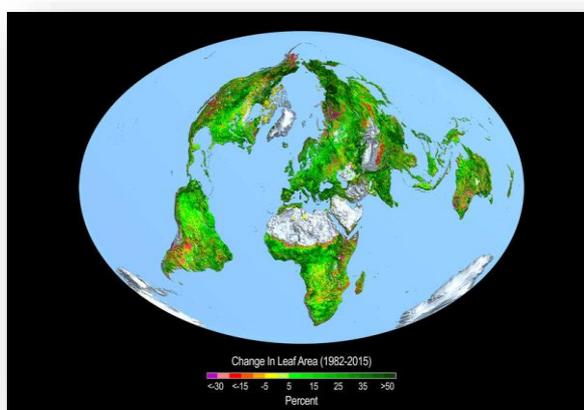


Cambiamento Climatico: Il ruolo complesso e dinamico delle foreste nella sua mitigazione

di Rossella Guerrieri e Federico Magnani

Le foreste occupano il 30% della superficie terrestre, ospitano l'80% della biodiversità presente sul nostro pianeta e svolgono funzioni importanti dal punto di vista ecologico, economico e sociale. Nonostante la loro apparente staticità, le foreste sono sistemi altamente dinamici. Il telerilevamento da satellite ci permette oggi di monitorare con grande precisione le dinamiche di *greening* del nostro pianeta; le variazioni temporali (legate per lo più alla fenologia, nel caso delle foreste temperate e boreali) e spaziali (legate alle dinamiche dei diversi biomi) sono il risultato di una risposta altamente dinamica ai cambiamenti delle condizioni ambientali (temperatura, precipitazioni, disponibilità di acqua e nutrienti nel suolo...) ma anche ai fattori di disturbo antropogenici, quali ad esempio l'aumento della CO₂ atmosferica, l'inquinamento, la deforestazione e i cambiamenti d'uso del suolo. Questo dinamismo funzionale svolge un ruolo cruciale di controllo del clima a scala regionale e globale, ma come? Per capirlo occorre comprendere quali siano i processi alla base delle dinamiche forestali. Gli alberi assorbono CO₂ dall'atmosfera attraverso gli stomi, piccole aperture che si trovano sulla superficie delle foglie. Durante la fotosintesi, la CO₂ viene assimilata per produrre zuccheri, gli elementi primari necessari per la crescita in diametro e altezza degli alberi e quindi per l'accumulo di carbonio nella biomassa di foglie, fusto e radici. L'assorbimento di CO₂ è però intrinsecamente accompagnato alla perdita di acqua dagli stomi durante il processo della traspirazione, un processo particolarmente critico in condizioni di deficit idrico (tipico dell'area mediterranea). Essenziale per comprendere la risposta delle foreste ai cambiamenti ambientali è pertanto la misura dell'efficienza di uso dell'acqua, data dal rapporto tra quantità di CO₂ assorbita e quantità di acqua traspirata: se la disponibilità di acqua è limitata, una maggiore fissazione di CO₂ potrà infatti derivare solo da un aumento di efficienza di uso dell'acqua.

Oltre ad assorbire la CO₂, gli alberi possono perdere (e quindi restituire all'atmosfera) CO₂ durante il processo di respirazione. Il bilancio netto tra la CO₂ assimilata durante la fotosintesi e quella respirata è tuttora positivo, nel senso che le foreste a scala globale fissano più di quanto emettano [1] e sono pertanto definite come assorbitori di carbonio (*carbon sink*). L'aumento della CO₂ in atmosfera e della temperatura hanno stimolato l'attività



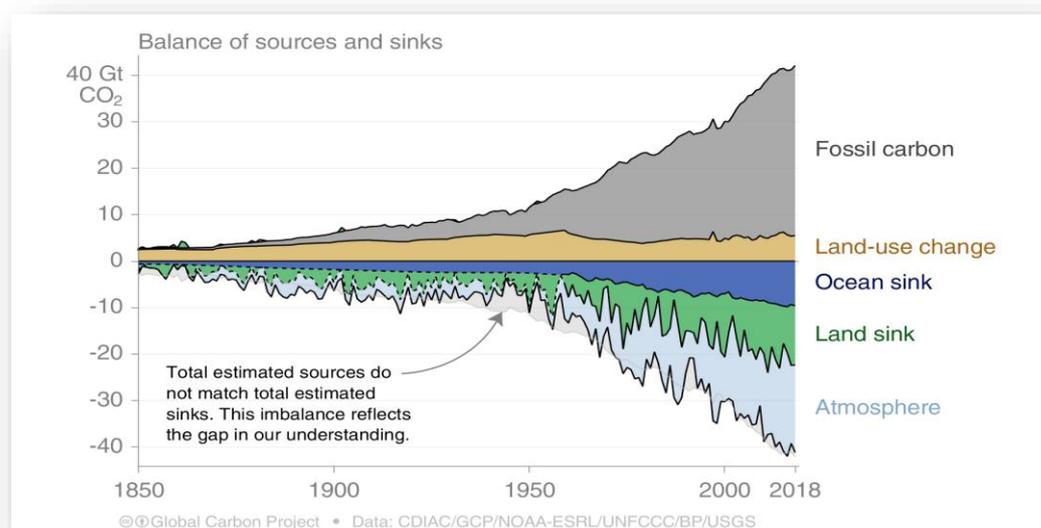
Variazioni dell'indice di area fogliare dal 1982 al 2015.

Credits: Boston University/R. Myneni

<https://www.nasa.gov/feature/goddard/2016/carbon-dioxide-fertilization-greening-earth>

fotosintetica in diversi biomi forestali, anche se questo effetto fertilizzante può essere limitato dalla disponibilità di nutrienti (azoto, fosforo). Il risultante aumento dei tassi di crescita, insieme alla maggiore copertura forestale globale (*greening*), ha avuto effetti positivi sulla capacità di *carbon sink* delle foreste.

Il rapporto del *Carbon Project* [2] recentemente pubblicato riporta ad esempio che le foreste assorbono (e quindi rimuovono dall'atmosfera) 11.5 Gt di CO₂, ovvero il 29% del C emesso dall'uomo in atmosfera attraverso l'uso dei combustibili fossili e la deforestazione tropicale. Questa capacità di fissazione e immobilizzazione del C potrebbe essere inoltre ulteriormente stimolata da politiche mirate di gestione forestale e di afforestazione.



Componenti del budget globale del carbonio in funzione del tempo (da Friedlingstein *et al.* 2019)

Dall'altro lato il cambiamento climatico indotto dall'aumento della CO₂ può avere in altri ambienti effetti negativi sulle foreste. L'intensificarsi di fenomeni diffusi di mortalità degli alberi, prevalentemente associati ad eventi di siccità estrema ed incendi, esacerbati dall'aumento delle temperature, rendono la stima del carbonio sequestrato dalle foreste più incerta.

Non sorprende quindi che le foreste e le loro dinamiche siano al centro delle discussioni scientifiche, ma anche politiche e sociali, perché individuate come importante strumento per mitigare il cambiamento climatico e limitare il surriscaldamento globale entro 1.5°C. Diverse iniziative sono state lanciate per incoraggiare a piantare alberi e contrastare la crisi climatica, come la proposta di piantare in tutta Italia 60 milioni di alberi, uno per ogni abitante, avanzata dalla Comunità Laudato Sí. Queste iniziative sono state in parte stimolate da un recente studio pubblicato su *Science* [3] secondo il quale, escludendo aree destinate all'agricoltura o occupate da insediamenti urbani, ci sono nel mondo 1.6 miliardi di ettari potenzialmente disponibili per ospitare nuove foreste; realizzare questo potenziale, secondo gli autori, comporterebbe un sequestro di carbonio di oltre 200 Gt C (oltre 700 Gt CO₂). Lo studio ha suscitato un vivace dibattito nella comunità scientifica [4,5]; una delle osservazioni ha riguardato il fatto di non aver considerato che la capacità di *carbon sink* cambia con l'età degli alberi e dipende dal clima in cui l'albero viene piantato: è più lenta laddove ci siano limitazioni di risorse (ad esempio una limitata disponibilità di acqua in area mediterranea) e a

temperature più basse (ad esempio nelle foreste boreali). Inoltre, questa stima non tiene conto di possibili retroazioni (*feedback*) legate anche ad altri processi che, come già detto, sono alla base del dinamismo funzionale delle foreste. Espandere il bosco in aree precedentemente non forestate significa modificarne il bilancio idrologico e l'albedo (la frazione della radiazione solare riflessa dalla superficie) [6]. Questo potrebbe avere importanti effetti indiretti sul clima: se da un lato gli alberi assorbono CO₂, infatti, dall'altro consumano e traspirano acqua. Se è vero che la traspirazione ha un effetto di raffreddamento (*cooling*) a scale locale, il vapore acqueo prodotto è però esso stesso un gas serra, che potrebbe contribuire al surriscaldamento a scala globale.

Nonostante l'importanza delle foreste e delle politiche forestali per la mitigazione del cambiamento climatico, non abbiamo quindi ancora una conoscenza soddisfacente di come gli alberi stiano rispondendo alle trasformazioni in atto, quali siano gli ecosistemi e le specie più reattive e quali invece quelli più vulnerabili. Diversi di questi interrogativi vengono affrontati dalle ricerche del Gruppo di ecologia forestale del DISTAL, con particolare riferimento all'effetto dei cambiamenti globali su efficienza d'uso dell'acqua, sequestro del carbonio e cicli dei nutrienti, combinando misure sperimentali, modelli matematici e analisi di immagini satellitari di ultima generazione. Questi studi, resi possibili anche dalle collaborazioni interdisciplinari con altri gruppi del DISTAL e dell'Alma Mater, contribuiscono in maniera importante al profilo scientifico del Centro Interdipartimentale AlmaClimate dell'Università di Bologna.

- [1] Piao et al. 2020 *Global Change Biology* 26: 300-318
- [2] Friedlingstein et al. 2019 *Earth Syst. Sci. Data* 11: 1783-1838
- [3] Bastin et al. 2019 *Science* 365 (6448): 76-79
- [4] Veldman et al. 2019 *Science* DOI: 10.1126/science.aay7976
- [5] Friedlingstein et al., 2019 *Science* DOI: 10.1126/science.aay8060
- [6] Anderson et al. 2010 *Front. Ecol. Environ.* 9(3): 174-182