

bimestrale,
giugno
2014

ISSN 0036-4681 - anno 80°, n. 3 - 978-88-220-9407-0 / € 7,50

Sapere

 edizioni
Dedalo

idee e progressi della scienza

ECOLOGIA FORESTALE

la saggezza degli alberi

CLIMA

le cause

del riscaldamento globale

COMPUTER SCIENCE

storia antropologica

del computer



9 788822 094070

DIRETTORE
Nicola Armaroli

EDITORIAL BOARD
Tommaso Castellani, Elena Ioli, Massimo Trotta

COMITATO SCIENTIFICO
Vincenzo Barone, Giulio Biroli, Enrico Bonatti,
Claudio Franceschi, Maria Cristina Facchini,
Marco Garavelli, Alba L'Astorina,
Massimo Monteleone, Roberto Natalini,
Stefano Sandrelli, Adriana Valente

SEGRETARIA DI REDAZIONE
Micaela Ranieri - sapere@edizionidedalo.it

RUBRICHE
Philip Ball, Cinzia Belmonte, Federico Benuzzi,
Paolo Berra, Tommaso Castellani,
Marco Cervino, Federica Bressan, Luca Lombroso,
Cristina Mangia, Monica Marelli,
Roberto Natalini, Massimiliano Pieraccini,
Stefano Pisani, Alina Polonia,
Stefano Sandrelli, Hervé This, Massimo Trotta

TRADUZIONI
Andrea Migliori (per Hervé This)
David Santoro (per Philip Ball)

PROGETTO GRAFICO
Coordinamento: Rosanna Pucciarelli
Grafica e impaginazione: Salvatore Modugno
Caricature: Fabiana Melodia

DIRETTORE RESPONSABILE
Claudia Coga

DIREZIONE, AMMINISTRAZIONE, ABBONAMENTI
Edizioni Dedalo
divisione della Dedalo litostampa srl
V.le Luigi Jacobini 5, Bari 70132
Tel. 080/531.14.13 - Fax 080/531.14.14
e-mail: abbonamenti@edizionidedalo.it
www.edizionidedalo.it

ABBONAMENTO 2014
cartaceo più pdf euro 40,00 (estero euro 80,00)
versione pdf euro 25,00
A tutti gli abbonati verrà inviato a fine anno,
in omaggio, il raccoglitore dei fascicoli dell'annata

CONTO CORRENTE POSTALE
n. 11639705 intestato a: Dedalo litostampa srl, Bari

ARRETRATI
per i fascicoli arretrati consultare il sito internet
www.edizionidedalo.it o contattare l'Editore

COPYRIGHT
edizioni Dedalo
divisione della Dedalo litostampa srl - Bari
Manoscritti e fotografie
non richiesti non si restituiscono

PUBBLICITÀ
edizioni Dedalo
divisione della Dedalo litostampa srl
V.le Luigi Jacobini 5, Bari 70132
Tel. 080/531.14.13 - Fax 080/531.14.14
info@edizionidedalo.it

STAMPA
Dedalo litostampa srl, Bari

REGISTRAZIONE
n. 372 del 3 ottobre 1969 del Tribunale di Bari

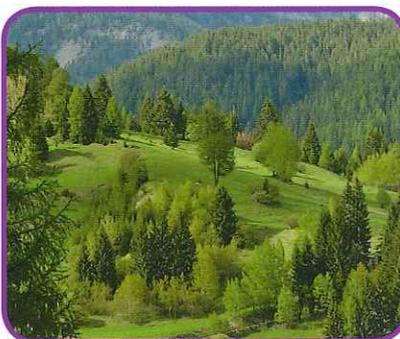
DISTRIBUZIONE IN LIBRERIA
PDE - Promozione, distribuzione editoriale

copertina
foto di Rosaria Lucia Marrone



ASSOCIATO ALL'USPI
UNIONE STAMPA
PERIODICI ITALIANA

IN QUESTO NUMERO



La saggezza degli alberi

di Marco Paci

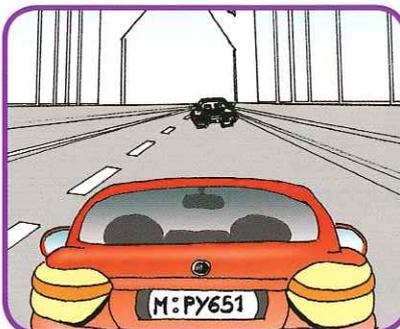
Qual è il modo più efficiente per utilizzare l'energia solare?

di Vincenzo Balzani



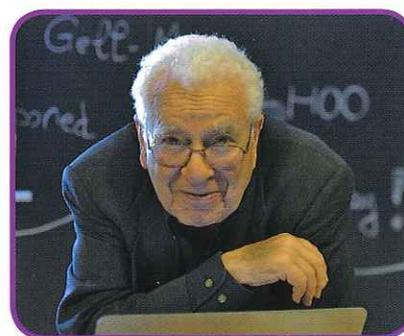
Il ponte del consenso e le cause del riscaldamento globale

di Maria Cristina Facchini e Sandro Fuzzi



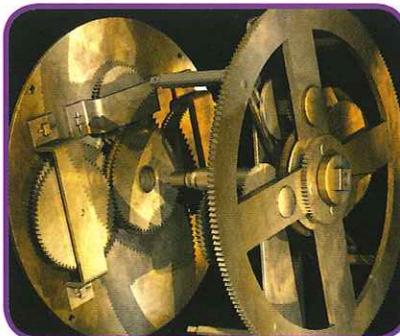
Cinquant'anni di quark

di Vincenzo C. Barone



La storia antropologica del computer

di Luigi Borzacchini



La saggezza degli alberi

Negli alberi è contenuto un patrimonio di grande saggezza: lo confermano le strategie adottate per crescere e riprodursi.

Marco Paci,
ecologo e selvicoltore,
Università di
Firenze

Secondo Gregory Bateson, autore di *Mente e Natura* [1], l'uomo potrà vivere in armonia solo se la sua mente tornerà nei ranghi della comunità, ben più capiente, della natura in cui è inserito. Gli alberi sono un veicolo privilegiato per arrivare alla Mente Naturale: l'intelligenza presente nel mondo vegetale è a dir poco sorprendente [2].

Gli alberi possono vivere per secoli, a volte per millenni: è singolare che riescano a farlo stando ancorati a terra, senza avere, in apparenza, la capacità di sfuggire ai fattori di disturbo che sono destinati a incontrare nel corso della vita. In virtù di quali capacità conducono la loro straordinaria esistenza? Cominciamo con il dire che gli alberi contrastano l'entropia.

Immaginiamo di metterci al sole, con una bottiglia di acqua e un pizzico di sali minerali. Immaginiamo che questo ci consenta di assimilare quanto basta per vivere centinaia di anni. In fondo è ciò che, analogamente agli altri vegetali, fanno gli alberi con la fotosintesi clorofilliana: aprono gli stomi per far entrare anidride carbonica che, reagendo con l'acqua e i sali minerali provenienti dal suolo, con l'aiuto del sole produce carboidrati. Le piante sono organismi autotrofi, che invece di andare in cerca di cibo come fanno gli eterotrofi, il cibo se lo fabbricano da soli, con l'intervento decisivo di una stella che fornisce loro l'energia necessaria, incessantemente e gratuitamente. Il

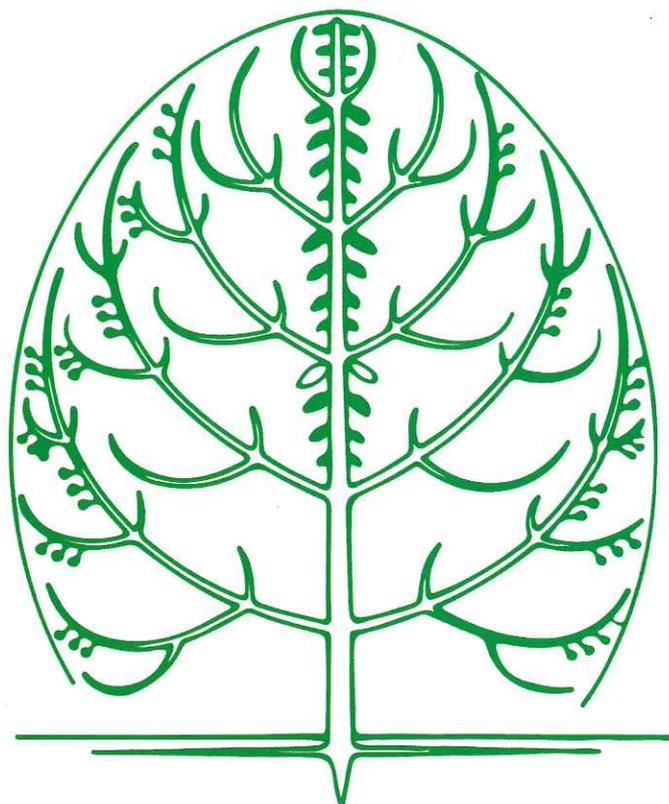
tutto senza approvvigionarsi di energia a spese di altri esseri viventi. L'incontro del sole con gli alberi ha qualcosa di miracoloso, perché rende possibile il funzionamento dell'intera biosfera: la vita sul nostro pianeta esiste grazie alla fotosintesi, che mette in moto le reti alimentari.

I flussi di energia, che caratterizzano le reti trofiche, sono basati sui principi della termodinamica, il secondo dei quali spiega che l'energia si muove in un unico senso, in direzione di un deterioramento della sua qualità (cioè della sua attitudine a compiere un lavoro) e di un aumento del disordine (direttamente collegato all'"entropia"). Ne consegue che in una rete trofica nessun passaggio di energia può essere efficiente al 100%, poiché parte dell'energia, durante la trasformazione, si disperde *irreversibilmente* sotto forma di calore: se parte del cinghiale mangiato da un lupo si trasforma in calore attraverso la respirazione del lupo, quel calore non può certo tornare carne di cinghiale!

A questo punto sorge spontanea una domanda: se tutti i fenomeni in cui è presente un aumento di disordine sono spontanei, come è possibile che la biosfera sia ordinata?

Nel 1972, Prigogine, Nicolis e Babloyantz [3] spiegano che i sistemi viventi e l'intera biosfera riescono a mantenere una bassa entropia attraverso "strutture dissipative". Il processo si basa su un flusso energetico che, partendo da una sorgente (Sole) e passando attraverso un sistema intermedio (biosfera), finisce in un serbatoio freddo (spazio esterno), dove viene scaricata l'energia degra-

Gli alberi contrastano l'entropia.



Esemplificazione della struttura modulare di un albero (da Oldeman, 1990).

data. In altre parole la biosfera, per tenere ordine nella propria casa, espelle gli elementi di disordine, facendolo crescere all'esterno. Tutto parte dai vegetali che, intercettando energia solare di alta qualità, fanno sì che la biosfera riesca a mantenere basso il livello di entropia nel pianeta. Come dice Enzo Tiezzi, «la biosfera è il luogo geometrico della fotosintesi, nel quale l'entropia diminuisce» [4]. Senza i vegetali si arriverebbe allo "stato di equilibrio" (o di massima entropia), in cui non è più disponibile energia atta a compiere un lavoro. Invece, grazie a loro, la biosfera è ordinata.

Gli alberi, così prodigiosi da dare ordine alla biosfera, hanno in dote un modello di ordine interiore, la struttura modulare. Nel 1977 John L. Harper [5] descrisse il modello di accrescimento delle piante superiori, basato su un sistema ramificato e ripetitivo di unità elementari, i *moduli*, che si sovrappongono secondo un progetto di crescita variabile da specie a specie e, come tanti mattoncini, progressivamente costruiscono l'edificio dell'albero. Nell'albero il modulo elementare consiste in una foglia, in una gemma ascellare

e nell'internodo sottostante, che fanno riferimento a un apparato radicale comune, anch'esso dotato dello stesso modello di accrescimento.

Al contrario degli alberi, gli uomini e la quasi totalità degli animali sono organismi *unitari*. L'accrescimento corporeo avviene a partire da un modello che aumenta di dimensioni in modo omogeneo (le dimensioni della testa crescono in parallelo a quelle delle gambe e del torace). Nel caso dell'uomo la crescita si prolunga circa fino ai 20 anni di età, dopo di che le dimensioni corporee si stabilizzano, salvo oscillazioni di peso. Un'altra caratteristica dell'organismo unitario consiste nel fatto che l'asportazione di parti del corpo non determina emissioni di parti sostitutive di quelle lese.

Godendo del vantaggio della mobilità, gli organismi unitari possono permettersi una struttura relativamente stabile. Gli

alberi, invece, sono immobili. Anche se, a guardare meglio...

I moduli, sovrapponendosi progressivamente, determinano un accumulo di biomassa, che si prolunga ininterrottamente per tutto il ciclo vitale – come dire che gli alberi non smettono mai di crescere. Ecco perché l'immobilità non può essere considerata assoluta: se è vero che il fusto è piantato a terra, è pure vero che l'albero sposta i rami facendoli crescere nelle direzioni strategiche ai fini dello sviluppo, e che altrettanto fanno le radici.

Si aggiunga che gli alberi, in seguito a eventi traumatici, possono riprodurre parti del loro organismo per via agamica, cioè non sessuata: è il caso dell'emissione di polloni dalle ceppaie degli alberi tagliati, resa possibile da gemme (che possono essere preesistenti al trauma o formarsi

**Gli alberi
hanno in dote
un modello di
ordine interiore,
la struttura
modulare.**

successivamente ad esso) che riparano il guasto con la produzione di nuovi getti.

Se per un uomo un organo amputato non è, in natura, sostituibile, per un albero l'amputazione di un ramo comporta, da parte della chioma, un recupero, reso possibile dal fatto che ogni modulo porta in sé l'unità elementare (e replicabile) dell'organismo. È come se l'albero fosse una popolazione di parti fisiologicamente e strutturalmente indipendenti, per cui, se alcuni moduli scompaiono, ce ne sono altri pronti a sostituirli: tutto riparte dai moduli sopravvissuti. Staccare la testa a un uomo significa ucciderlo, perché lì è contenuta la sua "centralina"; gli alberi, che hanno la centralina in ogni modulo, possono recuperare anche se perdono un'ampia porzione della chioma.

Ecco perché, dopo un incendio di una lecceta, sebbene il bosco appaia irrimediabilmente perduto, poco alla volta ne emerge un altro che sostituisce quello distrutto: a farlo non sono individui appartenenti alla discendenza dei lecci bruciati, bensì parti giovanili di questi ultimi, dotate dello stesso patrimonio genetico. Gli alberi sono estremamente adattabili, capaci di reagire ai fattori di disturbo più disparati. Nemmeno la povertà li scoraggia, perché gli alberi sanno fare economia.

Negli alberi le sostanze nutritive non hanno una localizzazione stabile, ma si muovono secon-

do le condizioni ambientali. Su substrati di buona fertilità, gli individui arborei investono un minore contenuto di carboidrati negli apparati radicali, a favore delle foglie e del fusto. Analogamente, in condizioni di stress nutrizionale, i carboidrati, in seguito alle difficoltà di accrescimento del fusto e delle foglie, si depositano nelle radici. Se l'albero non può permettersi una superficie fotosintetica ragguardevole (come dire che non può affrontare spese), piuttosto che investire le proprie risorse in parti aeree, le deposita in magazzino per farne uso in momenti più propizi. Gli alberi, insomma, producono biomassa in proporzione alle disponibilità di mezzi e si nutrono con sobrietà, seguendo strategie finalizzate a investimenti mirati. Fra l'altro, non sprecando e non facendo mai il passo più lungo della gamba, gli alberi rispettano le risorse disponibili nella loro casa, di cui hanno sempre grande cura.

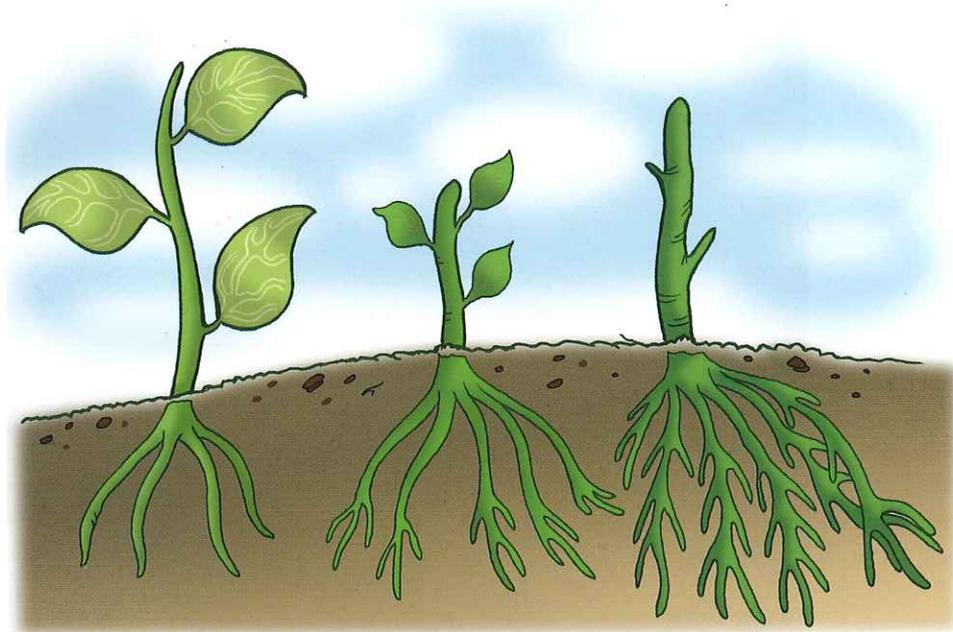
Una componente della casa degli alberi è il suolo. L'acqua, per passare dal suolo all'atmosfera, attraverso i tessuti della pianta incontra una serie di resistenze che ne rallentano il flusso. Ce ne sono all'interfaccia suolo-radici, poi nei vasi legnosi della radice e del fusto (che sono sottilissimi),

infine nelle foglie, dove a fare resistenza sono gli stomi. L'albero, nell'insieme, rappresenta dunque un'efficace resistenza al flusso idrico verso l'atmosfera. Il risultato è che, grazie alla copertura arborea, quantità assai inferiori di acqua – e in modo assai più lento – vengono perse dal terreno rispetto a un suolo nudo, dove l'acqua evapora senza ostacoli. Ecco perché, soprattutto nei climi caldo-aridi, la rimozione della copertura forestale facilita processi di *deser-*

**Gli alberi
sanno fare
economia.**



Emissione di ricacci alla base della ceppaia di un leccio la cui parte aerea è stata distrutta dal fuoco (foto di Giancarlo Sibilio – Orto Botanico di Napoli).



Man mano che le disponibilità (in termini di acqua e/o di elementi minerali) del suolo diminuiscono, la pianta tende a investire nell'apparato radicale a scapito delle parti aeree.

tificazione: il disseccamento del suolo fa sì che il sistema diventi più vulnerabile e meno adatto a una nuova colonizzazione vegetale.

La copertura arborea gioca un ruolo altrettanto decisivo in ambienti in cui le precipitazioni sono fin troppo abbondanti, dove il rischio non è la desertificazione bensì l'alluvione. L'intercettazione delle piogge da parte delle chiome, il rallentamento della velocità dell'acqua che cade a terra (che facilita la penetrazione a scapito dello scorrimento superficiale), la maggiore permeabilità di un suolo forestale rispetto a uno privo di vegetazione e la restituzione all'atmosfera (per traspirazione) di parte dell'acqua penetrata nel terreno fanno sì che al fiume che si trova in fondo al bacino arrivi meno acqua, e con maggiore lentezza, se sui fianchi della valle è presente la copertura forestale.

La casa degli alberi ha anche un soffitto, che non è fatto solo di aria e acqua, ma anche di carbonio. È noto che lo sconvolgimento del ciclo di tale elemento (che ha preso il via all'inizio della grande era industriale dell'Ottocento) è all'origine delle variazioni climatiche che minacciano il nostro pianeta. Per migliorare la situazione non sarà sufficiente ridurre le emissioni di gas serra, bisognerà anche combattere la deforestazione, in seguito alla quale il bilancio del carbonio si spo-

sta verso le emissioni nell'atmosfera, a causa sia del mancato consumo da parte della copertura forestale, sia delle emissioni dai suoli dissodati. È dunque necessario che le foreste rimangano al loro posto.

Gli alberi rispettano la loro casa: il pavimento e il soffitto, e hanno abbastanza memoria per sapere come comportarsi. Gli alberi, oltre a un'età cronologica, hanno un'età fisiologica, rappresentata dalla fase di sviluppo in

cui si trovano, a sua volta legata alle condizioni ambientali in cui sono vissuti. Prendiamo due piante di abete che crescono in un bosco. Inserendo alla base del fusto un'apposita sonda, è possibile estrarre campioni legnosi in cui sono visibili gli anelli: il loro numero corrisponde all'età dell'albero e la loro ampiezza ne documenta l'entità di accrescimento.

In entrambi i casi gli anelli sono 100. Tuttavia, mentre in uno dei due alberi gli anelli sono regolarmente ben distanziati (a indicare una crescita veloce e indisturbata), nell'altro hanno un andamento irregolare: a un lungo periodo in cui sono molto assottigliati, segue una serie in cui sono ben distanziati fra loro (a indicare che, in fase giovanile, per un lungo periodo l'albero ha rallentato il proprio accrescimento, per poi riprendere a crescere a pieno regime in età più avanzata). Lo stesso vale per l'altezza delle piante: a parità di età le dimensioni possono essere lontanissime fra loro (per esempio 30 m contro 5 m).

**Gli alberi
hanno
abbastanza
memoria
per sapere
come
comportarsi.**

La spiegazione del fenomeno è legata alla concorrenza. Il primo abete è cresciuto libero e perciò ha potuto svilupparsi in fretta, mentre il secondo è cresciuto all'ombra di una grande pianta adiacente che gli ha sottratto luce, acqua e nutrienti. Ma l'aspetto singolare è che, una volta rimosso il fattore di concorrenza (l'abbattimento della pianta che lo ombreggiava), in risposta al cambiamento delle condizioni ambientali l'abete ha recuperato il tempo perduto e ha ricominciato a crescere a pieno regime. Esso ha, in un certo senso, conservato il vigore giovanile durante il "periodo di attesa", per poi spenderlo in età cronologicamente avanzata. Si può anche dire che l'abete cresciuto libero ha consumato la candela della vita più in fretta (per esempio, è entrato in fase riproduttiva ormai da una cinquantina d'anni), mentre il

secondo ha tenuto in serbo le proprie potenzialità, tanto è vero che ha appena varcato la soglia dell'età riproduttiva: la sua *età fisiologica* è ancora bassa, come dire che la fase di sviluppo che attraversa è relativamente giovanile.

Gli alberi affidano i loro figli al mondo ancor prima che nascano.

Gli alberi hanno dunque una memoria (che, a differenza degli uomini, non è psichica ma solo biologica), una percezione del tempo legata alle esperienze passate, documentata nel legno, dove è scritta la loro pazienza, la capacità di sopportare lunghi periodi grami in attesa di tempi migliori, la saggezza di conservare un'esuberanza giovanile a dispetto dell'età cronologica avanzata. Gli alberi sanno che vivere significa saper affrontare difficoltà, lo imparano già al momento della nascita. Perché gli alberi affidano i loro figli al mondo ancora prima che nascano.



Sezione trasversale del tronco di un pino silvestre. Gli anelli vicini al centro sono i più vecchi, quelli periferici i più recenti. Dalle dimensioni degli anelli si può risalire ai ritmi di crescita dell'albero: nel caso specifico si osserva una crescita veloce nei primi anni di vita, seguita da un periodo di crescita rallentata. Le macchie scure sul legno sono imputabili ad attacchi fungini.

La disseminazione degli alberi può essere operata, oltre che dalla gravità (che fa cadere i semi ai piedi della pianta), dal vento, dall'acqua e dagli animali. È geniale il modo in cui gli alberi prima generano e poi affidano al mondo la prole. La donna partorisce il proprio figlio già completamente formato, poi lo alleva e lo protegge fino a quando è in grado di fare una vita indipendente. L'albero, invece, affida al mondo i figli ancora allo stato embrionale, protetti solo da un tegumento esterno. Il seme è giusto un progetto di vita in via di realizzazione, una specie di "uovo vegetale". In questo senso la mamma è stata molto previdente, perché ha avvolto l'embrione con le sostanze di riserva di un apposito tessuto (l'endosperma): una specie di allattamento a distanza, per di più fatto sull'embrione invece che sul neonato!

Tuttavia l'aspetto più singolare della disseminazione consiste nella distanza di dispersione. Perché è noto che per avere successo nella vita è importante il patrimonio genetico ereditato dai genitori, ma lo è altrettanto l'ambiente



Paesaggio forestale alpino.

in cui esso può esplicare le proprie potenzialità. Gli alberi, per accrescere le probabilità di successo dei contenitori di vita che affidano al mondo, li allontanano dalla propria, ingombrante, presenza. Il che non garantisce affatto il successo, ma certo lo favorisce.

Per germinare, una ghianda dovrà trovare le condizioni idonee in termini di umidità del terreno, luce, calore e ossigenazione – sperando che non se la mangi prima qualche cinghiale di passaggio. Quando il seme si stacca dal ramo della pianta madre, è affidato agli eventi naturali e ai fattori casuali che determineranno la possibilità di germinare in un sito più o meno favorevole. Non è facile venire al mondo, per un albero. La pianta che ha generato il seme, per aiutarlo a diventare un albero può fare solo una cosa: allontanarlo dalla propria copertura (tramite l'acqua, il vento o gli animali) e dai fattori di concorrenza associati. Perché, per

nascere e poi affermarsi, la piantina racchiusa nel seme avrà bisogno di spazi liberi. Una madre amorosa e intelligente, del resto, sa che amore non significa possesso bensì dono della libertà.

E gli alberi – ormai dovrebbe essere chiaro – non difettano di amore, e nemmeno di intelligenza.

Riferimenti bibliografici

- [1] G. BATESON, *Mente e Natura*, Adelphi, Milano 1984.
- [2] S. MANCUSO, A. VIOLA, *Verde brillante*, Giunti, Firenze 2013.
- [3] I. PRIGOGINE, G. NICOLIS, A. BABLOYANTZ, "Thermodynamics and evolution", *Physics today*, 25 (11: 23-38; 12: 138-144), American Institute of Physics, College Park, Maryland, 1972.
- [4] E. TIEZZI, *Fermare il tempo*, Raffaello Cortina, Milano 1996.
- [5] J.L. HARPER, *Population biology of Plants*, Academic Press, New York 1977.