dei Paesi occidentali lo citano apertamente come problema da affrontare; filantropi miliardari scrivono libri per inquadrare il fenomeno e immaginare possibili soluzioni; uno degli uomini più ricchi del mondo ha fatto la sua fortuna lanciandosi nel mercato delle auto elettriche con la promessa di contribuire a ridurre le emissioni di gas serra; governi e istituzioni sovranazionali incentivano economicamente la riduzione delle emissioni. Riuscire a opporsi ai cambiamenti climatici sarà difficilissimo, ma si osserva l'unità di intenti nell'opinione pubblica, quantomeno in vetrina.

Sul discorso della perdita di biodiversità, invece, siamo ancora indietro. Ecco perché questo capitolo sarà nettamente più consistente degli altri: il mio obiettivo è quello di contribuire a bilanciare questa sproporzione, facendo conoscere uno dei problemi più grandi che l'umanità si trova a fronteggiare.

Alcune guide naturalistiche propongono un'attività che consiste nel delimitare con una corda o un nastro un metro quadrato di prato, e nel contare quante specie di piante e di animali si riescono a vedere al suo

interno. È un gioco spesso proposto ai bambini, ma che dovrebbero provare anche gli adulti.

Se si fa attenzione, si nota subito che quello che sembrava un prato uniforme è in realtà un coacervo di decine di specie di piante erbacee, ognuna con le sue caratteristiche. Allo stesso tempo ci si accorge inevitabilmente di qualche insetto: alcune cavallette, un coleottero, qualche formica. Gli osservatori più attenti constatano che le formiche non sono tutte uguali: ce ne sono di dimensioni e colori diversi. È un'esperienza molto semplice da fare, ma allo stesso tempo illuminante.

I naturalisti e i biologi fanno questo lavoro in modo sistematico, da centinaia di anni, in ogni habitat esistente. In tutto il mondo c'è molta più diversità biologica di quanto ci si possa immaginare: animali che sembrano simili sono invece differenti sotto molti punti di vista. Se poi si prova a osservare la natura a diversi ingrandimenti ci si accorge che questa varietà è presente a tutti i livelli. All'interno di uno Stato o di una regione geografica ci sono più ecosistemi, habitat o comunità di organismi. Più da vicino ci si rende conto che all'interno di una specie possono esserci delle sottospecie, con caratteri distintivi. Esistono anche differenze tra individui: esattamente come noi umani, anche tutti i coleotteri sono diversi l'uno dall'altro. Questo fatto è dovuto a un altro tipo di diversità biologica: quella presente nel DNA degli organismi viventi. Individui diversi hanno varianti geniche diverse (oltre ai cambiamenti epigenetici che si accumulano durante la vita).

A ben vedere, poi, se si inizia a esplorare in modo sistematico la natura, ci si accorge che anche gli animali e le piante non sono che una fetta degli organismi intorno a noi. Utilizzando un microscopio si può osservare di tutto: molti gruppi di animali che non sono visibili a occhio nudo, i lieviti (funghi unicellulari), alcuni tipi di alghe unicellulari, i vastissimi gruppi dei batteri e degli archaea.

Tutta questa diversità biologica non è altro che ciò che chiamiamo biodiversità. D'altronde la nascita di questo termine deriva proprio dalla fusione delle parole inglesi *biological diversity*. Attenzione a un fatto, però: quella che vi ho appena descritto è la biodiversità in senso lato; gli scienziati tendono a essere più rigorosi. La biodiversità è una cosa seria, che si può misurare o stimare, spesso con risultati numerici e formule complesse. Va

detto con chiarezza, perché purtroppo a volte se ne parla in modo confuso e superficiale.

L'unità di misura dipende dal livello che stiamo osservando. Se parliamo della biodiversità di una nazione, ecco che può essere interessante quantificare il numero di diversi habitat, il numero di specie o il numero di specie endemiche, cioè esclusive di una certa regione geografica. Qualora invece si voglia analizzare più approfonditamente, esistono formule per calcolare gli indici di biodiversità di un certo habitat.

Immaginate un bosco in una collina italiana e un bosco di pioppi per la produzione di carta: entrambi sono ambienti dominati da specie vegetali, in cui possono essere presenti anche animali o altri organismi; eppure al loro interno non c'è la stessa biodiversità. Possono esserci decine di specie vegetali, ma nel caso del bosco di pioppi ci sono poche specie marginali sovrastate dalla specie di interesse, mentre nel bosco collinare troviamo molta più diversità biologica. Esistono indici della biodiversità (come quello di Simpson o quello di Shannon), che permettono di rappresentare matematicamente tali differenze. Non vi mostrerò nessuna formula, ma ci tengo a puntualizzare il fatto che l'ecologia, come tante altre discipline, contiene molta più matematica di quanto si pensi.

I biologi hanno una forte predilezione per il concetto di specie: è il modo migliore per distinguere e categorizzare gli organismi viventi, nonostante in casi particolari la distinzione tra una specie e l'altra sia sfumata.

La definizione biologica di specie è la più adeguata quando si parla di biodiversità (in realtà ce ne sono altre che all'occorrenza possono essere utili): la specie è un gruppo di organismi che risultano interfertili tra loro. Il fatto che si possano riprodurre implica che ci sia un continuo rimescolamento di geni, e quindi che le caratteristiche all'interno del gruppo non siano troppo diverse tra una popolazione e l'altra. La biologia è la scienza delle eccezioni, e mentre scrivo queste parole mi vengono in mente vari esempi in cui ciò non vale, dalle orche ai cani, dai broccoli ai pioppi, ma prendetelo come un discorso di massima, vero nella maggior parte dei casi.

Per un attimo provate a pensare a una specie non solo come un gruppo di individui, ma anche come un insieme di configurazioni di varianti genetiche che determinano delle caratteristiche uniche. Grazie alla genetica di

popolazione, una branca centrale della biologia moderna, questo modo di pensare alle specie è entrato nella mentalità di molte persone. La specie *Caretta caretta*, una bellissima tartaruga che si trova anche nei nostri mari e depone le uova sulle nostre spiagge, è composta dall'insieme di tutti gli individui, e allo stesso tempo rappresenta la somma di tutte le varianti genetiche attualmente presenti, che sono confinate all'interno di questa specie. La specie, quindi, non rappresenta solo tutti i modi attuali di essere *Caretta caretta*, ma anche tantissimi modi potenziali: infatti, grazie alla riproduzione, nel futuro verranno sperimentati altri milioni di modi di essere *Caretta caretta*, uno per ogni individuo.

La specie è una sorta di contenitore di informazione che viaggia nel tempo, sperimentando diversi modi di sopravvivere, riprodursi e adattarsi a un certo ambiente. Con questa prospettiva, per i biologi e i naturalisti è importantissimo saper attribuire la specie a un organismo, conteggiare il numero di specie in un determinato territorio e proteggerle dall'estinzione.

Quanta biodiversità?

Ha senso, quindi, chiedersi quante specie ci siano al mondo. Prima di iniziare vi invito a provare a indovinare. Fatto? Partiamo da un presupposto: vi parlo solo degli eucarioti, e in particolare di animali e piante. Il motivo è duplice: la definizione, e di conseguenza la misurazione delle specie nei batteri e negli archaea, è particolarmente difficile; inoltre animali e piante sono stati molto più studiati, perciò le stime possono essere più attendibili.

Iniziamo dai numeri certi: sono stati attualmente classificati più di 2,1 milioni di eucarioti.¹ Di questi, solo animali e piante sommati arrivano a un conteggio di 1,9 milioni di specie. Le piante catalogate in questo momento arrivano intorno alle 450.000 specie, mentre gli animali sono 1,45 milioni. Si rimane sempre colpiti nello scoprire quanto gli insetti e i crostacei siano prevalenti: insieme, superano il milione di specie.

Ma queste sono solo quelle che conosciamo; ci sono intere aree del pianeta ancora poco studiate o in cui non ci sono persone abbastanza preparate per riconoscere le nuove specie. Probabilmente la maggior parte degli organismi ancora da descrivere si trova nelle foreste equatoriali. Esistono svariati studi scientifici che provano a stimare quante specie ci

siano nel nostro pianeta, e almeno su una cosa convergono: sono più quelle da scoprire di quelle che abbiamo già scoperto. Varie ricerche, utilizzando approcci diversi, ipotizzano che in totale ce ne siano tra i 5 e i 30 milioni. All'interno della comunità dei biologi, però, alcune di queste analisi raccolgono maggiore consenso: sono quelle che valutano il numero totale usando la velocità e l'andamento della scoperta delle specie (e di altri gruppi tassonomici). Secondo queste stime, il numero di specie totali è poco sotto i nove milioni,² di cui circa due milioni nei mari e il resto sulla terraferma. Inutile dire che la maggior parte delle specie da scoprire riguarda il gruppo degli insetti.

C'è un famoso intervento di Oscar Farinetti, che si può trovare anche su YouTube,³ in cui il fondatore di Eataly presenta in modo fantasioso la grande biodiversità italiana. In questo discorso sostiene che l'Italia sarebbe il Paese con più biodiversità al mondo per numero di specie, seguita dalla Cina. Il tutto viene raccontato con estrema fierezza: come se fosse un merito vivere in un Paese con un'ampia biodiversità. In realtà le cose non stanno proprio così: probabilmente in una classifica delle nazioni con più biodiversità al mondo l'Italia si collocherebbe a metà, preceduta da decine e decine di altri Paesi. Il motivo non ha nulla a che vedere con meriti politici o di altro tipo: è semplice geografia. La biodiversità sulla Terra non è spalmata in modo omogeneo, ma è influenzata da alcuni fattori: la piovosità e la luce del sole sulla terraferma, l'ossigeno e i nutrienti negli oceani.

Se osserviamo il nostro pianeta, c'è una fascia in cui piove moltissimo e in cui l'irraggiamento solare è particolarmente forte, ovvero intorno all'equatore. Qui la produttività delle piante è spinta al massimo, e di conseguenza lo è tutta la rete alimentare. I Paesi con più biodiversità al mondo sono quindi quelli che si trovano all'altezza dell'equatore, come il Brasile, l'Indonesia, la Colombia, andando a sfumare verso nord e verso sud, con una grande eccezione per i deserti, come il Sahara. Questo è un concetto importante: la maggior parte delle specie del nostro pianeta è localizzata tra i tropici.

D'altronde è fondamentale capire anche quanta e quale biodiversità sia presente nel nostro Paese: sia perché è quello che politicamente dobbiamo gestire direttamente, sia perché riguarda gli organismi con cui interagiamo. Per essere un Paese europeo, l'Italia ha moltissima biodiversità;

tecnicamente sarebbe al secondo posto dopo la Spagna,⁴ la quale ha due vantaggi: ha una superficie maggiore e possiede le Canarie, un piccolo arcipelago geograficamente africano e crocevia con le Americhe da centinaia di anni.

A questo punto non dovrebbe sembrarci strano, dato che il motivo principale è che siamo uno dei Paesi europei più a sud. Ci sono altri fattori a contribuire: l'Italia è un cuneo nel Mediterraneo e quindi una rotta per svariati animali migratori; sono presenti ambienti molto diversi, come grandi catene montuose e pianure; la sua forma oblunga in latitudine permette di avere più climi, in cui possono insediarsi differenti habitat; infine possediamo due grandi isole, in cui popolazioni diverse hanno potuto speciare (il processo per cui da una specie se ne formano due o raramente più).

Quante specie ci sono in Italia? 56.000 specie di animali e poco meno di 7000 di piante.⁵ Di queste, rispettivamente 4000 e 1000 sono specie endemiche. L'ho anticipato poco fa: una specie endemica è una specie esclusiva di un territorio. Ci sono specie endemiche italiane, ma anche specie endemiche di una regione, come nel caso di Sardegna e Sicilia, oppure specie endemiche di alcuni bacini idrici. Verso queste forme di vita dovremmo avere una responsabilità ancora maggiore: la loro permanenza o la loro estinzione dipende principalmente dagli abitanti del territorio.

Tutta la vita che stiamo perdendo

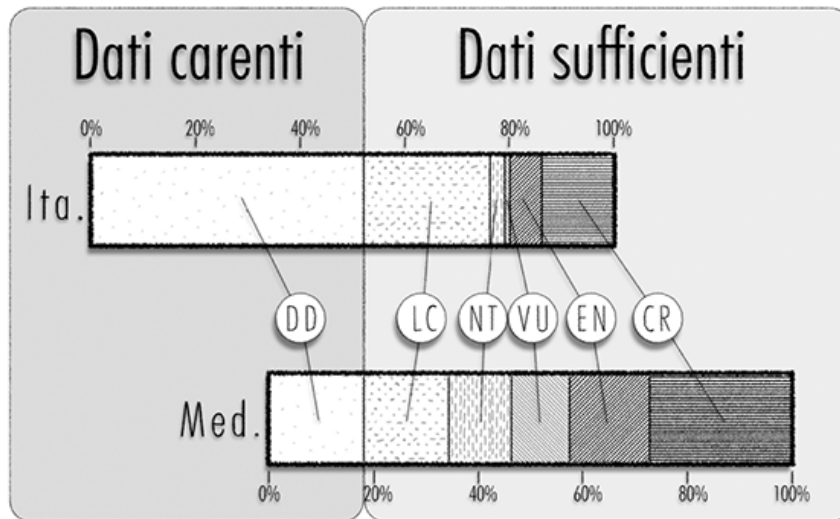
Purtroppo questa biodiversità la stiamo perdendo a ritmi spaventosi. La IUCN,⁶ l'Unione mondiale per la conservazione della natura, da decenni monitora la situazione, grazie al contributo di decine di migliaia di ricercatori in tutto il mondo. Non è facile capire quando una specie sta bene né quando è in uno stato negativo di conservazione, eppure, tramite le ricerche degli ultimi decenni, abbiamo individuato vari fattori che possono aiutarci: la grandezza dell'areale; il numero di individui; il declino, la crescita o la stabilità di una popolazione; e infine se ci sono studi chiave che mostrano che una qualche minaccia imminente possa mettere a rischio la specie nei prossimi decenni.

Le specie vengono quindi classificate, secondo questi parametri, in diverse categorie: non valutata, carente di dati, a minor preoccupazione, quasi minacciata, vulnerabile, a rischio di estinzione, criticamente a rischio di estinzione, estinta in natura ed estinta. È importante rimarcare come la maggior parte delle specie sul nostro pianeta ricada nelle prime due categorie: non valutate e carenti di dati. Banalmente perché non conosciamo ancora la maggior parte delle specie, e anche su quelle che conosciamo non sempre abbiamo i fondi e la possibilità di fare degli studi scientifici.

Tuttavia, lasciate che faccia un'amara considerazione: è del tutto verosimile che le specie che ricadono in queste categorie siano messe mediamente peggio di quelle valutate. L'Italia, essendo uno degli Stati più ricchi al mondo e avendo relativamente meno biodiversità di altri Paesi più a sud, ha interi gruppi di animali che sono ben classificati. Per quasi tutti i gruppi di vertebrati ci sono abbastanza dati per fare una valutazione puntuale; ciò non vale per i pesci cartilaginei, il gruppo a cui appartengono chimere, razze e squali. Questo è probabilmente il gruppo più minacciato nel nostro territorio (insieme ai pesci d'acqua dolce).⁷

La sproporzione è evidente: pensate che solo il 4 per cento delle specie di uccelli non ha abbastanza dati per una valutazione; nei mammiferi si attesta al 15 per cento mentre nei pesci cartilaginei al 52 per cento. In quest'ultimo gruppo, metà delle specie valutate sono classificate a minor preoccupazione, mentre metà sono minacciate o rischiano di esserlo in qualche modo. Quindi, attualmente sappiamo che solo un quarto delle specie di condroitti sta bene.

Se però si guardano i report che analizzano lo stato di queste specie in tutto il mar Mediterraneo,⁸ si osserva che ci sono più dati. Infatti, solo il 18 per cento delle specie non ha abbastanza dati per una valutazione. Ma qui la situazione è ben peggiore: solamente il 16 per cento è a minor preoccupazione. Dato che però i pesci dei mari italiani non sono che un sottogruppo dei pesci nel Mediterraneo, questo significa che, con una grande probabilità, le specie italiane valutate con dati insufficienti, se confrontate con dati più ampi, stanno in media molto peggio delle specie con dati sufficienti. Tutto questo non dovrebbe essere strano: è più facile avere abbastanza dati di una specie più numerosa e con un areale più vasto che di una meno numerosa e con un areale più limitato.



Nella prima barra in alto si possono vedere le specie di pesci cartilaginei in Italia classificati secondo le categorie della IUCN. Nella seconda barra si può vedere lo stesso gruppo nel Mediterraneo. Dal confronto emerge chiaramente che le specie carenti di dati italiane hanno ottenuto valutazioni peggiori quando sono state analizzate con più dati a livello del Mediterraneo. DD: carente di dati; LC: a minor preoccupazione; NT: quasi minacciata; VU: vulnerabile; EN: a rischio di estinzione; CR: criticamente a rischio di estinzione.

A livello globale la situazione è particolarmente tragica: secondo il report della IPBES, il lavoro più vasto che va ad analizzare lo stato della biodiversità in tutto il mondo, abbiamo già perso molto. Per quanto riguarda i vertebrati, il gruppo che conosciamo meglio, esistono due modi per osservare chiaramente il danno. Il primo riguarda la defaunazione, il processo per cui scompare fisicamente una grande quantità di animali. Nel mondo la massa dei mammiferi (il gruppo di vertebrati di cui abbiamo dati migliori) si è ridotta dell'82 per cento.⁹ Stime attendibili per gli invertebrati non ce ne sono, ma si riscontrano numeri simili per gli insetti in Europa e Nord America.

L'altro indicatore consiste nell'osservare quante specie, per ogni gruppo, sono a rischio di estinzione: globalmente circa un quarto delle specie rischiano l'estinzione nei prossimi decenni. Se gli scenari peggiori dovessero confermarsi, e i processi di defaunazione ed estinzione continuare ai ritmi dell'ultimo secolo, il fenomeno che stiamo osservando non sarebbe

quantitativamente dissimile dalle grandi estinzioni di massa avvenute nel passato.

A livello globale il gruppo di vertebrati più a rischio sono gli anfibi, con oltre il 40 per cento delle specie minacciate in qualche misura. In media le piante se la passano persino peggio degli animali: nel report, tra i primi quattro posti dei gruppi più a rischio troviamo cicadi, piante dicotiledoni e conifere.

Anche in questo caso è importante distinguere le differenze tra locale e globale, e in quanto abitanti dell'Italia, dell'Europa e del bacino del Mediterraneo possiamo notare che qui esistono tendenze diverse dal resto del mondo. Nel nostro territorio la defaunazione dei vertebrati è un fenomeno che ha riguardato soprattutto il Novecento, ma negli ultimi decenni si è interrotto e in larga parte si sta invertendo.¹⁰ Soprattutto per i grandi mammiferi selvatici, la massa complessiva sta aumentando. Cinghiali, camosci, cervi, caprioli, lupi, hanno tutti popolazioni in crescita. Rispetto ad altre zone della Terra, gli anfibi da noi sono messi un po' meglio, grazie anche all'attenzione che si è diffusa per la salvaguardia delle aree umide e a una minor diffusione di un fungo parassita che sta facendo stragi in tutto il mondo.

Eppure, abbiamo anche delle particolarità negative: gli abitanti dei nostri fiumi e laghi (soprattutto pesci e crostacei), i pesci cartilaginei e i cetacei nel Mediterraneo sono profondamente a rischio. Ci sono quindi delle differenze a livello geografico tra i vari gruppi: questo è dovuto alle diverse intensità delle cause di perdita di biodiversità, che vedremo fra poco.

Nel caso del cambiamento climatico, abbiamo visto che in ultima istanza l'origine è sempre la stessa: le emissioni di gas serra dovute alle attività umane. Per quanto riguarda la perdita di biodiversità, invece, i motivi sono molteplici, ma forse per questo probabilmente è più semplice affrontarli uno per uno.

Schematizzare le cause di un fatto complesso, con mutue interazioni, non è semplice, ma è necessario per capire veramente il fenomeno e per poter intervenire. Il biologo Jared Diamond nel 1984 cristallizzò i motivi principali di riduzione di biodiversità nel cosiddetto *evil quartet* (il quartetto diabolico). Tale quartetto era composto da: perdita e degradazione degli

habitat, invasione di specie non autoctone, sovrasfruttamento (eccessiva caccia, pesca e raccolta) e catene di estinzioni.

A questo gruppo diabolico negli ultimi anni si è aggiunto un quinto fattore, riconosciuto dalla comunità scientifica: il cambiamento climatico. Non vi tedierò troppo con i vari dibattiti degli scienziati in merito all'opportunità di ampliare ulteriormente questo quintetto; preferisco utilizzare il tempo che mi state dedicando per approfondire le cause ben consolidate. Vi segnalo solo che ci sono molteplici proposte di ampliamento che però raccolgono varie criticità, oltre al fatto che in diversi libri queste concause si possono presentare con altre classificazioni, anche se parliamo sempre degli stessi fenomeni.

Perdita degli habitat

I biologi evoluzionisti definiscono alcuni organismi “trasformatori di nicchia”. Si tratta di animali, piante o altri esseri viventi che riescono a cambiare il mondo intorno a loro, spesso rendendolo maggiormente abitabile per se stessi.

Un esempio emblematico è quello dei lombrichi: con la loro presenza cambia la composizione e la struttura del suolo. L'arrivo del lombrico in un territorio in cui non è mai stato può avere effetti drastici sull'ecosistema: le piante native possono trovarsi in difficoltà in un suolo diverso, e viceversa, piante già adattate a vivere sul terreno modificato dai lombrichi possono espandersi in nuovi territori. Vi sorprenderà sapere che in Nord America, durante l'ultima grande glaciazione, qualsiasi animale simile ai nostri lombrichi era stato ucciso dal freddo e per questo da quasi ventimila anni il territorio nordamericano si era adattato a questo fatto.¹¹

All'arrivo del lombrico europeo le cose sono cambiate e interi habitat si sono modificati a causa di questi animali. Nel nuovo terreno, alcune piante native hanno sofferto il cambiamento mentre le specie europee invasive ne hanno avuto un profondo giovamento. Infatti, in sinergia con i lombrichi, stanno conquistando vari territori.

Ci sono altre specie costruttrici di nicchia, per esempio i castori, in grado di cambiare i corsi d'acqua e la vegetazione, o le termiti, che possono

determinare la composizione delle piante nella savana. Ma un animale spicca per questa abilità: l'uomo.

Homo sapiens è una specie di origine africana che negli ultimi settantamila anni ha avuto prima una grande espansione geografica, tanto da arrivare in qualsiasi posto del mondo, e poi una vera e propria esplosione demografica. Esistono studi scientifici che mostrano che ben prima dello sviluppo dell'agricoltura e dell'allevamento la nostra specie era in grado di modificare gli ecosistemi: in concomitanza con l'arrivo di *Homo sapiens*¹² si è verificata nei diversi continenti l'estinzione della megafauna (cioè di animali di grandi dimensioni), e di conseguenza è cambiata anche la vegetazione.

Ma l'umanità ha avuto anche un ruolo diretto nel cambiamento dell'ambiente in cui si è trovato a vivere: l'utilizzo degli incendi per cacciare gli animali, che scappano dal fumo e dal fuoco, è una tecnica ben documentata in popolazioni di cacciatori/raccoglitori odierni e verosimilmente lo era anche decine di migliaia di anni fa. Inoltre, in alcune foreste la scelta preferenziale di alcuni tipi di vegetali ha probabilmente contribuito a modificare la composizione di alcuni habitat.¹³

Tutto questo, però, passa in secondo piano se messo a confronto con quello che la nostra specie è riuscita a fare dopo lo sviluppo dell'agricoltura. Intorno a diecimila anni fa questa scimmia con poca peluria stava imparando a concentrare in alcuni terreni i semi di una manciata di specie vegetali per aumentarne la produttività. Potrebbe sorprendervi scoprire che tale processo avvenne in modo parallelo in varie parti del mondo,¹⁴ come Medio Oriente, Cina, America centrale e meridionale.

Con lo sviluppo della cerealicoltura in Eurasia, successe qualcosa che cambiò per sempre la storia del nostro pianeta: i nostri antenati riuscirono a produrre una grandissima quantità di cibo per unità di spazio. Le conseguenze le conosciamo tutti: queste popolazioni (e quelle che impararono l'agricoltura da loro) iniziarono a espandersi praticamente in tutto il mondo, spesso sostituendo le popolazioni di cacciatori/raccoglitori presenti.

Ciò successe anche in Europa, quando circa ottomila anni fa i primi agricoltori arrivarono per mare dal Sud Italia, dal Sud della Spagna e da est, attraverso i Balcani.¹⁵ Nel giro di cinquecento anni si insediarono in tutta Europa, in alcuni casi schiavizzando e in altri integrando le popolazioni

locali. Se avete origini italiane sappiate che, in media, un terzo del vostro DNA appartiene ai cacciatori/raccoglitori e un terzo a questi primi agricoltori in espansione dall'Anatolia. L'ultimo terzo ha un'altra storia, che però non riguarda questo libro. Se avete origini sarde, il contributo dei primi agricoltori è maggioritario.

Il mutualismo con miglio, riso e farro (e poi frumento) fu la principale causa di questa espansione. Nello stesso periodo gli esseri umani iniziarono a addomesticare alcuni animali che attualmente sono alla base della loro dieta, e utili anche per altri compiti. In realtà la domesticazione degli animali non è un'esclusiva della rivoluzione neolitica: nel caso del cane è avvenuta ben prima, in un periodo incerto che va tra cinquantamila e sedicimila anni fa.

Diecimila anni dopo l'umanità coltiva o mette al pascolo i propri animali su circa metà della superficie in qualche modo utilizzabile. Entreremo più nello specifico nel capitolo sulla carne, ma a questo punto non vi sorprenderà scoprire che agricoltura e allevamento sono le principali forze trainanti nella distruzione degli habitat. In Europa, e soprattutto in Italia, questo fenomeno è già successo e purtroppo lo diamo per scontato. In altre parti del mondo, soprattutto Africa, Sud America, Sudest asiatico e Australia, sta avvenendo ora. Con un'ulteriore aggravante: spesso gli habitat che si prestano maggiormente a essere sostituiti da campi o pascoli sono luoghi con elevata biodiversità, come le grandi foreste o le praterie. Proprio per questo i due Stati con più biodiversità al mondo, Brasile e Indonesia, sono anche quelli in cui si procede più velocemente a deforestare.

La qualità degli habitat

Decenni di studi sulla perdita di biodiversità nelle foreste e in altri habitat hanno permesso di comprendere che non conta solo la quantità di ecosistemi che vengono salvaguardati, ma anche la loro qualità.

Immaginate di dover preservare dal disboscamento una foresta brasiliana di 10.000 chilometri quadrati. I piani governativi prevedono che venga tagliato un terzo della vostra foresta. A parte un'accesa opposizione a questa proposta, cos'altro potete fare per minimizzare i danni di questo taglio? Assumendo che la biodiversità al suo interno sia abbastanza omogenea, la

ricerca vi dà delle indicazioni per ottimizzare la vostra azione: la foresta risultante è preferibile che abbia una forma tonda o comunque una superficie poco frastagliata; è meglio che sia collegata attraverso corridoi ecologici ad altre foreste adiacenti.¹⁶

I motivi per cui queste semplici indicazioni si mostrano particolarmente importanti sono molteplici. Innanzitutto aree grandi permettono di supportare più individui di una specie, e le probabilità di scomparsa di una popolazione sono fortemente legate al numero di individui. E poi per la riduzione dell’“effetto margine”: più è alto il rapporto tra i bordi e le aree interne di un habitat e più le caratteristiche della zona marginale (tendenzialmente diverse da quelle centrali) sono prevalenti in un habitat.

La degradazione e la banalizzazione degli ambienti naturali passa attraverso molte altre attività umane: l’inquinamento da plastica o da nutrienti, che può rovinare mari, fiumi e laghi; la piantumazione per motivi di silvicoltura di un’unica specie di alberi (per esempio abete rosso nelle nostre Alpi); la modifica e la “pulizia” dei fondali dei fiumi e degli argini; il continuo sfalcio di terreni marginali; il calpestio nelle spiagge e negli ambienti dunali e così via.

Proprio perché globalmente la distruzione degli habitat è la principale forza trainante per la perdita di biodiversità, alcuni dei padri della biologia della conservazione hanno identificato nella salvaguardia degli ecosistemi, soprattutto tramite l’istituzione di aree protette, la principale azione per rallentare e fermare questo processo. Uno di questi, Edward O. Wilson, in modo provocatorio ma ben argomentato, propone qualcosa di radicale: rendere metà della Terra area protetta. Non solo lo ha consigliato nel suo libro, ma ha fondato anche un’associazione, Half-Earth, che si pone questo obiettivo.¹⁷ Wilson è venuto a mancare a dicembre 2021 ma le sue idee e l’associazione sono ancora vive, tanto che sono entrate nel dibattito pubblico.

Il passo intermedio per raggiungere questo obiettivo consiste nell’istituire il 30 per cento di aree protette a livello globale entro il 2030. È una proposta avanzata in modo strutturato in un articolo scientifico nel 2019,¹⁸ e discussa durante la COP15, il quindicesimo incontro della Convenzione sulla diversità biologica.¹⁹ Questo progetto insieme ad altri venti è stato inserito nella

Dichiarazione di Kunming – firmata già da 100 nazioni, tra cui tutte quelle del G7 – e inoltre è stato ratificato alla fine del 2022 a Montréal.²⁰

Si tratta di un obiettivo molto ambizioso che va messo in relazione al fatto che abbiamo solo sette anni per passare dall'attuale 17 per cento²¹ al 30 per cento. In Europa siamo messi meglio: secondo i dati Eurostat, il 26 per cento del territorio dell'Unione fa parte della rete Natura 2000 o di un parco nazionale.²² L'Italia è attualmente al 21 per cento.

Sovrasfruttamento

Il mio iter universitario è stato leggermente diverso rispetto alla maggior parte dei miei coetanei: oltre alla laurea in Biologia prima e a quella in Biologia Evoluzionistica poi, ho frequentato la Scuola Galileiana di Studi Superiori di Padova. Lì, insieme a un gruppetto di studenti di altre facoltà (soprattutto di Matematica e Fisica), ho frequentato dei corsi aggiuntivi. Quelli di matematica li annovero tra le esperienze più formative della mia vita. Nel corso di calcolo differenziale, per esempio, ricordo che l'esame consisteva nel risolvere dei problemi che a prima vista sembrano banali, ma che non lo sono affatto.

Vi faccio un esempio concreto: immaginate di avere una vasca da bagno il cui tappo non sigilla completamente lo scarico dell'acqua, e anzi continua a perdere. Nonostante questo, volete riempire la vasca, e quindi aprite il rubinetto. C'è dell'acqua che entra e dell'acqua che esce: riuscite a stimare quanto tempo ci vorrà affinché la vasca si riempia? Potreste pensare che basti misurare quanta acqua entra e sottrarre quanta acqua esce, e se dividete il volume della vasca per quel valore dovrete ricavare il tempo necessario. Semplice algebra, no?

Purtroppo le cose sono più complesse: mentre l'acqua che entra nella vasca tramite il rubinetto è costante, non si può dire lo stesso per l'acqua che esce. Infatti, la quantità persa dal tappo difettoso dipende dalla pressione: se quest'ultima aumenta, viene spinta più acqua giù per lo scarico. Dato che la pressione aumenta all'aumentare della colonna d'acqua, più si riempie la vasca, più aumenta l'acqua persa in ogni istante. Servono delle formule un po' più complesse per risolvere questi problemi, le

cosiddette equazioni differenziali che l'umanità conosce da meno di quattrocento anni, grazie al contributo di Newton e Leibniz.

Quello della vasca che perde dal tappo è un sistema immaginario, qualcuno lo chiamerebbe “modello scientifico”, che permette di ragionare su una versione semplificata della realtà, che poi eventualmente si può estendere a sistemi più complessi. Senza entrare nelle formule matematiche, se riuscite a immaginarvi il caso della vasca vi renderete conto che in base al flusso dell'acqua che esce dal rubinetto si possono verificare tre scenari diversi.

Nel primo, il flusso del rubinetto è inferiore all'acqua che viene persa dal tappo, e la vasca non si riempirà. All'altro estremo, se la quantità d'acqua che entra è maggiore della quantità massima di acqua che esce nel momento in cui la pressione è al massimo, inevitabilmente la vasca si riempirà, fino a traboccare. La via di mezzo è quella più interessante: la vasca inizierà a riempirsi ma progressivamente l'acqua in uscita aumenterà, fino a diventare uguale all'acqua in entrata. A questo punto la vasca rimarrà piena per una frazione. Nel terzo scenario si può dire che il sistema è giunto all'equilibrio; dato che però è un equilibrio dovuto a processi in divenire (come i due flussi) viene spesso chiamato equilibrio dinamico.

Ho introdotto questo modello perché esistono sistemi simili, descritti da equazioni differenziali, praticamente per ogni cosa della nostra vita: una pentola che viene scaldata, la vostra stanza che viene raffreddata dal condizionatore, l'irrigazione di un campo di mais, il traffico in un'autostrada eccetera.

Immaginate tutte le alici del Mediterraneo. Ci sono vari modi in cui il numero complessivo di alici può cambiare: possono aumentare a ogni ciclo riproduttivo e in minima parte tramite eventuali migrazioni dall'Atlantico; possono diminuire per via della predazione degli altri animali, la morte per fame, le malattie e la pesca. Nel mondo naturale l'equilibrio non è ben determinato, come nel caso della vasca da bagno, ma è soggetto a grandi fluttuazioni. Eppure, in media, la popolazione starà intorno a un numero definito se le nascite controbilanciano tutte le cause di morte.

Gli ecologi sanno bene che ci sono dei motivi per cui le popolazioni tendono a stabilizzarsi; un esempio emblematico riguarda le malattie. La diffusione di un patogeno è fortemente dipendente dalla densità di popolazione: più la popolazione è ampia, più è probabile che un patogeno

possa superare le difese immunitarie di un individuo, attraverso processi evolutivi. Più una popolazione è densa, più aumentano le probabilità di diffusione dei patogeni. Non è un caso che spesso le epidemie colpiscano gruppi di animali che hanno avuto un'esplosione demografica.

Lo stesso vale per la predazione. All'inizio del Novecento i matematici Lotka e Volterra hanno proposto delle equazioni differenziali che descrivono il rapporto tra prede e predatori. Dalle loro equazioni emerge un fatto: la popolazione di predatori tende a crescere se la popolazione di prede aumenta. Allo stesso modo, se il numero di prede tende a diminuire, diminuirà anche quello dei predatori. Ragion per cui, difficilmente in natura la popolazione di predatori può crescere talmente tanto da mangiarsi tutti gli individui di un'altra specie: ben prima, la popolazione di predatori diminuirebbe, soprattutto morendo di stenti. Viceversa, la popolazione di prede non può esplodere in modo indefinito, perché i predatori inizierebbero a crescere, controbilanciando il fenomeno.

I sistemi naturali, però, tendono a essere un po' più complessi: da una parte perché difficilmente una specie ha un solo predatore o una sola preda, ma è presente una rete di interazioni; dall'altra parte ci sono alcune specie che possono superare, senza morire di inedia, il calo delle prede: gli esseri umani, i gatti, i cinghiali (anche i cinghiali sono predatori, come vedrete nell'undicesimo capitolo) e altri.

Homo sapiens caccia e pesca praticamente di tutto, per l'alimentazione, per vezzo e anche per sbaglio. E lo fa senza rispettare le equazioni di Lotka-Volterra. Se un pescatore per una settimana non prende nulla, può mangiarsi il suo piatto a base di patate o cereali e tornare a pescare la settimana successiva. Il cacciatore che preda due uccellini, effimeri per il suo sostentamento, può tornare a casa a mangiarsi un petto di pollo. La crescita della nostra specie non dipende in modo esclusivo dalla quantità di animali che cacciamo, che peschiamo o dalle piante che raccogliamo: l'agricoltura e l'allevamento hanno cambiato il nostro rapporto con i più basilari meccanismi ecologici.

Fortunatamente, siamo anche l'unica specie che è riuscita a descrivere e quantificare questi processi: non siamo solo una specie costruttrice di nicchia, siamo anche la prima a esserne consapevole. Possiamo quindi provare a fare in modo che questo profondo cambiamento ecologico che

stiamo imprimendo al mondo non sia troppo distruttivo per le altre specie; e possiamo farlo con la matematica e la statistica.

Come vi anticipavo, gli ecologi dedicano una parte importante del loro lavoro a cercare di capire le dimensioni delle popolazioni e il loro andamento. Questa attività è fondamentale, perché ci permette di quantificare, volta per volta, quanto la caccia o la pesca possano contribuire al calo demografico di una specie. Ormai è abbastanza chiaro che per molti gruppi di animali, soprattutto nei mari, la quantità che ne preleviamo è maggiore della quantità che nasce ogni anno. Il rischio è di avere un completo spopolamento di varie specie, fino all'estinzione.

Inutile dire che non è sempre così: in alcuni casi, la quantità di individui che si perdono ogni anno è abbondantemente controbilanciata dalle nuove nascite, e la popolazione rimane costante. Addirittura, nonostante la caccia o la pesca, ci sono popolazioni in forte crescita: l'esempio tipico è quello di caprioli, camosci, cervi e cinghiali nel nostro Paese (ma vale per quasi tutta Europa). Quindi pesca, caccia e raccolta fanno parte del quartetto diabolico quando sono in sovrappiù: infatti si parla di sovrasfruttamento (in inglese *overexploitation*). Specifico che qui ci stiamo concentrando su questioni ecologiche, non ci stiamo interrogando sull'aspetto etico: per alcune persone, caccia e pesca sono sempre sbagliate, a priori. Parlerò di questi temi nell'undicesimo capitolo.

Il problema del sovrasfruttamento riguarda soprattutto gli animali marini. Questo vale in special modo per il Mediterraneo: un mare chiuso, circondato da Paesi molto abitati. Si stima che il 50 per cento degli stock ittici nel nostro mare sia in uno stato di sovrappesca.²³ Oltre a essere un danno ecologico, è anche un problema economico e alimentare: in questo momento esistono persone che sfruttano una risorsa che inevitabilmente calerà nei prossimi decenni, se si continua così.

C'è un ulteriore paradosso in tutto questo: le specie più colpite dalla pesca sono animali che non si volevano pescare. Il fenomeno del *bycatch* avviene in vari modi: animali che finiscono nelle reti, che entrano in nasse o in altri tipi di trappole o che abboccano agli ami preparati per altri. Gli squali e le specie imparentate soffrono in modo particolare di questo fenomeno, a causa dei loro tassi riproduttivi. Molti pesci ossei hanno cicli riproduttivi veloci: nel giro di un anno, tantissimi animali crescono e sono potenzialmente in grado di riprodursi. Anche le specie più lente hanno un

asso nella manica: le femmine riescono a produrre quantità sconcertanti di uova. Per i pesci cartilaginei, spesso non è così. La crescita tende a essere molto più lenta, e possono volerci svariati anni prima di riprodursi. Inoltre, in queste specie le femmine producono poche uova di grandi dimensioni, o le tengono al proprio interno fino alla nascita.

Specie aliene

L'invasione di specie non native, chiamate anche alloctone o aliene, fa parte del “quintetto diabolico”, dato che è una delle principali ragioni di perdita di biodiversità. A ben vedere, in alcuni ambienti, come per esempio le isole, può essere la prima causa di estinzione per molti organismi. Lo scenario tipico è questo: un animale o una pianta arriva in un territorio, nel 10 per cento circa dei casi riesce ad attecchire e a non morire. La nuova popolazione rimane piccola, circostanziata per qualche mese o anno, dopodiché, in un decimo di questi casi, inizia a crescere a dismisura. Quindi solo in un centesimo dei casi avviene l'invasione.

I motivi di queste esplosioni sono molteplici: i nuovi arrivati spesso sono individui forti, perché hanno superato stress enormi dovuti agli spostamenti; la nuova specie spesso non ha patogeni in grado di tenere sotto controllo la popolazione ad alte densità; non ci sono predatori adattati a questa preda; infine, se si tratta di predatori, le prede non hanno gli strumenti per difendersi, dato che non si sono coevolute insieme.

L'esito di tali sviluppi demografici è spesso devastante. È difficile provare a fare una lista delle specie che hanno provocato più estinzioni, ma proviamoci. Escludendo gli esseri umani, in cima alla lista c'è *Euglandina rosea*. Vi aspettate un pesce enorme? Un uccello che preda i nidi? Un mammifero astuto che sbuca dalla vegetazione? No, si tratta di una lumaca. In italiano è chiamata infelicemente lumaca lupo, probabilmente perché si tratta di una specie carnivora. Potrebbe sorprendervi, ma in realtà esistono svariate specie di gasteropodi carnivori, spesso predatori di altri gasteropodi.

Nonostante provenga dal Sud degli Stati Uniti, *Euglandina rosea* è stata esportata in altre parti del mondo. La catastrofe è nata da un intento positivo di controllo biologico, la pratica per cui si cerca di utilizzare una specie per limitare l'esplosione di un'altra. *Euglandina rosea* è stata introdotta in

molte isole del Pacifico per tenere sotto controllo una lumaca gigante di origini africane: *Lissachatina fulica*. Però le cose sono andate storte e ha iniziato a predare indiscriminatamente anche tutte le altre lumache. L'esito è nefasto: si stima che abbia causato l'estinzione di più di 120 specie diverse.²⁴ Se volete mettere in prospettiva, si tratta di un quinto di tutte le estinzioni documentate nell'intero gruppo dei molluschi.

Fra qualche anno, però, quasi sicuramente *Euglandina rosea* verrà spodestata da *Batrachochytrium dendrobatidis*, un fungo patogeno degli anfibii che sta colpendo centinaia di specie e ne ha già fatte estinguere una novantina.²⁵ Anche se tale stima è contestata da altri ricercatori.²⁶ Tutti questi organismi appartengono alla lista delle 100 specie più invasive al mondo, che contiene animali, piante e funghi, i quali stanno portando distruzione ecologica nel mondo.

L'impatto delle specie aliene è tanto vistoso quanto più è piccolo e isolato l'ambiente interessato. Isole e bacini di acque interne sono gli ambienti più colpiti. Nel nostro territorio nazionale, il caso dei bacini d'acqua dolce è veramente emblematico.

Provate a rispondere a questa domanda. Secondo voi, quante specie di pesci ci sono nelle nostre acque interne: 50, 60 o più di 100? Dipende dai punti di vista; in un certo senso tutte e tre le risposte sono giuste. I pesci dei nostri fiumi e laghi sono teoricamente una cinquantina, a cui si aggiungono una decina di specie che possono risalire dal mare. Eppure, ormai si possono contare più di 100 specie. E quasi tutte sono arrivate recentemente: fino a qualche decennio fa non c'erano.

Complichiamo un po' il quadro: delle 50-60 specie native, quasi metà sono minacciate in qualche misura; si tratta di uno dei gruppi più a rischio nel nostro territorio. E uno dei pericoli maggiori per i nostri pesci sono proprio le altre specie arrivate da poco.

Alcune di queste, poi, sono particolarmente distruttive, come il pesce siluro, le trote iridee e il persico trota. E non ci sono solo pesci invasivi, ma anche crostacei, come il gambero rosso della Louisiana; mammiferi, come la nutria; o molluschi, come la cozza d'acqua dolce (*Dreissena polymorpha*).

C'è un'ulteriore aggravante che riguarda le nostre acque interne: alcune di queste specie sono state introdotte deliberatamente e in modo sistematico per decenni. I due esempi più eclatanti riguardano la trota iridea

Oncorhynchus mykiss e la trota fario atlantica *Salmo trutta*. La prima è americana, l'altra è europea, il cui areale d'origine, però, è al di là delle Alpi. Quando da bambino andavo a pescare nel fiume sotto casa, ne pescavo in grande quantità. Nella mia vita non ho mai pescato una trota marmorata, la specie endemica della mia zona. Come mai? Perché le due specie aliene venivano rilasciate sistematicamente per soddisfare noi pescatori. Ogni anno quintali di trote non native venivano immesse nel fiume Brenta (come in altri bacini): si trattava di pesci allevati appositamente per questo scopo. Nel giro di un giorno il fiume si ritrovava con centinaia di nuovi individui di grosse dimensioni, alcuni magari malati, ben al di sopra della quantità massima che un habitat del genere poteva sostenere. Tutto questo per decenni. Da quando l'ho scoperto, ho smesso di pescare nelle acque interne. Fortunatamente la maggior parte delle gestioni dei bacini sta prendendo coscienza di questo problema, e anche nel fiume vicino a casa mia ciò non avviene più (con il disappunto di alcuni pescatori, poco interessati all'ambiente).

L'invasione di specie aliene è quindi una delle principali cause della perdita di biodiversità. Bloccare l'arrivo di alcune specie o procedere alla loro rimozione è una delle istanze più importanti per salvaguardare migliaia di organismi, e ciò vale soprattutto per gli ambienti insulari. Tra tutte le cause di perdita di biodiversità, questa è spesso la più affrontabile: estirpare qualche individuo appena arrivato in un territorio è più facile rispetto all'evitare la sovrappesca degli stock ittici del Mediterraneo, o al vietare la deforestazione delle foreste equatoriali, o al rallentare il cambiamento climatico. In letteratura scientifica sono riportati centinaia di casi in cui l'eliminazione di una specie è riuscita, soprattutto nelle isole.²⁷ Il limite in questo caso è di tipo culturale: spesso tali piani sono avversati dalle popolazioni locali. Nel nostro Paese questo succede soprattutto per lo scontro tra diverse istanze etiche: la salvaguardia ambientale contrapposta agli appelli animalisti o antispecisti. Affronteremo questo argomento nell'undicesimo capitolo.

Catena di estinzioni

Le estinzioni causano altre estinzioni. Questo è dovuto al fatto che ogni specie vive in relazione con altre all'interno del proprio ecosistema. Per esempio, la raccolta sistematica di un'orchidea mette a rischio anche l'ape selvatica, che ne è l'impollinatore esclusivo. La scomparsa di una preda può portare alla scomparsa del suo predatore; viceversa, la scomparsa di un predatore può far esplodere la popolazione della preda, e pure questo può mandare in crisi interi ecosistemi.²⁸ Un esempio emblematico è quello del merluzzo atlantico, la cui sovrappesca ha quasi azzerato le popolazioni intorno all'Artico, con risultati devastanti sull'intero ecosistema.

La cascata di conseguenze ecosistemiche derivanti da un'estinzione riguarda in special modo i predatori, e tra questi i cosiddetti predatori apicali. I casi più documentati sono relativi agli squali: in certi casi, quando spariscono da una zona, le loro prede esplodono, con un impatto sull'intero ecosistema. I principali predatori apicali italiani sono il lupo, l'orso e l'aquila; mentre nei nostri mari sono i tonni, i pesci spada e gli squali di grandi dimensioni.

C'è però del paradossale nel parlare della catena di estinzioni come della causa di perdita di biodiversità: la "prima" estinzione, quella che avvia la cascata, è inevitabilmente provocata da uno o più degli altri membri del quintetto. Infatti, alla domanda "Come possiamo combattere le catene di estinzione?" la risposta è banale: basta evitare l'estinzione di una specie o la defaunazione. L'inserimento di questa concausa nel quartetto prima, e nel quintetto poi, ci serve soprattutto a renderci conto che non solo l'estinzione è grave di per sé, ma può implicare la perdita di altre specie o l'integrità di un ecosistema. Non è un caso che i biologi percepiscano l'estinzione di una specie come un sommo male.

La catena di estinzioni è quindi qualcosa su cui è difficile intervenire senza lavorare a monte. Questo perché tendenzialmente l'uomo non cerca di estinguere in modo deliberato altre specie, se non in qualche caso molto particolare, come il vaiolo, la poliomielite o la zanzara responsabile della malaria. Ma queste sono altre storie.

Cambiamento climatico

Quando abbiamo visto quali sono le conseguenze del cambiamento climatico abbiamo subito anticipato che non si trattava solo di un innalzamento della temperatura, ma anche del moltiplicarsi degli eventi atmosferici estremi, come grandi tempeste o alluvioni, dell'aumento della CO_2 , che porta a maggiore formazione di acido carbonico e quindi all'acidificazione dei mari e molto altro.

C'è poi un effetto poco conosciuto che riguarda l'aumento della temperatura, che può avere esiti devastanti. Generalmente i gas penetrano nell'acqua, in particolare l'ossigeno, che è fondamentale per tutti gli organismi viventi: i nostri polmoni hanno proprio la funzione di permettere la diffusione dell'ossigeno nell'acqua del nostro sangue. Nelle pozze d'acqua, l'ossigeno entra attraverso la superficie, e se ci sono onde o in generale l'acqua è mossa il processo è più veloce.

Per la maggior parte delle sostanze solide, la velocità dello scioglimento nell'acqua aumenta all'aumentare della temperatura (pensate al sale o allo zucchero), mentre per i gas è il contrario. Quando c'è più caldo, i gas non solo faticano a entrare nell'acqua, ma tendono anche a uscirne. Chiunque abbia un acquario sa bene quanto sia importante mantenere una temperatura bassa: la maggior parte dei pesci (anche le specie tropicali) tende a soffrire se si superano i 28-30 gradi, per questo motivo. A queste temperature i pesci spesso si mettono a boccheggiare in superficie, dove la concentrazione di ossigeno è leggermente più alta. La deossigenazione dovuta all'innalzamento termico dei mari è un pericolo per molti ambienti.

Se fate il bagno al mare o al lago avrete notato che spesso il primo metro d'acqua è molto più caldo di quelli sottostanti. Questo è dovuto al fatto che in estate il ricircolo d'acqua nella colonna è bloccato: la luce solare scalda l'acqua dall'alto e l'acqua calda tende a stare sopra l'acqua più fredda, perché è meno densa. Quindi lo strato d'acqua a contatto con la superficie risulta essere il più caldo: un ulteriore problema per la diffusione dell'ossigeno. Riscaldamento, deossigenazione e acidificazione sono tre fenomeni che insieme possono colpire gli organismi marini: soprattutto quelli che hanno un guscio e uno scheletro di carbonato di calcio, la cui formazione diventa progressivamente più difficile all'aumentare dell'acidità.

Un gruppo particolarmente sfortunato è quello dei coralli: vivono spesso vicino alla superficie dell'acqua e non si spostano, quindi subiscono

l'aumento della temperatura; inoltre, moltissime specie fabbricano strutture in carbonato di calcio e quindi soffrono l'acidificazione. La deossigenazione, invece, rischia di colpire soprattutto gli animali che vivono nelle profondità marine: qui l'ossigeno fa già molta fatica ad arrivare, se il flusso di questa molecola cala intere aree diventano inadatte per moltissime specie. Ci sono già degli studi che mostrano che la concentrazione di ossigeno nell'oceano sta diminuendo. Nel Nord del Pacifico è stata misurata una riduzione del 15 per cento nei primi 3000 metri d'acqua negli ultimi sessant'anni.²⁹

Il cambiamento climatico sta iniziando a danneggiare anche altri gruppi di animali e piante: è già documentato che l'aumento di temperature ha spostato gli areali di alcune specie più a nord o più in alto nelle montagne. Per alcune di queste specie (come la pernice artica o la lepre bianca nelle nostre Alpi) a un certo punto potrebbe diventare impossibile salire ancora, perché le cime finiscono.³⁰

L'aumento di temperatura, inoltre, rischia di creare dei disaccoppiamenti temporali tra diverse specie. Lo sfarfallamento di vari tipi di insetti è spesso determinato anche dalla temperatura, e in molti casi è documentato un anticipo di alcuni giorni o di alcune settimane. D'altro canto, la fioritura delle piante può essere determinata da altri fattori, come la luce. In alcuni casi questo anticipo crea uno iato temporale tra il momento della fioritura e lo sfarfallamento degli impollinatori, e ciò risulta problematico per entrambe le specie.

Un altro tipo di sfasamento risulta critico per alcuni uccelli migratori: l'innalzamento delle temperature ha portato a un'anticipazione delle migrazioni primaverili e a una posticipazione di quelle autunnali nel nostro emisfero. Anche in questo caso, non sempre le specie di cui si nutrono sono sincronizzate con il loro arrivo.

Un altro gruppo particolarmente a rischio è quello dei rettili.³¹ In queste specie il sesso non è determinato esclusivamente in modo genetico, come succede nei mammiferi, negli uccelli e in molti altri gruppi. In tartarughe, coccodrilli e tuatara (gruppo fantastico, a cui appartiene la sola specie *Sphenodon punctatus*), il sesso viene definito in base alla temperatura a cui le uova sono soggette durante la cova (che spesso avviene in buche o nella sabbia).³² In questi casi, l'innalzamento della temperatura può portare a una

sproporzione tra i sessi: nascono più femmine di tartarughe e coccodrilli e più maschi di tatuara.

Il cambiamento climatico come causa della perdita di biodiversità può essere affrontato in due modi (non mutualmente esclusivi): provando a mitigarne gli effetti oppure adattandosi a essi.

Ho già parlato delle cause e dei meccanismi attraverso cui l'emissione di gas climalteranti provoca un aumento dell'energia assorbita dal nostro pianeta ogni giorno. Cercare di ridurre queste cause, e quindi le emissioni, è un'ovvia soluzione per diminuire l'impatto di questa concausa nella perdita di biodiversità. Contemporaneamente si può provare a limitarne gli impatti. Per esempio favorendo corridoi ecologici con asse nord-sud, o persino valutando di spostare alcune specie in altri territori (anche se questo è molto criticato per le probabilità di introdurre specie aliene).

Nel caso degli organismi con il sesso definito dalla temperatura, sono già stati sviluppati degli incubatori che potrebbero essere utilizzati per riequilibrare il rapporto tra maschi e femmine. Questo potrebbe essere utile per rallentare il fenomeno, in modo che nella popolazione subentrino mutazioni che portino a un aumento della temperatura media che determina il cambio del sesso, e che quindi riequilibrino questa sproporzione.³³

È vero che si tratta di azioni marginali e palliative: purtroppo non possiamo illuderci di avere le risorse per aiutare tutte le specie minacciate, ma è pur sempre meglio di niente, mentre cerchiamo di “risolvere” il problema alla radice.

Dopo aver visto i componenti del quintetto diabolico, distinguendo tra cause e meccanismi per affrontarli meglio, è bene ricordare che le concause spesso agiscono in sinergia.

Il cambiamento climatico aiuta a perdere e degradare gli habitat, come le barriere coralline. L'invasione di specie avviene più facilmente quando un habitat è frammentato o degradato. L'*ailanthus*, una pianta cinese estremamente invasiva nel nostro territorio nazionale, si diffonde soprattutto a partire dai bordi delle strade. La migrazione di pesci invasivi dal Mar Rosso al Mediterraneo, attraverso il canale di Suez, che ormai conta centinaia di specie, è favorita anche dal fatto che il Mediterraneo si sta scaldando. E si potrebbero tracciare migliaia di altre connessioni.

Sfortunatamente, però, la nostra mente e le nostre società non sono computer quantistici che possono analizzare contemporaneamente tutte queste interazioni: abbiamo bisogno di distinguere per capire e di dividere per agire. Evitare la diffusione di specie aliene invasive, salvaguardare la maggior quantità di habitat possibili, ridurre le emissioni e il sovrasfruttamento di popolazioni di animali e piante sono pratiche che dobbiamo implementare separatamente.

Perché salvaguardare la biodiversità?

Fin qui abbiamo parlato delle cause principali che portano alla perdita della biodiversità, ma non ci siamo fatti una domanda basilare: perché dovrebbe importarcene?

Me lo sono sentito chiedere ad alcune conferenze in cui parlavo di biodiversità, e d'altronde c'è un motivo per cui viene posto questo quesito. Per l'esaurimento delle risorse e l'inquinamento non serve neppure parlare del perché ha senso preoccuparsi, dato che è lapalissiano. Per il cambiamento climatico è facile riportare esempi concreti: l'incremento delle ondate di calore, l'espansione delle aree desertiche, l'aumento dell'altezza del mare e delle alte maree eccetera.

Per quanto riguarda la perdita di biodiversità, invece, è un po' diverso, per almeno due motivi. Da una parte per capire come la biodiversità impatta sulle nostre vite bisogna approfondire svariati aspetti ecologici; dall'altra, molte delle persone che sono preoccupate per la perdita di habitat, popolazioni e specie, lo fanno perché pensano che ci sia un valore intrinseco negli esseri viventi (sia esso di tipo morale o estetico). Ma vediamoli uno per uno.

Partiamo dal punto che convince tutti quanti: la biodiversità serve. Se la perdiamo, rischiamo di dover rinunciare ad alcuni servizi ecosistemici che ci aiutano nella vita di tutti i giorni a tenere in piedi la nostra società. L'elenco potrebbe essere potenzialmente infinito. Partiamo dall'approvvigionamento di risorse: ecosistemi formati da molte specie sono più resistenti ai cambiamenti, possono ritornare a stati simili a quelli iniziali se sollecitati e sono più produttivi. Pesci, frutti di mare, legna, fibre vegetali ed erba da sfalcio sono solo alcuni esempi di beni che ricaviamo

direttamente dagli ambienti naturali. Un mare più povero nella composizione dei pesci, per esempio, può avere fluttuazioni più grandi nelle diverse specie di pescato e complessivamente una produzione minore, con ovvi problemi legati alla filiera e alla sicurezza alimentare in certe aree del mondo.

C'è una strana risorsa che va citata, anche se è diversa dalle altre, perché non si può quantificare allo stesso modo: si tratta dell'informazione. Pensate a tutti i farmaci che sono nati dalla scoperta di alcuni geni di un batterio, di un fungo o di una pianta; lì fuori ce ne sono sicuramente ancora, in quantità enormi. Nuovi geni possono inoltre aiutarci in altri ambiti, per esempio a creare nuovi enzimi da applicare nel settore industriale o scientifico. Una delle più grandi invenzioni della biologia moderna, che sta già portando a un'accelerazione nella ricerca, cioè il sistema CRISPR, è stata possibile grazie allo studio di uno dei meccanismi con cui i batteri si difendono dai virus che li attaccano (i cosiddetti batteriofagi).

Un'altra grande innovazione biologica avvenuta negli anni Ottanta, sfruttata dalla medicina moderna, cioè la PCR (reazione a catena della polimerasi), è stata possibile grazie ad alcuni enzimi presenti nei batteri delle pozze termali di Yellowstone. L'attuale scomparsa di centinaia di specie ogni anno potrebbe provocare perdite inestimabili per l'umanità.

Infine, lo studio degli altri organismi viventi ci permette ogni giorno di scoprire aspetti nuovi sulle leggi della natura, sulla storia evolutiva, sui legami di parentela: in alcuni casi si tratta di tasselli che ci permettono di dare delle risposte alle grandi domande che l'umanità si pone da millenni.

Un altro tipo di servizio ecosistemico riguarda la regolazione di fenomeni biogeochimici o biologici. Nelle foreste sono intrappolate enormi quantità di carbonio, che se venissero rilasciate potrebbero contribuire a esacerbare il cambiamento climatico. La vegetazione, inoltre, evapora grandi quantità d'acqua, regolando l'umidità, il ciclo dell'acqua e la temperatura. Varie forme di inquinamento, anche quello dell'aria, possono essere tamponate o ridotte dalla presenza di piante, mentre gli impollinatori selvatici sono fondamentali per la fecondazione di varie specie di frutta e verdura di cui ci nutriamo: in certi contesti, un loro calo sta già portando a un calo della produttività.

Tra i servizi ecosistemici si possono infine aggiungere anche quelli legati al valore estetico, artistico, culturale o scientifico. Io rimpiango di non essere ancora andato ai tropici a vedere alcuni dei luoghi con più biodiversità al mondo, eppure prima o poi ci andrò: gli abitanti di quei luoghi potranno “sfruttare” la loro ampia biodiversità come incentivo al turismo di persone come me.

La nostra è una specie curiosa, e molti individui tendono a visitare riserve e parchi naturali appositamente per osservare animali, piante e altri organismi. Alcuni animali, nello specifico quelli più “carismatici”, per esempio orsi, balene o panda possono fungere da attrazione e permettere così di convogliare fondi per la salvaguardia degli habitat in cui vivono. Dall’osservazione degli organismi viventi, inoltre, gli esseri umani hanno tratto storie e idee, su cui hanno fondato le proprie culture: perché pensare che questo processo sia finito?

D’altro canto, l’utilizzo di pochi animali amati dal pubblico come specie su cui convogliare l’attenzione e gli sforzi della popolazione ha anche dei lati negativi, per esempio togliendo fondi ad altre specie. Lo stesso valore estetico e simbolico che attribuiamo a questi animali si potrebbero rivelare “trappole” per la conservazione. Come sempre, ci troviamo in un *trade-off*: da una parte c’è il pericolo di non riuscire a raccogliere abbastanza interesse (e quindi fondi), dall’altra si rischia di concentrarsi in modo eccessivo su poche specie, a discapito delle altre o di interi ecosistemi.

Come avrete capito, alcuni dei servizi ecosistemici che ho citato sono quantificabili da un punto di vista economico, altri no. Prima della scoperta del sistema CRISPR, nessuno avrebbe potuto valutare l’impatto economico, e anche ora nessun economista potrebbe valutare l’impatto economico dello sviluppo della PCR e di tutte le tecnologie biomediche che ne sono derivate. Purtroppo questo rende difficile fare dei confronti di costo-opportunità, che però sono alla base di decisioni politiche e individuali. Inoltre, il tipo di servizio ecosistemico che vogliamo valorizzare, volta per volta, può spingere a fare scelte di conservazione diverse: per esempio, per mantenere una buona probabilità di non distruggere troppa informazione, bisogna evitare le estinzioni, ma per preservare la qualità dell’impollinazione bisogna anche fare in modo che le popolazioni delle specie di interesse rimangano particolarmente abbondanti.

Ci sono poi altre ragioni per decidere di salvaguardare la biodiversità, care a una parte minore della popolazione, anche se sono pronto a scommettere che quasi tutte le persone interessate le “sentono”. L’idea di fondo è che ci siano motivi morali o estetici per cui sia sbagliato o brutto di per sé perdere una specie o una certa quantità di specie a ritmi sostenuti.

Tutti gli esseri viventi, con le loro forme bellissime, non sono dissimili da milioni di piccoli quadri che potrebbero andare persi: per voi è tollerabile distruggere la *Gioconda* o la *Notte stellata* di Van Gogh? Come può essere tollerabile distruggere o permettere che venga cancellato il maestoso squalo balena?

Vorreste causare la morte di qualcuno? Rimarreste inermi davanti alla violenza su un bambino? Per molte persone la scomparsa di un’altra specie per mano della nostra viene vissuta come un atto di questo tipo. Sono persino in imbarazzo a scrivere queste righe, perché io la penso come queste persone, eppure so che l’estetica e la morale hanno una componente arbitraria e quindi non avrei nulla di oggettivo per giustificare queste sensazioni.

SECONDA PARTE

Le api sono in pericolo?

Una piccola ape

C'è una piccola ape nel nostro simbolo. Quando scompariranno le api, scomparirà l'umanità. Metterle nel simbolo vuol dire mettere al centro l'ambiente, la lotta al cambio climatico.

LUIGI DI MAIO

Il più giovane ministro degli Esteri nella storia del nostro Paese, Luigi Di Maio, pronuncia queste frasi durante la presentazione del suo nuovo partito all'inizio della campagna per le elezioni politiche del 2022. Sta spiegando una scelta grafica e simbolica: l'inserimento di un'ape nel logo. La politica è una cosa seria, quindi mi soffermo poco sul fatto che le ali assomiglino più a quelle di una farfalla che di un'ape.

Di Maio, come tantissimi altri, ha ripreso un meme (inteso come unità di informazione che si può diffondere) di enorme successo: le api sono in pericolo. Questa idea è una delle più consolidate nell'opinione pubblica in ambito ambientale. L'associazione Greenpeace nel 2022 ha persino mandato in onda degli spot sui principali canali televisivi nazionali per chiedere donazioni per salvare le api, e sui social diverse associazioni propongono di adottare degli alveari per salvarle. In realtà le cose sono molto più complesse di così, e come vedrete ci sono pure dei tratti oscuri in questa storia.

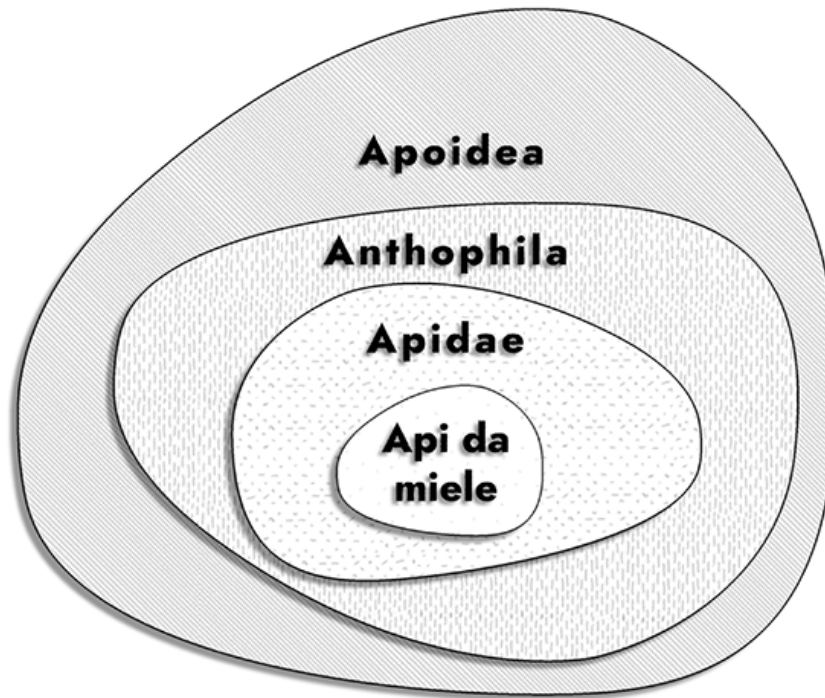
Ma partiamo da uno dei concetti fondamentali di questo libro: per capire bene di cosa stiamo parlando dobbiamo definire i termini del problema, e

nel caso delle api l'inghippo sta proprio nelle parole. Infatti, in base al contesto, il termine “api” può cambiare significato.

Nell'immaginario collettivo quando parliamo di “api” generalmente ci riferiamo all'*Apis mellifera*, l'ape che produce il miele; a dire il vero in Asia c'è un'altra specie mellifera, *Apis cerana*, ma di solito non la consideriamo. Anche quando usiamo delle immagini di “api” mostriamo questo insetto a bande gialle e nere. I motivi per cui lo facciamo sono molteplici: è una specie molto diffusa, che vediamo spessissimo, ed è quella con cui interagiamo positivamente grazie alla produzione del miele.

Allo stesso tempo, con il termine “api” si fa riferimento a diversi gruppi di animali, via via più vasti, a cui le api da miele appartengono. Pensate che questa confusione a volte si trova anche negli articoli scientifici e contemporaneamente con il termine *bees* si possono intendere: le api da miele; la famiglia Apidae, che contiene circa 5500 specie; il gruppo più ampio degli Anthophila (che in greco significa “amanti dei fiori”), a cui appartengono circa 16.000 specie; l'intera superfamiglia Apoidea di cui fanno parte circa 30.000 specie,¹ tra le quali anche gruppi di non impollinatori.

Queste specie sono molto varie. La maggior parte è solitaria; poche sono gregarie, come l'ape da miele. Alcune fanno il nido scavando dei buchi nel terreno, altre scavano buchi nella legna o se lo costruiscono con dei pezzettini di legno o foglie secche. Alcune api impollinano decine di fiori di piante diverse, altre sono specifiche per una sola specie. Possono essere di colori sgargianti, oppure marroncine per mimetizzarsi: vi invito a digitare “wild bees” su un qualsiasi motore di ricerca per farvi un'idea dell'immensa varietà di questi insetti.



Nell'immagine potete vedere una rappresentazione dei vari gruppi tassonomici di cui parliamo nel capitolo. L'ape da miele appartiene alla famiglia Apidae, che appartiene al *clade* Anthophila, che appartiene alla superfamiglia Apoidea.

Gli insetti sono il gruppo animale con più specie sulla Terra, per questo motivo tendiamo a dare per scontato che alcune famiglie siano così numerose. Vi invito a mettere le cose in proporzione: ci sono più o meno tante specie di apoidei quante di tetrapodi (anfibi, rettili, uccelli e mammiferi). Rispetto ai coleotteri nessun gruppo animale può fare nulla, sono pur sempre un quarto di tutti gli animali conosciuti, ma gli apoidei se la cavano egregiamente.

Se siete confusi, tranquilli, non siete gli unici: la tassonomia (cioè la disciplina che cerca di attribuire i nomi agli organismi viventi) ha l'arduo compito di raggruppare e nominare i rami dell'albero della vita, ma non è un'impresa facile. Purtroppo a volte ci si accorge che un ramo era stato costruito erroneamente e ci si ritrova a cambiare tutto: è successo così agli apoidei, e questo genera ancora più difficoltà nell'usare termini univoci.

Mi è capitato di leggere report, anche recenti, che alternano le vecchie nomenclature alle nuove. Ne è un esempio il dossier della IUCN sullo stato di conservazione delle api del 2015, la *European Red List of Bees* (come vedete si usa *bees*) che, pur analizzando lo stato del gruppo Anthophila, si rivolge a loro chiamandole Apoidea. Per fugare ogni dubbio, in questo libro userò questi termini: “ape da miele” (o sinonimi), con cui mi riferisco appunto a quella che utilizziamo per produrre il miele; “api”, per il gruppo Anthophila; “api selvatiche”, per intendere tutte le Anthophila tranne l’ape da miele; infine con “apoidei” faccio riferimento a un gruppo più vasto, a cui appartengono specie impollinatrici e non.

Un altro livello di confusione nasce dal fatto che a volte, erroneamente, il termine “impollinatori” viene usato come sinonimo di api. L’impollinazione è un’attività che svolgono svariati animali. Circa l’80 per cento delle specie di piante intorno a noi ha in qualche modo bisogno degli impollinatori, che però non sono solo le api; ci sono anche le farfalle, alcuni gruppi di ditteri, alcuni coleotteri, persino alcune specie di uccelli (tipo i colibrì) o di pipistrelli.

Le api svolgono un ruolo preponderante nell’impollinazione delle piante che mangiamo, eppure l’ape da miele da sola non ha un contributo maggioritario, sebbene sia spesso la specie più abbondante in biomassa. Le api selvatiche complessivamente hanno un ruolo più importante nell’impollinazione.² Ci sono dei casi in cui ha senso raggruppare gli impollinatori in un unico gruppo dal punto di vista ambientale: sono gli animali che occupano una nicchia ecologica molto simile, pur non essendo tra loro imparentati. Indagare il loro stato può essere utile, dato che è verosimile che un problema che affligge le api possa affliggere anche le farfalle.

Quali api sono in pericolo?

Ma arriviamo al punto dirimente: le api sono in pericolo? Sì, assolutamente, se intendiamo i gruppi a cui appartengono le api da miele. Valutare lo stato di conservazione delle specie di insetti non è facile: sono tanti e viene dedicato loro meno interesse rispetto ad altri animali; tuttavia, esaminando i

dati europei, dove la misurazione è buona, si può avere una visione del fenomeno.

In Europa ci sono circa 2000 specie di api. Secondo i dati della IUCN,³ più o meno il 9 per cento delle specie è minacciato, o vicino all'essere minacciato. Va però considerato che il 56 per cento delle specie è "carente di dati", per cui valgono le considerazioni fatte nel capitolo sulla biodiversità. Alla luce di questo, si può dire che il 20 per cento delle specie valutate risulta minacciato o vicino alla minaccia di estinzione. Tuttavia nel caso degli insetti, in Europa in particolare, la semplice valutazione delle percentuali di specie a rischio nasconde una parte della storia.

Negli ultimi anni è emerso che molte specie sono calate notevolmente nella biomassa complessiva, sebbene non siano necessariamente a rischio di estinzione. In un famoso studio del 2017 si rilevava come nelle aree protette della Germania la biomassa di insetti fosse diminuita del 75 per cento in 27 anni.⁴ Questo spiega perché in generale ci sia una certa preoccupazione per la crisi degli impollinatori: non conta solo che la specie non si estingua; per garantire che le piante vengano adeguatamente impollinate è importante pure la quantità di insetti. E non è solo una questione di biodiversità, ma anche di sicurezza alimentare; per questo persino la FAO si è interessata negli ultimi decenni a tale grave rischio.⁵ La crisi degli impollinatori in generale è quindi un problema che va affrontato sia per la salvaguardia di queste specie, sia per il servizio ecosistemico che esse ci forniscono. C'è del sano egoismo nel voler salvaguardare le api.

Questo declino degli impollinatori è dovuto a vari fattori: il principale sembra essere la trasformazione degli habitat (soprattutto delle praterie), ma fanno la loro parte anche il cambiamento climatico, l'invasione di nuovi patogeni, l'utilizzo erraneo di alcuni pesticidi e altri. Inoltre, negli ultimi anni è emersa un'altra minaccia che potrebbe sorprendervi; ma ve la dico dopo, per mantenere un po' di suspense.

Arriviamo all'ape da miele, quella usata nelle immagini dei politici, nelle pubblicità o nelle campagne di raccolta fondi. È in pericolo? No, sotto nessun punto di vista.

Vi ricordate i parametri per definire se una specie è a rischio di estinzione? Numerosità della popolazione, grandezza dell'areale, *trend* della popolazione, minacce specifiche eccetera? Sotto praticamente qualsiasi

parametro, *Apis mellifera* è una specie fortunata. Il suo areale d'origine, che consisteva nell'Europa, nell'Asia occidentale e nell'Africa, si è ulteriormente allargato grazie all'arrivo degli europei in tutto il mondo: ora si trova anche nel resto dell'Asia, nelle Americhe e in Oceania. La nostra ape mellifera è diventata quindi una specie cosmopolita, che ha vissuto negli ultimi secoli una grande espansione. Anche il numero di colonie è cresciuto negli ultimi decenni in tutto il mondo (nonostante abbia avuto un calo negli Stati Uniti e in Europa durante la fine del Novecento).⁶

Alla luce di queste semplici constatazioni: com'è possibile che si sia diffusa così tanto l'idea che l'ape da miele sia in pericolo?

Non sono un sociologo, e nessun sociologo si è fatto questa domanda (o comunque non ho trovato pubblicazioni in merito). Vi propongo umilmente delle ipotesi, da prendere con le pinze. La prima è legata all'errore semantico: le api sono in pericolo di estinzione (come minimo il 9 per cento delle specie) e la confusione linguistica, presente anche nel mondo anglosassone, ha portato a questa distorsione. In una sorta di sineddoche al contrario, un problema del gruppo più grande è stato traslato alla sua specie più conosciuta.

Poi c'è la questione della moria delle api, o meglio, del CCD (*colony collapse disorder*) che ha contribuito a confondere l'opinione pubblica occidentale. A cavallo del 2000 si sono verificati fenomeni sorprendenti di collasso degli alveari. Sia in Nord America sia in Europa, gli apicoltori registravano una quantità rilevante di colonie che non riuscivano a superare l'inverno: la media oscillava tra il 5 e il 30 per cento, con picchi di apicoltori che trovavano metà degli alveari vuoti.

A questi dati si aggiungevano dei casi meno numerosi, ma più fotografabili, di colonie che durante il periodo primaverile venivano uccise da qualche motivo specifico, come un erraneo utilizzo di pesticidi in un campo in fiore. L'esito era impattante: queste foto di api morte che venivano spazzate o raccolte a palate hanno fatto il giro del web. Per qualche anno l'informazione dei collassi degli alveari e le immagini di alcuni alveari collassati in modo scenografico si sono diffuse, contribuendo a imprimere nell'opinione pubblica l'idea che questo portasse inevitabilmente all'estinzione delle api da miele. D'altronde, pensateci un attimo: se

effettivamente ogni anno si perde il 30 per cento delle colonie, ci vorranno pochi decenni per arrivare all'estinzione completa, no?

Qui probabilmente sta un altro inghippo. Qualcuno potrebbe dire che questa idea erronea si sia instillata a causa del cosiddetto “*bias* della disponibilità”.

Il *bias* della disponibilità è un fenomeno che rientra nel grande tema dei *bias* cognitivi, popolarizzati da Daniel Kahneman. Si tratta di scorciatoie che utilizza la nostra mente per formarsi una rappresentazione del mondo. Queste scorciatoie, però, portano alla costruzione di scenari e idee distorte. Il *bias* della disponibilità è quello per cui ci facciamo un'idea sbagliata di un fenomeno a causa della frequenza sproporzionata con cui una serie di eventi ci vengono presentati.

Se ogni anno mi viene raccontato che c'è una grossa perdita delle colonie, immaginerò un *trend* negativo. Se poi non mi viene raccontato che durante la tarda primavera la biologia fa il suo corso e da un alveare nasce una nuova regina in grado di raddoppiare il numero di colonie, è ovvio che il modello che mi costruisco è poco rappresentativo della realtà. Il punto è che anche se ogni inverno un quarto delle colonie vengono perse, il loro numero alla fine dell'estate può non cambiare o persino aumentare.

Il *bias* della disponibilità vale anche in senso geografico: se mi vengono raccontati solo i casi problematici di Nord America ed Europa e si tace l'espansione in tutto il resto del mondo, è facile perdere il quadro d'insieme e farsene una rappresentazione erronea. Il caso dell'idea delle api mellifere in pericolo è uno degli esempi emblematici di come basti poco per costruire una storia che è l'esatto contrario della realtà.

Ciò non toglie che il problema dei CCD esista e che gli apicoltori lo abbiano dovuto affrontare, soprattutto da un punto di vista economico; semplicemente, non è qualcosa che mette a rischio la specie. Oltretutto, se vogliamo essere precisi, l'Italia è uno dei Paesi in cui il fenomeno del collasso delle colonie è meno forte, con una mortalità annua intorno al 5-6 per cento, non confrontabile con altri Stati europei.⁷

In ogni caso, fare l'apicoltore negli anni Duemila non è facile: i problemi che riguardano le api da miele sono molti. L'arrivo di diversi patogeni, in particolare il fungo unicellulare *Nosema ceranae* e l'acaro *Varroa destructor*, rende l'allevamento più difficile: gli animali vanno controllati

con maggiore frequenza, puliti e anche trattati con alcuni prodotti per combattere questi organismi dannosi. C'è poi il cambiamento climatico, che fa sì che alcune annate siano particolarmente povere di fiori, soprattutto in tarda estate. Inoltre il numero di alveari in un territorio non si può aumentare all'infinito: troppi alveari in una zona potrebbero non permettere la raccolta di sufficiente nettare per ogni alveare, e il resto lo può fare una cattiva valutazione degli apicoltori.

Ogni anno gli allevatori devono decidere quanto miele prelevare: quel miele è la scorta che serve all'alveare per passare l'inverno. Se per caso se ne preleva troppo e l'inverno è particolarmente duro, o in primavera i fiori arrivano tardi, si rischia che la colonia non si riprenda. Se a questi fattori si aggiunge la competizione economica con il miele che viene da altre parti del mondo, ecco che si può ben capire il problema economico legato all'apicoltura.

Forse questa è un'ulteriore spiegazione del perché si è diffusa l'idea dell'imminente estinzione delle api mellifere: una crisi economica legata all'apicoltura è stata traslata nell'opinione pubblica in qualcosa di più grande. D'altro canto, gli stessi apicoltori possono beneficiare di questa narrazione collettiva: se le api da miele sono in pericolo, loro, in quanto salvatori, possono chiedere aiuti di vario tipo, come sovvenzioni pubbliche, donazioni o maggiorazioni sul prezzo del miele.

Gli alveari sotto indagine

Se la storia finisse qui, sarebbe una semplice incomprensione; rimarrebbe solo da capire come mai un'idea così distorta si sia diffusa nell'opinione pubblica. Ma c'è dell'altro. Sono sicuro che molti di voi sono pronti a riconoscere che il pascolo eccessivo di bovini, caprini e ovini su grandi appezzamenti di terra sia un fattore di disturbo e impoverimento per la biodiversità. Nel capitolo sulla carne vedrete che questo ha raggiunto scale impressionanti. Se faccio pascolare dei bovini nella savana, li proteggo dai predatori, li curo appena soggiungono nuovi patogeni, gli porto l'acqua nei periodi più siccitosi, sto creando una competizione "sleale" con gli altri erbivori. Mandare al pascolo milioni di ruminanti in tutto il mondo è

tendenzialmente dannoso; perché non lo pensiamo anche per le api mellifere?

Negli ultimi anni sta emergendo il sospetto che la diffusione (e l'eccesso) di alveari stia dando dei problemi alla flora e alla fauna in varie parti del mondo. Il paradosso, quindi, sta anche nel fatto che le api da miele potrebbero essere un problema da aggiungere alle cause di declino delle altre specie di apoidei. In alcuni casi, dunque, bisogna stare attenti alle “api” per aiutare le “api”: capite perché è fondamentale districare il problema della nomenclatura?

Ma lasciatemi prima fare alcune premesse e distinzioni, che sono necessarie quando si naviga nell'incertezza. Sono già uscite delle review o delle review sistematiche che parlano di questi impatti o probabili impatti. Si tratta di conseguenze potenziali diverse e con differenti gradi di affidabilità: non sono indicazioni certe, ma scenari probabili. Per questo presenterò in ordine decrescente quelli su cui ci sono più dati e più affidabilità.

Ci sono parti del mondo in cui *Apis mellifera* è autoctona e parti del mondo in cui è alloctona: questa è una prima distinzione importante. Seppure non ci siano ancora abbastanza studi per esserne certi, è del tutto verosimile che nel secondo caso abbia un impatto maggiore sull'ambiente.⁸ In quei luoghi, per esempio, attraverso l'impollinazione può premiare la diffusione di specie aliene invasive (un po' come la storia dei lombrichi del sesto capitolo); oppure può non avere parassiti o predatori, e quindi eventuali colonie possono sfuggire e propagarsi in natura, con crescite ecologiche esplosive (qualcosa di simile sta succedendo in Australia).

Le specie aliene tendono ad avere conseguenze più pesanti sulle isole. Eppure, anche nei continenti in cui si sono diffuse da molto più tempo stanno emergendo vari studi che mostrano come ci siano diverse interazioni potenzialmente negative con la fauna e la flora locali.

Il problema principale riguarda gli spillover: i salti di specie di patogeni che contagiano altre specie. In letteratura ormai sono centinaia i casi in cui i patogeni delle api mellifere hanno fatto il salto di specie e contagiato altri animali, soprattutto altri apoidei, ma anche insetti e artropodi in generale.⁹ Si tratta di virus, funghi, batteri, protisti, che hanno fatto il salto di specie soprattutto in Europa, America e Oceania. In realtà, gli stessi autori

ipotizzano che ciò sia dovuto al fatto che in questi continenti si fa più ricerca. Questo significa che probabilmente ci sono molti spillover sommersi in Asia e Africa.

D'altronde, la cosa non dovrebbe sorprenderci. L'ape ha tutte le carte in regola per diventare una specie untrice: ogni alveare è formato da decine di migliaia di api, che possono contagiarsi tra loro; la loro vita è in larga parte una continua spola tra i fiori e l'alveare, che permette la raccolta e la diffusione di patogeni in un territorio di ettari; dove c'è l'uomo c'è l'ape, e questo porta a una forte continuità territoriale. Probabilmente si può tracciare una retta da qui al Sudest asiatico in cui c'è almeno un alveare ogni 10 chilometri, e questo è ottimo per la diffusione dei patogeni. Inoltre, l'apicoltura porta a continui scambi di individui e di miele da ogni parte del mondo, e i patogeni possono diffondersi via nave o aereo.

In tutto questo, l'aggravante sta nel fatto che nel bene o nel male l'ape è protetta dall'uomo. Si diffonde l'acaro *Varroa* particolarmente distruttivo? Gli apicoltori iniziano a spargere acido formico e acido ossalico negli alveari per combatterlo. Peccato che contemporaneamente le api selvatiche non abbiano un difensore pronto a intervenire e a mitigare l'ondata iniziale del nuovo patogeno.

C'è un secondo meccanismo con cui le api mellifere interagiscono con le altre api, ed è la competizione per le medesime risorse.¹⁰ Qui gli stessi autori sono più cauti nell'identificare un nesso causale con il declino delle specie selvatiche. Sono pochi gli studi che, oltre a dimostrare una competizione, misurano anche se questa ha degli effetti negativi sul successo di sopravvivenza o riproduttivo delle specie selvatiche. Ma la mancanza di prove non è la prova dell'assenza di questi effetti, e ci sono buoni motivi per essere cauti, prestare attenzione e misurare questo tipo di impatto.

Il nettare è una risorsa finita in un dato giorno o in una data stagione: i fiori ne producono una determinata quantità. Sicuramente le api mellifere sono delle campionesse di bottinatura, ma anche le altre api, migliaia di specie, provano a nutrirsi. Ovviamente le cose sono più complesse di così: molte specie bottinano esclusivamente una o poche specie di fiori, e tutte le specie hanno comunque delle preferenze. Anche l'ape mellifera ne ha, ma è una specie generalista, che può nutrirsi della maggior parte delle

specie di fiori. L'aggiunta di un alveare porta a una maggiore competizione con le altre specie, e l'incentivo degli apicoltori è quello di continuare ad aggiungere alveari finché non vedono un calo della produzione di miele (a quel punto la competizione è massima). Inoltre, va sempre tenuto conto che le api da miele sono costantemente aiutate, cosa che non succede alle altre specie.

A fine estate – intorno ad agosto, per capirci – c'è un lasso di tempo in cui poche specie fanno fiori: questo è dovuto al secco e al caldo. È un momento in cui c'è penuria di cibo per gli impollinatori (e anche penuria d'acqua). La competizione diventa così forte che persino gli alveari di api da miele a volte ingaggiano delle guerre per rubarsi il miele. In questo periodo dell'anno molti apicoltori “imbrogliano” i cicli biologici e forniscono nutrimento alle api, di solito sotto forma di sciroppo, e si assicurano che bevano adeguatamente. In questo modo la colonia, invece di perdere membri a causa della sete o della fame, continua a ingrandirsi. Contemporaneamente tutte le altre specie soffrono la carenza di cibo e acqua. Così facendo, come nel caso della cura per i parassiti, le api si disaccoppiano dai meccanismi ecologici delle altre specie: la loro popolazione continua a crescere invece di calare. A questo punto arriva l'autunno e alcune piante iniziano a fiorire: orde di api da miele che non hanno sofferto l'estate iniziano a bottinare come se non fosse successo nulla, mentre non si può dire lo stesso per le specie selvatiche.

C'è un terzo modo in cui le api mellifere potrebbero danneggiare le altre specie (e anche la biodiversità di altri gruppi di animali): preferendo alcune piante a discapito di altre. Troppi alveari generano una sproporzione nell'impollinazione di alcune piante: ¹¹ i fiori preferiti di anno in anno hanno un vantaggio riproduttivo rispetto ad altri impollinati meno. Questo in molti casi porta alla banalizzazione di alcuni prati o altri ambienti. Eppure ci sono alcuni casi documentati in cui l'aggiunta di alveari sembra avere un effetto positivo sulla vegetazione locale. Si naviga nell'incertezza, e almeno per quanto riguarda questo tipo di impatto sembra necessario avere un approccio moderato e in grado di valutare caso per caso.

Spezzo una lancia a favore di *Apis mellifera*: questa specie, per le sue caratteristiche morfologiche e di allevamento, risulta un ottimo bioindicatore. In altre parole, viene utilizzata per “misurare” la presenza di

alcuni inquinanti. Si può trattare di inquinanti che colpiscono la nostra specie, ma anche di inquinanti che colpiscono gli altri impollinatori.¹² Per questo motivo, nei giusti contesti può essere un alleato per aiutare a capire i problemi che colpiscono anche le altre api. Ovviamente non basta a “rinobilitare” la specie tanto amata dal nostro ex ministro degli Esteri, ma serve a ricordarci che la realtà è una scala di grigi, quasi mai divisa in bianco e nero.

Adotta una stalla!

Alla luce di tutto quello che vi ho raccontato, potete immaginare quanto siano paradossali alcune campagne di marketing che propongono di comprare o adottare alveari per “salvare le api”. Le api che sono veramente in pericolo non vivono negli alveari e, anzi, troppi alveari potrebbero essere dannosi per loro. È come se, alla constatazione che molti gruppi di vertebrati se la passano male, la risposta fosse: “Adotta un ovile”. Se il parallelismo non vi suona bene è probabilmente perché non riusciamo a distinguere la diversità delle api, mentre riconosciamo bene quella dei vari vertebrati.

Questo significa che non si possa far nulla per evitare la crisi degli impollinatori? No, ma almeno cerchiamo di agire in modo concreto evitando azioni inutili o, peggio, deleterie.

Il fattore principale che colpisce gli impollinatori (e in generale gli insetti) in Europa è il cambiamento degli habitat legato all’agricoltura. In altre parole, il fatto di aver trasformato una fetta enorme del nostro territorio in campi coltivati è la causa principale della perdita di insetti, secondo molte analisi.¹³

Come sempre, quando si parla di salvaguardia della biodiversità, una delle azioni principali riguarda la protezione di aree naturali. Alcuni degli ambienti in cui gli impollinatori tendono a essere più diffusi sono anche quelli più a rischio nelle nostre latitudini, come le praterie. In Europa, circa la metà di quelle rimanenti sono minacciate: si tratta del tipo di habitat più a rischio, dopo quello di torbiere e paludi.¹⁴ Anche in questo caso, l’agricoltura e l’allevamento sono la principale causa della perdita di biodiversità.

Gli agricoltori potrebbero essere i primi ad agire concretamente per aiutare le api gestendo i propri campi: lasciando per alcuni periodi i terreni incolti, facendo arrivare a fioritura i campi da sfalcio ed evitando di utilizzare pesticidi durante le fioriture. Ma anche chi non è un contadino può contribuire: lasciando crescere l'erba negli appezzamenti in cui viene sistematicamente tagliata, dando vita a siepi rigogliose e così via. Una delle attività semplici che si può fare a casa propria è lasciare degli spazi incolti in cui non tagliare l'erba. Potete creare un "angolino della biodiversità", magari persino con una targhetta che spiega il perché può essere un contributo rilevante per decine di specie, sia vegetali sia animali. Inoltre, vi farebbe risparmiare il carburante e il tempo del taglio dell'erba.

Qualcosa di simile potrebbe essere fatto più in grande per alcuni luoghi pubblici: pensate ai bordi delle autostrade, che spesso vengono sfalciate completamente. Perché lo facciamo? Eliminati i primi metri per evitare che l'erba possa invadere le strade, si potrebbe lasciar crescere e fiorire le piante della zona. Lo sto dando per scontato, ma forse è meglio precisarlo: a quel punto bisogna anche trattenersi dall'aggiungere alveari vicino a queste superfici incolte, in modo che ad alimentarsi di quei fiori siano soprattutto le api selvatiche e gli altri impollinatori.

L'ossessione per l'erba tagliata è una delle tante stravaganze della nostra specie (o per lo meno di alcune culture), eppure ci sono validi motivi per farlo di meno. Ovviamente, come per ogni cosa, ci sono dei *trade-off*: in alcuni casi è preferibile tagliare l'erba. Oltre al discorso culturale, legato alla percezione di decoro e ordine, ci sono dei motivi più concreti. In alcune parti del nostro Paese, per esempio, c'è un problema sistematico di incendi dolosi; l'erba secca può contribuire alla propagazione degli incendi e per questo si preferisce tagliarla. Allo stesso modo, in Puglia l'avanzata del batterio *Xylella* è dovuta alla propagazione del vettore, che è un insetto che cresce nell'erba, e per questo ci sono indicazioni sulla gestione dell'erba. E così via. Tuttavia non mancano i casi in cui un campo o un piccolo pezzo di terra incolto possano aiutare tutti gli impollinatori.

C'è un'altra cosa che si può fare nelle nostre città: sembra che il gruppo delle Anthophila in particolare possa prosperare in ambienti urbani se abbastanza ricchi di piante (e soprattutto di fiori). Sono dati che vengono da altri Stati europei, come il Regno Unito,¹⁵ in cui forse c'è una maggior tendenza ad arricchire i giardini rispetto a noi, ma danno una buona

indicazione su una pratica che si potrebbe adottare. Dalla Germania, però, arriva un'interessante distinzione: mentre sembra vero che per le api le città siano posti in cui prosperare, per lepidotteri e ditteri le cose sembrano andar meglio in ambienti meno antropizzati.¹⁶

Ci sono poi altre azioni collettive che si possono fare. Per esempio sappiamo che alcuni pesticidi vengono ancora utilizzati erroneamente da molti agricoltori durante la fioritura delle colture, e questo argomento si potrebbe affrontare sia a livello legislativo, sia soprattutto applicando le leggi già vigenti. Inoltre, noi siamo più interessati allo studio dell'ape mellifera per motivi economici e culturali, per questo la ricerca tende a concentrarsi su questa specie, e visto che le risorse non sono infinite si tende a trascurare le api selvatiche. Dedicare più attenzione alle specie selvatiche dovrebbe essere prioritario per capire al meglio la crisi degli impollinatori.

Il tema delle api in pericolo è un argomento che racconto da anni. C'è un grande monito che traggio sempre da questa storia: prima di tutto bisogna stabilire di cosa si sta parlando. Sbagliare nel definire i termini del problema porta ad analisi erranee, con esiti controproducenti: questo capitolo ne è un esempio emblematico. È per questo che ho dedicato la prima metà del libro a dividere e ad analizzare le varie componenti che riguardano i problemi ambientali. Nel prossimo capitolo facciamo un passo in più: dopo aver definito, bisogna quantificare.

Quanto è utile piantare un albero?

Una modesta proposta

Silvio Berlusconi è stato probabilmente l'italiano più influente degli ultimi cinquant'anni; se la gioca con Giulio Andreotti. Nell'agosto 2022, durante la sua ottava campagna per le elezioni politiche, dopo ventotto anni dalla sua discesa in campo, gioca una carta dirompente: promette di piantare un milione di alberi ogni anno. Si può dire di tutto su Berlusconi, ma non che non riesca a capire lo spirito del tempo. Ha probabilmente registrato l'aumento di una sensibilità ecologica che sta crescendo in tutta Europa e ha proposto un intervento semplice ma concreto per posizionarsi su questi temi. "Piantare un albero", prima di essere un'azione, è un simbolo, e quindi può essere utilizzato come strumento per farne una bandiera politica. Chi si può opporre al piantare gli alberi? È un gesto così romantico, così utile, giusto?

Dipende.

Negli ultimi anni molte realtà utilizzano l'idea di piantare un albero come strumento per combattere diverse problematiche ambientali: il cambiamento climatico, la perdita di biodiversità e anche l'inquinamento. A volte si tratta di giunte comunali, che promuovono una visione ambientale; in altri casi sono aziende, che pagano per piantare alberi in modo da compensare le proprie emissioni. Ci sono pure delle associazioni che offrono il servizio di piantare alberi in diversi Paesi del mondo con un *click*.

La ricerca scientifica su questo ha molto da dire: esistono tantissimi studi che cercano di capire quanti e quali alberi possono essere utili per opporsi ai diversi problemi ambientali. Il risultato, come sempre, è sfaccettato. Non esistono risposte certe, come invece la politica o il marketing vogliono far passare.

I motivi per voler piantare un albero sono molteplici. Innanzitutto durante il suo periodo di crescita assorbe CO₂, che viene immagazzinata nel tronco, nelle radici e nel suolo, mentre in moltissimi ambienti, una volta cresciuto, la sua capacità di immagazzinare nuovo carbonio cala o si azzerava. Gli alberi, poi, hanno la capacità di rimuovere dall'aria alcune sostanze inquinanti. Infine, processi ben strutturati di riforestazione o afforestazione possono contribuire al recupero delle foreste, e quindi della loro biodiversità.

Per inciso, si dice riforestazione quando la foresta viene ricreata entro pochi decenni dalla deforestazione, mentre afforestazione quando viene creata in un posto in cui non era presente da almeno cinquant'anni.

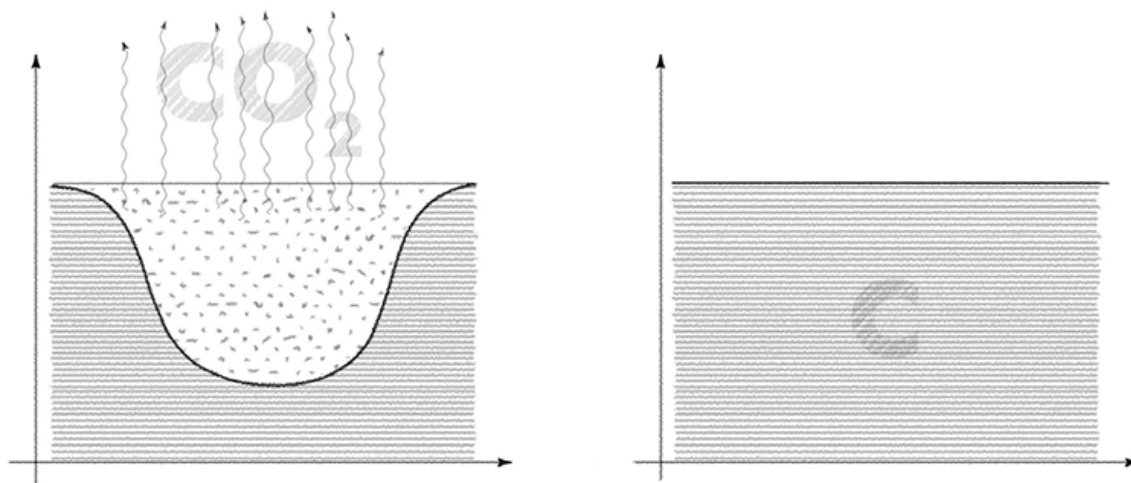
Eppure ci sono un gran numero di precisazioni da fare, altrimenti rischiamo di illuderci di aver trovato il proiettile d'argento in grado di risolvere tutti i nostri problemi.

C'è un recente articolo scientifico che riassume molte delle ricerche su questi temi, che ha un titolo piuttosto esplicito: *Dieci regole d'oro per la riforestazione in modo da ottimizzare il sequestro di carbonio [dall'atmosfera], il recupero della biodiversità e i benefici per il sostentamento [delle popolazioni locali]*.¹

La prima regola, quando la lessi, mi colpì: *Protect existing forests first*, che tradotto significa: "Prima di tutto, proteggere le foreste esistenti". Di primo acchito la trovai una cosa retorica: "Ma come, sto leggendo un articolo sulla riforestazione e trovo subito un pippone sulla deforestazione?". Eppure, realizzai presto che si trattava di una constatazione di profonda pragmaticità. Vogliamo piantare alberi per assorbire CO₂ dall'atmosfera? Prima ha senso preoccuparsi delle immense quantità di CO₂ che si trovano già intrappolate nelle foreste, e che tramite incendi, deforestazione e frammentazione vengono rilasciate ogni anno. C'è una differenza sostanziale tra alberi che vengono piantati e alberi che vengono bruciati: i primi assorbono in decenni di vita la stessa quantità di CO₂ che un incendio emette nell'atmosfera in poche ore.

Immaginate due scenari diversi: nel primo una foresta brucia, ma subito dopo degli zelanti volontari provvedono a piantare degli alberi; nel secondo la foresta non brucia. Qualche decennio dopo, il carbonio presente nelle due

foreste torna a essere uguale. Il risultato finale sembra essere lo stesso, eppure ci stiamo dimenticando qualcosa. Nel mentre, il carbonio ha preso due strade diversissime: nel primo caso è stato emesso nell'atmosfera, contribuendo all'aumento dell'effetto serra, dei feedback positivi del cambiamento climatico e dell'acidificazione degli oceani; nel secondo caso è rimasto lì, intrappolato nei tronchi, nelle radici e nel suolo. Per questo motivo, proteggere le foreste esistenti a parità di risultato è meglio che ricostruire dopo la distruzione.



Perdere e recuperare una foresta non è equivalente a lasciarla intatta, anche se alla fine il saldo totale di carbonio intrappolato è lo stesso. Nel primo caso, la quantità di CO_2 emessa ha tutto il tempo di contribuire al riscaldamento climatico, all'acidificazione dell'oceano e all'instaurazione di feedback positivi.

Il discorso appena fatto è ancora più importante se parliamo di salvaguardia della biodiversità. In questo caso, i tempi sono perfino più lunghi: una foresta secondaria può metterci centinaia di anni prima di raggiungere la stessa biodiversità di una foresta vergine. Inoltre, mentre per quanto riguarda le emissioni si può assumere un'uguaglianza tra la CO_2 emessa e quella assorbita, con la biodiversità non si può fare lo stesso: se una specie si estingue è persa, e non sarà sufficiente la ricrescita della foresta a riportarla in vita.

C'è poi l'altra questione che abbiamo visto nel capitolo precedente: la biodiversità non è equamente distribuita sul nostro pianeta, e purtroppo i processi di deforestazione e riforestazione stanno avvenendo in modo inversamente proporzionale alla distribuzione della biodiversità. Ai tropici la deforestazione sta continuando, invece alle nostre latitudini l'espansione delle foreste e le riforestazioni stanno portando a un aumento della superficie di questi ecosistemi.² Purtroppo, però, le cose non si bilanciano: un chilometro quadrato di foresta boreale contiene una frazione della biodiversità di una foresta equatoriale.

Dare la priorità nell'utilizzo delle risorse alla protezione delle foreste esistenti è un imperativo pragmatico per chiunque voglia dare il proprio contributo all'ambiente. Prima di battersi o spendere soldi per piantare alberi, dovremmo chiederci: "Cosa possiamo fare per preservare le foreste esistenti?". Se non mettiamo al primo posto la salvaguardia dell'esistente incorriamo persino nel rischio che i progetti di riforestazione contribuiscano indirettamente alla deforestazione: sottraendo risorse economiche; dando l'idea che eventualmente, anche in caso di distruzione, sia tutto recuperabile; infine, se piantare alberi diventa un'attività remunerativa, può creare incentivi ad alzare i prezzi dei terreni deforestati e a rendere più profittevoli i processi di deforestazione.

Un milione di milioni

Assumiamo di essere riusciti a salvaguardare la più grande quantità di foresta a nostra disposizione. A questo punto vogliamo iniziare a piantare alberi per assorbire la CO₂ e quindi mitigare il cambiamento climatico. Ci troviamo davanti ad alcune questioni che rendono piantare un albero un simbolo problematico. Partiamo dal più vistoso: quello numerico.

Quanti alberi dovremmo piantare per assorbire tutta la CO₂ che abbiamo emesso finora come umanità? Più o meno quanti ce ne sono sul nostro pianeta. Sapete quanti sono? Circa 3000 miliardi.³ Chi conosce i fenomeni naturali saprà che è una cifra spropositata: 3 seguito da dodici zeri è un numero raro in natura; addirittura è dieci volte maggiore dei neuroni nel nostro cervello o delle stelle nella nostra galassia. Il debito pubblico italiano corrisponde più o meno a questa cifra, usando come unità l'euro.

Per piantare tutti questi alberi non c'è abbastanza posto. Ci sono però degli studi che cercano, attraverso dati satellitari, di capire quanto spazio potenziale ci sia. L'esito è promettente: se togliamo l'area occupata attualmente dalle foreste già esistenti, i campi e i pascoli utilizzati per l'attività umana, tutto il resto è "libero": sono circa 0,9 miliardi di ettari.⁴ Secondo alcune stime, quella superficie permetterebbe di piantare 1000 miliardi di alberi. Da qui è nata la campagna *Trillion Tree Campaign*,⁵ che ha raccolto il sostegno di attivisti, politici e ricercatori. Si tratta comunque di un numero enorme, che il nostro cervello fa fatica a immaginare.

Torniamo a Silvio Berlusconi e alla sua promessa elettorale, e confrontiamola con il numero di alberi che dovremmo piantare nel mondo per assorbire un terzo delle emissioni di CO₂ prodotte dall'inizio della rivoluzione industriale. Un milione di alberi è un milionesimo dell'obiettivo da raggiungere. Se volessimo contribuire in modo proporzionale alla superficie italiana, che è circa lo 0,2 per cento della superficie delle terre emerse, il numero sarebbe di circa 2 miliardi (e ci vorrebbero 2000 anni, seguendo la proposta del Cavaliere). Se invece volessimo farlo in modo proporzionale alla popolazione, il numero lieviterebbe a circa 7,5 miliardi di alberi, e ci vorrebbero 7500 anni per riuscirci.

Capite dove voglio arrivare? Piantare un albero, in quanto azione, è trascurabile se non si ha una prospettiva di scala. Se non si tiene conto delle dimensioni del fenomeno, è solo un simbolo, utile per altri scopi, ma non di tipo ecologico. Vi hanno proposto di piantare un albero per mitigare le vostre emissioni? Ora potete immaginare quanto sia irrilevante.

Riprendiamo il dato dei 1000 miliardi di alberi e proviamo a pensare a quanti alberi andrebbero piantati per ogni abitante della Terra. Dato che attualmente siamo 8 miliardi, per raggiungere l'obiettivo dovremmo piantarne 125 a testa. In questo computo, però, stiamo assumendo che tutti gli esseri umani sulla Terra abbiano le stesse disponibilità, e sarebbe ingiusto.

Il reddito mediano italiano, cioè il reddito soglia tra il 50 per cento della popolazione più ricca e quella più povera, è quasi sei volte il reddito mediano mondiale.⁶ Se vogliamo tener conto anche di un discorso di giustizia economica, sarebbe corretto assumerci la responsabilità di piantare un multiplo di quei 125 alberi, anche solo sul fronte dei costi. Diciamo che

il numero di alberi pro capite da piantare per un abitante dei Paesi sviluppati dovrebbe essere tra i 500 e i 1000 alberi. Ricordiamo il punto importante: tutto questo servirebbe a riassorbire circa 700 gigatonnellate di CO₂, poco più di un terzo di quanto abbiamo emesso dal 1850.

A questo punto non si può che far notare una cosa: tale quantità corrisponde a quanto potremmo emettere nei prossimi quattordici anni con l'attuale tasso di emissioni. Un'opera mastodontica di piantumazione del mondo sarebbe vanificata in poco più di un decennio con le attuali emissioni: ciò dovrebbe farci capire che comunque l'imperativo è quello di ridurre le emissioni. Ovviamente questi calcoli non devono farci desistere dal fare qualcosa, ma aiutarci a capire che, se vogliamo veramente essere incisivi, dobbiamo ragionare nella giusta scala, altrimenti sarebbe come voler svuotare il mare con un cucchiaino.

Iniziano i ma...

Abbiamo salvaguardato le foreste esistenti, abbiamo accettato che dobbiamo ragionare nell'ordine delle decine o centinaia di miliardi di alberi per poter mettere in campo azioni quantitativamente rilevanti, però purtroppo i problemi non sono finiti.

Il primo è di tipo politico: dalle analisi satellitari di questi studi emerge che bisognerebbe piantare alberi praticamente ovunque, e che gli Stati più grandi hanno più posto "libero"; eppure, siamo veramente sicuri che tutti gli Stati vogliano aderire a questa iniziativa? Sapete qual è lo Stato più grande al mondo e con più spazio in cui poter piantare alberi? La Federazione Russa. Convincere la Russia di Putin a piantare un centinaio di miliardi di alberi per mitigare il cambiamento climatico sembra un'impresa difficile in questo momento storico, oltretutto la crisi climatica è un problema poco sentito dall'opinione pubblica del Paese. E che dire di grandi Stati in cui la politica è stata connivente con i processi di deforestazione, come il Brasile, il Congo o l'Indonesia?

Inoltre, il problema politico va pensato anche in piccolo. Gli esperti del settore fanno notare che questo approccio "satellitare" non tiene conto di alcune limitazioni abbastanza evidenti: provare a riempire tutto lo spazio disponibile avrebbe in primo luogo effetti difficili da immaginare a livello

culturale. Come cambierebbero i paesaggi di alcune province italiane piantando alberi in tutti i luoghi disponibili, come i parchi pubblici, le periferie delle città, i bordi delle strade e i campi incolti? Quanti sindaci potrebbero opporsi alla piantumazione di distese di alberi?

Purtroppo bisogna ridimensionare quel numero: 0,9 miliardi di ettari non sono del tutto liberi, almeno non dal punto di vista politico.

Se guardate la mappa dello studio da cui siamo partiti,⁷ vedrete che una delle aree in cui c'è più spazio per piantare alberi si trova nella parte Sud dell'Africa. Distese piantumabili di prateria libere da pascoli e campi coltivati sono presenti per centinaia di chilometri. Si tratta della savana. Infatti, l'ultima constatazione che costringe a ridimensionare lo spazio su cui piantare tutti quegli alberi riguarda il fatto che questa operazione avrebbe un forte impatto sulla biodiversità. Non esistono solo boschi e foreste. Una massiccia piantumazione del mondo andrebbe a discapito di altri ecosistemi. Torbiere, savane, praterie sono ambienti caratterizzati dalla scarsità di alberi e dalla dominanza di specie erbacee. Possono essere ambienti con biodiversità unica, e sostituirli con boschi e foreste può portare a un calo complessivo delle specie in un territorio.

Questo è un altro caso palese di *trade-off* tra due problematiche ambientali: per aumentare l'assorbimento della CO₂ c'è il rischio di diminuire la biodiversità, e viceversa. E ciò non vale solo per la savana africana: anche da noi alcuni habitat di prateria sono potenzialmente messi a rischio; ve ne parlerò più avanti. Come in tutti i *trade-off*, è sciocco stabilire a priori cosa sia meglio tra i due estremi; bisogna invece valutare, caso per caso, il vantaggio complessivo, per trovare un giusto mezzo.

Tutto questo ci costringe a ridimensionare le potenzialità del piantare alberi come azione per contrastare il cambiamento climatico: alla fine dei conti, se anche dovessimo iniziare a piantare alberi dove si può, senza impattare troppo sulla biodiversità, questa operazione aiuterebbe ad assorbire quanto emettiamo in qualche anno agli attuali tassi di emissione. È qualcosa che può aiutare, ma sicuramente non un proiettile d'argento.

A questo punto, però, se ci poniamo comunque questo obiettivo, anche solo per contribuire un po', ci sono altre indicazioni da rispettare per farlo bene, o per evitare almeno di mettere in campo azioni dannose.

Gli alberi non sono tutti uguali

Un albero non è equivalente a un altro: appartengono a specie diverse e possono essere geneticamente differenti tra loro.

La prima questione riguarda la scelta di specie locali; dovrebbe essere una banalità, eppure non lo è. Alcune specie alloctone hanno la caratteristica di crescere in modo esplosivo (i bambù, la robinia, l'ailanto, la paulownia...), altre possono avere fiori appariscenti (come la buddleja) o la capacità di resistere in ambienti difficili (come il fico degli ottentotti); ma piantare alcune di queste specie può provocare disastri a livello ambientale.

Le piante aliene invasive spesso agiscono come trasformatrici degli ecosistemi: soppiantano le specie esistenti e rendono la vita difficile agli animali adattati a quegli habitat. Nel nostro Paese esistono già valli dominate da bambù, l'ailanto sta iniziando a colonizzare quasi tutte le nostre colline, la buddleja sta cambiando gli habitat attorno ai torrenti e ai fiumi e così via. Scegliere specie autoctone per i progetti di afforestazione o riforestazione dovrebbe essere fondamentale per evitare di contribuire all'espansione delle specie aliene o all'introduzione di nuove.

Alla luce di quanto vi ho raccontato, potete capire perché a volte i biologi della conservazione e gli scienziati forestali sono del tutto pronti a tagliare alcuni alberi, creando indignazione nella popolazione: il taglio di un albero, che da un punto di vista del riassorbimento della CO₂ è trascurabile, può essere salvifico per la salvaguardia della biodiversità.

Anche gli alberi autoctoni non sono tutti uguali, e non sempre si fanno delle scelte oculate nel momento in cui si pianta. Nel secolo scorso, quando si conoscevano meno questi temi, sono stati fatti molti sbagli: è emblematico il caso delle nostre Alpi, dove nel Novecento in alcune aree sono stati piantati boschi monospecifici di abete rosso per centinaia di chilometri. L'esito di questo grande errore si sta vedendo negli ultimi anni.

A fine ottobre 2018 una tempesta di vento straordinaria con raffiche fino a 200 chilometri orari si è abbattuta su questi boschi monospecifici, con esiti disastrosi. L'evento è stato battezzato Vaia. La pecceta di abete rosso non è il bosco migliore per resistere a forti venti: gli alberi non possono appoggiarsi gli uni sugli altri (come può succedere per le faggete) e le radici di questa specie sono superficiali. Come risultato, il vento ha divelto 40.000

ettari di alberi. Si stima che nello stesso anno in tutta Italia gli incendi abbiano bruciato circa 12.000 ettari; nelle annate più distruttive, come nel 2017, si superano i 100.000 ettari complessivi. In pochi giorni, Vaia ha distrutto 41 milioni di alberi (sempre per ricordare la scala di cui stiamo parlando). Questa storia dovrebbe aiutarci a capire quanto sia importante scegliere la giusta configurazione di piante. Se quei boschi fossero stati diversi, l'impatto sarebbe stato notevolmente minore.

Allo stesso tempo, anche la scelta degli individui è importante nei progetti di riforestazione. Optare per piante con un'ampia variabilità genetica garantisce una maggiore resistenza contro i patogeni e altri problemi, per questo bisogna ottenere piante di qualità da vivai specializzati, e anche qui c'è una brutta notizia. Non è detto che in Italia ci siano abbastanza vivai attrezzati per piantare milioni di alberi, figuriamoci per numeri più consistenti.

C'è un altro modo in cui gli alberi non sono tutti uguali. Forse sembra assurdo puntualizzarlo, ma troppo spesso viene dato per scontato. Gli esseri umani tendono già a piantare alberi in modo sistematico, in tutto il mondo, da millenni, attraverso un processo chiamato agricoltura. L'agricoltura è l'esempio di come piantare alberi non abbia sempre un effetto positivo sull'assorbimento della CO_2 . Nonostante esistano delle pratiche agricole che permettano di immobilizzare il carbonio nel suolo – e fortunatamente c'è sempre maggiore attenzione all'implementazione di queste tecniche –, attualmente tramite l'agricoltura si ha una produzione netta di CO_2 , anche quando si tratta di alberi da frutta.

I motivi sono molteplici: muovere il suolo permette la decomposizione veloce della materia organica presente, con la relativa produzione di CO_2 ; i processi di lavorazione del terreno e la produzione di fertilizzanti utilizzano energia da fonti fossili; infine, alcune colture necessitano di processi di lavorazione che emettono molto.

Inoltre, il carbonio sottratto all'atmosfera è tale se l'albero rimane lì (o in parte, se rimangono lì le radici). Nel caso in cui si pianta un albero da frutto ma, concluso il suo ciclo produttivo, lo si taglia o lo si brucia, ecco che il carbonio netto assorbito è vicino a zero (e probabilmente è negativo se intanto ho utilizzato macchinari o fertilizzanti). Tutto questo per ribadire che

un insieme di alberi da frutto non vanno considerati come una foresta, ma per quello che sono, cioè una piantagione. Per lo stesso motivo, la silvicoltura per la produzione di legname da ardere tende ad avere delle emissioni vicine alla neutralità: non bisogna solo piantare alberi, bisogna tenerli lì, per sempre.

Come abbiamo già visto, questa quasi neutralità della legna da ardere è un bene dal punto di vista del cambiamento climatico, se la confrontiamo con l'alternativa di scaldarsi con i combustibili fossili, ma è peggio sul piano dell'inquinamento dell'aria.

Alberi che si piantano da soli

Quanto amiamo i simboli: un sindaco che con la propria vanga crea un buco in cui deporre una piantina che un giorno diventerà un albero può raccogliere i plausi degli oppositori; un gruppo di bambini che pianta dieci alberi nel giardino della scuola può diventare una notizia per il giornale locale o raccogliere migliaia di like sui social. Eppure c'è qualcosa di paradossale in questi gesti: se quei prati fossero lasciati incolti, gli alberi crescerebbero da soli. Ma infatti, perché piantare gli alberi, se sono in grado di piantarsi da soli?

Passiamo una grande quantità di tempo e spendiamo una grande quantità di energia per assicurarci che in alcuni punti non crescano gli alberi, e che persino l'erba sia esattamente al livello che vogliamo noi; lo abbiamo visto nel capitolo sulle api. Però pensateci un attimo: che succede se non si taglia l'erba?

In poche settimane il livello del prato diventa disomogeneo, si vedono spiccare delle piante erbacee più alte. Nel giro di qualche mese aumenta il numero di specie, dato che sopravvivono anche quelle che soffrono la falciatura. L'erba più alta permette al terreno di essere meno colpito dalle precipitazioni, e il lavoro dei lombrichi sottostanti rende progressivamente il terreno più morbido. Qui possono germogliare piante più esigenti, o possono iniziare a diffondersi i rovi. Il giardino diventa ancora più vario, si vedono le prime chiazze dense di vegetazione e qualche alberello inizia a crescere.

Dopo un paio di anni ci sono alberi più alti di un essere umano, i rovi sono all'apice del loro sviluppo e da qui declinano: alberi sempre più grandi domineranno questo nuovo piccolo habitat. Il decorso sarà diverso in varie parti del Paese e in base a variazioni contingenti (come l'arrivo specifico di alcuni semi), ma grossomodo si possono tracciare delle successioni ecologiche (così le chiamano i biologi) che tendono a culminare in un boschetto di qualche tipo. Nessuno ha piantato un albero, nessuno ha fatto fatica, ma lentamente diverse specie hanno assorbito un po' di CO₂.

Se questo processo lo si fa avvenire su vaste aree, si hanno dei vantaggi nascosti: le successioni ecologiche permettono lo sviluppo di molteplici habitat in momenti differenti, con specie diverse, e possono sostentare animali che hanno bisogno di varie esigenze. Da questo punto di vista, è molto meglio di un bosco in cui gli alberi sono stati piantati, che ha pure bisogno di falciare l'erba nei primi mesi per evitare che questa vada in competizione con le piantine.

Come sempre, ci sono anche dei lati negativi. Per esempio c'è un'alta probabilità che crescano specie aliene, dato che spesso queste sono particolarmente brave a colonizzare ambienti nuovi. In quei casi, l'attività umana consisterebbe nel tagliare alcuni alberi, piuttosto che nel piantarli. C'è poi una leggera differenza, secondo la letteratura scientifica: l'assorbimento di CO₂ in questo modo è un po' più lento rispetto alla piantagione diretta. Proprio perché entrambi i metodi hanno lati positivi, in alcune pubblicazioni si consiglia di mettere in pratica ambedue le varianti, valutando cosa sia meglio fare, caso per caso.⁸

La crescita per espansione naturale di boschi e foreste ha però un lato che la rende attualmente vincente in molti Paesi, compreso il nostro: è facilmente scalabile.⁹ Non intervenire su 100 chilometri quadrati è abbastanza semplice, piantumare 100 chilometri quadrati è una bella impresa. In questo momento sta avvenendo una vistosa espansione delle foreste nelle nostre montagne e campagne. Ciò è dovuto in larga parte alla riduzione delle attività umane in queste aree a causa dello spostamento verso le città. Si stima che tale espansione stia comportando l'assorbimento di circa 400 megatonnellate di CO₂ ogni anno in Europa,¹⁰ meno del 20 per cento di quanto viene emesso.

A proposito di questo, vi racconto un paradosso, che evidenzia come a volte sia controintuitivo parlare di ambiente come qualcosa di univoco. Sulle cime delle nostre montagne esistono degli habitat un po' particolari: prati vastissimi, ricchi di erba. Su questi prati in alcuni casi sono presenti piante erbacee esclusive, come diverse specie di orchidee. Ci sono persino specie di uccelli tipiche delle steppe asiatiche, che nelle nostre montagne hanno trovato un habitat simile. Se volete vedere un uccello molto elegante che appartiene a questo gruppo cercate il re di quaglie (nome scientifico: *Crex crex*).

L'aspetto paradossale è che questi habitat non dovrebbero esistere: sono artificiali. L'Italia è un Paese densamente popolato da migliaia di anni e alcune attività umane hanno completamente trasformato intere aree da secoli. I prati dovuti allo sfalcio e al pascolo nelle nostre montagne ne sono un esempio, tanto che le altre specie sono riuscite a adattarsi a questo tipo di ambienti. Tale espansione è ottima per assorbire CO₂ dall'atmosfera (il 20 per cento di cui parlavamo prima) ma questo può causare una perdita di biodiversità. L'espansione dei boschi nelle nostre montagne è causata in larga parte da faggete (boschi di faggi) e peccete (boschi di abeti), habitat che sono molto meno biodiversi dei prati d'altura.

Quindi, mentre ci sono persone esperte di conservazione della biodiversità che indicano come un problema la crescita dei boschi montani, chi è preoccupato per il cambiamento climatico è felice di questa espansione. È il paradosso della coperta corta: non è detto che la ragione stia da una o dall'altra parte, si tratta di trovare la giusta via intermedia.

Carbonio immobile

Fin qui abbiamo capito che purtroppo non c'è abbastanza spazio realmente libero per piantare tutti quegli alberi. Eppure, i calcoli che abbiamo fatto finora tengono conto di un assunto che potrebbe essere scardinato. Piantiamo gli alberi, questi assorbono CO₂ e rimangono lì a immagazzinare carbonio sotto forma di cellulosa e lignina. Ma se quegli alberi li facessimo sparire senza emettere CO₂ nell'atmosfera e facessimo crescere una nuova generazione di alberi? Sarebbe un modo per assorbire CO₂ a ogni generazione. Invece di 1000 miliardi di alberi potremmo piantarne "solo"

100 miliardi, per dieci volte. Nel caso in cui riuscissimo a evitare che le piante morte si decompongano, rilasciando CO₂, gli alberi potrebbero diventare un sistema efficiente di sequestro del carbonio.

In parte questo succede; non è un caso che le foreste vicino ai poli tendano a essere più efficienti nella capacità di immagazzinare carbonio rispetto alle foreste equatoriali. Lì gli alberi morti si degradano molto più lentamente e a volte rimangono bloccati per centinaia di anni in terreni freddi e ghiacciati per ampi periodi dell'anno. All'equatore invece il caldo, l'umidità e il dilavamento continuo di molte precipitazioni non permettono lo stesso processo di accumulo nel suolo. Eppure, immaginare altri modi in cui stoccare miliardi di tonnellate di legno non è facile: molti penseranno all'edilizia, ma anche qui c'è un discorso di scala; le nostre città non sono così grandi. Se fossi Asimov potrei fantasticare su ipotesi fantascientifiche, come riempire i poli o il Sahara di alberi morti, ben coperti dalle sabbie del deserto.

In ambito agricolo, l'idea di immagazzinare legno nel suolo dei campi sta prendendo piede. Esistono molteplici pratiche che consistono nel sotterrare materiale organico o persino materiale simile al carbone. Quest'ultima tecnica sembra promettente: una volta bruciato in modo incompleto il legno (o altre biomasse), magari per ottenere energia o calore, si ricava un materiale simile alla carbonella, composto soprattutto da carbonio e di difficile degradazione da parte degli organismi viventi, il *biochar*. Lo spargimento di biochar sui campi permette di immobilizzare carbonio per decenni e di migliorare alcune caratteristiche agronomiche dei terreni. Non è difficile immaginare un futuro in cui milioni di alberi (o altri tipi di biomassa) vengono coltivati, tagliati, parzialmente bruciati per ottenere un materiale simile al carbone che, adeguatamente conservato, permetterebbe la sottrazione di grandi quantità di carbonio, molto più che piantando semplicemente gli alberi.¹¹

Il tema della cattura del carbonio è importante. L'agricoltura e la silvicoltura, seguendo alcune pratiche, possono contribuire ad assorbire il carbonio, fissandolo soprattutto nel suolo. Quest'idea sta alla base del *carbon farming* (letteralmente "coltivazione di carbonio"). Benché sia un settore promettente e alcune colture siano già assorbitrici nette di CO₂ (come gli ulivi e le noci),¹² ciò non vale per tutte, e all'attività agricola sono

associate ancora grandi emissioni. Lo sviluppo del *carbon farming* è intriso di sfide e difficoltà nelle misurazioni del carbonio, ma è un mondo da esplorare ed eventualmente da supportare, in modo che l'agricoltura possa essere parte delle soluzioni, e non parte dei problemi.¹³

Nei prossimi decenni, oltre a ridurre le emissioni, dovremmo riuscire a trovare dei modi efficienti per assorbire la CO₂, prima per contrastare le emissioni, e poi per assorbire una fetta di quelle che abbiamo emesso negli ultimi 250 anni. Tecnicamente esistono svariati modi per farlo, i chimici avrebbero già diverse soluzioni, però purtroppo sono tutti processi che necessitano di moltissima energia, che per ora produciamo in larga parte emettendo CO₂. Se avessimo a disposizione enormi quantità di energia pulita, questi meccanismi potrebbero essere utili, ma attualmente gran parte dell'energia pulita a nostra disposizione ci serve per sostituire quella proveniente dai combustibili fossili.

Le piante, pur non avendo un'efficienza strabiliante, sono competitive con queste tecnologie, per almeno due motivi: sono in grado di autoassemblarsi e di diffondersi da sole. Se avete altre idee per immagazzinare il carbonio fatevi avanti.

I simboli sono importanti e piantare un albero è un bel simbolo. Tuttavia, dal punto di vista pratico crea dei problemi di percezione, come abbiamo visto. Potremmo parlare di quanto questo tipo di simboli siano utili nel veicolare messaggi ecologisti. Il bambino che da piccolo ha piantato un albero nel giardino della scuola per "aiutare l'ambiente" sarà un adulto con una maggiore sensibilità ambientale? Magari sì. Però forse rischia anche di diventare un adulto che tende a sovrastimare l'impatto di un albero, invece di avere una visione a scale maggiori, spendendo soldi ed energie in attività trascurabili.

D'altro canto potrebbe diventare un adulto che si oppone al taglio di uno sparuto gruppo di alberi appartenenti a una specie invasiva, spinto dai ricordi di quell'atto romantico. Probabilmente è ingenuo pensare che possa esistere un mondo senza atti simbolici come questo, e forse non è neppure auspicabile. Tratterò questo argomento nell'ultimo capitolo. Quello che bisogna riconoscere è che i simboli da soli non bastano, e senza un

approccio che punta a definire i termini dei problemi e a quantificarli rischiamo di fare danni enormi.

Pronto a contraddirmi. Gli alberi in città

Bello il mio discorso generale sul fatto che piantare un albero sia trascurabile e che sia necessario ragionare a scale maggiori, vero? Dovete sapere che mi diverto a fare il bastian contrario di me stesso. Ci sono casi in cui un albero o un gruppo di alberi possono fare la differenza e contribuire a combattere alcune problematiche ambientali. Mi riferisco alle città. Le nostre città sono posti strani: mucchi di cemento, asfalto e ferro abitati da umani, animali da compagnia e qualche animale selvatico, spesso indesiderato.

La maggior parte degli esseri umani vive proprio nelle città, e anche nel nostro Paese alcuni agglomerati urbani come Milano, Roma e Napoli riescono ad attirare milioni di persone. Queste concentrazioni di materiali inerti e attività umane hanno svariati effetti: molti inquinanti tendono a concentrarsi nell'aria; il cemento e l'asfalto trattengono il calore, facendo aumentare di molto la temperatura rispetto alle aree esterne; il suolo reso impermeabile può contribuire all'accumulo di acqua in superficie, con esiti distruttivi. Tanti di questi problemi possono essere mitigati dalla presenza di alberi, non necessariamente milioni.

Il principale servizio che forniscono gli alberi nelle città riguarda la diminuzione della temperatura durante il periodo estivo, con il conseguente risparmio di energia per il raffreddamento. Gli alberi possono limitare gli effetti del calore intenso in vari modi: facendo ombra, e quindi schermando in modo diretto la luce del sole, ma soprattutto grazie alla loro capacità di evaporare grandi quantità d'acqua. L'evaporazione richiede molta energia e le piante, per la loro fisiologia, devono evaporare quantità immense di acqua per mantenere i propri flussi interni.

Raffreddare le città diventa un imperativo in un mondo che si sta scaldando. Gli obiettivi sono molteplici: migliorare la qualità della vita delle persone che ci abitano, ridurre le probabilità che ondate di calore possano danneggiare la salute di migliaia di persone e abbassare il consumo di energia per il raffreddamento.

Esistono già degli studi che hanno provato a misurare l'attuale capacità di raffreddamento degli alberi nelle città europee.¹⁴ Nelle città italiane, la differenza media di temperatura tra le zone completamente coperte di alberi e quelle completamente scoperte è di circa 4 gradi durante l'estate. Questo effetto è maggiore nelle città del Nord Italia rispetto a quelle del Sud. Una differenza dovuta probabilmente al tipo di alberi e alla loro capacità di traspirare: piante con foglie larghe come il tiglio e il platano o piante con chiome maestose come il faggio hanno una forte capacità di fare ombra e possono evaporare centinaia di litri di acqua al giorno. Questi alberi prosperano soprattutto nel Nord Italia (e nel Nord Europa) dove l'acqua non è un fattore limitante, mentre al Sud si tende a preferire il pino o altre piante che traspirano molto meno.¹⁵

Le aree erbose hanno un effetto molto limitato sulla riduzione della temperatura rispetto alla copertura arborea. Un altro elemento interessante riguarda le specie con le foglie caduche: perdendo le foglie in inverno, questi alberi riducono di molto l'ombra, e quindi l'assorbimento della luce permette di scaldare quasi come se le piante non ci fossero.

Piantare alberi in città, in base alle condizioni del luogo, diventa importante per ridurre la temperatura, soprattutto durante le ondate di calore che progressivamente colpiranno sempre di più le nostre case. Ci sarebbero anche altri modi per raffreddare le città, per esempio utilizzando colori più chiari per le pareti degli edifici o per l'asfalto, in modo da ridurre l'assorbimento luminoso.

C'è un secondo contributo che possono dare gli alberi: contrastare l'inquinamento (ma anche aumentarlo, perché nulla è mai semplice).

Come abbiamo già visto, l'inquinamento dell'aria è tra i principali fattori di rischio nelle nostre società: in Italia si stima che causi qualche punto percentuale di tutte le morti precoci. L'inquinamento dell'aria è generato da varie sostanze, prodotte dalla combustione dei motori, dalle stufe, dai processi industriali e dagli allevamenti. Possiamo dividere gli inquinanti in due sottogruppi: molecole che danneggiano reagendo chimicamente (come l'ozono, alcuni ossidi dell'azoto o benzene e altri composti organici) e polveri, che possono nuocere direttamente alle mucose, ai polmoni o possono entrare nel flusso sanguigno (classificate in base al diametro in PM_{2,5}, PM₁₀ eccetera).

Gli alberi hanno potenzialmente dei meccanismi per limitare entrambi i tipi di inquinanti. L'ozono e gli ossidi dell'azoto possono essere metabolizzati direttamente dalle foglie, mentre alcune piante riescono a metabolizzare anche il benzene e altri composti organici. Pure i batteri che si trovano tra le radici delle piante possono contribuire ad assorbire alcuni di questi composti. Il particolato atmosferico, invece, può essere ridotto dagli alberi in due modi: o rimanendo incastrato nella cera delle foglie, oppure appoggiandosi a esse, attirato dalle forze elettrostatiche, per poi essere dilavato alla prima pioggia.

C'è da precisare che si tratta di percentuali piccole, anche se non trascurabili. Alcuni studi indicano che la riduzione del particolato atmosferico tramite il deposito sulle foglie si attesta tra il 5 e il 12 per cento della quota in atmosfera (nel periodo in cui ci sono le foglie). Purtroppo, però, c'è un problema di tempistiche: la maggioranza degli alberi perde le foglie (e quindi la maggior parte del potenziale di pulizia) durante il periodo invernale, proprio quando tende a esserci il picco dell'inquinamento dei sistemi di riscaldamento e il ricircolo dei venti è rallentato. Per questo le piante sempreverdi tendono ad avere prestazioni migliori nella riduzione del particolato atmosferico, che è anche la forma quantitativamente più letale di inquinamento dell'aria. Prendendo Londra come esempio, si stima che l'attuale copertura arborea del 20 per cento stia aiutando a rimuovere circa l'1 per cento delle polveri PM₁₀¹⁶ e che un'espansione del 10 per cento potrebbe aiutare a togliere un altro punto percentuale. Sono tassi effimeri se confrontati con l'eventualità di sostituire sistemi di riscaldamento come legna e pellet con pompe di calore, o con il passaggio alle auto elettriche, tuttavia è un vantaggio che va sommato al fatto di diminuire la temperatura durante l'estate.

Aggiungiamo un livello di complessità: alcune piante producono a loro volta dei composti volatili, tendenzialmente non tossici, ma che reagendo con altre molecole nell'aria possono aumentare la concentrazione di ozono o ossidi dell'azoto, e quindi possono contribuire all'inquinamento dell'aria. Vale per il pioppo, la quercia e pochi altri.¹⁷

Inoltre, una parte della popolazione è allergica al polline di alcune piante, e anche questa variabile andrebbe tenuta in considerazione. Trovare il giusto equilibrio tra le varie istanze e allo stesso tempo mantenere un po'

di biodiversità urbana è però fondamentale per migliorare la vita in città. Da quando ho approfondito questi temi guardo con molta riverenza piante come il tiglio e l'abete rosso, che tendono a essere poco allergeniche, con un basso potenziale inquinante, riescono a fare ombra e hanno una buona capacità di eliminare le polveri dall'aria.

C'è infine un altro vantaggio che vale la pena di essere citato: il verde in città fa stare meglio anche dal punto di vista mentale. Non si tratta di un effetto strabiliante, ma da diversi studi longitudinali risulta che chi vive nei pressi del verde ha una minore probabilità (intorno al 3-5 per cento) di sviluppare sintomi legati alla depressione o di autodiagnosticarsi una situazione depressiva.¹⁸ Vivere o visitare luoghi con una forte copertura arborea e un'alta biodiversità tende ad avere effetti benefici anche su altri aspetti della salute mentale, seppur si tratti sempre di differenze piccole.¹⁹

Piantare alberi in città è quindi un'azione che può avere ricadute positive sulla popolazione, soprattutto dal punto di vista termico. Stiamo attenti però a non trasformare pure questo in un simbolo trattato acriticamente, anche qui ci sono dei *caveat*, ma almeno si tratta di un'azione che può avere effetti rilevanti anche se portata avanti da individui o piccoli gruppi locali.

L'impatto ecologico delle carni

Gli animali che mangiamo

Sono nato in una famiglia in cui era normale mangiare carne una volta al giorno. Alcuni giorni mi capitava di mangiarla a pranzo e a cena. A ripensarci, mi rendo conto che era una quantità sproporzionata, da qualsiasi punto di vista. Eppure la mia famiglia non si discostava così tanto dalla media italiana. Ora vivo da solo e ne mangio molta di meno. Non solo, ho cambiato radicalmente la composizione del tipo di carne che mangio, e l'ho fatto per due motivi: per la salute e per ridurre di molto il mio impatto ambientale.

Se traspare un po' della mia personalità in questo libro, avrete capito che faccio le cose in modo rigoroso: ho stimato le mie emissioni. Ormai, le emissioni legate al mio consumo di carne sono sotto i 200 chili di CO₂ e annui: meno dell'anidride carbonica generata dal mio consumo di caffè, meno del volo che ho fatto per andare a Malta quest'estate (negli ultimi 12 mesi ho emesso più di 2 tonnellate di anidride carbonica per i miei viaggi aerei) e perfino meno della quantità di CO₂ che potrei risparmiare se dimezzassi il numero di docce che faccio.

Sul fronte dell'occupazione di suolo, la riduzione del mio impatto è probabilmente ancora maggiore, e non mi sembra di aver fatto sforzi enormi.

In questo capitolo proviamo a dare le giuste proporzioni all'impatto ambientale di questo gruppo di alimenti e cerchiamo di capire come e perché tra i vari tipi di carne ci siano delle differenze abissali. Ma facciamo un passo alla volta. Preciso che per ora parliamo solo della carne di vertebrati terrestri omeotermi (cioè che mantengono costante la propria temperatura corporea); il resto lo vediamo più avanti.

Meno

Ci sono un sacco di buoni motivi per mangiare meno carne, ed eventualmente azzerarne il consumo. Partiamo dalla salute: mangiare troppa carne fa male, soprattutto se parliamo di carni rosse e carni processate.

Qui ci imbattiamo nella prima distinzione: carni rosse, carni bianche e carni processate. Questa è una classificazione alimentare che, come vedremo, non è particolarmente utile dal punto di vista ambientale. I nutrizionisti tendono ad accorpare le carni in base alla loro provenienza: le carni rosse appartengono a specie di mammiferi di medie e grandi dimensioni (manzo, maiale, pecore, capre e cavalli); le carni bianche sono quelle del pollame e del coniglio; infine, le carni processate costituiscono un gruppo a parte, per via delle diverse caratteristiche nutrizionali dovute ai meccanismi di conservazione o all'aggiunta di sali e altre sostanze.

Di carne rossa e di carne processata ne mangiamo troppa, in media. Rispetto alle linee guida internazionali, che hanno stimato la quantità preferibile di carne da non superare per non avere effetti deleteri sulla salute, si evince chiaramente che di carne rossa ne mangiamo il quadruplo di quanto sarebbe auspicabile.¹ Anche di carne processata ne mangiamo troppa. Per la carne bianca, invece, a livello europeo siamo circa in linea con le raccomandazioni.

Questo eccesso di carni rosse e di carni lavorate pesa sulla salute individuale, e complessivamente sulla salute pubblica. La grande quantità di grassi saturi, il troppo sale, le cotture che spesso tendono ad abbrustolire una parte dei tessuti e la sovrabbondanza di alcune sostanze (come i gruppi eme) contribuiscono all'insorgenza di varie malattie, soprattutto cardiovascolari, metaboliche e alcuni tipi di tumore (come il cancro al colon).

Secondo l'Agenzia internazionale per la Ricerca sul cancro,² per ora solo le carni processate sono descritte come certamente cancerogene, mentre le carni rosse sono probabilmente cancerogene. Non serve puntualizzare che il fatto che qualcosa sia cancerogeno o potenzialmente tale non significa che necessariamente causerà il cancro, ma che ci sono buone possibilità o la certezza che ne aumenti le probabilità. Questo aumento relativo dipende anche dalla quantità di carne consumata e va messo in relazione con lo stile

di vita della persona. Ovviamente, questo vale per tutto, dall'alcol al fumo, dagli insaccati all'inquinamento dell'aria.

Un ulteriore motivo per cui troppa carne ci fa male è perché probabilmente stiamo togliendo dal bilancio complessivo della nostra dieta le porzioni di frutta e verdura, che tendenzialmente mangiamo meno del dovuto. A nostra discolpa possiamo dire che la carne è molto buona: il gusto umami (il quinto in ordine di scoperta, tipico dei cibi proteici), accompagnato da ingenti quantità di sale e grassi, è irresistibile per moltissime persone.

C'è almeno un altro motivo per mangiare meno carne, prima di parlare dell'impatto ambientale: la questione animale. Approfondiremo questi temi in seguito, ora sarò molto breve. Certamente l'allevamento degli animali per ricavarne carne, latte e uova apre delle profonde domande etiche: è giusto causare la morte degli animali per ricavarne del cibo? È giusto farlo in sovrappiù rispetto a quello che potrebbe bastare per una dieta bilanciata? Esistono dei modi per allevare gli animali a livelli di stress paragonabili o inferiori a quelli che vivrebbero in altri contesti? E così via.

Una fetta minoritaria degli umani risponde in modo categorico alle domande precedenti con un sonoro "no". Queste persone non mangiano carne, altre evitano anche i derivati animali. La maggior parte della gente, più del 90 per cento in Italia, non si pone il problema, o se l'è posto e ha scelto di continuare a mangiare carne e derivati. Se si esce da un approccio categorico, si possono fare comunque delle scelte che tendano a ridurre la sofferenza, senza arrivare necessariamente a zero. In tale ottica, mangiare meno carne o fare in modo che gli animali soffrano il meno possibile è auspicabile. Anche se, come vedremo, questo potrebbe andare in controtendenza con alcuni aspetti ambientali.

Le carni hanno un enorme impatto ambientale

Globalmente, alla sola produzione di carne si può attribuire circa metà delle emissioni di gas serra del settore alimentare. Dato che complessivamente le emissioni dovute alla produzione del nostro cibo si attestano intorno al 20 per cento delle emissioni globali (erano al 26 per cento nel 2000), la

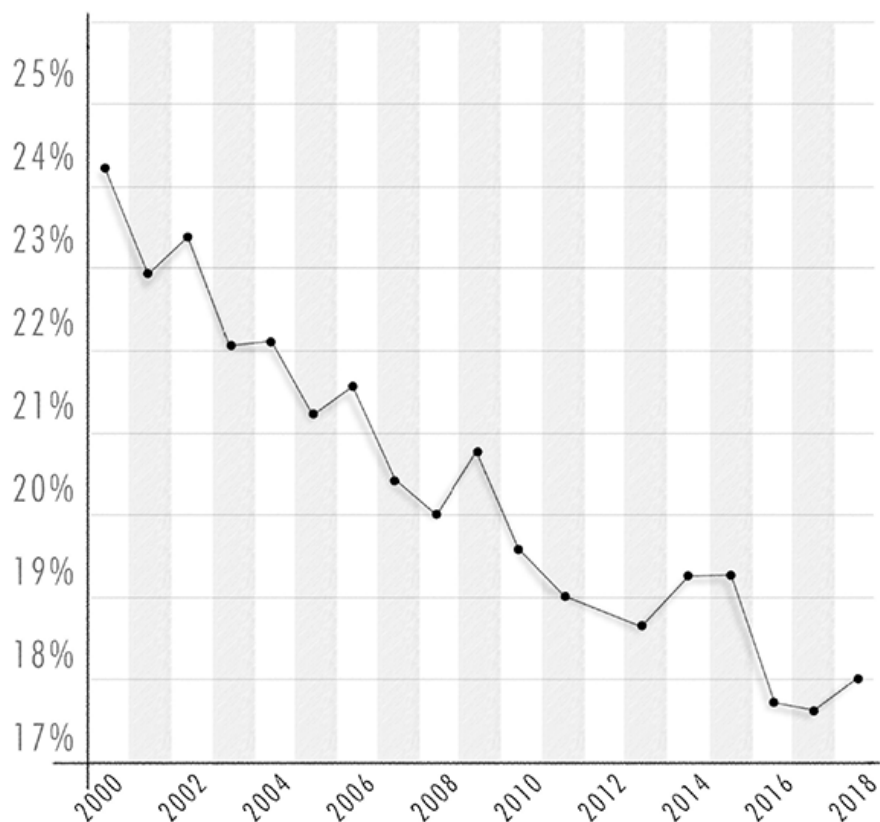
produzione di carne pesa per circa il 10-12 per cento del totale delle emissioni di CO₂e.³

Si tratta di emissioni enormi, se pensiamo che si tratta di un gruppo di alimenti che dovrebbe contribuire al massimo per il 15 per cento del nostro fabbisogno calorico.

Se misurassimo l'impatto ambientale della carne solo dal punto di vista delle emissioni, ci perderemmo però una parte della storia. La conseguenza più evidente della produzione di carne sull'ambiente riguarda l'occupazione del suolo. Qui i numeri apparentemente sembrano essere fuori scala: il 25 per cento della superficie terrestre è occupata da animali al pascolo o da campi coltivati per produrre mangimi. Le restanti attività umane occupano il 7 per cento, e sono quasi interamente campi coltivati.⁴ Tutto quel suolo viene sottratto alle foreste, alle praterie o ad altri habitat; oppure è stato sottratto nei secoli scorsi. L'allevamento gioca quindi un ruolo preponderante nell'occupazione del suolo e di conseguenza nella perdita di biodiversità, e ancora oggi è una delle principali cause della deforestazione e della scomparsa delle praterie.

Anche l'inquinamento da nutrienti è in larga parte causato dall'allevamento: le deiezioni degli animali, se vengono dilavate e arrivano nei corsi d'acqua, creano tutti i problemi che abbiamo visto nel terzo capitolo.

Gli allevamenti, soprattutto se concentrano tantissimi animali in zone vicine alle città, possono contribuire all'inquinamento dell'aria. I mangimi e il pulviscolo delle penne generano PM₁₀.⁵ Gli ossidi dell'azoto, l'ammoniaca e altri ossidi presenti nell'aria possono reagire e formare goccioline o piccoli solidi nell'aria, che causano le PM_{2,5}.⁶ Mentre la produzione dei vari ossidi dell'azoto può essere legata anche all'attività agricola, la produzione dell'ammoniaca è quasi interamente prodotta dagli allevamenti.⁷

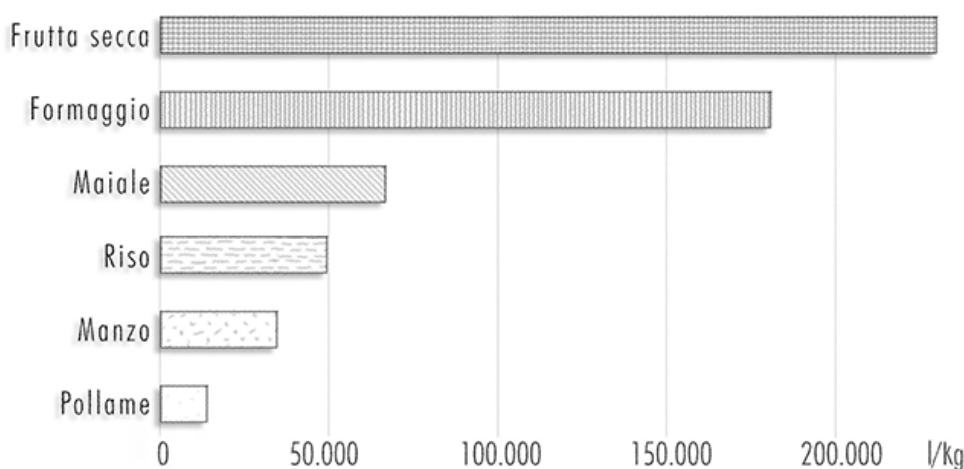


La proporzione delle emissioni di gas serra dovute all'agricoltura e all'allevamento è in continuo calo. Questo non è dovuto a un calo delle emissioni di questi settori, che sono più o meno stabili, ma all'aumento di tutto il resto. A ben vedere, stiamo riuscendo a produrre sempre più cibo per più persone senza aumentare le emissioni.

C'è invece un tipo di impatto su cui forse si esagera l'attribuzione di responsabilità alla carne, ed è quello del consumo di acqua, che comunque non è basso. Nel caso dei prodotti animali è particolarmente vero il discorso fatto nel quarto capitolo sulla differenza tra la *water footprint* e gli studi di *life cycle assessment*: tutto dipende dal conteggio dell'acqua verde. Dato che l'uso di superficie da parte di alcuni tipi di allevamento è fuori proporzione, ecco che l'utilizzo di acqua verde lo riflette. Se si tiene quindi conto dell'uso di superficie, risulta ridondante puntualizzare l'occupazione di suolo e la *water footprint*; ha più senso vedere il consumo di acqua blu pesato per l'indice di scarsità.

Da questa prospettiva, il surplus di consumo di acqua che hanno i prodotti di origine animale non è così rilevante: un passaggio completo a livello globale a una dieta esclusivamente vegetale porterebbe a una riduzione del 20 per cento del consumo di acqua; in una dieta senza prodotti voluttuari (tabacco, alcol, zucchero, dolci e caffè) la riduzione sarebbe dell'87 per cento.⁸

Nel caso dell'acqua pesata per la sua scarsità molti prodotti animali competono con i prodotti vegetali, cosa che invece non accade per l'occupazione di suolo o per le emissioni: lì i prodotti animali sono sempre in cima alla classifica.



Il consumo di acqua pesato per l'indice di scarsità di vari alimenti non sembra avere una chiara distinzione tra prodotti animali e vegetali, come succede per le emissioni e l'occupazione del suolo.

Alcuni alimenti, come la frutta secca (in particolare le mandorle), utilizzano enormi quantità di acqua, prelevate da fiumi o dalle falde.

Per tutti questi motivi, ridurre il consumo di carne è ottimo dal punto di vista ambientale. Inoltre, questo è un caso raro in cui non sembrano esserci *trade-off* o costi nascosti: meno carne è sempre da preferire, e l'*optimum* sta nell'azzeramento di tali consumi.

Diventeremo tutti vegani?

Proprio per questa linearità, chiunque si occupi di ambiente auspica una riduzione del consumo di carne, e spesso la comunicazione in ambito ambientale viene mescolata con le istanze antispeciste (e in generale della comunità dei vegetariani e dei vegani). Ma nonostante tale attività persuasiva, la percentuale della popolazione vegetariana e vegana in Italia è intorno all'8 per cento, con un aumento relativo decennale esiguo. Seguendo i report Eurispes, in dieci anni l'aumento è stato di 2-3 punti percentuali; vedendo le fluttuazioni, si è del tutto dentro l'errore statistico.⁹

Il resto della popolazione continua a mangiare grandi quantità di carne. Perché in così tanti non vogliamo o riusciamo a diventare vegani o vegetariani? I motivi possono essere molteplici: dal piacere di consumare qualche buon piatto alla praticità del cucinare la carne; dal cercare di non complicarsi la vita quando si mangia insieme ad altre persone alla semplice iterazione di alcune abitudini.

Molto spesso non riusciamo a renderci conto che viviamo all'interno di bolle: io conosco per lo più persone giovani, molto istruite, con una forte attenzione per temi sociali e ambientali e, se siete arrivati a questo punto del libro, verosimilmente lo siete anche voi. Ma la maggior parte degli italiani non è così. Metà della popolazione ha più di 48 anni. L'istruzione media è molto scarsa nel nostro Paese, rispetto ad altri Paesi europei. Da una fetta maggioritaria della popolazione, molte problematiche ambientali non sono nemmeno sentite (in entrambi i significati possibili). Così come non lo sono le istanze animaliste. Qui si pone, a mio avviso, un grosso problema di comunicazione: l'invito a diventare vegani o vegetariani per l'ambiente rischia di essere poco efficace. Un messaggio troppo forte, che tende a identificare queste diete come condizioni indispensabili per ridurre l'impatto ambientale, può essere polarizzante e allontanare molte persone.

Oltre al fatto che si tratta di una semplificazione eccessiva.

Infatti, in tutto il discorso fatto finora, ho semplificato troppo e, come vedremo, è sbagliato trattare "la carne" come se avesse tutta lo stesso impatto ambientale. Le differenze tra i diversi tipi di carne sono spesso molto maggiori che tra alimenti di origine animale e alimenti di origine vegetale, per emissioni, occupazione di suolo, utilizzo di acqua e varie forme di inquinamento.

Ma partiamo da una banalità: si può già fare moltissimo riducendo il consumo di carne. Rientrando nei limiti delle linee guida,¹⁰ che prevedono

una porzione (100 grammi) di carne rossa a settimana e tre (in tutto 300 grammi) di carne bianca, avremo una riduzione importante dell'impatto, oltre che un miglioramento sulla salute generale. Si stima che non superando le quantità massime consigliate di carni, secondo le linee guida internazionali, si raggiunga metà dell'obiettivo nella riduzione delle emissioni rispetto al diventare vegani, e due terzi rispetto al diventare vegetariani.¹¹ Se il 90 per cento della popolazione rispettasse questi limiti, sul fronte della riduzione delle emissioni sarebbe come convincere il 45 per cento della popolazione a diventare vegana. Un risultato strabiliante!

Una questione di stomaco (o stomaci)

Eppure, ci sarebbe un modo per avere una riduzione ancora più vistosa, prendendo atto di un fatto che emerge chiaramente dalla letteratura scientifica.

L'idea di concentrarsi sulle ripercussioni ambientali della carne si rivela un approccio veramente pragmatico. Secondo i dati che abbiamo visto, il consumo di carne rispetta il principio di Pareto: un gruppo esiguo di alimenti ha l'impatto ambientale maggioritario. È giustissimo quindi affrontare la questione puntando sulla riduzione di quel famoso 20 per cento che causa l'80 per cento dei problemi.

Ma se vi dicessi che anche all'interno del gruppo della "carne" esiste una distribuzione simile, o persino più accentuata? Che alcuni tipi di carne, in proporzione minoritari, causano la stragrande maggioranza delle emissioni di gas serra, del consumo di suolo, della distruzione della biodiversità? Sarebbe un'ottima notizia, no? Perché si potrebbe puntare a ridurre quel consumo specifico, e sarebbe un obiettivo abbordabile per tutti, anche per chi non vuole diventare vegetariano.

Partiamo dalla prima grossa distinzione: la carne non ha tutta lo stesso impatto ambientale. L'allevamento di diversi animali può sembrare apparentemente simile, eppure c'è una differenza sostanziale tra i loro stomaci, che ha conseguenze dirompenti: alcuni possono digerire la molecola organica più abbondante sulla Terra, altri no.

Infatti ovini, caprini e bovini hanno quattro cavità in cui avviene la digestione del cibo di cui si nutrono, gli altri animali ne hanno solo una. Nel

rumine, il primo stomaco e il più grande, avviene un processo di fermentazione operato da batteri, archaea ed eucarioti unicellulari che permette di digerire la cellulosa. L'efficienza è particolarmente scarsa, tuttavia permette a questi animali di trarre energia e nutrienti dalle pareti cellulari delle piante, che invece risultano inerti per altri animali, come maiali e polli. Cavalli e asini stanno in una via di mezzo: non hanno il rumine, eppure riescono a far avvenire questo tipo di fermentazione nell'intestino.

L'aspetto interessante dei ruminanti è che possono estrarre nutrienti dall'erba, e il pascolo diventa un modo per avere cibo senza coltivare la terra. Gli altri animali, invece, devono essere nutriti direttamente con vegetali precedentemente coltivati e raccolti (soprattutto cereali e legumi). Questa semplice differenza porta a un divario immenso nell'impatto ambientale.

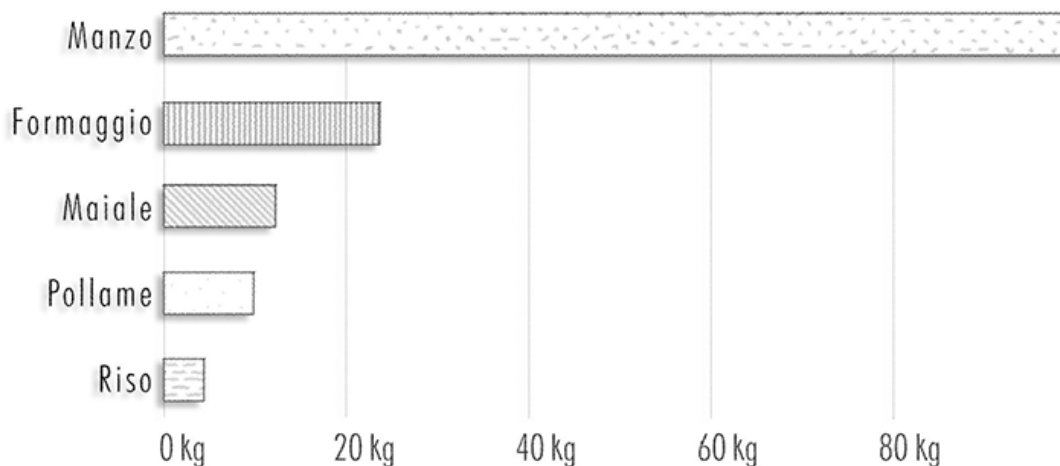
Quando un ruminante mangia l'erba o altri vegetali, come detto inizia una lunga fase di fermentazione: stiamo parlando di bioreattori enormi, a volte anche più grandi di 100 litri. Questo processo purtroppo è poco efficiente: una grande quantità di energia se ne va sotto forma di calore dovuto alla fermentazione e al metabolismo dei microrganismi che fermentano. Inoltre, si tratta comunque di un assorbimento incompleto; una grande quantità di cellulosa non viene digerita.

Oltre a questo, l'ambiente necessariamente anossico (privo di ossigeno) del rumine porta allo sviluppo di metano, un gas climalterante molto peggiore dell'anidride carbonica. Polli e maiali invece sono come noi: mangiamo pasta (o dei chicchi di qualsiasi cereale) e ne assorbiamo direttamente una fetta maggioritaria dei nutrienti, soprattutto l'amido e le proteine. In questa operazione non produciamo metano (anche se lo possono fare le feci, se iniziano a fermentare).

A ciò va aggiunta un'ulteriore differenza: la quantità di carne che si può ricavare da ogni animale varia in base alle sue caratteristiche. Purtroppo i ruminanti hanno anche il difetto di avere molte più interiora, e complessivamente si ricava meno carne da ogni individuo. Dal pollo si può ottenere il 70 per cento della carne rispetto al suo peso, dal maiale intorno al 75 per cento, dai bovini intorno al 60 per cento (anche se ci sono razze che possono arrivare al 70 per cento) e dai piccoli ruminanti anche meno (con valori sotto il 50 per cento per capretti e agnelli).

Esaminando i dati globali, si osserva che tutte queste differenze tra gli animali si ritrovano nelle rispettive emissioni: a parità di produzione, la carne di manzo emette 10 volte più del pollo e 8 volte più del maiale.¹² Per quanto riguarda l'occupazione di suolo, le differenze sono ancora maggiori: il pollame è 30 volte meglio del manzo e il maiale 21 volte meglio. Se tutti gli abitanti del mondo mangiassero solo pollo e maiale, secondo le linee guida, ci sarebbero delle emissioni annuali nell'ordine dei 220 chili di CO₂e¹³ pro capite, più o meno quanto attualmente emette un gatto o un cane di piccole dimensioni per la sua dieta.¹⁴

È invece un po' più difficile fare una valutazione per ovini e caprini, sia perché la loro produzione è più scarsa di quella dei bovini, sia perché c'è molta variabilità nei modi in cui vengono allevati. Si può dire che per l'occupazione di suolo non ci sono differenze con i bovini, e quindi siamo a livelli enormi; ma è a livello di emissioni che la forbice è più ampia: in alcune analisi le emissioni sono paritetiche ai bovini, in altre risultano minori, anche di tre volte.¹⁵ In ogni caso, rimangono enormemente più impattanti di polli e maiali.



Le medie globali delle emissioni di gas serra per diversi tipi di produzioni e di allevamenti mostrano l'enorme divario tra i ruminanti e tutto il resto.

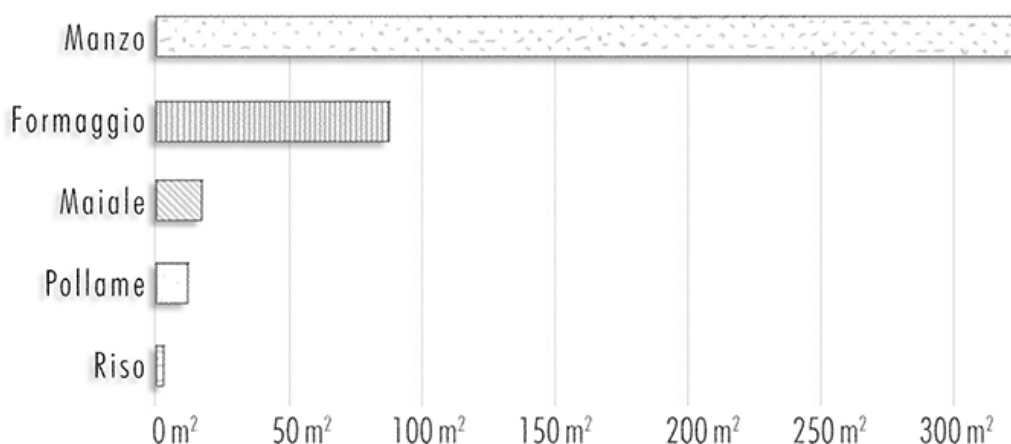
Passiamo agli altri prodotti di origine animale. Produrre formaggi è più efficiente che produrre carne, perché da un animale si riescono a ricavare

migliaia di chili di formaggio nel corso di una vita; eppure, in media, le emissioni per la produzione dei formaggi (complessivamente) sono circa il doppio di quelle della carne del pollo e del maiale per unità di peso. Sull'utilizzo di superficie, le differenze sono ancora più grandi: un chilo di formaggio impatta come 5 chili di carne di maiale o 7 chili di pollo.

Si potrebbe argomentare che questo è un confronto ingiusto, e sono d'accordo; d'altronde carne e formaggi sono due alimenti diversi: i formaggi hanno più grasso, e quindi sono più ricchi dal punto di vista energetico. Eppure, anche il confronto a parità di calorie non regge: pollo e maiale sono tre volte meno impattanti.

Durante la preparazione dei formaggi viene scartata una certa quantità di nutrienti, una parte viene consumata dai batteri lattici e la lavorazione causa emissioni; per questo motivo, il latte ha un impatto più basso del formaggio. Dato che il latte è formato per lo più di acqua, non ha senso fare il confronto con il formaggio per unità di peso, ma piuttosto prendendo in considerazione lo stesso apporto calorico: il latte è “solo” il doppio più impattante di pollo e maiale per l'occupazione di suolo. Mentre sul fronte delle emissioni è equivalente a queste due carni.

Tra i prodotti animali, le uova vincono su tutta la linea, tanto che per vari parametri ambientali sono equiparabili ad alcuni vegetali (come il riso o le verdure cresciute in serra riscaldata). Le uova causano 20 volte meno emissioni della carne di manzo e 50 volte meno occupazione di suolo.



Dall'immagine risulta evidente che anche per quanto riguarda la superficie utilizzata i ruminanti impattano più di tutte le altre produzioni.

Tenendo conto di tutto, le emissioni dei bovini sono scandalose: ogni anno vengono prodotte circa 71 megatonnellate di carne di bovino a livello globale, a cui va aggiunta la grande quantità di latte e di latticini, che complessivamente corrispondono a una produzione calorica equivalente a 160-200 Mt di carne. Tale quantità di cibo è più o meno la medesima della somma di pollame e maiali (circa 250 Mt di carne), a cui vanno aggiunti 80 Mt di uova. Eppure, la sproporzione è evidente: tutti i bovini contribuiscono a produrre 5,7 Gt di CO₂e contro le 1,6 di polli e maiali sommati.¹⁶

Anche per quanto riguarda tutte le forme di inquinamento, i bovini tendono ad avere valori enormemente peggiori degli altri animali a parità di carne prodotta. Sono differenze veramente vistose: soprattutto sul fronte dell'inquinamento da nutrienti, i valori mondiali della carne di bovino sono tra le 5 e le 8 volte più alti di quelli del pollame e dei suini. Il motivo principale riguarda i loro escrementi: i bovini, a causa della scarsa efficienza, producono quantità di feci fuori scala per ogni chilo di carne rispetto agli animali con un solo stomaco.¹⁷

Stando a tutti questi dati, emerge un fatto evidente: additare “la carne” o “i prodotti di origine animale” come causa principale di alcuni problemi ambientali è poco utile, dato che la specificazione del tipo di carne risulta dirimente. Le differenze di emissioni sono molto maggiori tra il manzo e il pollo che tra il pollo e qualsiasi vegetale.

Per questo motivo, eliminando semplicemente la carne dei ruminanti dalla propria dieta si possono raggiungere diminuzioni sorprendenti dell'impronta carbonica, paragonabili al diventare vegetariani (o vegani al 70 per cento).¹⁸ La riduzione dell'occupazione di suolo è ancora più rilevante: se domani l'umanità smettesse di nutrirsi di carne di ruminanti (e di latticini), il consumo di suolo sarebbe comparabile a quello dell'umanità completamente vegana.¹⁹

Quindi, sostituendo la carne di manzo con quella di pollo e maiale (lasciamo da parte per ora considerazioni salutistiche) si può già fare moltissimo, ed è uno scenario molto più abbordabile per le persone comuni, che difficilmente potrebbero passare a una dieta cento per cento vegetale.

Torniamo un momento alla questione che avevo sollevato prima: come ci poniamo con le scelte etiche legate alla sofferenza degli animali? Sostituire

tutta la carne dei ruminanti con la carne di pollo (e in parte di maiale) sarebbe una manna dal cielo dal punto di vista ambientale, ma creerebbe più sofferenza? D'altronde servono molti più polli per fare la stessa quantità di carne. Qui sembra esserci un *trade-off* tra animalismo e ambiente.

Differenze negli allevamenti

Ma non è finita qui. C'è un altro motivo per cui la carne non è tutta uguale. Torniamo al rumine, il primo stomaco dei ruminanti, che rende possibile la magia di estrarre nutrienti dall'erba, seppur in modo poco efficiente. Questo "bioreattore" animale è trasportabile, e si muove direttamente sulle gambe degli animali. Tutto ciò permette di non dover necessariamente portare il cibo agli animali, come spesso si fa per polli e maiali, ma si può permettere ai ruminanti di prendersi il cibo da soli.

In altre parole, si può lasciar pascolare gli animali, che traggono i nutrienti dall'erba, e poi mungerli per ottenere latte e formaggi o a un certo punto macellarli. Questa pratica è velocemente scalabile: basta aumentare il numero di capi e la superficie di pascolo. Lo sforzo dell'allevatore è mediamente basso, a meno che non siano presenti predatori, che però gli esseri umani tendono a tenere sotto controllo (a volte anche estinguendoli).

Purtroppo questo fenomeno è andato fuori scala: dei circa 4,2 miliardi di ettari che l'umanità occupa con le sue attività (circa un terzo di tutte le terre emerse), ben 3 miliardi sono occupati dai pascoli.²⁰ Circa due terzi di tutte le terre occupate dalla nostra specie sono pascoli. Il restante terzo è dovuto quasi interamente all'agricoltura per produrre cibo per noi (700 milioni di ettari) e mangime per gli animali da allevamento (500 milioni di ettari).

Altre stime danno risultati più abbondanti, con un consumo di superficie complessivo di 5 miliardi di ettari,²¹ ma le proporzioni dell'impatto dei vari tipi di attività non sono molto diverse. Sul fronte dell'occupazione di suolo, il pascolo è di gran lunga il fenomeno che spiega maggiormente le differenze pro capite di utilizzo di terra per l'essere umano: pensate che un abitante medio del Brasile utilizza 6 volte il terreno di un italiano medio (nonostante noi siamo notevolmente più ricchi). Per occupazione pro capite di suolo, nessuno batte gli abitanti dell'Oceania, con i loro sterminati

pascoli di pecore, capre e bovini: in media, un australiano utilizza 70 volte più terra di un italiano.²²

Da persona preoccupata per la conservazione della biodiversità, per me questo è il problema più grande da affrontare: abbiamo sottratto quasi un terzo delle aree “utilizzabili” del pianeta per mandare al pascolo i nostri animali, quasi sempre distruggendo la biodiversità del luogo. Ogni qual volta pensate alla deforestazione di posti meravigliosi come l’Amazzonia, dietro c’è stata e c’è tuttora l’espansione dei pascoli.²³ Ma più delle foreste sono le praterie e gli arbusteti a essere stati compromessi dal pascolo: attualmente si stima che negli ultimi trecento anni si sia passati da 4,6 miliardi di ettari a 1,6. E ancora più che nel caso delle emissioni, il ruolo dei ruminanti è preponderante: facendo la media globale, per produrre un chilo di carne di agnello o manzo servono più di 300 metri quadri di terra.

A queste considerazioni, si tende a rispondere dicendo che, in realtà, il fatto che i ruminanti vadano al pascolo potenzialmente ovunque è un bene: in questo modo vengono sfruttate aree che non sarebbe possibile coltivare, come i pendii delle colline o delle montagne o altre zone marginali, in cui non potrebbero arrivare i trattori o la coltivazione non sarebbe particolarmente profittevole.

Queste argomentazioni hanno senso dalla prospettiva secondo cui è giusto e necessario sfruttare ogni fazzoletto di terra per estrarre cibo e risorse per la nostra specie a discapito di tutte le altre (senza tenere conto che questo approccio è pericoloso sul lungo periodo anche per la nostra specie, perché riduce i vari servizi ecosistemici). Un campo non pascolato e incolto non è necessariamente una risorsa non sfruttata, ma può essere una futura foresta in grado di assorbire CO₂ e di salvaguardare la biodiversità. Se globalmente riducessimo il consumo di carne di ruminanti, o mangiassimo più animali allevati con mangimi, l’impatto ambientale sarebbe di gran lunga minore e un sacco di terra occupata si libererebbe. Si fermerebbero molti processi di deforestazione e anzi ci sarebbe un’espansione di foreste e praterie, che è quello che sta succedendo in Europa.

Qualcuno potrebbe obiettare: “Ma io avevo sentito che il problema sono gli allevamenti intensivi, invece dai dati che presenti sembra che il problema siano gli allevamenti estensivi”.

Non so che cosa rispondere, se non: “È così”. Allevare al pascolo su grandi appezzamenti di terra ha un impatto ambientale enorme: occupa una quantità spropositata di spazio, la digestione della cellulosa porta a emissioni di metano gigantesche, tutto questo è il principale fattore trainante della deforestazione e in generale della perdita ingente di habitat con molta biodiversità. Stiamo facendo mangiare il mondo al nostro bestiame. Gli allevamenti intensivi, nonostante possano non piacere per come vengono trattati gli animali, sono enormemente meno impattanti.

Mentre occupiamo circa un terzo delle terre emerse arabili per allevare gli animali al pascolo, contemporaneamente ne utilizziamo il 10 per cento per coltivare i mangimi con cui produciamo molta più carne,²⁴ e più sana, se teniamo conto del fatto che il pollo è più sano del manzo.

Non è quindi una differenza solo di specie. I ruminanti, che sono più flessibili, possono essere allevati in modi diversi, anche nel corso della loro vita. C'è una certa proporzionalità tra gli allevamenti nei Paesi più ricchi e quanto in media gli animali tendano a essere nutriti in modo intensivo.²⁵ Sono soprattutto i vitelli e le femmine in età riproduttiva a essere alimentati tramite i mangimi. D'altro canto, si è diffusa in tutto il mondo la pratica di nutrire gli animali nei recinti gli ultimi mesi di vita, con cibo energeticamente più denso per migliorare la qualità della carne.

Quando i ruminanti sono allevati così, riducono di molto il loro impatto ambientale. I motivi sono molteplici: sono alimentati maggiormente con amido, e quindi sono più efficienti nell'estrarre i nutrienti e producono meno metano; vengono nutriti anche con scarti di produzione dell'agricoltura o di lavorazioni del cibo; ma soprattutto mangiano mangimi coltivati in campi ad alta capacità di produzione energetica.

Pensateci un secondo: quale può essere la differenza di calorie assimilabili tra un campo d'orzo o di mais e un prato? E quella di proteine tra una distesa d'erba e un campo di soia? Il dislivello è incommensurabile. Quando si vanno a calcolare le differenze di emissioni o di consumo di suolo di animali della stessa specie, ma allevate in parti diverse del mondo, ecco che i dati mostrano un divario lampante: dove si coltiva estensivamente, l'impatto ambientale per unità di prodotto è immensamente più grande. Quindi ecco che un chilo di carne di manzo in Europa occidentale porta alla produzione di circa 22-29 chili di CO₂e, però la stessa

produzione può emettere più di quattro volte in Sud America e fino a quaranta volte in alcune parti dell'Africa o dell'Asia.²⁶

La disuguaglianza tra questi modelli si può osservare anche a livello macroscopico: l'Europa produce complessivamente circa 60 Mt di carne all'anno, l'intero Sud America invece circa 45 Mt, eppure la differenza di utilizzo di terreno tra le due aree geografiche è enorme: nel primo caso parliamo di circa 280 milioni di ettari, nel secondo caso di circa 750 milioni di ettari. Si usa tre volte più terra per produrre meno carne e ciò dipende dalla discrepanza tra allevamenti intensivi ed estensivi: 550 dei 750 milioni di ettari sono occupati da animali al pascolo (contro meno di 100 milioni europei).

Il secondo fattore importante sta nella differenza di composizione del bestiame: da noi la quota di bovini è molto più bassa rispetto al Sud America, e complessivamente gli allevamenti intensivi europei sono più efficienti. C'è da precisare però che una piccola fetta dei 200 milioni di ettari coltivati in Sud America serve anche a produrre mangimi per l'Europa, ma questo cambia di poco il computo totale.²⁷

Una questione geografica

Fino a ora vi ho parlato di dati globali. Abbiamo visto che trattare la carne e i derivati animali come se fossero un unicum non ha senso dal punto di vista ambientale: ci sono differenze enormi tra specie, tra tipi di prodotti e tra forme di allevamento. Ma se vi dicessi che i dati europei si distanziano parecchio dai dati globali? Certo, non cambierebbe molto se vivessimo in altre parti del mondo. I dati globali sono importanti per quando viaggiamo e per i prodotti che importiamo, ma in larga parte i cittadini europei consumano carne prodotta in Europa; non si può non tener conto dei dati europei se si vuole fare un'analisi sensata.

Il contesto europeo si discosta da quello mondiale. In Europa il settore della produzione di cibo impatta molto meno: in proporzione, le emissioni legate al nostro cibo sono l'11 per cento del totale (contro il 20 per cento mondiale).²⁸ Questo è dovuto ad almeno due fattori: rispetto al resto del mondo, i nostri consumi per il riscaldamento, i trasporti e le industrie sono più alti; inoltre, l'agricoltura europea ha dei livelli di efficienza straordinari:

a parità di prodotto, molti dei nostri cibi emettono meno e utilizzano molto meno spazio. L'allevamento non è efficiente quanto il settore agricolo e produce il 9 per cento delle emissioni: meno rispetto al resto del mondo, ma non in modo sorprendente come fa l'agricoltura.

Anche qui c'è una sproporzione tra i ruminanti e gli altri animali. L'80 per cento delle emissioni proviene dai bovini, il 16 per cento dai maiali e il 4 per cento dal pollame. La produzione europea di ovini e caprini è trascurabile nel computo totale, eppure va fatta una precisazione in controtendenza con i dati globali: a causa del fatto che i piccoli ruminanti vengono allevati in modo più estensivo, e quindi si nutrono di cibo meno denso dal punto di vista energetico, in Europa, a parità di prodotto, sono più impattanti della carne di manzo.²⁹

Confrontiamo i dati europei con quelli globali e ci accorgiamo subito delle differenze. I dati italiani sembrano essere perfettamente in linea con la media europea. Le emissioni globali per un chilo di carne di bovino sono tre volte quelle europee (che corrisponde a circa 30 chili di CO₂e); il maiale è in un rapporto di circa 2 a 1 (circa 6 chili di CO₂e); e per il pollo europeo siamo di nuovo vicino a un terzo (circa 3,5 chili di CO₂e).³⁰

Le emissioni del pollame sono particolarmente basse. I sistemi intensivi europei hanno portato a un'efficienza di conversione sorprendente. Si arriva al paradosso che un chilo di pollo prodotto in Europa emette meno di un chilo di riso a livello globale. E di riso se ne producono 700 milioni di tonnellate ogni anno, circa dieci volte la produzione globale di polli.

Immaginate che da domani un italiano decidesse di seguire le linee guida alimentari e mangiare tre porzioni da 100 grammi di pollame e una di maiale ogni settimana; il passaggio "rivoluzionario" consiste nell'escludere tutte le altre carni rosse. Alla fine dell'anno, le emissioni dovute al pollo sarebbero di 55 chili di CO₂e, quelle del maiale sarebbero di circa 31 chili di CO₂e. È lo stesso quantitativo di emissioni di un viaggio con una macchina a benzina da Roma a Milano, o di una singola grossa costata di manzo da 700 grammi proveniente dal Sud America. Tenendo conto che attualmente le emissioni legate al consumo di carne di un europeo medio sono circa cinque volte questo valore, questo potrebbe essere un ottimo modo per ridurre il proprio impatto.³¹

Sul fronte del consumo di suolo, invece, non c'è una sostanziale differenza per il pollame, che aveva già valori relativamente bassi.³² I maiali europei utilizzano circa metà del suolo dei maiali globali. D'altro canto l'efficientamento europeo riesce a ridurre di molto l'utilizzo di superficie per la produzione di carne bovina: limitando la componente alimentare legata all'erba rispetto al resto del mondo, si arriva a circa 35 metri quadrati di terreno per produrre un chilo di carne. Comunque quattro volte più del pollo o del maiale, ma nove volte meno della media globale.

Questi sono dati che riguardano il presente (o comunque gli ultimi dieci anni), ma i processi di efficientamento potrebbero continuare anche nei prossimi decenni. Un aspetto che emerge in letteratura è che una quota importante delle emissioni che si potrebbero abbassare riguarda l'importazione di mangimi, soprattutto dal Brasile,³³ legata alla deforestazione. Ridurre tale importazione o spostarla ad altri Paesi (per esempio, l'Argentina ha una produzione meno impattante) potrebbe far scendere ulteriormente le emissioni di pollo e maiale fino quasi a dimezzarle. Un pollo europeo che emette meno di 2 chili di CO₂ e sarebbe paragonabile a molti vegetali.

Un altro modo per diminuire le emissioni e le varie forme di inquinamento riguarda la gestione di letame e liquami. Questo è un punto su cui spinge molto l'Unione europea,³⁴ ed è un obiettivo comune che gli allevatori devono portare avanti.

Il problema degli allevamenti intensivi

Vi svelo una delle regole d'oro che utilizzo nel mio lavoro: se una cosa mi convince al cento per cento, mi sorge qualche dubbio. Nel caso in cui, analizzando un fenomeno, trovo solo lati positivi, sento un allarme interno che ripete: "Pericolo *bias*". Di solito se non si riesce a trovare un difetto in qualcosa o in qualcuno è perché si è troppo coinvolti: o si è innamorati, o si sta parteggiando.

Possibile che il pollame europeo sia così positivamente sorprendente rispetto agli altri? Possibile che non ci siano degli svantaggi ambientali legati agli allevamenti intensivi rispetto a quelli estensivi? A parte la

questione del benessere animale c'è un punto in controtendenza che merita di essere citato: anche in questo caso non mancano *trade-off*.

Gli allevamenti intensivi, soprattutto in Pianura Padana, sono problematici per l'inquinamento dell'aria. Infatti, una forte concentrazione di animali porta a una produzione diretta e indiretta di polveri sottili. La produzione diretta è localizzata specialmente nei pressi degli allevamenti: sono in larga parte gli stessi animali e gli operatori a soffrirne. La produzione indiretta colpisce anche gli abitanti delle campagne e delle città vicine.

La produzione indiretta è veramente interessante: negli allevamenti e durante la gestione dei liquami vengono prodotti dei gas (soprattutto ammoniaca e ossidi dell'azoto). Questi gas nell'atmosfera possono reagire tra loro o con altri gas prodotti dalla combustione incompleta (proveniente per esempio dalle stufe). Tali reazioni portano alla formazione di goccioline o di solidi nell'atmosfera (come il nitrato di ammonio), che rientrano a tutti gli effetti nelle PM_{2,5}.³⁵

Nella valle del Po, data l'alta densità di allevamenti vicino alle città e poiché si tratta di un'area con scarsi venti, questo effetto è massimo.³⁶ D'altro canto il contributo di questi gas all'aumento dell'inquinamento dell'aria è minoritario rispetto a quello dato dai trasporti e dal riscaldamento domestico.

Un aspetto interessante è emerso proprio in questa zona e mostra che le cose sono persino più complesse di così: qui pare che le fluttuazioni di concentrazione dell'ammoniaca non siano particolarmente correlate con l'aumento di PM_{2,5}, cosa invece vera per gli ossidi dell'azoto.³⁷ Mentre l'ammoniaca proviene quasi completamente dall'allevamento, gli ossidi dell'azoto sono prodotti anche durante i processi di combustione e soprattutto in agricoltura, a causa di un eccessivo uso di fertilizzanti di sintesi, di letame o di altri composti organici ricchi di azoto.

Anche qui sembra esserci un *trade-off* tra inquinamento ed emissioni di gas serra: allevare in modo intensivo significa concentrare una grande quantità di inquinanti e abbassare le emissioni (e la distruzione degli habitat) a livello globale. Fortunatamente sul fronte dell'inquinamento si può agire: cercando di situare nuovi allevamenti distanti dai centri abitati (e

in zone in cui c'è più vento) e migliorando la gestione dei liquami sia negli allevamenti sia sui campi.

Dato che parliamo di eventuali cambiamenti futuri, affrontiamo velocemente una questione tecnica che spesso viene sollevata da chi si occupa di zootecnia se si affronta l'ipotesi di ridurre di molto l'allevamento di bovini. L'allevamento di questi animali in Europa è inserito in un concatenamento di processi di produzione: vengono alimentati con scarti produttivi di alcuni tipi di vegetali; il siero proveniente dall'industria casearia è utilizzato come alimento per i suini; il letame di bovino, particolarmente ricco di fibre, viene adoperato per concimare i campi (in modo prioritario nell'allevamento biologico). Ridurre di molto o eliminare il consumo di bovini potrebbe mettere in crisi questo tipo di processi, che concorrono all'efficienza dei sistemi europei.

È vero che ci vorranno molti anni perché eventuali cambiamenti possano trovare nuovi equilibri, ma pensare che non si possano trovare, e persino più efficienti, ha poco senso. Soprattutto alla luce di un sistema dinamico in forte evoluzione come è il settore agricolo e zootecnico, che negli ultimi decenni ha già subito delle evoluzioni.

In questo momento, per esempio, si sta iniziando a diffondere l'allevamento di vari insetti: queste specie hanno la potenzialità di digerire gli scarti e di convertirli in carne con un'efficienza impressionante, persino migliore di quella dei polli. Questi insetti, poi, possono essere usati a loro volta come mangime, o per l'alimentazione diretta umana. È del tutto verosimile che in pochi anni gli scarti dati ai ruminanti possano essere reindirizzati verso questo tipo di allevamenti e così via.

L'altro problema degli allevamenti intensivi

Il capitolo sulla carne potrebbe finire qui, ma c'è un'altra questione che mi piacerebbe affrontare: quella comunicativa. Ormai sono diversi anni che mi occupo di comunicazione per lavoro. Da divulgatore, il mio compito consiste nel comprendere il frutto della ricerca scientifica e nel raccontarlo in modo efficace, senza creare distorsioni o semplificazioni eccessive.

Per migliorare, negli ultimi anni ho affiancato lo studio delle ricerche scientifiche alla lettura di manuali di comunicazione della scienza e di

sociologia, con particolare attenzione ai limiti cognitivi nella comprensione del mondo.

Proprio per questo motivo, c'è una domanda che mi ronza in testa: com'è possibile che quando si parla degli impatti ambientali della carne si faccia riferimento principalmente agli allevamenti intensivi, quando il danno degli allevamenti estensivi è palesemente più vistoso? Come può essersi affermata un'idea così erronea nell'opinione pubblica?

Capita molto spesso che idee erranee siano accettate come verità assolute; lo abbiamo visto nel capitolo delle api. In questo caso, però, una spiegazione sensata ce l'ho. Sono intervenuti due fattori: effetto alone e *bias* della disponibilità.

L'effetto alone è un meccanismo psicologico molto diffuso per cui siamo portati a traslare un aspetto positivo o negativo di un ambito su un altro. I personaggi buoni nei film sono tendenzialmente belli, i cattivi (soprattutto gli scagnozzi) sono tendenzialmente brutti. C'è un motivo per cui questa cosa ha senso? No, eppure succede: puntiamo inevitabilmente a semplificare e ad accorpare caratteristiche positive o negative.

Vengono prodotte più emissioni cucinando le patatine fritte o le patate al forno? Ho più volte fatto questa domanda al pubblico durante alcune conferenze, e senza pensarci troppo la risposta tende a essere univoca: ovviamente le patatine fritte. La risposta non la so, non ci sono studi di LCA sulla differenza di cottura delle patatine e non scommetterei necessariamente che le patatine fritte siano meglio, dato che il forno è un sistema particolarmente dispendioso per scaldare, ma non è quello il punto: la risposta a questa domanda viene data per lo più per l'effetto alone. Viene traslata una caratteristica negativa di un ambito (salute) a un altro (ambiente).

Qualcosa di simile successe qualche anno fa con l'olio di palma, lo ricordate? A partire dal 2015 nell'opinione pubblica si diffuse una forte propensione a non acquistare alimenti contenenti olio di palma. Lì, il fenomeno fu inverso a quello delle patatine fritte: l'impatto ambientale negativo dovuto alla deforestazione nel Sudest asiatico per ampliare le piantagioni di palma, ben documentato con scene di oranghi e altri animali sofferenti, venne traslato all'ambito salutistico. In realtà, la composizione

dell'olio di palma non è particolarmente diversa da quella di altri oli vegetali.

Per quanto riguarda gli allevamenti intensivi è successa una cosa simile. Questi allevamenti, da decenni raccolgono l'attenzione mediatica per come viene trattato il bestiame: l'idea che ci siano miliardi di animali stipati in spazi piccoli, il cui unico "scopo" sia quello di accrescere la propria massa e produrre latte e uova, per alcuni è intollerabile, e per altri è comunque qualcosa di negativo. Alcuni scandali specifici, che riguardano situazioni estreme di maltrattamento, hanno avuto larga condivisione, e ciò ha contribuito a far nascere nell'opinione pubblica un rifiuto per gli allevamenti (almeno in quella più attiva e sensibile).

I bovini lasciati al pascolo trasmettono invece una sensazione di benessere ben maggiore, anche se queste immagini provengono da pascoli dove una volta era presente un habitat di foresta equatoriale. L'idea "intensivo = negativo, estensivo = positivo" è stata traslata dalla condizione in cui vivono gli animali all'ambito ambientale. Peccato che in questo contesto non sia vero.

La differenza tra gli allevamenti intensivi ed estensivi sta nella concentrazione di animali, nel loro cibo e anche nei loro escrementi. Sono visivamente impattanti le immagini di animali stipati, l'idea che immense quantità di cereali e legumi vengano coltivate e trasportate sotto forma di mangimi o le deiezioni di migliaia di animali concentrate in un solo punto. Mentre non fa lo stesso effetto vedere immense distese di animali al pascolo, nonostante ciò causi una maggiore distruzione degli habitat o che l'immensa quantità di deiezioni spalmate nei pascoli una volta dilavate contribuiscano enormemente all'inquinamento da nutrienti.

La maggiore disponibilità di esempi in cui sembra che gli allevamenti intensivi siano maggiormente impattanti ha contribuito a costruire questo immaginario. Ma se siete veramente interessati alle problematiche ambientali, è importante eliminare tale distorsione collettiva.

Errori positivi

Vi svelo un dietro le quinte. Questo capitolo non lo volevo scrivere. Almeno, non all'inizio. Poi ho fatto un errore, e come spesso accade in natura è dagli errori che nascono le buone idee.

Sono stato invitato in un programma radiofonico di Radio 24 a parlare della cosiddetta “carne sintetica”, un argomento che ho studiato molto negli scorsi anni. Il giorno prima, mentre cercavo di delineare il mio intervento con uno degli autori, ho detto che proprio sul tema dell'impatto della carne “ci stavo scrivendo un libro”, per cui in quei giorni ero particolarmente ferrato. Il telefono senza fili all'interno della redazione ha probabilmente distorto questa informazione, e il giorno seguente il conduttore mi ha presentato dicendo che stavo scrivendo un libro che parlava anche di “carne sintetica”, e successivamente che “stavo scrivendo un libro proprio su questo argomento”.

È stato lì che ho deciso di aggiungere un capitolo sulle alternative della carne: sia perché mi dispiaceva che la mia presentazione non corrispondesse a verità, sia perché durante quella puntata ho capito che questo tema desta un certo interesse.

Le alternative vegetali

Negli ultimi anni, alla luce dell'enorme impatto ambientale della carne – che però abbiamo visto essere concentrato in alcuni sottogruppi – e per le istanze etiche di chi vuole ridurre o azzerare la sofferenza animale, stanno spopolando vari sostituti della carne. In questo capitolo provo a raccogliere alcuni dati sui parametri ambientali della maggior parte delle alternative alla carne dei tipici vertebrati terrestri.

La prima possibilità che abbiamo è nutrirci con il resto del cibo che mangiamo di solito. Questa non è una provocazione, ma una semplice constatazione: la maggior parte degli italiani, per avvicinarsi alle linee guida, dovrebbe semplicemente sostituire una buona percentuale della carne che mangia con cereali, legumi, frutta e verdura. Soprattutto degli ultimi tre gruppi ne mangiamo troppo pochi. Oggi hai mangiato tre porzioni di frutta? Quante di verdura? In questa settimana quante volte ti è capitato di mangiare legumi?

Purtroppo negli ultimi decenni ci siamo abituati in molti ad avere in ogni pasto almeno un pezzo di carne, formaggio, uova o pesce. Questa cosa è dannosa da un punto di vista alimentare (e ambientale). Abituarsi a comporre una parte dei propri pasti inserendo solo prodotti vegetali è un'ottima pratica.

Ma non c'è solo il motivo alimentare per preferire la carne, ce ne sono anche legati alla praticità o al sapore. La fettina di manzo sulla piastra è chiaramente comoda. Se poi siamo di fretta, possiamo mangiarci un panino al prosciutto ancora più velocemente.

Per quanto riguarda la praticità, in commercio ormai si stanno diffondendo vari prodotti che mimano la forma degli hamburger. Si tratta di burger vegetali realizzati con cereali, legumi e verdure. Se vi capita, provateli. Quando si parla di cibo, avrete capito che l'impacchettamento, la trasformazione e il trasporto sono spesso trascurabili dal punto di vista dell'impatto ambientale rispetto alla produzione sul campo (o sui pascoli). Per cui, tutte queste alternative vegetali alla carne sono enormemente meno impattanti del manzo e perfino del pollo, anche di quello prodotto in Europa.

Esiste una variante di questi prodotti vegetali che va citata: la cosiddetta "carne finta" (dall'inglese *fake meat*). Spesso si tratta di burger vegetali che, oltre a mimare la forma dei burger tradizionali, cercano di imitare la carne sotto vari aspetti: la composizione dei nutrienti, il gusto, il colore e la consistenza. Sono cibi ricchi di proteine, estratte dalla soia e dai piselli, a cui vengono aggiunti grassi saturi (come quelli del cocco). Persino il tipico colore della carne, dovuto alla mioglobina, viene imitato, utilizzando la leg-emoglobina dei legumi. Il gusto assomiglia a quello della carne grazie

all'aggiunta di funghi, alghe o aromi. È un piatto al cento per cento non animale, che però ricorda la sensazione di mangiare carne.

Dal punto di vista ambientale, questi prodotti sono più impattanti dei semplici vegetali da cui provengono: d'altronde sono frutto delle estrazioni di parti specifiche di piante provenienti da varie parti del mondo, e a volte di colture con un certo impatto ambientale, come quelle che servono per ottenere i grassi saturi. Alcune analisi attestano che le emissioni per produrre un chilo di questo tipo di prodotti sono nell'ordine di 3-4 chili di CO₂e: ¹ quanto il pollo prodotto in Europa, ma enormemente meno della carne dei ruminanti.

Quello che non è chiaro attualmente è l'aspetto salutistico: la carne finta è più salutare? Non si conosce la risposta. Un cibo che cerca di avere la stessa composizione della carne rossa potrebbe avere effetti simili sulla salute, ma informazioni definitive ancora non ce ne sono.

Cresciuta in laboratorio o cresciuta dentro agli animali?

La carne coltivata in laboratorio e chiamata erroneamente “carne sintetica” non va confusa con le precedenti alternative. Si tratta di linee cellulari cresciute all'interno di ambienti controllati, che vengono nutrite attraverso la diffusione di varie sostanze (un po' come succede nel nostro corpo). Si parte da cellule staminali e si fanno sviluppare i tessuti dei muscoli e i tessuti adiposi all'interno di bioreattori. Da qui si può immaginare un ampio ventaglio di possibilità: il risultato si assembla in un burger, oppure si sollecitano le fibre muscolari per far in modo che prendano forme più allungate, simili a quelle dei muscoli. Ogni azienda può agire in modo diverso o avviare più linee con processi distinti.

La carne cresciuta in questo modo è già disponibile a Singapore, in un ristorante che serve delle pepite di pollo fritto dal 2020. ² E da poco la Food and Drug Administration americana ha dato la preapprovazione a un'azienda per espanderne la vendita negli Stati Uniti. ³ Attualmente l'EFSA non si è ancora espressa, per cui un suo eventuale arrivo sul mercato europeo sembra tuttora distante.

Questo tipo di carne viene vista con molto interesse da chi vuole ridurre la sofferenza animale: d'altronde, per crearla non serve far sviluppare

sistemi nervosi, come con gli animali. Eppure, per ora, tale produzione non sarebbe del tutto indolore: servono ancora dei preparati provenienti dagli animali per far sviluppare le cellule;⁴ ma c'è tutta l'intenzione di azzerare il problema da parte dei produttori. Inoltre, anche se per il momento non si può annullare l'uccisione di animali, ci sarebbe comunque una riduzione degli animali uccisi complessivamente.

Dal punto di vista ambientale, probabilmente è ancora presto per fare dei confronti (anche se ne sono stati fatti). Da una parte, questo processo è scalabile e se ne può migliorare l'efficienza. Produzioni maggiori potrebbero incentivare la creazione di bioreattori molto più grandi, che mantengono meglio la temperatura; si potrebbe puntare a efficientare la crescita cellulare per unità di nutrienti e si potrebbero selezionare i nutrienti da fonti sempre meno impattanti, per esempio gli scarti alimentari o i cianobatteri, come ipotizzato in alcuni studi. Finché queste produzioni rimangono piccole, però, c'è molta incertezza, e i risultati che si ottengono attualmente non sono sorprendenti.

Esistono svariati studi di LCA, e tutti arrivano più o meno allo stesso punto: la carne cresciuta in laboratorio è enormemente migliore della carne dei ruminanti,⁵ ma difficilmente batte il pollame, a maggior ragione il pollo europeo. Peccato che attualmente la carne che è stata realizzata in laboratorio e che è già in commercio a Singapore sia proprio di pollo, e lo stesso dovrebbe valere per quella che per prima arriverà negli USA.

Eppure, al di là dei dati attuali, questa novità andrebbe affrontata come si fa con le grandi rivoluzioni tecnologiche: ha poco senso farne una valutazione ora. Ha tutte le potenzialità per diventare il nuovo smartphone o rivelarsi un grande flop, come i visori per la realtà aumentata.

I frutti del mare

Il pesce può essere un ottimo sostituto della carne propriamente detta, sia dal punto di vista ambientale che salutistico. C'è un problema: si fa presto a dire "pesce".

Pensate allo scorso capitolo: quante distinzioni siamo riusciti a creare parlando praticamente di tre specie (più un'altra manciata di specie ancillari)? Nel caso del pesce o dei frutti di mare la complessità esplode:

esistono centinaia di specie appartenenti a gruppi tassonomici diversissimi; alcune specie non hanno un sistema nervoso centralizzato (pensate alle cozze); alcuni animali sono grandi qualche centimetro mentre altri sono lunghi diversi metri; ci sono pesci d'acqua dolce e pesci di mare; si possono allevare o pescare; i pesci allevati possono essere carnivori, erbivori o onnivori; si possono pescare in modo massiccio o meno, avendo diversi livelli potenziali di *bycatch* e così via.

Probabilmente servirebbe un libro a parte solo per analizzare i differenti impatti ambientali dei diversi tipi di pesca o di allevamento. Se qualcuno vi dà risposte semplici su questo argomento, seguite il consiglio di Gandalf: "Fuggite, sciocchi!". Quello che posso provare a fare è individuare qualche direttrice e consigliarvi qualche lettura di approfondimento.

Partiamo da una banalità: per emissioni, consumo di suolo e inquinamento, praticamente qualsiasi prodotto del mare batte di gran lunga i ruminanti. Anche i pesci più impattanti, come i pesci spada, che per essere pescati hanno bisogno in media di molto carburante, stanno ben al di sotto della CO₂ causata dalla produzione di altrettanta carne.⁶ I pesci grandi, però, non sono migliori di polli e maiali europei.

Qui il lettore necessita di una precisazione bibliografica: nello scorso capitolo sono riuscito a citare le differenze di emissioni tra i dati globali e quelli europei per diversi tipi di carne. Ciò è dovuto al fatto che una delle più consistenti metanalisi sul tema ha questi dati a disposizione, e quindi potevo fare confronti basati sugli stessi parametri. Inoltre, negli anni sono stati fatti molti studi sulla carne europea. Per i frutti di mare non vale lo stesso. La metanalisi di riferimento per questo paragrafo non ha dati così granulari, e quindi riporto le medie mondiali.⁷ Per di più, in particolare i dati dell'acquacoltura hanno avuto profondi cambiamenti negli ultimi decenni: si tratta di un settore in enorme crescita e trasformazione, per cui gli studi sono ancora relativamente pochi, provenienti soprattutto dall'Asia, e invecchiano velocemente.

D'altro canto, è verosimile che ci siano differenze regionali sorprendenti, sia per la pesca sia per l'acquacoltura. Per la pesca le disegualianze ecologiche tra i mari e le varie tecniche possono portare a esiti molto rilevanti; in acquacoltura è probabile che siano presenti vari processi di

efficientamento, come quelli che abbiamo visto per gli allevamenti intensivi europei.

Ma arriviamo al succo. Come ho già anticipato, c'è un gruppo di frutti di mare che ha degli impatti ambientali bassissimi: i bivalvi. Cozze, vongole, ostriche sono ottime da qualsiasi punto di vista. Le loro emissioni sono nell'ordine del chilo di CO_2 e per chilo di prodotto, praticamente lo stesso livello di molti vegetali.

Questo valore è dovuto alla facilità di allevamento e al fatto che durante la loro crescita producono carbonato di calcio (CaCO_3) per fare i gusci, sottraendo CO_2 dai mari. Chiaramente non causano occupazione di suolo: le cozze di solito vengono fatte crescere su corde appese a delle boe; nel caso delle vongole si utilizza una porzione di fondale marino, che nelle analisi non viene contato. C'è infine una sorpresa: i bivalvi sono animali filtratori, e per questo in alcuni casi riducono gli inquinanti dall'ambiente; vale sia per i composti dell'azoto sia per quelli del fosforo.

Ora starete pensando: “Quindi mangio degli inquinanti?”. Certo, un po' come quando mangiamo le piante. I bivalvi spesso si nutrono di alghe o altri microorganismi che si sono precedentemente alimentati con questi composti, esattamente come fanno le piante. E non stiamo parlando di assorbimenti trascurabili, sia per i nitrati che per i fosfati: per ogni chilo di bivalvi c'è una rimozione paragonabile alla quantità generata dalla produzione di un chilo di salmone.

Oltretutto i bivalvi dovrebbero destare poche preoccupazioni per il benessere animale: non hanno un sistema nervoso centralizzato, per cui è difficile immaginare che possano provare sensazioni comparabili con quelle degli altri animali che alleviamo o peschiamo. Non so voi, ma credo che userò più spesso le cozze per condire la pasta!

Arriviamo ai pesci pescati. Qui, com'è ovvio, c'è un'enorme differenza tra le varie specie. Una cosa che si può dire è che, tendenzialmente, quanto più è piccola una specie, tanto più ha delle emissioni ridotte per unità di peso. Alici e sardine sono ben sotto il pollo europeo per chilo di CO_2 emesse. Naselli e sgombri stanno tra il pollo e il maiale europeo. Tonno e calamari sono sopra il maiale europeo. Tutti, comunque, impattano

enormemente meno dei ruminanti. E il pesce surclassa i ruminanti anche per utilizzo di suolo (ovviamente) e inquinamento da nutrienti.

Ma per il pesce bisogna stare attenti anche ad altre problematiche ambientali, come il sovrasfruttamento degli stock ittici, la distruzione diretta degli habitat tramite alcune tecniche di pesca e l'estinzione diretta delle specie per sovrappesca. Qui, chiaramente, non ha senso valutare la pesca per unità di prodotto ma in relazione a quanto la specie di riferimento sia a rischio, o a quanto gli stock ittici siano sfruttati.

Ci sono vari approcci per affrontare questo problema. Partendo dagli indici che confrontano quanto l'attuale tasso di pesca sia vicino o abbia raggiunto la quantità di pescato sostenibile, cioè sopra il quale la popolazione dovrebbe iniziare a calare di anno in anno,⁸ si può valutare di mangiare o pescare alcuni pesci che non sono minacciati in qualche modo di estinzione. Per esempio, a me ha colpito scoprire che il dentice, una specie molto amata dal punto di vista culinario, nel Mediterraneo è considerato vulnerabile.⁹

Si possono fare delle leggi per vietare o disincentivare certe tecniche di pesca. Una buona notizia è che la pesca di fondale a strascico, quella più impattante sugli ecosistemi, è in forte calo in tutti i Paesi europei. In ogni caso, cibarsi di pesci piccoli, pelagici e molto diffusi come alici, sardine, sgombrì o altre specie simili è un'ottima indicazione. Sono anche specie che si possono consumare senza troppa preoccupazione di accumulare inquinanti, come il mercurio o altri metalli pesanti.

Ormai, però, la maggior parte dei pesci di cui si nutre l'umanità provengono dall'acquacoltura, pur con forti differenze regionali: gli europei, per esempio, ancora oggi mangiano più pesce pescato.¹⁰

Il sorpasso è avvenuto intorno al 2010, guidato soprattutto dalla crescita vertiginosa degli allevamenti in Asia. Anche qui si apre un mondo, che però si può riassumere più o meno così: le specie più diffuse di pesci allevati hanno livelli di emissioni di gas serra simili a quelle del pollo e del maiale europeo, tra i 3 e gli 8 chili di CO₂e, per capirci. Il salmone, per esempio, si attesta attorno ai 5 chili. Si trovano a livelli ben superiori i gamberetti e la tilapia (un pesce africano di acqua dolce). Per quanto riguarda invece

l'occupazione di suolo e le varie forme di inquinamento da nutrienti, quasi tutte le specie allevate battono il pollame (figuriamoci le altre carni).

Qualcuno potrebbe dire che almeno con il pesce allevato si evitano gli eventuali danni della pesca, come per esempio la distruzione degli habitat e il *bycatch*. E in larga parte è così, ma questo è tanto più vero quanto più una specie è erbivora. Per le specie carnivore, spesso è necessario utilizzare del pescato per nutrire gli animali allevati. In media occorrono 0,28 chili di pescato per produrre un chilo di pesce allevato. Si va dalle specie completamente erbivore alle anguille: in questo caso servono 3 chili di pescato per produrre un chilo di carne. Per il salmone, una delle specie più diffuse, si è arrivati a circa 2 chili di pesce per produrne uno.

Dico “si è arrivati” perché uno dei fatti più rilevanti che ha trasformato l'acquacoltura negli ultimi decenni è una complessiva riduzione dell'utilizzo della quota di mangime a base di pesce per quasi tutte le specie. Come si è ottenuto questo risultato? In molti modi: aumentando la quota di vegetali, sia di legumi sia di cereali, utilizzando scarti di altri processi agricoli e zootecnici e velocizzando la crescita dei pesci. I pesci sono animali che non riscaldano il proprio corpo, come facciamo noi mammiferi e come fanno gli uccelli: per questo sono molto più efficienti nel convertire il cibo in carne senza sprecarlo in calore.

Nonostante le raccomandazioni nutrizionali suggeriscano di mangiare più pesce che carne, gli italiani ne mangiano il triplo del pesce. Preferire i pesci rispetto agli animali terrestri più impattanti sembra un'ottima idea dal punto di vista ambientale. A maggior ragione, mangiare bivalvi, pesci pescati di piccole dimensioni e pesci erbivori allevati può portare a un'ulteriore riduzione dell'impatto ambientale.

Dai diamanti non nasce niente, dal letame nascono i ditteri

E gli insetti? Si parla molto del grande vantaggio ambientale del consumo degli insetti, per cui mi aspettavo di trovare una corposa letteratura scientifica sull'argomento. Ma iniziando ad approfondire mi sono reso conto che le cose non sono così solide, anche se ci sono alcuni studi in merito che mostrano un beneficio evidente.

Intanto c'è il problema della diversità, che nel caso degli insetti è esasperato: noi siamo un po' "phylumisti", e ci dimentichiamo della grande diversità tra gli altri phyla. Ma la divergenza evolutiva tra una mosca e un coleottero è paragonabile a quella tra una gallina e uno squalo. Ci aiuta il fatto che per ora le specie allevate appositamente per fare mangimi sono poche, e quelle per l'alimentazione umana ancora meno.

Questa è una prima grande distinzione: l'allevamento di insetti per creare mangimi per altri animali è in forte crescita, e mostra delle potenzialità enormi.¹¹ Qui, alcuni insetti in particolare sembrano permettere una rivoluzione nell'ambito della gestione dei rifiuti organici e del letame. Alcune specie, come il dittero *Hermetia illucens*, sono veramente promettenti.¹² L'idea di digerire gli scarti organici delle produzioni agricole e zootecniche per poi farne mangime per bestiame e per pesce d'allevamento potrebbe avere il doppio effetto di abbassare ulteriormente l'impatto della carne e di gestire meglio i rifiuti organici, soprattutto per quanto riguarda le emissioni dovute alla fermentazione e all'inquinamento da nutrienti.

Ma a noi interessa l'alimentazione diretta: possono alcuni insetti diventare alternative alla carne di altri animali? Come vi anticipavo, ci sono pochi studi che stimano le emissioni per unità di prodotto o per unità di proteine. Oltretutto, questa distinzione è particolarmente importante se si fa un raffronto tra la carne degli insetti e quella dei vertebrati, in quanto c'è molta differenza nel contenuto di acqua tra i due tipi di carne. A seconda che li si confronti per unità di prodotto o per unità di proteine, si ottengono risultati molto diversi. A ogni modo, l'impatto degli insetti è nettamente inferiore a quello dei ruminanti secondo praticamente qualsiasi indicatore, spesso per decine di volte.¹³

La comparazione con il maiale e il pollo è comunque molto buona: se si fa un paragone per unità di prodotto, la tarma della farina (*Tenebrio molitor*) ha emissioni leggermente più basse, mentre per il consumo di suolo primeggia abbondantemente, utilizzando un terzo della superficie. Per unità di proteine, invece, gli insetti vincono a mani basse, soprattutto i grilli,¹⁴ che sono notevolmente più efficienti nell'estrarre nutrienti dal cibo senza sprecarlo in calore. Gli insetti hanno anche il vantaggio di venire mangiati interi, spesso sotto forma di farine, e quindi non si perde una parte della massa in ossa e interiora.

Chiaramente nel caso degli insetti c'è un problema di accettazione: una parte del mondo, soprattutto quella più ricca, tende a rifiutarsi di introdurli nella propria alimentazione. In ogni caso, questi allevamenti hanno già ottimi indicatori di impatto ambientale nonostante non siano subentrati i processi di efficientamento dell'economia di scala. Se dovessero diffondersi è verosimile che diventerebbero ancora più ecologici, come è successo per pollo, maiale e pesce.

Un'ultima riflessione prima di chiudere il capitolo riguarda una questione etica. Il consumo di pesce causa la morte di molti più animali di tutte le forme di allevamento di vertebrati terrestri. Mentre per la carne si macellano circa 75 miliardi di animali ogni anno, per il pesce si parla di un numero tra le 15 e le 30 volte maggiore. L'allevamento degli insetti potrebbe espandere ancora di più questo numero: alla fine, per fare una tonnellata di farina di grilli bisogna utilizzare una grande quantità di animali. Alcuni ricercatori e filosofi hanno già sollevato dei dubbi sull'opportunità dell'allevamento di insetti per l'alimentazione dal punto di vista etico.¹⁵ Data la nostra scarsa somiglianza e parentela, noi li abbiamo sempre trattati in modo differente, negandogli spesso il possesso di qualità legate alla senzienza, per esempio la capacità di provare forme rudimentali di emozioni, come il dolore o il piacere. Invece, negli ultimi decenni sono emerse numerose evidenze che sembrano indicare che anche gli insetti possano avere queste caratteristiche. Per esempio, sapevate che i bombi si divertono a giocare,¹⁶ o che agiscono in maniera ottimistica o pessimistica in base al tipo di esperienza (piacevole o spiacevole) vissuta in precedenza? Potrebbe essere opportuno quantomeno porsi il problema etico legato al loro sfruttamento, come già facciamo per i vertebrati, analizzando le analogie e le differenze, caso per caso.

Se avete sentito la mancanza di temi etici e ci volete riflettere un po' in relazione alle tematiche ambientali, non preoccupatevi: avrete modo di farlo nel prossimo capitolo.

È sempre sbagliato uccidere un animale?

Uccidere

Avete mai ucciso un animale intenzionalmente? Penso di sì. Scommetto che avete ucciso delle zanzare, forse delle mosche, e qualcuno di voi anche dei ragni o altri artropodi. Stando all'articolo 544 bis del Codice penale, siete dei criminali: "Chiunque, per crudeltà o senza necessità, cagiona la morte di un animale è punito con la reclusione da quattro mesi a due anni".

Eppure, voi non pensate di essere veramente dei criminali; probabilmente nessun giudice lo penserebbe e non l'hanno pensato neanche i parlamentari che hanno proposto e votato questa legge nel 2004. Infatti, con l'espressione "gli animali" generalmente non ci si riferisce a tutti gli animali, ma solo ad alcuni: principalmente ai vertebrati, e a qualche sparuto gruppo qui e lì dell'albero della vita.

I motivi per cui tendiamo ad avere comportamenti differenziali tra le specie sono vari: alcune ci assomigliano di più, sia nella forma sia nel comportamento; ad alcune specie abbiamo attribuito un valore simbolico o culturale; ad altre abbiamo imparato ad affezionarci, avendole scelte come animali da compagnia; alcune specie hanno un valore economico da vive; inoltre, possono esserci differenze sostanziali nel sistema nervoso, che possono implicare variazioni nella capacità di ragionare o di provare emozioni. Eppure, queste distinzioni non sono definite in modo netto: perché mangiamo i maiali e non i cani, anche se hanno capacità cognitive paragonabili?

Mentre quasi tutte le culture umane hanno trovato dei modi condivisi su come comportarsi davanti all'uccisione e al maltrattamento di altri esseri umani, quando si tratta di altri animali sembra sia particolarmente difficile farlo.

Di fronte a questa confusione, ci sono delle teorie etiche che provano a mettere ordine. L'antispecismo nasce proprio dalle riflessioni sul modo in cui ci relazioniamo con gli altri animali. In modo molto generico possiamo dire che l'antispecismo afferma che sia riduttivo decidere di comportarsi in modo differenziale con gli altri animali solo in base alla specie di appartenenza, e quindi servono altre direttrici.¹

Con questa definizione molto ampia penso che in tanti sarebbero d'accordo. Per esempio, io ritengo che il parametro più importante per stabilire come rapportarsi agli altri animali sia la presenza di alcune caratteristiche cognitive: la capacità di provare emozioni, di avere forme di coscienza (o di autocoscienza) e la possibilità di immaginarsi il futuro. È in base alle proprie capacità cognitive che gli animali riescono a esperire la propria vita. Gli esseri umani, i cetacei, le altre scimmie, gli elefanti e via scorrendo, sono animali che necessitano di più tutele in quest'ottica; delle cozze, invece, ha senso preoccuparsi poco più di quanto facciamo per le piante, date le caratteristiche del loro sistema nervoso.

Però, come spesso succede, esistono varie declinazioni: ci sono molti modi per essere antispecisti. Per esempio, i più intransigenti tracciano un parallelismo tra il concetto di razza e quello di specie: esattamente come i razzisti discriminano le persone nere secondo una presunta differenza, l'essere umano fa lo stesso con gli altri animali. Capite che questo porta a un approccio tranciante: se non sei razzista, per te è inconcepibile sfruttare, maltrattare o uccidere una persona nera; allo stesso modo, se non sei specista dovrebbe essere inconcepibile sfruttare, maltrattare o uccidere un animale.

Il capostipite di questo approccio è Tom Regan, ma anche in Italia ci sono saggisti che condividono questa visione. Chiedo scusa al lettore per aver utilizzato il termine "intransigente", quando sarebbe stato meglio definire tale teoria filosofica "antispecismo deontologico", che è tendenzialmente in contrapposizione con l'antispecismo utilitarista. Probabilmente ho tradito una mia preferenza: tra i due approcci preferisco il secondo.

Nell'ultimo anno ho letto un po' di saggi di differenti autori con prospettive diverse sull'antispecismo. Un aspetto che mi ha colpito è che molti saggisti sembrano avere una visione degli animali simile a quella della

legge del 2004. Gli animali citati e su cui si fanno i vari ragionamenti sono tendenzialmente vertebrati o animali che sono entrati a far parte della nostra cultura e del dibattito pubblico. Non è chiaro se questo sia dovuto alla stessa cecità del legislatore verso tutti gli altri animali (che però sarebbe un po' paradossale da parte di un antispecista) o se si tratta di una scelta comunicativa per cui si utilizzano solo alcune specie carismatiche per fare gli esempi, come si fa spesso nella comunicazione della conservazione. Eppure, più volte mi sono trovato a farmi la domanda: "Ok, questo è un ragionamento che si può adattare a una pecora, ma lo si può estendere ai ragni o ai nematodi?".

Penso che ci sia un motivo pragmatico per cui si tende a essere antispecisti intransigenti solo con alcuni animali: equiparare la morte e la sofferenza di un agnello a quella di un cane porta a conseguenze logiche abbastanza accettabili, come la rinuncia a mangiare la carne di agnello. Ma equiparare la morte di un cane a quella di un moscerino potrebbe provocare dei cambiamenti profondissimi nella nostra società. Ve la sentireste di mettervi alla guida con la paura di fare una strage?

Invece, se si seleziona un gruppo ristretto di animali da trattare meglio degli altri ne possono conseguire scelte etiche molto coerenti tra loro. Non dovremmo allevare gli altri vertebrati per cibarcene, produrre il latte, le uova; dovremmo vietare la caccia, la pesca, la derattizzazione, gli zoo, i circhi, le corse con i cavalli e così via. Non sarebbe poi così infattibile.

Ci sono altri modi di essere antispecisti: dopo l'antispecismo più intransigente, il più diffuso è quello utilitaristico, popolarizzato soprattutto da Peter Singer.² Secondo questo approccio, è sempre preferibile ridurre la sofferenza il più possibile, senza che esistano necessariamente delle distinzioni assolute. Quindi, ecco che ridurre la sofferenza a 100 pecore è meglio che ridurla a 10 pecore e così via. Come avrete capito, è un modo di pensare che apprezzo, ma riconosco i limiti legati alla scarsa capacità che abbiamo di quantificare la sofferenza di animali diversi e di prevedere prospettive future.

Lo stesso Singer ne è un esempio emblematico: un intero capitolo della sua opera più famosa, *Liberazione animale*, pubblicato nel 1975, è dedicato alla cura contro i vari tipi di cancro. L'autore, citando dati e valutazioni personali, denuncia la sproporzione tra gli animali sacrificati dalla ricerca

scientifica e gli scarsissimi successi raggiunti in quell'ambito medico. In un'ottica totalmente utilitarista, aveva senso. Quasi cinquant'anni dopo, quel capitolo desta un certo imbarazzo: i risultati della ricerca scientifica sui tumori sono sorprendenti, tanto che ora alcune forme di cancro sono curabili con percentuali di successo importanti (per esempio il cancro alla mammella e alla prostata, che sono tra i più diffusi).

Nell'approccio utilitaristico può rientrare quella gradualità che ho provato a proporre prima: senza essere drastici, ha senso preoccuparsi progressivamente di sempre più individui, avendo ben chiaro che ci sono sostanziali differenze nelle capacità cognitive di diversi gruppi di animali.

Non serve aderire o conoscere le teorie etiche per avere delle opinioni e dei sentimenti nei confronti degli animali. Un sondaggio recente ha chiesto a 3500 europei se pensassero fosse necessario istituire una commissione per il benessere animale: il 69 per cento ha risposto di sì.³ È uno dei pochi sondaggi che ho trovato su questo argomento con un campione relativamente ampio e rappresentativo.

La risposta a quella domanda non coglie necessariamente un sentimento animalista. A ben vedere, è possibile che le persone che reputano importante il benessere animale siano più numerose, ma alcuni potrebbero essere contrari alla creazione di una commissione per una certa forma di euroscetticismo. Eppure, percentuali già così ampie danno voce a un sentimento diffuso nella popolazione. Ridurre la sofferenza e il maltrattamento animale, quando possibile, sembra un obiettivo condiviso da tutti. Penso che anche il lettore sarebbe pronto a concordare.

Indipendentemente da che tipo di approccio si voglia utilizzare, è evidente che nel mondo occidentale si tenda a parlare sempre di più di temi simili, soprattutto nelle università e tra i gruppi sociali più istruiti. Cercando la voce *specism* sul portale *Google Scholar* si può vedere come cambia nel tempo il numero di pubblicazioni su questi argomenti: 1610 pubblicazioni nel lustro 2003-2007, 3050 nel lustro successivo, 5870 tra il 2013 e il 2017, e 8590 negli ultimi cinque anni.

Sui social ci sono bolle in cui persone seguite da decine o centinaia di migliaia di follower si definiscono antispeciste, e spingono per un mondo in cui si riduce (o si azzerà) lo sfruttamento degli animali per produrre carne e derivati. Parliamo sempre di nicchie molto piccole, che raccolgono al

massimo qualche punto percentuale della popolazione, ma che sono in grado di generare pressione sociale e politica se si organizzano.

L'Italia è ricca di esempi in cui mobilitazioni in ottica animalista o antispecista hanno bloccato, rallentato o modificato i piani di eradicazione o di abbattimento di qualche animale. Parliamo di raccolte firme contro i piani di eradicazione dello scoiattolo grigio, delle nutrie, dei mufloni nell'Isola del Giglio, o contro gli abbattimenti di maiali in allevamenti all'aperto in zone colpite dalla peste suina africana e così via. Alcune di queste proteste sono state lanciate nonostante ci fosse un parere positivo da parte di ISPRA (l'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale) e a volte in opposizione ai piani europei di salvaguardia ambientale, come i progetti europei di Rete Natura 2000.

Qui iniziate a capire dove vuole andare a parare questa introduzione sull'antispecismo in un libro che ha a che fare con le problematiche ambientali. Negli scorsi capitoli abbiamo visto come affrontare una parte di queste problematiche; qui proviamo a ragionare su come possono relazionarsi con altre istanze. L'antispecismo ne è un esempio perfetto, perché si trova a confrontarsi molto spesso con temi relativi all'ambiente e quindi permette di fare molti esempi. Ho deciso di presentare inizialmente a grandi linee la prospettiva antispecista per capirne gli assunti di base, prima di affrontare il suo rapporto con alcune questioni ambientali.

Animalismo e ambientalismo sono sempre compatibili?

Ci sono molti casi in cui gli interessi di chi vuole salvaguardare l'ambiente e quelli di chi vuole aumentare il benessere animale vanno a braccetto.

Come abbiamo visto nel sesto capitolo, la sovrappesca e la sovraccaccia fanno parte del quintetto di cause della riduzione della biodiversità nel nostro pianeta. Anche alle nostre latitudini alcune specie sono minacciate dalle uccisioni in massa da parte degli umani: vale per diverse specie di squali e razze, spesso pescate per *bycatch*; alcuni pesci ossei sono vulnerabili nel Mediterraneo a causa dell'eccessiva pesca, mentre metà degli stock ittici è sovrasfruttata; alcune specie di uccelli sono vulnerabili o in pericolo anche per via della caccia legale (come l'allodola o la tortora selvatica).

Per non parlare poi del bracconaggio, che è particolarmente diffuso nel nostro Paese, soprattutto nei confronti degli uccelli, tanto da minacciare varie specie migratorie. Inoltre, come abbiamo visto negli scorsi capitoli, riuscire a ottenere una diminuzione del consumo di carne e derivati potrebbe essere un ottimo modo per ridurre sia l'impatto ambientale sia la sofferenza animale. Non stupisce quindi che molto spesso ci sia un'unità di intenti, che molte persone si possano sentire sia antispeciste sia ambientaliste e che alcune associazioni animaliste possano perseguire obiettivi ambientalisti.

Nel 2021 il TAR del Veneto ha bloccato una legge regionale che proponeva la preapertura della caccia alla tortora selvatica;⁴ la proposta è stata fatta dalla Lega per l'Abolizione della caccia con il supporto di altre associazioni, come l'Ente nazionale per la Protezione animale e la Lega anti vivisezione (che si chiama così nonostante la vivisezione sia proibita in Italia da almeno trent'anni).⁵ Altre battaglie di tipo ambientale riguardano l'eliminazione delle munizioni di piombo, che nelle aree umide può essere disperso e causare inquinamento per gli animali: dal 15 febbraio 2023 in tutta l'Unione europea è vietato utilizzare questi proiettili nei pressi delle zone umide.⁶

Eppure, possono esserci dei casi in cui le diverse istanze si disallineano, e altri in cui possono confliggere. Nello scorso capitolo ho mostrato che, se si è realisti e si esclude la possibilità che diventiamo tutti vegetariani, c'è un *trade-off* tra la riduzione di diversi impatti ambientali e il benessere animale. Se si decide di consumare il pollame al posto dei ruminanti si fa una gran cosa dal punto di vista ecologico, ma significa utilizzare molti più animali, spesso trattati peggio.

Un altro caso riguarda la caccia. Come abbiamo visto, cacciare in modo insostenibile, cioè uccidendo più animali di quanto in media la popolazione possa aumentare quell'anno, è pessimo sia dal punto di vista degli animali sia da quello dell'ambiente. Ma che succede quando si caccia una popolazione che è stabile? È una cosa altrettanto pessima? Dalla prospettiva animalista ovviamente sì, ma in ottica ambientalista?

E che succede se una specie inizia ad aumentare vistosamente? Non solo, che succede se una popolazione sovrabbondante (anche per motivi causati

dall'uomo) inizia a danneggiare altre specie o altri habitat? In questo caso la rimozione degli animali (anche in modo “cruento”) può aiutare a ridurre l'impatto ambientale.

Si tratta di un fenomeno che interessa particolarmente l'Italia e l'Europa. Infatti, nonostante nel mondo le popolazioni di grandi mammiferi siano crollate negli ultimi decenni, in Europa la tendenza si è completamente invertita. Qui, cinghiali, cervi, caprioli, camosci, mufloni, linci, lupi e orsi bruni sono in crescita. In alcuni casi, come per i lupi, sono specie che hanno quasi rischiato l'estinzione in alcune aree, e ora si stanno riprendendo. In altri casi, come per i cinghiali e i caprioli, le popolazioni non sono state così abbondanti da secoli (e forse non lo sono mai state in tempi storici).

L'esempio della sovrabbondanza dei cinghiali è interessante, perché si tratta di un animale che può avere un impatto su altre specie, aspetto che si conosce poco. In uno studio fatto negli Appennini toscani si è osservato che l'azione eccessiva di troppi cinghiali, che si nutrono dei semi di alcune specie in modo preferenziale, ha la potenzialità di cambiare la composizione dei boschi e di impoverire la biodiversità di questi habitat.⁷

Ma ci sono anche conseguenze dirette su altri animali: l'attività di scavo tipica di questa specie danneggia alcuni roditori, che sono meno presenti dove agiscono i cinghiali.⁸ Gli autori si preoccupano inoltre del fatto che questi piccoli roditori, come l'arvicola dei boschi, sono alla base della rete alimentare di tali habitat, e ciò può danneggiare altre specie che se ne nutrono, come i rapaci. Il grande numero di cinghiali, poi, ha un impatto diretto sui nidi degli uccelli che depongono a terra:⁹ il cinghiale risulta il principale predatore dei nidi, con un effetto paragonabile a quello delle gazze, delle volpi e delle martore sommati insieme.

Tenere sotto controllo una popolazione di cinghiali, che a livello nazionale ha raggiunto il milione e mezzo di individui, secondo un recente report dell'ISPRA,¹⁰ diventa interessante da un punto di vista etico. Anche qui sembra esserci un disallineamento di vedute tra chi vuole salvaguardare alcuni habitat e chi la vita dei cinghiali. Notate bene che la vita dei roditori, le cui tane e nidiate vengono distrutte dall'azione dei cinghiali, non rientrano mai nel discorso etico. E quindi accade che piani di abbattimento, decisi in concerto con l'ISPRA, vengono avversati da associazioni che hanno

a cuore la vita e il benessere animale. Le due istanze non sono così allineate come per le specie sovraccacciate o in decrescita.

Eradicare o non eradicare? Questo è il dilemma

Ma facciamo un passo ancora più in là e vediamo il caso in cui questo conflitto si è manifestato più volte: l'eradicazione di specie aliene invasive. Qui la letteratura scientifica che riguarda la biologia della conservazione è chiara: le specie aliene invasive sono una forte minaccia per le specie locali, soprattutto nelle isole. Nel sesto capitolo vi ho raccontato alcuni esempi lampanti di specie che hanno causato l'estinzione di decine di altre specie ciascuna, e questo processo è in divenire.

Se il nostro obiettivo è quello di scongiurare l'estinzione delle specie autoctone o la distruzione di alcuni ecosistemi, evitare i danni dovuti alle specie aliene invasive è essenziale. Chiaramente si può risolvere il problema a monte: facendo in modo che una specie aliena non arrivi in un nuovo ambiente. Alcune istituzioni, come lo Stato australiano o l'Unione europea, hanno fatto delle proposte o delle leggi per ridurre le probabilità che alcune specie alloctone possano entrare nel territorio, con livelli diversi di stringenza.

L'Australia e la Nuova Zelanda, essendo isole colonizzate da europei in tempi relativamente recenti, sono luoghi in cui alcune specie, che a noi sembrano normali e comuni, hanno causato o stanno causando problemi non indifferenti: parliamo dei conigli, dei gatti, delle volpi, dei ratti eccetera. Per questo, entrambi gli Stati sono tra i più rigorosi nel controllo dell'arrivo di nuovi animali e piante. Nel loro caso, questo controllo è facilitato dal fatto che la quasi totalità delle persone e delle merci arriva nelle isole tramite aereo e nave.

Si stima a grandi linee che solo un decimo delle specie di piante e animali che arrivano in un nuovo territorio attraverso il trasporto diretto da parte dell'umanità abbia possibilità di attecchire; e di queste solo un decimo ha le caratteristiche per iniziare ad avere una crescita esplosiva. Per questo motivo non è semplice decidere come comportarsi con l'arrivo di queste specie: se si vieta a priori ogni ingresso, alcuni settori, come la floricoltura o l'acquariologia, fallirebbero in pochissimo tempo.

Uno degli approcci utilizzati, per esempio dall'Unione europea, sta nel provare a identificare quali specie hanno buone probabilità di diventare invasive in base a fatti storici o a caratteristiche ecologiche. In Spagna, una specie molto amata dagli acquariofili appartenente al genere *Pomacea* invade il fiume Ebro, ed ecco che si invitano gli Stati a vietare la commercializzazione di queste specie.¹¹ Tale approccio è molto pragmatico: se i procioni sono riusciti a invadere la Germania¹² è del tutto probabile che abbiano caratteristiche ecologiche compatibili con altri Stati europei, come l'Italia.

Questo modo di agire ha comunque dei limiti: ci dev'essere almeno una prima volta per creare un precedente, e talvolta non è così semplice prevedere le capacità di adattamento di una specie o una sottospecie. Chi si sarebbe mai aspettato che l'Italia fosse un luogo adatto per gli amblipigi? Per capirci, è l'animale torturato da "Malocchio" Moody nel quarto film di Harry Potter. Eppure, ora sappiamo che ce n'è una popolazione vitale in alcuni cunicoli sotto Trieste.¹³

Inoltre, c'è un altro problema: a volte l'introduzione di specie aliene avviene a causa di alcune scelte umane, ma non necessariamente per un trasporto diretto. L'esempio più emblematico riguarda le centinaia di specie che hanno attraversato il canale di Suez negli ultimi 150 anni. Mai sarebbero arrivate nel Mediterraneo dal Mar Rosso se non avessimo aperto un canale; tuttavia, l'arrivo di tutte queste specie mette a rischio la biodiversità del Mediterraneo.

Per questi motivi, fermarsi al semplice blocco è una scelta parziale. Spesso bisogna intervenire anche dopo. Dopo, ma tempestivamente. Infatti, le specie aliene invasive tendono ad avere crescite esponenziali nelle prime fasi.

In ambito scientifico, il termine "esponenziale" ha un significato specifico: le curve esponenziali partono molto lentamente, ma dopo una certa soglia diventano incontrollabili. Pensate alla serie consecutiva delle potenze di due: 2, 4, 8, 16... Dopo cinque passaggi si passa da 2 a 64, ma dopo altri cinque passaggi ecco che siamo già a 2048 e così via, ci vuole poco ad arrivare al milione. Eppure, nei primi passaggi i numeri sono bassi. Per questo motivo, non sempre le specie attecchiscono, anche se hanno la possibilità di farlo. Finché si è in pochi basta un evento casuale, come la

nascita di individui tutti di uno stesso sesso, o una morte a causa di un evento atmosferico estremo, per evitare che la popolazione possa crescere.

Se si interviene qui, ecco che le cose sono semplici: estirpare un piccolo boschetto o catturare una decina di animali non è poi così difficile e costoso. Ma di solito non si è così veloci a intervenire. Intanto perché non è facile accorgersi di pochi individui di una specie, e anche quando succede i tempismi della ricerca o della burocrazia non sono confrontabili con i cicli riproduttivi di queste specie. Se si vuole intervenire dopo, si deve fare in modo più massiccio: sono milioni i procioni in Germania, i gatti in Australia, i gamberi rossi della Louisiana in Italia e così via.

Si può valutare di non intervenire, o di farlo in modo blando: accade molto spesso per negligenza o sotto alcune pressioni politiche. Qui, però, le cose si fanno difficili, anche da un punto di vista etico. Lasciare che una specie si espanda significa permetterle di distruggere gli habitat o di far estinguere una o più specie. Far finta di nulla, in un'isola in cui una popolazione di ratti in forte crescita mangia le uova di una specie che depone solo lì, vuol dire condannare all'estinzione quella specie. Perché punire l'azione di un bracconiere che uccide gli ultimi individui di un animale a rischio di estinzione, ma allo stesso tempo non fare niente davanti a una piccola popolazione di ratti che fa la stessa cosa?

Non si può neppure dire che non servirebbe a nulla: soprattutto nelle isole, le probabilità che un piano di eradicazione funzioni tendono a essere particolarmente alte.¹⁴ In Europa, su 224 programmi di eradicazioni nelle isole, l'86 per cento ha avuto successo.

Ovviamente si può agire anche sull'altro fronte: proteggendo in modo diretto la specie in pericolo senza rimuovere il problema alla radice. Per esempio si può provare a delimitare delle aree dell'isola in modo che i ratti non ci arrivino, oppure si può pensare di spostare dei pulcini in isole vicine, in cui non ci sono ratti. Ma si tratta di palliativi, e la rimozione della specie aliena rimane l'azione più utile.

Ecco che qui subentra l'altra grande domanda: come?

Ci sono sostanzialmente tre modi per ridurre una popolazione: uccidendo gli individui, rendendoli sterili (e aspettando che la popolazione cali da sola), catturandoli vivi per metterli in gabbia o portarli da altre parti.

Tutte queste pratiche hanno dei problemi. Teniamo l'uccisione come *extrema ratio* e soffermiamoci sulle altre due.

Immaginate di voler eliminare i ratti dalla Nuova Zelanda. Come si fa? Quanti potrebbero essere? Fingiamo che possano essere 10 milioni, un numero verosimile per una specie così prolifica. Se non lo facciamo, diverse specie vegetali o animali potrebbero estinguersi nel giro di qualche decennio.

Possiamo catturare, sterilizzare con intervento chirurgico e rilasciare gli individui.¹⁵ Si può pensare di sterilizzare entrambi i sessi: con i maschi è più facile, ma è più importante sterilizzare le femmine, dato che in una specie molto promiscua un maschio può fecondare decine o centinaia di femmine, mentre una femmina con cento maschi ha un successo riproduttivo non particolarmente aumentato.

Questo approccio ha molti limiti. Rilasciare in natura degli individui che possono arrecare dei danni ambientali, anche se sono sterili, non è ottimale dal punto di vista della conservazione, e il problema è tanto più forte quanto più è lunga la vita degli animali. Inoltre, la cattura è più complessa di quello che sembra. Non basta prendere in trappola 10 milioni di animali: a mano a mano che si rilasciano animali sterili, diventa progressivamente più probabile acciuffarli nuovamente e quindi più difficile agguantare animali fertili.

Per di più, questa pratica ha dei costi impressionanti: l'acquisto delle trappole, il tempo di chi giornalmente controlla e ricarica le trappole e i costi delle operazioni chirurgiche. Assumiamo che il costo per un singolo ratto sia intorno ai 100 euro in valuta locale: ecco che il costo complessivo raggiunge il miliardo. E parliamo di uno Stato che ha una spesa pubblica annuale di 150 miliardi. Ovviamente, questo varrebbe solo per i ratti; poi ci sono i topi, i gatti, le volpi, i conigli eccetera. Questi sono conti approssimativi, ma aiutano a dare una prospettiva del problema.

Si potrebbe provare una sterilizzazione per via chimica con delle esche anticoncezionali. È una tecnica già messa in campo in alcune città, come New York.¹⁶ Si tratta di una pratica che ha costi più bassi, ma anche in questo caso ci sono dei rischi: non è detto che si riesca a sterilizzare tutte le femmine, si stanno immettendo nell'ambiente grandi quantità di ormoni e c'è sempre quel problema di togliere gli individui nella generazione successiva.

Esiste un altro sistema di sterilizzazione di massa, poco conosciuto, che hanno messo in campo i biologi. Grazie allo studio della genetica e alla capacità di modificare il genoma degli animali, gli scienziati sono riusciti a fargli ereditare in modo preferenziale dei caratteri. Questa tecnica, chiamata *gene drive*, favorisce l'ereditarietà di un allele (una versione di un gene) in modo che sia presente nella maggior parte dei casi anziché solo nella metà delle probabilità, come avviene normalmente.

Una delle applicazioni principali del *gene drive* potrebbe riguardare proprio l'eradicazione: dato che il sesso nei mammiferi è determinato geneticamente, si possono modificare degli individui affinché abbiano sempre e solo figli dello stesso sesso, che a loro volta avranno figli dello stesso sesso. Rilasciando qualche manciata di ratti maschi che possono avere solo figli maschi, si può ottenere una popolazione completamente formata da maschi, che non può che estinguersi nel giro di qualche generazione.

Ma anche il *gene drive* ha dei problemi: i costi di partenza sono molto alti; una qualche mutazione genetica potrebbe far nascere dei maschi a cui è tornata la possibilità di avere figlie femmine, e questo può inficiare l'intero processo; se un maschio modificato scappa dall'isola può diffondere la mutazione in giro per il mondo; infine, questa tecnica può essere avversata dalle popolazioni locali.

Tutte queste azioni si possono mettere in pratica in parallelo, per velocizzare la scomparsa della popolazione.

Gli animali si possono anche mettere in cattività: si mettono le trappole, e una volta catturati si tengono in gabbia. Questa pratica ha un limite inaspettato: se ci sono 10 milioni di ratti, bisogna prepararsi a catturarne parecchi di più, a meno che non si faccia tutto molto velocemente. Vi sembra strano? Vi ricordate l'esempio della vasca con cui introducevo le equazioni differenziali dei modelli preda-predatore? Se io inizio a catturare degli individui di una popolazione, gli animali che intanto si trovano in natura hanno un vantaggio riproduttivo che progressivamente aumenta: d'altronde, ci sono più risorse per ogni individuo, e quindi più probabilità di essere forti e sani e di generare più piccoli.

Se non mi muovo velocemente, prima di riuscire a catturare tutti gli animali potrei trovarmi a doverne acciuffare il doppio o il triplo del numero

di partenza. E poi, dove si mettono 20 o 30 milioni di ratti? Si creano delle mega gabbie in cui tenerli? Come si alimentano? Bisognerebbe sterilizzare anche questi, per evitare che la popolazione dei “rattili” aumenti? E se poi scappano? Si riparte da zero? Ed è anche abbastanza assurdo pensare che la Nuova Zelanda possa fare un accordo con uno Stato euroasiatico per inviargli un carico di qualche decina di milioni di ratti da rilasciare. Per non parlare del fatto che, dal punto di vista etico, non è detto che la cattività sia una pratica auspicabile: la privazione della libertà degli animali è considerata in modo negativo da un approccio deontologico. Inoltre in alcuni casi in cattività non si riescono a garantire le condizioni adeguate per la fisiologia e l’etologia degli animali.

Discorsi simili possono valere per animali con le stesse caratteristiche nel nostro territorio: le nutrie, gli scoiattoli grigi, i gamberi rossi della Louisiana eccetera. Il discorso cambia per specie meno abbondanti e con tassi riproduttivi più contenuti.

L’Isola del Giglio è una piccola isola dell’arcipelago toscano in cui da decenni vive una popolazione aliena di mufloni. I mufloni sono sostanzialmente una sottospecie della pecora immessa qualche millennio fa dagli antenati dei sardi in Sardegna e in altre isole del Mediterraneo. Vi sorprenderà sapere che pecore e capre sono tra le specie aliene più distruttive sulle isole, soprattutto se queste ultime sono di piccole dimensioni.¹⁷ Ragion per cui sono stati organizzati piani di eradicazione in molte isole,¹⁸ anche nelle famosissime Galápagos.¹⁹ I mufloni brucano molte specie di erba e arbusti, e crescendo possono arrivare a diradare la vegetazione, mettendo a rischio anche le altre specie animali che vivono nelle isole.

Nel 2021 l’Isola del Giglio contava una sessantina di mufloni, ed è stato istituito un piano di abbattimento. Le proteste di alcune associazioni animaliste, però, hanno portato prima a un blocco di questa eradicazione, e poi hanno permesso di trovare un compromesso: insieme a dei volontari si sono catturati una cinquantina di esemplari, che sono stati portati nelle aree protette della penisola.

Il muflone, pur essendo tecnicamente una specie aliena anche sulla penisola, non tende ad avere crescite esplosive, forse perché i lupi preferiscono predare proprio i mufloni, in quanto più goffi di altri ungulati

selvatici. All'inizio del 2023 non è ancora chiaro quale sarà il destino degli ultimi 10-15 mufloni sull'isola, che potrebbero essere abbattuti o di nuovo trasportati.

Ma torniamo al caso più tipico e generale: animali prolifici, il cui costo per la sterilizzazione o la cattura lievita sempre di più. L'uccisione, invece, risulta una pratica con molti vantaggi: gli individui soppressi smettono immediatamente di danneggiare le altre specie, e si abbattano i costi rispetto a operare, detenere o trasportare gli animali vivi. In alcuni casi, le specie aliene uccise si possono anche mangiare, però di questo parleremo dopo.

I modi per sopprimere un animale sono innumerevoli. Alcuni sono più cruenti e altri meno. Alcuni sono più costosi e altri meno. L'avvelenamento e l'uccisione attraverso armi da fuoco risultano pratiche meno costose rispetto a catturare gli animali e ucciderli per asfissia con la CO₂, che è considerato il modo in cui più si riduce la sofferenza. Si valuta caso per caso come procedere, in base a vari parametri: costo, probabilità di avvelenare o catturare animali autoctoni, disponibilità di volontari eccetera.

Alcune specie hanno caratteristiche intermedie: pensate alla tartaruga americana *Trachemys scripta*, molto presente sul nostro territorio per via di migliaia di rilasci. Si tratta di una specie numerosa e molto longeva, dato che può vivere diverse decine di anni; fortunatamente, però, fa molta fatica a riprodursi in Italia e quindi capire il giusto approccio con questa specie non è semplice. Alcuni parchi hanno semplicemente deciso di adibire dei laghetti ben recintati dove tenere gli animali catturati.

Chiaramente, nulla vieta di gestire in modo differente gli animali di una stessa popolazione: alcuni si possono uccidere, altri sterilizzare e altri ancora si possono mettere in cattività.

Mangiare gli invasori

Per la maggior parte della popolazione è lecito uccidere animali (anche quelli che vengono riconosciuti come tali), a patto che non lo si faccia gratuitamente: per l'alimentazione, più del 90 per cento della popolazione ne accetta implicitamente l'uccisione. In quest'ottica, il tema delle specie aliene invasive che si possono mangiare prende una piega ancora diversa.

Un esempio tutto italiano è quello della start-up Mariscadoras srl, nata nel 2021. Le cinque fondatrici – con competenze che vanno dalla biologia marina alla gestione d’impresa, passando per la gastronomia – hanno deciso di provare a creare un’azienda basata sull’idea di mangiare specie aliene. Con il loro marchio Blueat²⁰ vogliono avvicinare la domanda e l’offerta di alcune specie pescate, partendo soprattutto dal granchio reale blu (*Callinectes sapidus*). Si tratta di una specie che sta avendo una crescita esplosiva in tutti i nostri mari e che può avere un impatto ecologico importante su tante specie marine.

Alimentarsi di specie aliene può avere vari lati positivi: sottrarre gli individui all’ambiente, riducendo il loro impatto ecologico; spostare una parte della pressione della pesca o della caccia dalle specie autoctone; creare un mercato che possa arricchire i pescatori o un territorio.²¹ Il vantaggio principale consiste nella possibilità di avere delle persone che vanno attivamente a pesca o a caccia di questi animali senza doverle pagare, dato che traggono un beneficio diretto da questa attività.

Ritornando al capitolo precedente, in un certo senso sono una “alternativa alla carne” molto interessante dal punto di vista ecologico: se riuscite a mangiarvi dei granchi blu al posto di una bistecca di manzo, state facendo una scelta che ha svariate ricadute ambientali. Esiste persino il sito Eat The Invaders²² (Mangia gli invasori) che raccoglie i contributi di diversi appassionati su specie invasive e sulle ricette per cucinarle.

Infine, c’è un ulteriore vantaggio citato negli studi che trattano questi temi, e riguarda la comprensione e la conoscenza delle specie aliene. Molte persone difficilmente si preoccupano di approfondire la conoscenza di animali e piante intorno a loro, ma le cose sono diverse se bisogna mangiarseli. L’arrivo di un gambero blu in pescheria può essere un momento propizio per fare informazione sulle specie aliene.

Come in tutte le cose, ci possono essere pure dei lati negativi, e in letteratura scientifica si parla anche delle criticità di questa proposta.²³ Uno dei rischi è che, se il vantaggio economico della pesca di questi animali è troppo alto, alcune persone potrebbero essere incentivate a diffondere tali organismi in altri luoghi, per poterli poi pescare. Questo, più che un problema per le specie marine, che spesso riescono a diffondersi per semplice espansione dell’areale, lo è per quelle di acqua dolce.

In secondo luogo, c'è la questione dell'eradicazione: se il tuo lavoro consiste nel pescare una particolare specie, potresti non trarre vantaggi dalla sua estinzione locale. Oltre al fatto che se peschi solo quella specie, nella parte finale, quando ci sono pochi individui da pescare, il tuo lavoro è quasi sicuramente in perdita.

Collegato a questo, c'è un altro aspetto da considerare: se si inizia a dare un valore ad alcune specie, è del tutto possibile che poi la cittadinanza possa finire per proteggerle e valorizzarle.

Qualcosa di simile è già successo con la pesca del siluro nei grandi fiumi italiani. Un pesce così grande ha avvicinato molti appassionati e ha creato un mercato di persone che vendono l'esperienza di poter pescare questi animali. Sono sorti così interessi contrari a eventuali piani di eradicazione di questi pesci. Anche qui, si tratta di trovare il giusto equilibrio e bilanciare i pro e i contro.

Quando si parla di specie aliene edibili si pone un'altra questione: quali si possono mangiare e quali no? Citando Willy Wonka di Tim Burton: "Ogni cosa in questa stanza si può mangiare, miei cari ragazzi, anche io, ma quello si chiama cannibalismo". Teoricamente tutte le specie aliene che ho elencato in questo capitolo "si possono mangiare", ma per motivi culturali solo alcune si mangiano nel nostro Paese.

Il gambero rosso della Louisiana (*Procambarus clarkii*) è stato introdotto in diversi Paesi europei per le sue carni. Durante il Medioevo e il periodo romano gli scoiattoli erano prelibatezze per gli abitanti della penisola: perché non assaggiare gli scoiattoli grigi?

Le nutrie, originarie dell'Argentina, sono state catturate e mangiate per decenni in Louisiana.

I bresciani hanno un problema di bracconaggio di piccoli uccelli a causa del tradizionale piatto dello "spiedo bresciano". E se iniziassero a farlo con le diverse specie di pappagalli che stanno invadendo varie città?

E a mangiare queste carni potrebbero anche essere gli altri animali: in Italia abbiamo milioni di cani e gatti che vengono alimentati con carne proveniente dagli allevamenti: perché non nutrirla con il filetto di siluro? E perché non fare pellet per riscaldare le case con la legna di ailanto, una pianta invasiva molto prolifica?

Potenzialmente quasi tutto si può mangiare e sfruttare fino all'estinzione: siamo stati tanto bravi con le specie autoctone.

Il compromesso è possibile?

Tornando al discorso generale di decidere come gestire le specie aliene, alla luce della conservazione degli habitat autoctoni, ma anche delle scelte antispeciste, ci rendiamo conto che stiamo parlando di valutazioni con molte variabili: il numero di individui; la prolificità; il tipo di danno che tendono ad arrecare ad altre specie; la facilità con cui si possono catturare o uccidere e i livelli di sofferenza che si possono causare durante la cattura; l'uccisione, la detenzione e l'opportunità di mangiare questi animali.

La presenza di tutte queste varianti crea diversi ipotetici scenari, ai cui estremi troviamo da una parte il fatto di non contenere in nessun modo la specie aliena, lasciando che danneggi gli ecosistemi; dall'altra l'uccidere in modo indiscriminato con ogni mezzo la specie da eradicare.

Entrambi gli approcci che si trovano agli estremi sembrano essere poco lungimiranti persino per chi abbraccia una sola delle due istanze.

Immaginate di avere una prospettiva che metta in primo piano il benessere animale a discapito della conservazione. Esistono vari casi in cui una specie fuori controllo può andare a uccidere e causare sofferenza ad altri animali. Per esempio, i siluri nel lago d'Iseo mangiano qualche centinaio di uccelli ogni anno (per lo più pulcini)²⁴ che quasi sicuramente muoiono per annegamento dopo essere stati ingurgitati vivi da questi grossi pesci. I siluri normalmente non dovrebbero trovarsi lì, e in questo caso i pulcini avrebbero una maggiore probabilità di sopravvivere: queste morti e sofferenza andrebbero inserite all'interno del dibattito etico? Se si affronta un approccio etico deontologico si rischia di rimanere bloccati nella prospettiva dell'“uccidere è sbagliato, ma lasciar uccidere è accettabile”.

Anche l'orientamento opposto ha i suoi limiti: immaginate di essere una persona che decide di disinteressarsi al benessere animale per far prevalere le istanze ambientali. C'è il grosso rischio di giocare l'appoggio da parte della popolazione. Pensate all'esempio dei mufloni sull'Isola del Giglio. Nel 2021 quando ho seguito la notizia ero tra quelli che pensava che l'approccio migliore fosse l'abbattimento. Eppure, a posteriori, ricordo che i toni si erano talmente alzati che i responsabili del progetto di conservazione “Life Go Giglio”²⁵ erano stati accusati ingiustamente anche per altre azioni del tutto legittime sull'isola, come la rimozione del fico degli ottentotti (*Carpobrotus edulis*). Questo è successo probabilmente a causa di una forte

polarizzazione che l'idea di uccidere quegli animali causava in molte persone.

Trovare un compromesso con chi aveva principalmente a cuore la questione animale è stato necessario, in quanto l'abbattimento avrebbe minato la fiducia di una parte della popolazione verso altre azioni di conservazione.

In quest'ottica, è chiaro che serve un dialogo e una comprensione delle reciproche istanze da parte di ambedue le posizioni, cercando prima di analizzare al meglio i fondamenti teorici di entrambe. Non si può affrontare la conservazione della biodiversità senza capire l'impatto delle specie aliene, e non si possono affrontare le tematiche legate al benessere animale senza conoscere i vari approcci filosofici sviluppati negli ultimi decenni.

Una volta fatti questi approfondimenti, si possono cercare dei punti di compromesso tra conservazione e animalismo: se si adotta una prospettiva utilitaristica, diventa più semplice trovare un accordo. Per esempio, può diventare auspicabile eradicare una specie nelle prime fasi di diffusione anche attraverso l'uccisione: è comunque più etico uccidere dieci esemplari piuttosto che doverne uccidere o sterilizzare migliaia o milioni successivamente.

Allo stesso modo, si può cercare di formulare un insieme di regole che possano dialogare con la conservazione: "L'uccisione va usata come *extrema ratio*", "Meno animali si uccidono e meglio è", "In base alle caratteristiche cognitive ed etologiche di un essere vivente, si può decidere in modo differenziale", "L'eradicazione di certe specie aliene può essere una cosa buona di per sé, perché riduce la sofferenza degli animali uccisi in modo cruento dalla specie che invade".

Questo tipo di compromesso con chi ha un approccio deontologico sembra più difficile. Eppure, sono convinto che anche in questi casi si possano trovare forme di comprensione e incontro.

L'ecologia applicata e la conservazione della biodiversità non sono isole. Devono necessariamente confrontarsi con altre branche del sapere e con i desideri degli esseri umani. In questo capitolo ho trattato il confronto tra la perdita di biodiversità e l'antispecismo perché è un tema che mi sta a cuore

ed è particolarmente caldo nel nostro Paese. Ma di confronti simili se ne potrebbero fare a decine.

Per esempio, come ci si pone riguardo alla questione degli animali in cattività o degli animali domestici esotici, dato che in alcuni casi tenere gli animali in gabbia può essere utile per la conservazione, mentre in altri il prelievo per questo tipo di mercato contribuisce al sovrasfruttamento?

Come va affrontato l'argomento del turismo nelle oasi naturalistiche, dove troppe persone possono causare un certo impatto, ma d'altro canto si può portare ricchezza al territorio e contemporaneamente si può fare sensibilizzazione su tematiche ambientali?

La necessità di comunicare con altre istanze è fondamentale. Per farlo, serve un approccio concreto che prenda in considerazione le richieste di entrambe le parti, evitando di ragionare per assoluti e senza ricorrere a vuoti discorsi retorici. È quello di cui parlo nel prossimo e ultimo capitolo.

Crisi esistenziali

In questo libro spero di aver proposto un approccio utile per affrontare le questioni ambientali, fornendo degli strumenti per definire, quantificare, analizzare tali problematiche e confrontarle con altre posizioni o interessi. Vorrei fare ancora qualche riflessione su questi temi, e in particolare su come affrontarli a livello comunicativo. In quest'ultimo capitolo andrò a briglie più sciolte, perciò prendete tutto con le pinze, ma a tratti spunterà comunque la mia parte analitica: è più forte di me.

C'è una domanda che mi assilla da mesi: sto scrivendo un libro di divulgazione scientifica o un libro di attivismo ambientale? Per scrivere questo testo ho letto centinaia di studi scientifici, report e decine di altri libri, e ho cercato di ordinare e riassumere tutti quei concetti in modo fruibile, quindi mi verrebbe da dire che si tratta di divulgazione scientifica. Ho provato a essere imparziale, come farebbe un buon divulgatore, evitando di farmi trascinare da ideologie, appartenenze, mode o emozioni troppo forti. Sta a voi dire se ci sono riuscito.

Eppure, l'imparzialità non è umana, e so cosa mi ha mosso veramente: desidero con tutto me stesso affrontare i problemi ambientali di cui vi ho parlato e convincere centinaia o migliaia di persone ad affrontarli a loro volta in modo efficace. In questo mi sento molto simile a un attivista.

Negli anni mi sono convinto che l'attività scientifica possa essere un ottimo strumento da cui partire per risolvere molte questioni, anche ambientali. Quando l'umanità ha iniziato ad analizzare i problemi in modo scientifico ha ottenuto dei risultati sorprendenti; basti pensare all'ambito medico. Da questa constatazione mi sono convinto che fare il divulgatore scientifico sia il mio modo di fare attivismo. Per farlo bene, però, devo

cercare di essere imparziale e rigoroso. Questo potrebbe distinguermi da altri tipi di attivisti, come quelli che sono disposti a piegare i dati e le conoscenze scientifiche per smuovere maggiormente l'opinione pubblica.

Penso che ci siano dei buoni motivi per cui chiunque voglia fare qualcosa di utile per l'ambiente dovrebbe avere una forte aderenza ai dati e alle conoscenze scientifiche. Il primo è che così si evita di essere sbugiardati, col rischio di compromettere altre cause. Non sapete che rabbia provo quando vedo le campagne di alcune associazioni ambientaliste sull'estinzione delle api o i post sui social in cui viene confusa l'acqua verde con l'acqua blu e così via. La rabbia nasce dal fatto che quelle notizie sono facilmente smontabili da chi vuole far passare gli "ambientalisti" come dei cialtroni. Rischiamo poi di danneggiare anche la gente più seria.

Il secondo motivo è quasi scontato: dati sbagliati portano ad analisi sbagliate, che possono indirizzare verso soluzioni controproducenti o trascurabili. Il capitolo sul piantare gli alberi o quello sulle api sono emblematici: alcune semplificazioni o un'errata valutazione della scala dei problemi distoglie risorse e tempo da difficoltà reali e da azioni concrete. Per questi motivi, un approccio *science based* dovrebbe essere richiesto e incentivato da parte di tutti.

Il 25 settembre 2022, in contemporanea con le elezioni politiche italiane, in Svizzera si è svolto un referendum per vietare gli allevamenti intensivi e l'importazione di carne da questi allevamenti. Ha vinto il no, e di molto. Dal punto di vista ambientale sono contento, per i motivi che abbiamo visto nel nono capitolo. Ma la mia parte da "scienziato", invece, è scontenta: sarebbe stato un caso di studio interessantissimo e relativamente contenuto (d'altronde, gli svizzeri sono meno di 9 milioni).

Attualmente uno svizzero medio mangia circa 70 chili di carne in un anno. Di questi, circa 48 sono di pollame e maiale; il resto è di ruminanti.¹ Un'eventuale legge che vieta il consumo di carne da allevamenti intensivi avrebbe un effetto chiaro: la vendita di carne di pollame e maiale diventerebbe rara, e i costi sarebbero proibitivi per molti. I pochi "allevamenti estensivi" di maiale sparsi in Europa hanno produzioni trascurabili rispetto a quella che sarebbe la richiesta Svizzera, oltre al fatto che ora in varie parti d'Europa sono minacciati dalla peste suina africana. Per i polli parliamo di numeri ancora più trascurabili.

Gli svizzeri avrebbero dovuto spostare la dieta verso ruminanti allevati al pascolo: mucche, pecore e capre. Ma anche la produzione di carne di questi animali in Europa è scarsissima. Pensate che si stima che sulle Alpi ci siano meno di 4 milioni di capi di bestiame² unendo tutte le specie e contando sia gli individui per la produzione di latte sia quelli per la produzione di carne. Ci sono più maiali negli allevamenti della Lombardia.³

Una legge del genere porterebbe inevitabilmente all'importazione di grandi quantità di carne di bovini allevati in modo estensivo in altre parti del mondo, quasi sicuramente dal Sud America, e in parte dall'Asia o dall'Africa. Stiamo parlando di carne che causa emissioni nell'ordine di grandezza di centinaia di chili di CO₂e e di centinaia di metri quadrati di suolo per ogni chilo di carne prodotta. Una legge del genere vieterebbe il consumo di carne più sostenibile incentivando quello di un tipo di carne dalle 20 alle 50 volte più impattante.

Qualcuno giustamente potrebbe obiettare: “Ma questo avrebbe incentivato a mangiare meno carne”. Eppure, anche immaginando di dimezzare il consumo di carne totale, il cambiamento avrebbe potuto portare ad aumenti di emissioni di intere tonnellate di CO₂e annue a testa. Un disastro, per chiunque è interessato a combattere il cambiamento climatico e la perdita di biodiversità. Conosco persone che avrebbero votato per il sì, se il referendum fosse stato in Italia. E lo avrebbero fatto anche perché convinti da eventuali motivi ambientali, ma sarebbe stata una delle scelte più controproducenti che riesca a immaginare.

Ho portato questo esempio, forse un po' estremo però verosimile, per mostrare come a volte per fare un buon attivismo bisogna avere ben chiare le conoscenze scientifiche e i numeri.

Per scrivere questo libro ho passato molto tempo a leggere e ad ascoltare diverse persone parlare di tematiche ambientali: politici, attivisti per il clima, ecoinfluencer (cioè una persona che per lavoro pubblicizza prodotti e servizi che dovrebbero essere più ecologici) eccetera.

È stata un'esperienza desolante. Ho raccolto una serie di considerazioni e di errori che vorrei affrontare e portare all'interno del dibattito pubblico.

Meno simboli e più numeri

Inizialmente pensavo che avrei condannato i “simboli” in generale. Poi un amico mi ha fatto notare che ovviamente ciò non ha senso: comunicare è un continuo scambio di simboli condivisi. E infatti me la sono presa con alcuni simboli, e non con i simboli in generale. Anzi, a ben vedere, l'intento di questo testo è quello di sostituire alcuni simboli tipici dell'immaginario ambientalista con altri. “Piantare un albero” viene cambiato con “Assorbire quantità rilevanti di CO_2 ”; “Meglio un campo incolto” che “Un alveare in più”; “La carne ha un enorme impatto ambientale” diventa “La carne dei ruminanti ha un impatto ambientale fuori scala anche rispetto agli altri tipi di carne” e così via. In parte temo che qualcuno possa estrarre dei semplici slogan da questo libro, dimenticandosi i vari passaggi e l'approccio attraverso cui ci siamo arrivati, ma è praticamente inevitabile che succeda. La nostra memoria è limitata, e tende a cancellare le informazioni poco salienti.

C'è un tipo di simboli che però dobbiamo riuscire a riprendere in mano se vogliamo veramente affrontare i problemi ambientali: i numeri. Non è una provocazione, ma una banalità. Da questo punto di vista, so di essere fortunato: ho una passione sfrenata per i numeri, mi piace fare i calcoli a mente da quando sono bambino. Adoro moltiplicare e dividere le cifre anche a tempo perso: trovo la matematica rassicurante. Ho scoperto che non è una passione condivisa: a molti, se viene chiesto di fare 12×17 , il cervello va in blackout. E ci vuole tempo per riprendere la calma, moltiplicare 10×17 e poi 2×17 e infine sommare 170 e 34; oppure fare in uno dei tanti altri modi.

Questo è un problema quando si parla di ambiente, perché i numeri contano (scusate il gioco di parole). Negli ultimi mesi mi è capitato molte volte di correggere alcune persone che parlano di ambiente sui social (sia privatamente che pubblicamente), e spesso alla base c'era una mancata comprensione delle dimensioni di un impatto, delle sue proporzioni o delle scale logaritmiche. Sono conoscenze che tutti abbiamo appreso almeno una volta durante il nostro percorso scolastico; purtroppo l'inutilizzo ce le ha fatte dimenticare o rendere non più disponibili.

In questo libro non ho lesinato sui numeri e sui conti; spero che qualche dato vi sia rimasto o che possiate recuperarlo in futuro. Allo stesso tempo vi

ho mostrato dei calcoli che potete fare a vostra volta. In ogni caso, vi invito a giocare ogni tanto con le cifre quando si parla di questi temi. È importante riportare le misure ogni volta che si parla di ambiente: se sentite qualcuno che vi propone un prodotto o un'azione virtuosa, chiedetegli di provare a quantificare qual è la differenza di emissioni, di consumo di acqua (magari acqua blu pesata per l'indice di scarsità) o di occupazione di suolo. Se non sa per lo meno farvi una stima, vi potete veramente fidare di cosa vi sta proponendo?

Contro la retorica spicciola

Questo è il mio paragrafo preferito: ho un bisogno viscerale di scriverlo. Dopo molti anni di ascolto di dibattiti televisivi e qualche anno sui social, ammetto di avere la nausea verso alcune forme di oratoria spicciola. Purtroppo, quando si parla di temi ambientali, questa tecnica comunicativa da comizio politico si trova con grande frequenza. Il mio invito è quello di fuggire da chi parla in modo altisonante di tematiche ambientali, e allo stesso tempo di evitare di farlo per primi.

Purtroppo un'enfasi eccessiva, che tocca la "pancia" degli ascoltatori, elimina qualsiasi livello di complessità. Spesso i discorsi retorici legati all'ambiente tirano in ballo altri elementi culturali che accendono gli animi: salute, economia, fenomeni sociali eccetera. È da notare che, creando il giusto mix, si può dire tutto e il contrario di tutto. Vi faccio un paio di esempi che mi sono divertito a inventare:

- L'agricoltura biologica utilizza prodotti naturali che fanno parte della nostra storia e identità da secoli. I prodotti di sintesi, invece, adoperati nell'agricoltura convenzionale, sono venduti da multinazionali miliardarie che hanno l'interesse a strozzare le economie locali.
- L'agricoltura biologica non è altro che l'ennesimo caso di neocolonialismo europeo. Dato che, a parità di produzione, si utilizza più suolo, il fatto che attualmente l'Europa voglia aumentare la superficie di agricoltura biologica non può che portare a una forte espansione dei campi coltivati nei Paesi in via di sviluppo, per

controbilanciare il calo di produzione interna. Questo porterà a un aumento dello sfruttamento nei Paesi più poveri.

Molto ironico tutto questo, vero? L'aspetto più interessante è che in entrambi i casi ci sono alcune informazioni vere: è vero che molti fitofarmaci sono prodotti da aziende multinazionali (tanto quanto il vostro telefono e la maggior parte delle cose che utilizzate nella vostra vita); è vero che in media serve più superficie per produrre la stessa quantità di prodotto con l'agricoltura biologica (poi ha senso andare a controllare altri parametri ambientali). Però, quando si alzano i toni e si mettono in mezzo argomenti economici e sociali, si può iniziare a formulare una quantità di frasi ambigue potenzialmente infinita. E attenzione: non sto dicendo che non si debbano mescolare le cose; il capitolo precedente serviva proprio a dimostrare il contrario. È impossibile scindere questi fenomeni dalla salute, dall'economia o dai movimenti sociali, ma almeno proviamo a studiare bene le questioni ambientali, prima di fare delle zuppe retoriche.

Vogliamo analizzare l'agricoltura biologica? Prima raccogliamo i dati sulle emissioni, l'occupazione di suolo, i vari tipi di inquinamento, la riduzione di biodiversità e facciamo dei confronti, cercando di capire in quali colture le differenze tra agricoltura biologica e convenzionale sono più ampie e così via. E dopo esserci creati un quadro d'insieme, proviamo a comprendere come quei dati abbiano a che fare con la salute pubblica, l'economia e la società, magari evitando paroloni vuoti o metafore esagerate che distolgano da un ragionamento più lucido.

C'è poi un tipo di espediente retorico sempre più diffuso quando si parla di tematiche ambientali, che però è un po' diverso da quelli che vi ho mostrato fino a ora. Lo chiamo "il gioco delle tre carte". Vi faccio un esempio concreto con un elenco di cose più o meno vere, ma con delle stime pressappochiste:

- In molti tendiamo a essere in sovrappeso; l'eccesso di calorie che mangiamo è uno "spreco metabolico" che se eliminassimo porterebbe a una riduzione dell'occupazione di suolo del 20 per cento.
- Circa il 30 per cento del cibo che mangiamo viene sprecato; se riducessimo lo spreco alimentare potremmo ridurre l'occupazione di

suolo di una quantità proporzionale.

- Cereali e legumi nel caso dell'agricoltura biologica usano un 20-30 per cento di terreno in più a parità di produzione.
- L'allevamento di ruminanti utilizza una quantità spropositata di terreno; una riduzione del consumo della loro carne può portare a riduzioni dell'occupazione di suolo ben superiori al 50 per cento.

Qualcuno potrebbe sobbalzare sulla sedia: se ottimizzassimo tutto, la riduzione sarebbe superiore al 100 per cento! Qui serve ripassare un po' di teoria degli insiemi: le riduzioni percentuali non si sommano (al massimo si moltiplicano i valori complementari). D'altro canto, se conoscete un po' di teoria delle probabilità, saprete che non è giusto neppure fare quel conto, perché questi dati non sono tra loro indipendenti.

Ma non è questo il punto. Non sapete quante volte ho letto discussioni o contenuti in cui con questi dati si fa il gioco delle tre carte.

“Se fossimo tutti vegani, allora potremmo fare agricoltura biologica su tutta la Terra!”

“Se riducessimo l'introito calorico e lo spreco alimentare, ecco che mangiare carne di ruminanti non sarebbe poi così tanto impattante!”

E così via, potete creare tutte le possibili configurazioni. Di solito queste affermazioni vengono da persone “di parte”, magari che simpatizzano per le diete vegane, il settore zootecnologico o l'agricoltura biologica. E capisco l'idea di fondo: la coperta è corta, qualcosa si dovrà pur ridurre, ma puntiamo a ridurre ciò che non piace a me e a incentivare ciò che mi piace.

Eppure, questo mi sembra un approccio poco pragmatico. Dovremmo chiederci: perché non agiamo per migliorare su tutti questi fronti? Se ci interessa limitare l'occupazione di suolo, possiamo mirare a contenere il consumo calorico delle persone in sovrappeso, lo spreco alimentare, possiamo provare a diminuire la produzione di cibi da agricoltura biologica o migliorare l'efficienza per ridurre le differenze con l'agricoltura convenzionale, e tentare di abbassare il consumo di carne di ruminanti.

Qui qualcuno potrebbe dirmi che questo è un approccio in contrasto con quello che ho evidenziato nel primo capitolo, quando vi ho fatto l'esempio della moka: “Anche nel caso della moka potevi invitare a preoccuparsi delle emissioni di energia utilizzata per la moka e dell'impatto del caffè, invece di puntare principalmente su quest'ultimo”. E in parte è vero; d'altro canto c'è

una differenza sostanziale. Nel caso della moka, il divario tra le emissioni era enorme: meno di un grammo di CO_2 per scaldare e più di 100 grammi per produrre il caffè. Nell'esempio precedente le varie percentuali sono tra loro paragonabili, seppur ce ne sia una più rilevante delle altre.

Praticamente qualsiasi impatto ecologico si può ridurre a una formuletta. L'impatto totale si può ottenere considerando il numero di persone che determinano quell'impatto, moltiplicato per i consumi medi e moltiplicato per l'efficienza con cui si producono quei consumi.

Non sapete la frustrazione che provo ogni volta che arriva il commentatore a dire: "Il vero problema è che siamo troppi! Basterebbe essere di meno e i problemi ambientali non ci sarebbero".

La frustrazione nasce dal fatto che questa è una banalità che non aggiunge nulla di nuovo alla discussione: è ovvio che se fossimo un milione sulla Terra i problemi ambientali sarebbero risolti, come è ovvio che se i consumi medi si azzerassero o se fossimo superefficienti nel produrre, gli impatti ecologici della nostra specie tenderebbero a zero. Peccato che attualmente pensare che uno di questi tre parametri arrivi a zero è assurdo. Ciò che invece è vero è che si può intervenire su tutti e tre.

Il numero di persone è il parametro più lento a cambiare, ma si può sempre intervenire sulla crescita della popolazione (e si sta già facendo). Nel tempo abbiamo scoperto che alcuni fenomeni sociali, come l'emancipazione femminile, l'educazione delle bambine e la diffusione della contraccezione possono aiutare a rallentare la crescita della popolazione. La popolazione mondiale aumenta ancora, però sta rallentando; un matematico direbbe che la derivata prima è positiva, mentre la seconda è negativa.

Sugli altri due parametri è più semplice intervenire: si possono ridurre i consumi e si può provare a produrre con meno impatto. Spesso le persone che sono a favore della riduzione dei consumi tendono ad avere poca fiducia nei processi di efficientamento, e viceversa. Ma anche qui: non è preferibile puntare su entrambe le cose? Nella mia casa posso far installare un sistema di riscaldamento molto efficiente, come una pompa di calore, e allo stesso tempo tenere una temperatura di 18 gradi nei giorni più freddi dell'anno. Le due cose non sono mutualmente esclusive.

Piccolo è meglio?

Immaginate di dover scaldare una zuppa monoporzione con il vostro fornello. Mettete il coperchio e lasciate cuocere. Contemporaneamente, nel ristorante vicino a casa vostra, una zuppa simile viene cotta in un pentolone che contiene trenta volte la vostra porzione. Quanta energia servirà per scaldare tutta quella zuppa? Vi viene da dire trenta volte di più? In realtà meno di questo multiplo.

Il motivo è da ricondurre al rapporto superficie/volume, un concetto fondamentale in fisica (che poi si ritrova anche in biologia e in altre branche della scienza). Un oggetto tridimensionale, al crescere delle dimensioni, aumenta molto più velocemente il suo volume rispetto alla superficie. La quantità di calore che “scappa” inutilmente da una pentola è proporzionale al rapporto superficie/volume: per questo motivo, un pentolone è molto più efficiente di un pentolino. Ovviamente non basta per dire che una cena al ristorante emetta meno di una cena a casa: dipende anche dal tipo di riscaldamento o raffreddamento, e nei ristoranti si tende a mangiare di più. Però sicuramente alcuni processi, come la cottura e la pulizia dei piatti, sono più efficienti.

Questo è uno dei primi motivi che potrebbero mettere in crisi una delle narrazioni più diffuse all'interno della comunicazione della sostenibilità: l'idea che le cose fatte in piccolo abbiano un impatto più basso. Spesso non è vero, se si misura per unità di prodotto. L'estremo di quest'idea si rintraccia nell'autoproduzione casalinga di alcuni beni tipicamente industriali, come i saponi. Queste produzioni sono spesso energivore: necessitano di essere scaldate in forno o in pentoloni. Pensare che il proprio piccolo forno possa essere più efficiente dei reattori industriali è assurdo. E se tutti iniziassero ad autoprodursi i saponi, servirebbe molta più energia complessivamente.

Le aziende, poi, hanno degli incentivi enormi a efficientare i processi e a ridurre gli sprechi. Questo è uno dei motivi per cui spesso le economie di scala tendono ad avere un impatto molto più basso per unità di prodotto. Senza contare che le ditte grandi hanno di solito più margine, e possono spendere di più in ricerca e sviluppo; inoltre, avendo quantitativi maggiori di input e output, hanno dati statisticamente più validi per capire come agire per efficientare i propri processi. A volte capita che aziende e realtà piccole,

che hanno poco mercato, vengano inquadrate come più ecologiche solo perché sono piccole. Certamente una grande azienda di shampoo emette più di una piccola azienda: ma tante piccole aziende che insieme producono lo stesso quantitativo di prodotti della grande azienda quanto emettono? Questo è ciò che conta.

Mi è capitato di discutere con alcune persone perché davano per scontato che le grandi aziende fossero più impattanti delle piccole aziende, e quando le ho invitate a ragionare per unità di prodotto sono stato tacciato di essere un “servo delle multinazionali”. A me, di difendere aziende grandi o piccole importa poco; quello che veramente mi interessa è che le singole aziende impattino meno per unità di prodotto. Fare questa constatazione a mio avviso serve a non demonizzare necessariamente le grandi aziende, che possono e devono essere parte della soluzione. Vi faccio un esempio che mi ha colpito molto.

Burger King e McDonald's sono due delle principali catene di fast food. I loro prodotti più famosi sono panini contenenti hamburger di carne di manzo. Eppure, negli ultimi anni entrambe le aziende hanno cercato di apportare dei cambiamenti nel loro menu, inserendo panini con “finta” carne a base vegetale, ma anche introducendo intere linee a base di pollo, con o senza bacon. Sul fronte delle emissioni, come abbiamo visto, non c'è molta differenza tra le “carni finte” e il pollo prodotto in Europa, però sono tutte e due soluzioni enormemente migliori della carne di manzo. Panini che prima potevano portare a emissioni di 3-6 chili di CO₂e, ora sono scesi a 300-600 grammi. Ogni cliente che sceglie dei panini alternativi a quelli classici fa una scelta enormemente più ecologica.

Per pubblicizzare le linee con il pollo, McDonald's ha sponsorizzato dei video creati da alcuni influencer, come lo youtuber Guglielmo Scilla, in arte Willwoosh, e Valeria Angione, una creator di contenuti comici e satirici su Facebook, Instagram e TikTok.

Ricordo che rimasi colpito dalla risposta della community di Instagram quando quest'ultima fece un contenuto sponsorizzato proprio in favore dei panini con il pollo di McDonald's. Per un paio di giorni, decine di pagine che si occupavano di sostenibilità, di temi politici o sociali l'hanno criticata, in quanto rea di aver collaborato con un'azienda percepita come negativa a

priori. Ma in realtà stava partecipando a una campagna con potenzialità di riduzione dell'impatto ecologico molto vistose. Ci sarebbe da chiedersi: quante piccole paninoteche di provincia stanno provando ad affrontare lo stesso cambiamento? In quante di queste si sta iniziando a produrre panini con burger vegetali o di pollo? Se facciamo un calcolo delle emissioni di un singolo panino medio di queste paninoteche e quelli di McDonald's siamo sicuri che a vincere sia la piccola paninoteca?

Come in tutte le cose ci vuole buonsenso; anche stabilire a priori che "grande è meglio" ha poco senso. L'esempio perfetto è quello della pesca: dato che grandi imbarcazioni che fanno pesca a strascico hanno una probabilità molto maggiore di danneggiare gli habitat marini e pescare pesci per *bycatch*, l'alternativa di tante piccole barche di pescatori che usano tecniche meno distruttive è preferibile. Anche se probabilmente a parità di pescato viene usato molto più carburante, ma avrete capito ormai che i *trade-off* sono ovunque.

Per un ambientalismo ancora più inclusivo

A ridosso delle elezioni politiche del 2022 ho fatto un sondaggio su Instagram in cui ho chiesto ai miei follower per chi votassero. Il risultato mi mandò in paranoia. Tutti votavano a sinistra o al centro. Dov'erano finite le persone di destra? Tenendo conto che quasi metà dei votanti nel nostro Paese scelse la destra la settimana successiva, il problema era evidente: non riesco a intercettare, oppure respingo, le persone di destra. Magari è colpa di Instagram, un social in cui i temi progressisti sono particolarmente sentiti. O il problema sono io? Eppure negli anni mi sono sempre sforzato di non espormi su temi sociali ed economici che avrebbero potuto posizionarmi in una parte politica. Forse non mi sono trattenuto abbastanza? Effettivamente mi è capitato di espormi su alcuni temi, come l'eutanasia, durante la raccolta firme per un referendum. Ho anche detto di essere ateo, cosa che magari è respingente per un pubblico di destra cattolica.

Qualcuno invece mi ha invitato a pensare che il problema stesse proprio nelle persone di destra: per motivi storici e culturali ormai la scienza, e in

particolare i temi legati alla sostenibilità, sono percepiti di sinistra di default. Se è vero, è terribile.

Nel libro vi ho mostrato molti esempi di casi in cui si può fare qualcosa a livello individuale ottenendo riduzioni di impatto ambientale veramente rilevanti, e ce ne sono molte altre che si possono attuare anche solo modificando il modo in cui ci spostiamo e riscaldiamo la nostra casa. Ma per affrontare svariati problemi ambientali servono interventi collettivi, come la costruzione di infrastrutture, lo sviluppo di aziende più sostenibili, leggi per ampliare le aree protette eccetera.

Per accordarci su scelte collettive simili è necessario un consenso su questi temi: non dico che debba esserci l'unanimità, però una certa maggioranza deve essere d'accordo. Se le tematiche ambientali allontanano le persone di destra, in uno Stato come il nostro in cui in media la destra tende a governare di più, il rischio è grande. Questo penso sia uno dei problemi maggiori che vive attualmente l'ambientalismo: non riesce a essere inclusivo verso le persone di destra. Se ci tenete a risolvere le problematiche ambientali, vi invito a interrogarvi su questa grossa questione. Io l'ho fatto a lungo, ma ho ancora molte domande e ben poche risposte.

Forse uno dei problemi principali sta nel fatto che a livello comunicativo i temi ambientali vengono costantemente mescolati con altre istanze, come antispecismo, disuguaglianze economiche, diritti civili, discriminazioni di genere eccetera. Bisognerebbe provare a farlo meno? Sarebbe giusto?

L'altro punto dolente sta in alcuni aspetti identitari dei comunicatori: non solo si tende a mischiare tutto a livello contenutistico, ma c'è anche una forte alternanza tra le varie richieste. Sui social, moltissime persone che parlano di temi ambientali li alternano con altri temi identitari. Qui però faccio un passo indietro, e lascio ulteriori riflessioni a voi. Ritengo sia del tutto lecito potersi esprimere su tematiche sociali e mostrare la propria appartenenza politica o identitaria, anche se queste sono respingenti verso un tipo di pubblico. D'altro canto non biasimo chi (come me) ha scelto invece di non raccontare alcuni aspetti della propria vita privata che potrebbero allontanare un pubblico più conservatore su certi temi. Anche qui sembra esserci un *trade-off*.

Infine, forse bisognerebbe sforzarsi di trovare dei modi per comunicare attivamente proprio alle persone di destra. Capire quali argomenti hanno più

forza a livello comunicativo e quali limiti sono invalicabili. Magari il tema della “protezione dei parchi nazionali e dei nostri mari” è più efficace a livello comunicativo per un nazionalista che vota Fratelli d’Italia; “Sgravi fiscali verso le aziende che riescono a ridurre le emissioni” potrebbe suonare bene ai leghisti e così via. Chissà se prima o poi in Italia emergerà qualche forma di ambientalismo di destra.

Un discorso simile andrebbe fatto anche sulla comunicazione nei confronti delle persone più anziane. L’attivista tipo medio ha delle caratteristiche demografiche simili alle mie: giovane, vive in affitto o con i genitori, è relativamente squattrinato eccetera. Per questo motivo pone l’attenzione sull’impatto ambientale di pratiche specifiche: l’alimentazione, la *daily routine*, la gestione domestica, i trasporti pubblici. Difficilmente un attivista o un ecoinfluencer propone al suo pubblico e spiega come far installare dei pannelli fotovoltaici, dei sistemi di accumulo, delle pompe di calore, come fare dei lavori di sostituzione degli infissi o di cappotto per le mura di casa. Eppure, sono tutte dritte che possono portare a riduzioni sostanziali delle emissioni di una persona. Non solo. Sono consigli utili per la maggior parte degli italiani!

Infatti, la maggioranza della popolazione italiana ha caratteristiche demografiche ben diverse da noi under 30. Intanto metà della popolazione ha più di 48 anni, vive in una casa di proprietà e, in media, le persone a fine carriera e i pensionati hanno sul conto in banca decine o centinaia di migliaia di euro. Dimenticare, trascurare o colpevolizzare i *boomer* è fallimentare se l’interesse è quello di ridurre l’impatto ambientale generale: sono tanti, hanno un grande potere d’acquisto e quindi di riduzione dell’impatto e le loro preferenze sono determinanti nel costruire il quadro politico. E lo saranno anche nei prossimi decenni.

Chi sono i ricchi?

Un altro degli assunti che si è imposto negli ultimi anni è quello della responsabilità delle persone “ricche” nelle emissioni di gas serra. Questo è un discorso complesso e da prendere con le pinze. Uno dei motivi è che tende a creare una polemica molto diffusa: “È inutile che io faccia del bene

all'ambiente se poi i ricconi viaggiano in aereo tutti i giorni". Non solo è una retorica deresponsabilizzante, ma è anche infondata. Pensate che una volta l'ho sentito dire a una mia amica che vive in un nucleo familiare con un reddito ben superiore al 99,9 per cento della popolazione mondiale.

Affrontiamo il tema delle emissioni e delle disuguaglianze facendo una premessa: questo discorso vale solo per le emissioni di gas serra. Come abbiamo visto, altre differenze di impatto ambientale non tendono a essere così fortemente correlate con la ricchezza, come invece succede per i gas serra. Per esempio, la responsabilità principale dell'inquinamento da plastica nei mari è dei Paesi in via di sviluppo. L'occupazione di suolo pro capite è molto più forte in Sud America che in Europa.

Torniamo alle emissioni e al rapporto con la distribuzione della ricchezza. Negli ultimi anni probabilmente avrete sentito varie stime; la più famosa, che ha come fonte l'Oxfam, dice che l'1 per cento più ricco del mondo è responsabile del 10 per cento delle emissioni, mentre il top 10 per cento più ricco del mondo di circa il 50 per cento. Sono distribuzioni simili a quelle di Pareto che abbiamo visto nel primo capitolo.⁴

Nel 2022 è uscita un'altra ricerca, che dice cose un po' diverse: il top 1 per cento emette il 23 per cento, mentre il top 10 per cento il 48 per cento.⁵ È uno studio recente, ma ha avuto già molta risonanza mediatica.

Un'analisi fatta da "Our World in Data" incrociando i dati di Carbon Project e della Banca mondiale dà risultati ancora diversi: il top 16 per cento è responsabile circa del 38 per cento delle emissioni.

È evidente che in media chi è più ricco tende a emettere di più; eppure ci sono delle differenze enormi tra le diverse stime. Come mai? Per rispondere a questa domanda dobbiamo prima fare delle riflessioni su come attribuire le responsabilità delle emissioni.

Immaginate di essere un operaio cinese e di stare fabbricando un telefono che quasi sicuramente sarà acquistato in Europa. Durante il processo di produzione usate dell'elettricità che è stata prodotta da centrali a carbone: le emissioni legate a quell'energia vanno attribuite a voi? O al proprietario della fabbrica? Oppure all'utente finale che compra il telefono?

Durante tutto il corso di questo libro io ho usato solo l'ultimo approccio: se mangio una bistecca prodotta deforestando l'Amazzonia, quelle emissioni è giusto che vengano attribuite a me, non a chi ha bruciato la foresta e

lasciato pascolare i bovini. In un'economia di libero mercato penso sia la cosa migliore, dato che in ultima istanza è la domanda a trainare l'offerta: se si interrompe la domanda, si può interrompere anche la produzione (anche se spesso le cose sono più complesse di così).

Eppure, i calcoli si possono fare in due modi: quello basato sulla produzione e quello basato sul consumo. Per alcuni Stati, come la Cina, i due valori sono molto diversi: c'è una differenza di quasi una tonnellata di CO₂ pro capite che il cinese medio produce ma che viene poi consumata in altre parti del mondo, soprattutto Europa e Stati Uniti. La terza stima che vi ho elencato, quella di "Our World in Data", è basata sulla produzione, non sul consumo.

Ma facciamo un ulteriore passo avanti. Immaginate di ereditare le quote di un'azienda di condizionatori. La produzione dei condizionatori è energivora, come molti processi industriali. Di chi è la responsabilità di queste emissioni: vostra o degli utenti finali a cui li vendete? Qui, io tenderei di nuovo ad attribuire le emissioni quasi solo ai consumatori, per lo stesso principio di prima (poi vi parlerò delle eccezioni a questo approccio).

Se seguiamo questa linea di principio, non possiamo ritenere responsabili (o non principalmente) le aziende ed eventualmente i loro proprietari delle emissioni che producono. In tale ottica alcuni slogan, veri o falsi che siano, perdono molta forza. Ecco un esempio: "Le 100 aziende più grandi al mondo sono responsabili del 70 per cento delle emissioni". È verissimo che ENI è tra le aziende italiane che produce più emissioni, ma quelle emissioni sono "causate" dalla richiesta di beni e servizi che usano le persone: elettricità, metano, altri idrocarburi eccetera. Oltre al fatto che si rischia di tornare al discorso di prima del "piccolo è meglio": siamo sicuri che dieci aziende, grandi un decimo di ENI, emetterebbero meno?

La vostra azienda di condizionatori cresce enormemente e si quota in Borsa. Broker e persone comuni iniziano a comprare le azioni, in quanto credono nella crescita della vostra azienda e vogliono i dividendi. In questo caso ha senso attribuire le emissioni dell'azienda agli azionisti? Se la risposta è "no", o comunque pensate che sia un approccio con dei limiti, allora sappiate che è il metodo utilizzato dalla ricerca che attribuiva al top 1 per cento del mondo il 23 per cento delle emissioni. Infatti, la maggior parte

delle emissioni addossate alle persone più ricche è dovuta agli investimenti finanziari. Quindi ecco che a Tim Cook non vengono affibbate solo le emissioni causate dai suoi consumi, che verosimilmente sono notevolmente sopra la media della popolazione mondiale, ma anche una quota delle emissioni di Apple. A questo punto è chiaro che la sproporzione tra ricchi e poveri è esacerbata.

Quasi tutte le analisi che ho citato nel libro preferiscono misurare le emissioni basate sui consumi, ma non è detto che questo criterio sia sempre il migliore; probabilmente tenere in considerazione entrambi gli aspetti è molto meglio. Non solo: un approccio totalmente basato sui consumi è più responsabilizzante sul fronte dei consumatori, ma non stimola i produttori a fare degli investimenti in questo senso.

È chiaro che anche le aziende sono responsabili delle emissioni, per esempio se si è particolarmente inefficienti o se tra due alternative diverse si sceglie quella che emette di più (come tra due sistemi di energia). Inoltre, grandi aziende possono fare pressioni politiche per esempio per avere legislazioni più blande dal punto di vista ambientale. Allo stesso modo, l'acquisto di azioni di determinate aziende può indirettamente incentivare il futuro del mercato verso alcune direzioni piuttosto che altre.

Alcune scelte politiche possono agire su entrambi i fronti: i vari sistemi di *carbon tax*, maggiorando i prezzi dei combustibili fossili o dei prodotti che emettono molto, hanno il doppio effetto di disincentivare sia i produttori inefficienti sia i consumatori che fanno costantemente scelte molto impattanti.

A questo punto potreste pensare che i risultati di Oxfam sono quelli più attendibili: il top 1 per cento causa il 10 per cento delle emissioni e il top 10 per cento il 50 per cento. Ma anche questi dati presentano delle criticità: di che periodo temporale stiamo parlando? Le cifre di "Our World in Data" si riferiscono alle emissioni e alla distribuzione della ricchezza di un unico anno, il 2016, invece le altre sono frutto di analisi decennali. I dati provenienti dall'Oxfam, per esempio, prendono in considerazione un periodo lunghissimo: 25 anni. Questo in parte potrebbe contribuire a spiegare perché i numeri non coincidano: la situazione è molto diversa tra un singolo anno relativamente recente e un periodo di 25 anni. Infatti, uno

degli aspetti più interessanti della ricchezza delle persone è che tende a cambiare, soprattutto se si iniziano a fare confronti tra nazioni differenti.

Venticinque anni fa la maggior parte degli italiani aveva un reddito che rientrava nel top 5 per cento del mondo, ma poi c'è stato l'impetuoso sviluppo economico cinese, indiano e del Sudest asiatico. Ora ci sono milioni di cinesi ben più ricchi di me e di te (nonostante il reddito medio della Cina sia ancora più basso del nostro), e questo basta a scalzare molti di noi dalle posizioni che avevano i nostri genitori. Per cui c'è il paradosso che la composizione del top 10 per cento può cambiare di molto se confrontiamo i dati di un singolo anno con i dati di un decennio; d'altronde parliamo di 800 milioni di persone distribuite in diverse parti del mondo. Oltre al fatto che è pure cambiato il numero totale: il top 10 per cento della popolazione umana nel 2000 erano 600 milioni di persone.

Questi ragionamenti non servono a invalidare tutte le ricerche che ho citato, ma sono un invito a prenderle con le pinze e a capire le premesse su cui sono basate prima di citarle. Spero che prima o poi venga pubblicato uno studio che copra uno iato temporale più breve e recente, e che usi un approccio basato sui consumi. Noi italiani rimaniamo ancora ricchissimi rispetto al resto del mondo, tuttavia è una cosa che si comunica sempre con un certo imbarazzo. Infatti, abbiamo la tendenza a paragonare la nostra ricchezza in base a quello che vediamo intorno a noi, per questo abbiamo spesso la sensazione di non essere particolarmente abbienti.

Eppure, se confrontiamo il nostro potere d'acquisto con quello di altri Paesi ci rendiamo conto delle differenze abissali. Ci sono molte nazioni in cui il reddito annuo medio è nell'ordine di qualche centinaio o migliaio di dollari (noi siamo sulle decine di migliaia). Vi consiglio un libro, *Factfulness*, che fa una panoramica e aiuta a mettere in prospettiva questi numeri e le tendenze degli ultimi decenni, nonostante la recente pandemia abbia probabilmente invertito momentaneamente molti degli indicatori citati.

Se iniziamo a guardare un po' di dati del nostro Paese e li confrontiamo con i dati globali, ci accorgiamo subito delle nostre fortune: il reddito mediano dichiarato nel nostro Paese è nell'ordine di 20.000 dollari. Vi stupirà sapere che nel mondo ad avere un reddito più alto di così sono meno di 800 milioni di persone. In altre parole, più della metà degli italiani fa parte del famoso top 10 per cento di cui abbiamo parlato fino a ora. La

restante parte della popolazione è compresa comunque nel top 20 per cento. Non solo, con un reddito annuo di 100.000 euro si entra nel top 1 per cento del mondo: conosco varie persone che ne fanno parte.

Questi dati potrebbero colpirci: quando leggiamo dall'analisi Oxfam che il top 10 per cento è responsabile del 50 per cento delle emissioni, dovremmo renderci conto che siamo noi. Appreso questo, forse dovremmo evitare di deresponsabilizzarci additando sempre i "ricchi" come i colpevoli.

Questo messaggio non piace. Sapere di essere molto più ricchi del resto del mondo è un'informazione che spesso dà fastidio: magari un cittadino in povertà relativa in Italia non vuole sentire che è comunque enormemente più ricco di un abitante del Kenya. Eppure, già avere una casa riscaldata, del cibo in tavola tutti i giorni, un frigorifero collegato alla corrente e altri servizi che riteniamo minimi porta i nostri consumi a superare quelli di miliardi di individui. E la somma di centinaia di milioni di persone del ceto medio europeo contribuisce alla produzione di miliardi di tonnellate di anidride carbonica.

C'è un risvolto positivo nel capire che i ricchi siamo noi: siamo anche coloro che possono agire maggiormente. Se sono i nostri consumi a generare così tante emissioni, siamo anche noi che possiamo ridurli o efficientare le nostre produzioni. Tenendo allo stesso tempo conto che per ora i ricchi siamo noi, ma stanno crescendo nuove generazioni che entreranno nel top 10 per cento del mondo a breve, soprattutto in Asia.

Un approccio realistico e pragmatico alla luce dell'urgenza

Il mondo è complesso e i vincoli culturali, politici, di benessere e di salute pubblica sono tantissimi. In questo libro ho fatto emergere più volte come per molti aspetti che riguardano l'ambiente la coperta sia corta e non esistano pallottole d'argento. Purtroppo, l'approccio che vi ho proposto io è lento: definire, quantificare, analizzare e confrontare interi aspetti legati al mondo ecologico necessita di una grande quantità di tempo. Non solo: avrete visto che molto spesso tendo a non esprimermi in assenza di dati o con dati di scarsa qualità. Questo è un lusso che a volte non si ha, o si rischia di finire nell'immobilismo. È quindi necessario che altre persone

buttino il cuore oltre l'ostacolo e si lancino in pratiche o innovazioni che inizialmente non è detto che funzionino o che facciano veramente del bene.

Può darsi che gli attivisti vegani convincano davvero la maggior parte della popolazione umana a diventare vegana. Forse qualcuno riuscirà veramente a persuadere i russi a piantare 200 miliardi di alberi sul loro territorio. Magari effettivamente una piccola start-up riuscirà a rivoluzionare il modo in cui produciamo la carne abbattendo enormemente l'impatto ambientale con carne cresciuta in laboratorio, e un'associazione troverà un modo per eradicare tutte le specie aliene dalle isole senza uccidere gli animali. Purtroppo è poco pragmatico mettere da parte l'idealismo. D'altro canto l'idealismo da solo genera mostri. Anche qui sembra esserci un *trade-off*.

Ringraziamenti

Per arricchire e migliorare questo libro mi sono avvalso dell'aiuto di più persone. Donato Ilir Soranno ha contribuito a identificare i punti deboli delle mie ricerche e delle mie argomentazioni, spingendomi a lavorare proprio su quelle; come fanno gli agricoltori che affrontano la carenza principale delle piante volta per volta, seguendo la legge del minimo di Liebig. I suoi consigli, inoltre, sono stati preziosi nel definire la struttura del sesto e dell'undicesimo capitolo.

Ringrazio anche Arianna Dissegna e Libero Middei: le loro dritte hanno arricchito ulteriormente l'undicesimo capitolo.

Il decimo capitolo fonda le basi su una grande varietà di articoli scientifici; Valentina Dalla Villa mi ha segnalato una parte consistente di queste fonti.

Alessandro Lanzoni collabora con me in praticamente tutti i miei progetti; anche in questo caso mi ha dato una grossa mano: ha suggerito diversi miglioramenti di stile ed è stato fondamentale nella creazione delle immagini.

La spinta a scrivere questo libro è nata dalla lettura di *È naturale bellezza* di Beatrice Mautino, che mi ha mostrato quanto sia importante parlare di temi ambientali con un approccio scientifico.

Infine un ringraziamento va a Francesco Bozzi, il mio editor, e a tutte le persone che in qualche modo hanno contribuito alla realizzazione di questo libro.

Note

1. *Fidarsi della scienza*

1. Max Roser, Hannah Ritchie, Bernadeta Dadonaite, *Child and Infant Mortality*, in “Our World in Data”, novembre 2019.
2. *Cancer Incidence, 1990 to 2017*, in “Our World in Data”, <https://ourworldindata.org/grapher/cancer-incidence?tab=chart&country=~MYS>.
3. Max Roser, *Is the World Making Progress Against Cancer?*, in “Our World in Data”, 3 febbraio 2020.
4. Naomi Oreskes, *Perché fidarsi della scienza?*, Bollati Boringhieri, Torino 2021.
5. Massimo Pigliucci, Maarten Boudry, *Philosophy of Pseudoscience: Reconsidering the Demarcation Problem*, University of Chicago Press, 2013.
6. Robin Poole, Oliver J. Kennedy, Paul Roderick *et al.*, *Coffee Consumption and health: Umbrella review of Meta-Analyses of Multiple Health Outcomes*, in “BJM”, 359, 22 novembre 2017.
7. Fanny Jenssen, Shady El Gewily, Anastasios Bardoutsos *et al.*, *Past and Future Alcohol-Attributable Mortality in Europe*, in “International Journal of Environmental Research and Public Health”, 17(23), dicembre 2020.
8. Secondo la letteratura scientifica, servono circa 6,7 Wh per fare il caffè con una moka da tre tazzine riscaldando con una piastra a induzione. Occorrerà circa metà dell’energia per portare la moka da 50 a 90 gradi, quindi siamo intorno ai 3,4 Wh. Stando ai dati di quanta CO₂ viene emessa in Italia per la produzione di corrente elettrica, stiamo parlando di una riduzione potenziale di 0,7 grammi di CO₂. Vedi *Carbon Intensity of Energy Production* in “Our World in Data”, <https://ourworldindata.org/grapher/co2-per-unit-energy>.
9. ISTAT, *Italy Ranks First in the EU for Water Abstraction for Public Water Supply: 428 Litres per Person per Day*, ISTAT Water Statistics 2015-2018, 22 marzo 2019.
10. Uno di questi è GiveWell.
11. *Negli Stati Uniti c’è un certo interesse per l’“altruismo efficace”*, in “il Post”, 3 settembre 2022.
12. Carmen Nab, Mark Maslin, *Life Cycle Assessment Synthesis of the Carbon Footprint of Arabica Coffee: Case Study of Brazil and Vietnam Conventional and Sustainable Coffee Production and*

Export the United Kingdom, in “Geography of Environment”, 7(2), dicembre 2020.

13. <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/caffeine>.

14. Carmen Nab, Mark Maslin, *art. cit.*

2. *Le problematiche ambientali*

1. Global Carbon Project, *Carbon Budget and Trends*, 2022.

2. Will Steffen, Katherine Richardson, Johan Rockström *et al.*, *Sustainability. Planetary Boundaries: Guiding Human Development on a Changing Planet*, in “Science”, 347(6223), 13 febbraio 2015.

3. Global Burden of Disease Collaborative Network, *Global Burden of Disease Study 2019*, Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME), Seattle (WA) 2021.

3. *Inquinamento*

1. World Health Organization, *Global Malaria Programme. The Use of DDT in Malaria Vector Control. WHO Position Statement*, 2011.

2. Young-Seoub Hong, Yu-Mi Kim, Kyung-Eun Lee, *Methylmercury Exposure and Health Effects*, in “Journal of Preventive Medicine & Public Health”, 45(6), novembre 2012, pp. 353-363.

3. *Ibidem*.

4. Simon J. More, Vasileios Bampidis, Diane Benford *et al.*, *Guidance on the Use of the Threshold of Toxicological Concern Approach in Food Safety Assessment*, in “EFSA Journal”, 6 giugno 2019.

5. Global Burden of Disease Collaborative Network, *Global Burden of Disease Study 2019*, Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME), Seattle (WA) 2021.

6. European Environment Agency, *Air Quality in Europe 2021. Health Impacts of Air Pollution in Europe*, 2021.

7. Pietro Volta, Norman D. Yan, John Maxwell Gunn, *Past, Present and Future of the Fish Community of Lake Orta (Italy), One of the World's Largest Acidified Lakes*, in “Journal of Limnology”, 75(s2), aprile 2016, pp. 131-141.

8. https://annuario.isprambiente.it/sys_ind/report/html/879.

9. European Environment Agency, *Industrial Pollutant Releases to Water in Europe*, 12 aprile 2022.

10. ISPRA, *Rapporto nazionale pesticidi nelle acque. Dati 2017-2018*, Edizione 2020.

11. Mili Pal, Prerna J. Yesankar, Ajay Dwivedi *et al.*, *Biotic Control of Harmful Algal Blooms (HABs): A Brief Review*, in “Journal of Environmental Management”, 268, 15 agosto 2020.

12. Scott Sutherland, *Lake Erie's Toxic Algal Bloom Spreads, Prompting Warnings*, in “The Weather Network”, 12 luglio 2019.

13. Christina Tsikoti, Savvas Genitsaris, *Review of Harmful Algal Blooms in the Coastal Mediterranean Sea, with a Focus on Greek Waters*, in “Diversity”, 13(8), 12 luglio 2021, p. 396.
14. Chris Mays, Stephen McLoughlin, Tracy D. Frank *et al.*, *Lethal Microbial Blooms Delayed Freshwater Ecosystem Recovery Following the End-Permian Extinction*, in “Nature Communications”, 12(1), 17 settembre 2021.
15. Jenna R. Jambeck, Roland Geyer, Chris Wilcox *et al.*, *Plastic Waste Inputs from Land into the Ocean*, in “Science”, 347(6223), 13 febbraio 2015, pp. 368-371.
16. Lourens J.J. Meijer, Tim van Emmerik, Ruud van der Ent *et al.*, *More Than 1000 Rivers Account for 80% of Global Riverine Plastic Emissions into the Ocean*, in “Science Advances”, 7(18), 30 aprile 2021.
17. *Ibidem*.
18. Sarah C. Gall, R.C. Thompson, *The Impact of Debris on Marine Life*, in “Marine Pollution Bulletin”, 92(1-2), 15 marzo 2015, pp. 170-179.
19. Chris Wilcox, Nicholas J. Mallos, George H. Leonard *et al.*, *Using Expert Elicitation to Estimate the Impacts of Plastic Pollution on Marine Wildlife*, in “Marine Policy”, 65, marzo 2016, pp. 107-114.
20. Sarah C. Gall, R.C. Thompson, *art. cit.*
21. *Ibidem*.
22. Carolyn J. Foley, Zachary S. Feiner, Timothy D. Malinich *et al.*, *A Meta-Analysis of the Effect of Exposure to Microplastics on Fish and Aquatic Invertebrates*, in “Science of the Total Environment”, 631-632, 1° agosto 2018, pp. 550-559.
23. Ana I. Catarino, Valeria Macchia, William G. Sanderson *et al.*, *Low Levels of Microplastics (MP) in Wild Mussels Indicate That MP Ingestion By Humans Is Minimal Compared to Exposure Via Household Fibres Fallout During a Meal*, in “Environmental Pollution”, 237, giugno 2018, pp. 675-684.
24. *Presence of Microplastics and Nanoplastics in Food, with Particular Focus on Seafood*, in “EFSA Journal”, 23 giugno 2016.
25. Carmen Ferrara, Giovanni De Feo, Vincenza Picone, *LCA of Glass Versus PET Mineral Water Bottles: An Italian Case Study*, in “Recycling”, 6(3), luglio 2021, p. 50.
26. https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1.
27. Usha Satish, Mark J. Mendell, Krishnamurthy Shekhar *et al.*, *Is CO2 an Indoor Pollutant? Direct Effects of Low-to-Moderate CO2 Concentrations on Human Decision-Making Performance*, in “Environmental Health Perspectives”, 120(12), dicembre 2012.
28. <https://www.epa.gov/transportation-air-pollution-and-climate-change/carbon-pollution-transportation#EPA%20Programs%20to%20Reduce%20Carbon%20Pollution>.

29. European Environment Agency, *Air Pollution Is the Biggest Environmental Health Risk in Europe*, <https://www.eea.europa.eu/themes/air>.

4. *Cambiamento climatico*

1. *Climate Change 2021. The Physical Science Basis*, in “IPCC Sixth Assessment Report”, <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/chapter/summary-for-policymakers/>.
2. *Ibidem*.
3. Pierre Friedlingstein, Matthew W. Jones, Michael O’Sullivan *et al.*, *Global Carbon Budget 2021*, in “Earth System Science Data”, 14(4), 2022.
4. *Ibidem*. Ho aggiunto 50 Gt di CO₂ e al dato del 2021.
5. William J. Ripple, Christopher Wolf, Thomas M. Newsome *et al.*, *World Scientists’ Warning of a Climate Emergency*, in “BioScience”, 70(1), gennaio 2020, pp. 8-12.
6. Timothy M. Lenton, Hermann Held, Elmar Kriegler *et al.*, *Tipping Elements in the Earth’s Climate System*, in “PNAS”, 105(6), 12 febbraio 2008, pp. 1786-1796.
7. David Schimel, Britton B. Stephens, Joshua B. Fisher, *Effect of Increasing CO₂ on the Terrestrial Carbon Cycle*, in “PNAS”, 112(2) 29 dicembre 2014, pp. 436-441.
8. *Climate Change 2021. The Physical Science Basis*, cit.

5. *Esaurimento delle risorse*

1. Winnie Gerbens-Leenes, Markus Berger, John Anthony Allan, *Water Footprint and Life Cycle Assessment: The Complementary Strengths of Analyzing Global Freshwater Appropriation and Resulting Local Impacts*, in “Water”, 13(6), marzo 2021, p. 803.
2. *Ibidem*.
3. ISTAT, *Va perduto oltre un terzo dell’acqua immessa nella rete di distribuzione*.
4. Winnie Gerbens-Leenes, Markus Berger, John Anthony Allan, *art. cit.*
5. Mesfin M. Mekonnen, Arjen Y. Hoekstra, *A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products*, in “Ecosystems”, 15, 2012, pp. 401-415.
6. Marina Palmero-Iniesta, Joan Pino, Lluís Pesquer *et al.*, *Recent Forest Area Increase in Europe: Expanding and Regenerating Forests Differ in Their Regional Patterns, Drivers and Productivity Trends*, in “European Journal of Forest Research”, 140, 6 marzo 2021, pp. 793-805.
7. Alice Di Sacco, Kate A. Hardwick, David Blakesley *et al.*, *Ten Golden Rules for Reforestation to Optimize Carbon Sequestration, Biodiversity Recovery and Livelihood Benefits*, in “Global Change Biology”, 27(7), aprile 2021, pp. 1328-1348.

6. Perdita della biodiversità

1. Vi invito a visitare il sito One Zoom per farvi un'idea: <https://www.onezoom.org/>.
2. Camilo Mora, Derek P. Tittensor, Sina Adl *et al.*, *How Many Species Are There on Earth and in the Ocean?*, in "PLOS Biology", 9(8), agosto 2011.
3. <https://www.youtube.com/watch?v=Wf0B-xByAOo>.
4. *Spain's Biodiversity at Risk. A Call for Action*, in "The IUCN Red List of Threatened Species".
5. *Strategia nazionale per la biodiversità in Italia*, ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, direzione per la Protezione della Natura, dicembre 2009.
6. <http://www.iucn.it/>.
7. *Lista rossa dei vertebrati italiani*, realizzato dal ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e da Federparchi, maggio 2013.
8. Nicholas K. Dulvy, David Allen, Gina Ralph *et al.*, *The Conservation Status of Sharks, Rays and Chimaeras in the Mediterranean Sea*, IUCN, dicembre 2016.
9. John Bongaarts, IPBES, *Summary for Policymakers of the Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*, 4 settembre 2019.
10. John D.C. Linnell, Benjamin Cretois, Erlend B. Nilsen *et al.*, *The Challenges and Opportunities of Coexisting with Wild Ungulates in the Human-Dominated Landscapes of Europe's Anthropocene*, in "Biological Conservation", 244, aprile 2020.
11. Colin M. Cassin, Peter M. Kotanen, *Invasive Earthworms as Seed Predators of Temperate Forest Plants*, in "Biological Invasions", 18, 29 marzo 2016, pp. 1567-1580.
12. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aao5987>.
13. Maria J. Santos, Mathias Disney, Jérôme Chave, *Detecting Human Presence and Influence on Neotropical Forests with Remote Sensing*, in "Remote Sensing", 10(10), ottobre 2018, p. 1593.
14. Greger Larson, Dolores R. Piperno, Robin G. Allaby *et al.*, *Current perspectives and the Future of Domestication Studies*, in "Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America", 111(17), 29 aprile 2014, pp. 6139-6146.
15. Serena Aneli, Matteo Caldon, Tina Saupe *et al.*, *Through 40,000 Years of Human Presence in Southern Europe: The Italian Case Study*, in "Human Genetics", 140, ottobre 2021, pp. 1417-1431.
16. Lenore Fahrig, *Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity*, in "Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics", 34, 2003, pp. 487-515.
17. <https://www.half-earthproject.org/>.
18. Eric Dinerstein, Caryl Vynne, Enric Sala *et al.*, *A Global Deal for Nature: Guiding Principles, Milestones, and Targets*, in "Science Advances", 5(4), 19 aprile 2019.

19. UN Biodiversity Conference (CBD COP 15 - part 2), 7-19 dicembre 2022, <https://sdg.iisd.org/events/un-biodiversity-conference-cbd-cop-15-part-2/>.
20. *Ibidem*.
21. Protected Planet Report 2020.
22. Eurostat, *Protected Areas: Over a Quarter of EU Land*, 21 maggio 2022.
23. Francesco Colloca, Giuseppe Scarcella, Simone Libralato, *Recent Trends and Impacts of Fisheries Exploitation on Mediterranean Stocks and Ecosystems*, in “Frontiers in Marine Science”, 4, 14 agosto 2017.
24. Claire Régnier, Benoît Fontaine, Philippe Bouchet, *Not Knowing, Not Recording, Not Listing: Numerous Unnoticed Mollusk Extinctions*, in “Conservation Biology”, 23(5), ottobre 2009, pp. 1214-1221.
25. Ben C. Scheele, Frank Pasmans, Lee F. Skerratt *et al.*, *Amphibian Fungal Panzootic Causes Catastrophic and Ongoing Loss of Biodiversity*, in “Science”, 363(6434), 29 marzo 2019, pp. 1459-1463.
26. Max R. Lambert, Molly C. Womack, Allison Q. Byrne *et al.*, *Comment on “Amphibian Fungal Panzootic Causes Catastrophic and Ongoing Loss of Biodiversity”*, in “Science”, 367(6484), 20 marzo 2020.
27. Dena R. Spatz, Nick D. Holmes, David J. Will *et al.*, *The Global Contribution of Invasive Vertebrate Eradication as a Key Island Restoration Tool*, in “Scientific Reports”, 12(1), 10 agosto 2022.
28. Jarrett E. Byrnes, Pamela L. Reynolds, John J. Stachowicz, *Invasions and Extinctions Reshape Coastal Marine Food Webs*, in “PLOS One”, 2(3), 14 marzo 2007.
29. Tetjana Ross, Cherisse Du Preez, Debby Ianson, *Rapid Deep Ocean Deoxygenation and Acidification Threaten Life on Northeast Pacific Seamounts*, in “Global Change Biology”, 26(11), novembre 2020.
30. Rasmus Revermann, Hans Schmid, Niklaus Zbinden *et al.*, *Habitat at the Mountain Tops: How Long Can Rock Ptarmigan (Lagopus muta helvetica) Survive Rapid Climate Change in the Swiss Alps? A Multi-Scale Approach*, in “Journal of Ornithology”, 153, 16 febbraio 2012, pp. 891-905.
31. Ai biologi non piace questo termine, perché indica un gruppo di animali imparentati dai quali però sono stati esclusi gli uccelli, che dovrebbero entrarci a pieno titolo.
32. Emma C. Lockley, Christophe Eizaguirre, *Effects of Global Warming on Species with Temperature-Dependent Sex Determination: Bridging the Gap Between Empirical Research and Management*, in “Evolutionary Applications”, 14(10), ottobre 2021, pp. 2361-2377.
33. *Ibidem*.

7. Le api sono in pericolo?

1. Manuela Sann, Oliver Niehuis, Ralph S. Peters *et al.*, *Phylogenomic Analysis of Apoidea Sheds New Light on the Sister Group of Bees*, in “BMC Evolutionary Biology”, 18(1), 18 maggio 2018, p. 71; Bryan N. Danforth, Sophie Cardinal, Christophe Praz *et al.*, *The Impact of Molecular Data on Our Understanding of Bee Phylogeny and Evolution*, in “Annual Review of Entomology”, 58, gennaio 2013, pp. 57-78.
2. Lucas A. Garibaldi, Ingolf Steffen-Dewenter, Rachel Winfree *et al.*, *Wild Pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundance*, in “Science”, 339(6127), 29 marzo 2013, pp. 1608-1611.
3. IUCN, *European Red List of Bees*.
4. Caspar A. Hallmann, Martin Sorg, Eelke Jongejans *et al.*, *More Than 75 Percent Decline Over 27 Years in Total Flying Insect Biomass in Protected Areas*, in “PLOS One” 12(10), 18 ottobre 2017.
5. FAO's *Global Action on Pollination Services for Sustainable Agriculture*.
6. <http://data.un.org/Data.aspx?d=FAO&f=itemCode%3A1181>.
7. European Commission, *A pan-European epidemiological study on honeybee colony losses 2012-2014*.
8. Keilyn Ing, Christina L. Mogren, *Evidence of Competition between Honey Bees and Hylaeus anthracinus (Hymenoptera: Colletidae), an Endangered Hawaiian Yellow-Faced Bee*, in “Pacific Science”, 74(1), 25 marzo 2020, pp. 75-85.
9. Antonio Nanetti, Laura Bortolotti, Giovanni Cilia, *Pathogens Spillover from Honey Bees to Other Arthropods*, in “Pathogens”, 10(8), 17 agosto 2021.
10. Rachel E. Mallinger, Hannah R. Gaines-Day, Claudio Gratton, *Do Managed Bees Have Negative Effects on Wild Bees?: A Systematic Review of the Literature*, in “PLOS One”, 12(12), 8 dicembre 2017.
11. G.M. Angelella, C.T. McCullough, M.E. O'Rourke, *Honey Bee Hives Decrease Wild Bee Abundance, Species Richness, and Fruit Count on Farms Regardless of Wildflower Strips*, in “Scientific Reports”, 11(1), 5 febbraio 2021.
12. Nenad M. Zaric, Isidora Deljanin, Konstantin Iliević *et al.*, *Assessment of Spatial and Temporal Variations in Trace Element Concentrations Using Honeybees (Apis mellifera) as Bioindicators*, in “PeerJ”, 6, 16 luglio 2018; Rezvan Davodpour, Soheil Sobhanardakani, Mehrdad Cheraghi *et al.*, *Honeybees (Apis mellifera) as a Potential Bioindicator for Detection of Toxic and Essential Elements in the Environment (Case Study: Markazi Province, Iran)*, in “Archives of Environmental Contamination and Toxicology”, 77, 24 aprile 2019, pp. 344-358; Anita Giglio, Anna Ammendola, Silvia Battistella *et al.*, *Apis mellifera ligustica, Spinola 1806 as Bioindicator for*

Detecting Environmental Contamination: A Preliminary Study of Heavy Metal Pollution in Trieste, Italy, in “Environmental Science and Pollution Research”, 24(1), gennaio 2017, pp. 659-665.

13. Caspar A. Hallmann, Martin Sorg, Eelke Jongejans *et al.*, *art. cit.*
14. European Commission, *European Red List of Habitats. Part 2. Terrestrial and Freshwater Habitats*, dicembre 2016.
15. Katherine C.R. Baldock, Mark A. Goddard, Damien M. Hicks *et al.*, *Where is the UK's Pollinator Biodiversity? The Importance of Urban Areas for Flower-Visiting Insects*, in “Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences”, 282(1803), 22 marzo 2015.
16. Panagiots Theodorou, Rita Radzevičiūtė, Guillaume Lentendu *et al.*, *Urban Areas as Hotspots for Bees and Pollination but not a Panacea for All Insects*, in “Nature Communications”, 11(576), 29 gennaio 2020.

8. Quanto è utile piantare un albero?

1. Alice Di Sacco, Kate A. Hardwick, David Blakesley *et al.*, *Ten Golden Rules for Reforestation to Optimize Carbon Sequestration, Biodiversity Recovery and Livelihood Benefits*, in “Global Change Biology”, 27(7), aprile 2021, pp. 1328-1348.
2. Ronald C. Estoque, Rajarshi Dasgupta, Karina Winkler *et al.*, *Spatiotemporal Pattern of Global Forest Change Over the Past 60 Years and the Forest Transition Theory*, in “Environmental Research Letters”, 17(8), 1° agosto 2022.
3. Questo numero nasce da una stima spannometrica. Se 1000 miliardi di alberi dovessero permettere il riassorbimento di circa 700 gigatonnellate, ce ne vorrebbero circa il triplo per riassorbire quanto prodotto dall'era preindustriale.
4. Jean-François Bastin, Yelena Finegold, Claude Garcia *et al.*, *The Global Tree Restoration Potential*, in “Science”, 365(6448), 5 luglio 2019, pp. 76-79.
5. <https://trilliontrees.org/>.
6. https://ourworldindata.org/grapher/daily-median-income?tab=chart&country=OWID_WRL~ITA;
<https://pip.worldbank.org/home>.
7. Jean-François Bastin, Yelena Finegold, Claude Garcia *et al.*, *art. cit.*
8. Renato Crouzeilles, Mariana S. Ferreira, Robin L. Chazdon *et al.*, *Ecological Restoration Success Is Higher for Natural Regeneration Than for Active Restoration in Tropical Forests*, in “Science Advances”, 3(11), 8 novembre 2017.
9. *Ibidem*.
10. Roberto Pilli, Ramdane Alkama, Alessandro Cescatti *et al.*, *The European Forest Carbon Budget Under Future Climate Conditions and Current Management Practices*, in “Biogeosciences”, 19(13), 2022, pp. 3263-3284.

11. Dominic Woolf, James E. Amanotte, F. Alayne Street-Perrott *et al.*, *Sustainable Biochar to Mitigate Global Climate Change*, in “Nature Communications”, 1(56), 10 agosto 2010.
12. Ángel Galán-Martín, María del Mar Contreras, Inmaculada Romero *et al.*, *The Potential Role of Olive Groves to Deliver Carbon Dioxide Removal in a Carbon-Neutral Europe: Opportunities and Challenges*, in “Renewable and Sustainable Energy Reviews”, 165, settembre 2022.
13. Meenakshi Sharma, Rajesh Kaushal, Preshant Kaushik *et al.*, *Carbon Farming: Prospects and Challenges*, in “Sustainability”, 13(19), 2021.
14. Jonas Schwaab, Ronny Meier, Gianluca Mussetti *et al.*, *The Role of Urban Trees in Reducing Land Surface Temperatures in European Cities*, in “Nature Communications”, 12, 23 novembre 2021.
15. Mohammad A. Rahman, Laura M.F. Stratopoulos, Astrid Moser-Reischl *et al.*, *Traits of Trees for Cooling Urban Heat Islands: A Meta-Analysis*, in “Building and Environment”, 170, marzo 2020.
16. Matthew Tallis, Gail Taylor, Danielle Sinett *et al.*, *Estimating the Removal of Atmospheric Particulate Pollution By the Urban Tree Canopy of London, Under Current and Future Environments*, in “Landscape and Urban Planning”, 103(2), 30 novembre 2011, pp. 129-138.
17. Rüdiger Grote, Roeland Samson, Rocío Alonso *et al.*, *Functional Traits of Urban Trees: Air Pollution Mitigation Potential*, in “Frontiers in Ecology and the Environment” 14(10), dicembre 2016, pp. 543-550.
18. Susanna Abraham Cottagiri, Paul J. Villeneuve, Parminder Raina *et al.*, *Increased Urban Greenness Associated with Improved Mental Health Among Middle-Aged and Older Adults of the Canadian Longitudinal Study on Aging (CLSA)*, in “Environmental Research”, 206, 14 aprile 2022; Kirsten M.M. Beyer, Andrea Kaltenbach, Aniko Szabo *et al.*, *Exposure to Neighborhood Green Space and Mental Health: Evidence from the Survey of the Health of Wisconsin*, in “International Journal of Environmental Research and Public Health”, 11(3), 21 marzo 2014, pp. 3453-3472.
19. Rosa Reyes-Riveros, Adison Altamirano, Francisco De La Barrera *et al.*, *Linking Public Urban Green Spaces and Human Well-Being: A Systematic Review*, in “Urban Forestry & Urban Greening”, 61, giugno 2021.

9. L'impatto ecologico delle carni

1. Walter Willett, Johan Rockström, Brent Loken *et al.*, *Food in the Anthropocene: The EAT-Lancet Commission on Healthy Diets from Sustainable Food Systems*, in “The Lancet”, 393(10170), 2 febbraio 2019, pp. 447-492.
2. International Agency for Research on Cancer, *IARC Monographs Evaluate Consumption of Red Meat and Processed Meat*, 26 ottobre 2015.

3. Food and Agriculture Organization of the United Nations, *Emissions Due to Agriculture. Global, Regional and Country Trends, 2000-2018*.
4. Kees Klein Goldewijk, Arthur Beusen, Jonathan Doelman *et al.*, *New Anthropogenic Land Use Estimates for the Holocene; HYDE 3.2*, in “Earth System Science Data”, 7 dicembre 2016.
5. Rebecca Wiegand, William H. Battye, Casey Bray Myers *et al.*, *Particulate Matter and Ammonia Pollution in the Animal Agricultural-Producing Regions of North Carolina: Integrated Ground-Based Measurements and Satellite Analysis*, in “Atmosphere”, 13(5), 17 maggio 2022, p. 821.
6. Daniela Lovarelli, Cecilia Conti, Alberto Finzi *et al.*, *Describing the Trend of Ammonia, Particulate Matter and Nitrogen Oxides: The Role of Livestock Activities in Northern Italy During Covid-19 Quarantine*, in “Environmental Research”, 191, dicembre 2020.
7. Philippe Thunis, Alain Clappier, Matthias Beekmann *et al.*, *Non-Linear Response of PM_{2,5} to Changes in NO_x and NH₃ Emissions in the Po Basin (Italy): Consequences for Air Quality Plans*, in “Atmospheric Chemistry and Physics”, 21, 2021, pp. 9309-9327.
8. J. Poore, T. Nemecek, *Reducing Food's Environmental Impacts through Producers and Consumers*, in “Science”, 360(6392), 1° giugno 2018, pp. 987-992.
9. Eurispes, *Rapporto Italia 2019. Vegetariani e vegani: le nuove diete si consolidano*.
10. Centro di ricerca alimenti e nutrizione, *Linee guida per una sana alimentazione. Revisione 2018*.
11. E. Hallström, A. Carlsson-Kanyama, P. Börjesson *et al.*, *Environmental Impact of Dietary Change: A Systematic Review*, in “Journal of Cleaner Production”, 91, 15 marzo 2015, pp. 1-11.
12. J. Poore, T. Nemecek, *art. cit.*
13. Secondo la ricerca di Poore e Nemecek tre porzioni di pollo settimanali corrispondono a circa 155 kg di CO₂e annuali; una porzione di maiale, invece, intorno a 64.
14. Gregory S. Okin, *Environmental Impacts of Food Consumption by Bogs and Cats*, in “PLOS One”, 12(8), 2 agosto 2017.
15. J. Poore, T. Nemecek, *art. cit.*
16. <https://www.fao.org/gleam/dashboard-old/en/>.
17. <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/4-agriculture/3-b-manure-management/view>.
18. E. Hallström, A. Carlsson-Kanyama, P. Börjesson, *art. cit.*
19. J. Poore, T. Nemecek, *art. cit.*; Hannah Ritchie, *If the World Adopted a Plant-Based Diet We Would Reduce Global Agricultural Land Use from 4 to 1 Billion Hectares*, in “Our World in Data”, 4 marzo 2021.
20. Peter Scarborough, Paul N. Appleby, Anja Mizdrak *et al.*, *Dietary Greenhouse Gas Emissions of Meat-Eaters, Fish-Eaters, Vegetarians and Vegans in the uk*, in “Climatic Change”, 125, 11 giugno 2014, pp. 179-192.

21. Kees Klein Goldewijk, Arthur Beusen, Jonathan Doelman *et al.*, *Anthropogenic Land Use Estimates for the Holocene; HYDE 3.2*, in “Earth System Science Data”, 9(2), 1° dicembre 2017, pp. 927-953.
22. *Agricultural Land Per Capita*, in “Our World in Data”.
23. Michael Williams, *Deforesting the Earth: From Prehistory to Global Crisis, an Abridgement*, The University of Chicago Press, 2003.
24. *Global Livestock Environmental Assessment Model*, FAO.
25. Paul L. Greenwood, *Review: An Overview of Beef Production from Pasture and Feedlot Globally, as Demand for Beef and the Need for Sustainable Practices Increase*, in “Animal”, 15, supplemento 1, dicembre 2021; Mario Herrero, Petr Havlík, Hugo Valin *et al.*, *Biomass Use, Production, Feed Efficiencies, and Greenhouse Gas Emissions from Livestock Systems*, in “Proceedings of the National Academy of Sciences USA”, 110(52), 24 dicembre 2013.
26. *Ibidem*.
27. Paul L. Greenwood, *art. cit.*
28. J.P. Lesschen, M. van den Berg, H.J. Westhoek *et al.*, *Greenhouse Gas Emission Profiles of European Livestock Sectors*, in “Animal Feed Science and Technology”, 166-167, 23 giugno 2011, pp. 16-28.
29. Mario Herrero, Petr Havlík, Hugo Valin, *art. cit.*
30. J. Poore, T. Nemecek, *op. cit.*
31. Vilma Sandström, Hugo Valin, Tomás Krisztin *et al.*, *The Role of Trade in the Greenhouse Gas Footprints of EU Diets*, in “Global Food Security”, 19, dicembre 2018, pp. 48-55.
32. J.P. Lesschen, M. van den Berg, H.J. Westhoek, *art. cit.*
33. *Ibidem*.
34. <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/4-agriculture/3-b-manure-management/view>.
35. Rebecca Wiegand, William H. Battye, Casey Bray Myers, *art. cit.*
36. Daniela Lovarelli, Cecilia Conti, Alberto Finzi, *art. cit.*
37. Philippe Thunis, Alain Clappier, Matthias Beekmann, *art. cit.*

10. *Le alternative alla carne*

1. J. Poore, T. Nemecek, *art. cit.*
2. Rachel Phua, *Lab-Grown Chicken Dishes to Sell for \$23 at Private Members’ Club 1880 Next Month*, in “CNA”, 21 dicembre 2020.
3. U.S. Food & Drug Administration, *FDA Completes First Pre-Market Consultation for Human Food Made Using Animal Cell Culture Technology. Before Entering the U.S. Market, the Food Must*

Meet Other Federal Requirements, 16 novembre 2022.

4. Sghaier Chriki, Jean-François Hocquette, *The Myth of Cultured Meat: A Review*, in “Frontiers in Nutrition”, 7, 7 febbraio 2020.
5. Andreas Scharf, Elke Breitmayer, Michael Carus, *Review and Gap-Analysis of LCA-Studies of Cultured Meat*, The Good Food Institute.
6. Jessica A. Gephart, Patrik J.G. Henriksson, Robert W.R. Parker *et al.*, *Environmental Performance of Blue Foods*, in “Nature”, 597, 15 settembre 2021, pp. 360-365.
7. *Ibidem*.
8. Ray Hilborn, Ricardo Oscar Amoroso, Christopher M. Anderson *et al.*, *Effective Fisheries Management Instrumental in Improving Fish Stock Status*, in “PNAS”, 117(4), 13 gennaio 2020, pp. 2218-2224.
9. Dania Abdul Malak, Suzanne R. Livingstone, David Pollard *et al.*, *Overview of the Conservation Status of the Marine Fishes of the Mediterranean Sea*, in “IUCN Red List of Threatened Marine Fish”, gennaio 2011.
10. Rosamond L. Naylor, Ronald W. Hardy, Alejandro H. Buschmann *et al.*, *A 20-Year Retrospective Review of Global Aquaculture*, in “Nature”, 591, 24 marzo 2021, pp. 551-563.
11. James Suckling, Angela Druckman, Christopher Douglas Moore *et al.*, *The Environmental Impact of Rearing Crickets for Live Pet Food in the UK, and Implications of a Transition to a Hybrid Business Model Combining Production for Live Pet with Food with Production for Human Consumption*, in “The International Journal of Life Cycle Assessment”, 25, 1° luglio 2020, pp. 1693-1709.
12. Sergiy Smetana, Eric Schmitt, Alexander Mathys, *Sustainable Use of Hermetia illucens Insect Biomass for Feed and Food: Attributional and Consequential Life Cycle Assessment*, in “Resources, Conservation and Recycling”, 144, maggio 2019, pp. 285-296; Roberta Salomone, Giuseppe Saija, Giovanni Mondello *et al.*, *Environmental Impact of Food Waste Bioconversion by Insects: Application of Life Cycle Assessment to Process Using Hermetia illucens*, in “Journal of Cleaner Production”, 140, parte 2, 1° gennaio 2017, pp. 890-905.
13. Thorben Grau, Andreas Vilcinskas, Gerrit Joop, *Sustainable Farming of the Mealworm Tenebrio molitor for the Production of Food and Feed*, in “Zeitschrift für Naturforschung C: A Journal of Biosciences”, 17 maggio 2017; Dennis G.A.B. Oonincx, Joost van Itterbeeck, Marcel J.W. Heetkamp *et al.*, *An Exploration on Greenhouse Gas and Ammonia Production by Insect Species Suitable for Animal or Human Consumption*, in “PLOS One”, 29 dicembre 2010.
14. Giuliana Vinci, Sabrina Antonia Principe, Luca Masiello *et al.*, *The Application of Life Cycle Assessment to Evaluate the Environmental Impacts of Edible Insects as a Protein Source*, in “Earth”, 3(3), 20 agosto 2022, pp. 925-938.

15. Helen Lambert, Angie Elwin, Neil D'Cruze, *Wouldn't Hurt a Fly? A Review of Insect Cognition and Sentience in Relation to their Use as Food and Feed*, in "Applied Animal Behaviour Science", 243, ottobre 2021.
16. Hiruni Samadi Galpayage Dona, Cwyn Solvi, Amelia Kowalewska *et al.*, *Do Bumble Bees Play?*, in "Animal Behaviour", 194, dicembre 2022, pp. 239-251.

11. È sempre sbagliato uccidere un animale?

1. Simone Pollo, *Manifesto per un animalismo democratico*, Carocci, Roma 2021, p. 124.
2. Peter Singer, *Liberazione animale. Il manifesto di un movimento diffuso in tutto il mondo*, il Saggiatore, Milano 2010.
3. IPSOS, *Opinion Survey: European Commissioner for Animal Welfare*, giugno 2021.
4. https://www.giustizia-amministrativa.it/portale/pages/istituzionale/visualizza/?nodeRef=&schema=tar_ve&nrg=202100875&nomeFile=202100368_06.html&subDir=Provvedimenti.
5. <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/1992/02/18/092G0157/sg>.
6. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2021/57/oj/ita>.
7. Paolo Bongi, Marcello Tomaselli, Alessandro Petraglia *et al.*, *Wild Boar Impact on Forest Regeneration in the Northern Apennines (Italy)*, in "Forest Ecology and Management", 391, 1° maggio 2017, pp. 230-238.
8. Emiliano Mori, Francesco Ferretti, Alessandro Lagrotteria *et al.*, *Impact of Wild Boar Rooting on Small Forest-Dwelling Rodents*, in "Ecological Research", 35(4), luglio 2020, pp. 675-681.
9. Emiliano Mori, Lorenzo Lazzeri, Francesco Ferretti *et al.*, *The Wild Boar Sus scrofa as a Threat to Ground-Nesting Bird Species: An Artificial Nest Experiment*, in "Journal of Zoology", 314(4), agosto 2021, pp. 311-320.
10. ISPRA, *Al 2021 stimato un milione e mezzo di cinghiali in Italia in sette anni, abbattimento aumentato del 45%, danni all'agricoltura per 120 milioni di €, Abruzzo e Piemonte le regioni più colpite*, 13 gennaio 2023, <https://www.isprambiente.gov.it/files2023/area-stampa/comunicati-stampa/comunicatocinghiali-1.pdf>.
11. Maria Vanesa Lopez van Oosterom, Joan Pere Casas-Ruiz, David Gampe *et al.*, *Responses of a Native and a Recent Invader Snail to Warming and Dry Conditions: The Case of the Lower Ebro River*, in "Aquatic Ecology", 53(4), settembre 2019.
12. Mari L. Fischer, Axel Hochkirch, Mike Heddergott *et al.*, *Historical Invasion Records Can Be Misleading: Genetic Evidence for Multiple Introductions of Invasive Raccoons (Procyon lotor) in Germany*, in "PLOS One", 6 maggio 2015.

13. Andrea Colla, Carlo Maria Legittimo, Filippo Castellucci *et al.*, *First Record of Amblypygi from Italy: Charinus ionniticus (Charinidae)*, in “Arachnology”, 18(6), 5 novembre 2020, 18(6), pp. 642-648.
14. Piero Genovesi, Lucilla Carnevali, *Invasive Alien Species on European Islands: Eradications and Priorities for Future Work*, Conference: Island invasives: eradication and management, gennaio 2011.
15. Jens Jacob, Nur Aini Herawati, Stephen A. Davis *et al.*, *The Impact of Sterilized Females on Enclosed Populations of Ricefields Rats*, in “The Journal of Wildlife Management”, 68(4), ottobre 2004, pp. 1130-1137.
16. Brandy Pyzyna, Lindsey Cunningham, Elissa Calloway *et al.*, *Liquid Fertility Management Bait Uptake by Urban Rats within New York City Subway Refuse Rooms*, in “Proceedings of the Vertebrate Pest Conference”, 26, gennaio 2014.
17. Charles Richard Veitch, Mick N. Clout, *Turning the Tide: The Eradication of Invasive Species*, in “Proceedings of the International Conference On Eradication of Island Invasives”, Occasional Paper of the IUCN Species Survival Commission n. 27, 2002.
18. *Ibidem*.
19. Dirk Van Vuren, *Eradication of Feral Goats and Sheep from Island and Ecosystems*, Proceedings of the Fifteenth Vertebrate Pest Conference 1992.
20. <https://www.blueat.eu/prodotti>.
21. Martín Andres Nuñez, Sara Kuebbing, Romina D. Dimarco *et al.*, *Invasive Species: To Eat or Not to Eat, That Is the Question*, in “Conservation Letters”, 5(5), ottobre 2012, pp. 334-341.
22. <http://eattheinvaders.org/>.
23. Martín Andres Nuñez, Sara Kuebbing, Romina D. Dimarco, *art. cit.*
24. Marco Milardi, Andy J. Green, Marco Mancini *et al.*, *Invasive Catfish in Northern Italy and Their Impacts on Waterbirds*, in “NeoBiota”, 72, 2022, pp. 109-128.
25. <https://www.lifegogiglio.eu/>.

12. *Discussione tra divulgazione e attivismo*

1. <http://www.fao.org/faostat/en/#data>.
2. Luca Battaglini, Stefano Bovolenta, Fausto Gusmeroli *et al.*, *Environmental Sustainability of Alpine Livestock Farms*, in “Italian Journal of Animal Science”, 13(2), 2014.
3. Silvia Bellini, Alessandra Scaburri, Marco Tironi *et al.*, *Analysis of Risk Factors for African Swine Fever in Lombardy to Identify Pig Holdings and Areas Most at Risk of Introduction in Order to Plan Preventive Measures*, in “Pathogens”, dicembre 2020, 9(12), p. 1077.
4. *Carbon Emissions and Income Inequality*, Oxfam Technical Briefing, dicembre 2015.

5. Lucas Chancel, *Global Carbon Inequality over 1990-2019*, in “Nature Sustainability”, 5, 29 settembre 2022, pp. 931-938.

Questo ebook contiene materiale protetto da copyright e non può essere copiato, riprodotto, trasferito, distribuito, noleggiato, licenziato o trasmesso in pubblico, o utilizzato in alcun altro modo ad eccezione di quanto è stato specificamente autorizzato dall'editore, ai termini e alle condizioni alle quali è stato acquistato o da quanto esplicitamente previsto dalla legge applicabile. Qualsiasi distribuzione o fruizione non autorizzata di questo testo così come l'alterazione delle informazioni elettroniche sul regime dei diritti costituisce una violazione dei diritti dell'editore e dell'autore e sarà sanzionata civilmente e penalmente secondo quanto previsto dalla Legge 633/1941 e successive modifiche.

Questo ebook non potrà in alcun modo essere oggetto di scambio, commercio, prestito, rivendita, acquisto rateale o altrimenti diffuso senza il preventivo consenso scritto dell'editore. In caso di consenso, tale ebook non potrà avere alcuna forma diversa da quella in cui l'opera è stata pubblicata e le condizioni incluse alla presente dovranno essere imposte anche al fruitore successivo.

www.librimondadori.it

Se pianto un albero posso mangiare una bistecca?

di Giacomo Moro Mauretto

© 2023 Mondadori Libri S.p.A., Milano

Ebook ISBN 9788835725190

COPERTINA || DESIGN: MARA SCANAVINO PROJECT | ILLUSTRAZIONE DI © ALE+ALE

Indice

Copertina

L'immagine

Il libro

L'autore

Frontespizio

Se pianto un albero posso mangiare una bistecca?

1. Fidarsi della scienza

PRIMA PARTE

2. Le problematiche ambientali

3. Inquinamento

4. Cambiamento climatico

5. Esaurimento delle risorse

6. Perdita della biodiversità

SECONDA PARTE

7. Le api sono in pericolo?

8. Quanto è utile piantare un albero?

9. L'impatto ecologico delle carni

10. Le alternative alla carne

11. È sempre sbagliato uccidere un animale?

12. Discussione tra divulgazione e attivismo

Ringraziamenti

Note

Copyright