

## La candela

L'anno scorso, nel pezzetto di terra che posseggo nelle Dolomiti, al margine della Foresta Demaniale di Paneveggio, ho fatto tagliare un larice. Prima di venire accusato di qualche reato “ecologico,” metto le mani avanti. Anzitutto, il taglio era stato regolarmente autorizzato dal Corpo Forestale dello Stato, nella persona di un forestale che venne, misurò e contrassegnò l'albero da tagliare. In secondo luogo, da quando ho comprato quel terreno sono molti di più gli alberi che ci sono cresciuti, di quelli che sono stati tagliati.

Del resto in quei posti l'ambiente di equilibrio è la foresta di Abete rosso; i bei prati che piacciono ai turisti esistono solo perché — e finché — vengono falciati. E poi anche le foreste (al di fuori del Parco) sono tutt'altro che naturali, ma vengono regolarmente accudite con tagli a rotazione e ripopolamenti, ripulitura del sottobosco, ecc.

Non sarebbe forse male che si facessero notare ai giovani queste cose, che al villeggiante distratto possono sfuggire: anche in ambienti che a noi, gente di città, sembrano “natura incontaminata,” la presenza dell'uomo ha influito pesantemente. Solo che c'è modo e modo... Per esempio, tagliare il bosco con una strada asfaltata per consentire al turista di arrivare a un passo o a una malga senza faticare, significa restringere la libertà di movimento di molti animali. Nei primi anni in cui frequentavo quella zona erano comuni le visite dei caprioli fin sotto casa; ora non se ne vedono più.

Ma non era questo il motivo per cui ho parlato del larice tagliato: il fatto è che il lupo perde il pelo ma non il vizio, e perciò di fronte al tronco abbattuto e sfrondata mi sono subito poste alcune domande “da fisico.” La ragione delle virgolette è che in realtà quelle domande non se le dovrebbe porre solo un fisico, ed è questo il tema della puntata.

Prima domanda: che massa aveva quest'albero? Non è stato difficile misurare il tronco e stimarne il volume: risultato, circa un metro cubo (questo, come tutti i numeri che darò in seguito, è solo una grossolana approssimazione, ma del tutto sufficiente per lo scopo che mi propongo). Però quello misurato era solo il tronco, mancante della cima e dei rami. Inoltre c'era da considerare il ceppo e le radici: non credo di sbagliare di molto se stimo il volume totale a  $1.5 \text{ m}^3$ . La densità del legno di larice è un po' minore di quella dell'acqua, e perciò la massa del mio albero sarà stata poco maggiore di una tonnellata.

Che interesse può avere questa massa? La risposta a fra poco. Era fin troppo ovvio porsi un'altra domanda: che età aveva il larice? Il conto degli anelli mi ha dato all'incirca 60 anni. (All'incirca, perché non è mica facile contare con precisione gli anelli di accrescimento di un albero! Questo sia detto per chi crede

che sui numeri interi non ci possano essere errori di misura.) Dunque in 60 anni da un piccolo seme si è arrivati a una tonnellata di legno; ed ecco l'altra domanda: da dove è venuta questa materia?

Ora apriamo una parentesi: la risposta ovviamente la so io come la sapete voi, ma lo scopo del discorso è che vorrei invitarvi a farlo in classe. Perché un conto è fare le consuete trattazioni della fotosintesi, e un altro è vedersi davanti un albero alto 30 metri e pesante una tonnellata, e chiedersi “da dove è venuto?” Anzi, suggerirei di cominciare proprio da qui. Probabilmente la prima risposta sarebbe che l'albero si accresce perché le radici “succhiano nutrimento dal terreno.” Allora faremo notare che in realtà le radici succhiano acqua e poco altro, tanto è vero che le piante possono crescere benissimo nell'acqua... Sì, lo so che c'è l'azoto, il fosforo, gli oligoelementi, ecc.; ma il punto è che il legno è essenzialmente acqua, lignina e cellulosa. Passi per l'acqua, e così pure per l'idrogeno e l'ossigeno, che possono essere tratti dall'acqua; ma il carbonio della lignina e della cellulosa da dove è venuto?

Osservo che abbiamo incominciato a usare un “principio di conservazione”: per ogni elemento chimico che ritroviamo nel legno, vogliamo scoprirne la fonte, perché gli atomi (ad es. di carbonio) non possono essere apparsi dal nulla.

Quanto carbonio c'era nel mio larice? Confesso che questa è la parte più incerta del calcolo; un po' perché le mie nozioni in materia sono scarse, e un po' perché i dati non sono facili da trovare. Azzardo che un 20% in peso del legno fresco sia carbonio; ma ripeto che anche se la stima fosse un po' sbagliata non cambierebbe la sostanza di quello che voglio dire. Dunque si tratta di 200 kg di carbonio che in 60 anni si sono raccolti in quell'albero provenendo dall'atmosfera, che è la sola sorgente sicura di carbonio ( $\text{CO}_2$ ). Per trovare nell'aria 200 kg di carbonio, ossia oltre 700 kg di  $\text{CO}_2$ , bisogna usarne più di 2 milioni di metri cubi; ma non è tanto questo che m'interessa.

Vorrei invece affrontare l'aspetto energetico. Per costruire la materia di cui è fatto l'albero a partire da  $\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{CO}_2$ , occorre energia. Come faccio a dirlo? In termini qualitativi, basta osservare che la reazione inversa è quella che sfrutto quando faccio bruciare la legna nel caminetto. Se da questa ottengo energia, con la quale scaldo la casa, per sintetizzare il legno occorre fornire energia dall'esterno.

È bene notare che qui abbiamo usato idee fondamentali di termodinamica. Ci sono due diversi stati dello stesso insieme di atomi: da una parte i polimeri che formano il legno, dall'altra i composti più semplici come  $\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{CO}_2$ . A ciascuno di questi stati appartengono certi valori delle grandezze termodinamiche come l'energia interna, l'entalpia, ecc., e nel passaggio da uno stato all'altro queste grandezze cambiano di valore, in un senso o nel senso opposto. Mi sembra sempre bene mettere in rilievo il carattere generale di certi modi di ragionare: gran parte del pensiero scientifico sta proprio nel cogliere gli aspetti comuni a situazioni e fenomeni apparentemente diversi (non solo nel lato fisico, ovviamente).

Come faccio a sapere quanta energia occorre per “costruire” l’albero? Potrei procedere all’ingrosso, basandomi ad es. sul “potere calorifico” (curiosa espressione, che a me fa sempre venire in mente il famoso detto “opium facit dormire quia in eo est virtus dormitiva”) della legna, che si può chiedere anche a un tecnico di riscaldamento; oppure consultare delle tabelle di dati chimici. Procedendo nel secondo modo trovo per i carboidrati numeri non molto diversi da 4000 kcal/kg. Poiché una tonnellata di legno fresco contiene intorno al 50% di acqua, dobbiamo fare il calcolo con 500 kg, e arriviamo a  $2 \cdot 10^6$  kcal pari a  $8 \cdot 10^9$  J (tralasciando gli spiccioli). Sempre nello spirito di fare i calcoli molto all’ingrosso, non mi preoccupo del fatto che il calore di combustione è una variazione di entalpia e non di energia: la differenza non è grande, e non mette neppure conto di parlarne nel nostro contesto.

Prima di andare avanti coi calcoli, fermiamoci un momento a riflettere. Il numero che abbiamo trovato è grande? è piccolo? è così così? Non bisogna farsi influenzare dalla potenza di 10, e tantomeno dalle parole (otto miliardi di joule; ma del resto che cosa sono otto miliardi di fronte al debito dello Stato italiano, che è 200 milioni di volte più grande?) Cerchiamo dunque di vedere che cosa potremmo fare con quell’energia. Se potessimo usarla tutta, senza perdite, potremmo ad es. portare 6 000 persone sulla cima della Marmolada con la funivia di Malga Ciapela; se l’avessi sotto forma di benzina, anziché di legna, potrei farci due viaggi di andata e ritorno da Pisa a Taranto; oppure potrei evitare di pagare la bolletta dell’ENEL per due anni.

Ora che sappiamo quanta energia c’è voluta, chiediamoci da dove è venuta. La risposta la fanno ormai tutti: viene dal Sole. Ma se non ci accontentiamo delle parole, vogliamo verificare se è possibile che l’albero abbia raccolto dal Sole una quantità così grande di energia. A questo scopo dobbiamo sapere quanta energia il Sole invia sulla Terra: quella che nel gergo si chiama la “costante solare.” Si tratta di circa  $1400 \text{ W/m}^2$ , ma bisogna farci la tara, per molte ragioni.

La prima è che c’è la notte; poi la frazione assorbita dall’atmosfera, che dipende dall’altezza del Sole sull’orizzonte; poi la presenza delle nuvole. Tutto sommato, bisogna ridurre almeno di un fattore 20. A questo punto, se stimiamo l’area della chioma in  $100 \text{ m}^2$ , troviamo una media di 7 000 W, che in 60 anni di vita dell’albero danno  $1.2 \cdot 10^{13}$  J: 1500 volte quello che ci serviva. Troppa grazia! Abbiamo sbagliato qualcosa?

Poiché questo discorso è già stato abbastanza lungo, preferisco rimandare la risposta alla prossima puntata, se avrete ancora la pazienza di leggerla; così potrete anche pensarci su. Dopo di che, spiegherò lo scopo, specialmente didattico, di tutta questa orgia di numeri, un po’ sensati e un po’ solo tirati a indovinare. Nel frattempo (sto scrivendo alla fine di giugno) io sarò tornato a rivedere i larici e gli abeti sui quali vi ho intrattenuto. Se un altr’anno volete venirmi a trovare, vi dirò come arrivarci, ma in segreto, perché è un posto poco frequentato e mi fa piacere che resti così.

*Addendum di fine agosto.*

Mentre ero in montagna, ho letto sui giornali del 26 agosto che il questore di Lucca ha chiesto alle guardie forestali di estirpare lo stramonio che cresce spontaneo nella campagna. Chiedo scusa al sig. Questore, ma mi è venuto da ridere: mi sono guardato intorno, e ho visto con la fantasia battaglioni di guardie sguinzagliate per i prati e lungo i ruscelli a strappare il colchico, l'aconito, il veratro, e non so quali altre piante velenose.

Mi auguro che non perderete l'occasione per far notare quanto sia assurdo questo atteggiamento: se qualche mascalzone prepara un decotto allo stramonio, e qualche ragazzo è così stupido da berlo, la colpa non è della povera pianta; così come quando degli sconsiderati si avventurano in maglietta e scarpe da ginnastica per un ghiacciaio, e finiscono per morire assiderati in un crepaccio, è da irresponsabili titolare la cronaca "Monte Bianco assassino."