

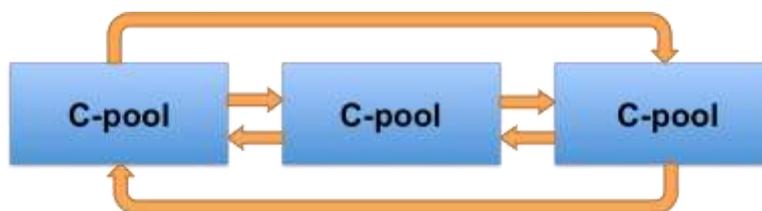
I “Carbon sinks” e i cambiamenti climatici

Lorenzo Genesis

Istituto di Biometeorologia – Consiglio Nazionale delle ricerche

Il carbonio è un elemento ubiquitario sulla terra ed è contenuto sotto varie forme in molteplici serbatoi (carbon pools): l’atmosfera, la biosfera, la pedosfera, la geosfera e l’idrosfera. Il processo di scambio di carbonio da un serbatoio all’altro è determinato da una serie di meccanismi complessi con scale temporali differenti ed è denominato nel suo complesso “ciclo biogeochimico del carbonio”.

La maggior parte del carbonio del pianeta è immagazzinato nelle rocce e nei sedimenti, ma questo carbonio è sostanzialmente inerte o ha tempi di migrazione da un serbatoio all’altro dell’ordine delle centinaia e migliaia di anni. Altri serbatoi invece immagazzinano il carbonio in forme più facilmente scambiabili e sono proprio questi serbatoi “attivi” che hanno interesse dal punto di vista del sistema climatico: i suoli e la biosfera, gli oceani e l’atmosfera.



Come è noto il sole è il motore del clima e la radiazione solare che impatta il pianeta determina la sua temperatura e lo spostamento delle masse d’aria e quindi i climi locali. L’interazione tra l’energia solare, i sistemi terrestri e l’atmosfera determina nel suo complesso il bilancio energetico del pianeta. Il carbonio atmosferico (CO_2 e CH_4) fornisce un servizio fondamentale al clima e alla vita in quanto garantisce l’effetto serra, ovvero fa sì che parte della radiazione solare rimanga intrappolata nell’atmosfera garantendo una temperatura del pianeta appropriata per la nostra biosfera. In assenza dell’effetto serra la temperatura media del pianeta sarebbe estremamente più bassa si stima intorno ai -18°C , contro i 15°C attuali.

A partire dalla rivoluzione industriale l’uomo ha alterato in modo sostanziale i meccanismi di scambio di carbonio tra i vari serbatoi in particolare attraverso l’emissione di CO_2 dovuta all’utilizzo dei combustibili fossili. Si stima infatti che dal 1750 siano state emesse in atmosfera a causa delle attività umane oltre 2000 GtCO_2 (IPCC, 2014) e continuano ad essere emesse ogni anno oltre 40 GtCO_2 , ogni anno cioè bruciamo ciò che la biosfera riesce a sequestrare in 200 anni. Anche se parte di queste emissioni sono state riassorbite dalla biosfera, la cui capacità di sequestro è aumentata a causa della maggior concentrazione di CO_2 atmosferica e dagli oceani, la concentrazione della CO_2 atmosferica è passata da meno di 300ppm dell’era pre-industriale ad oltre 400ppm.

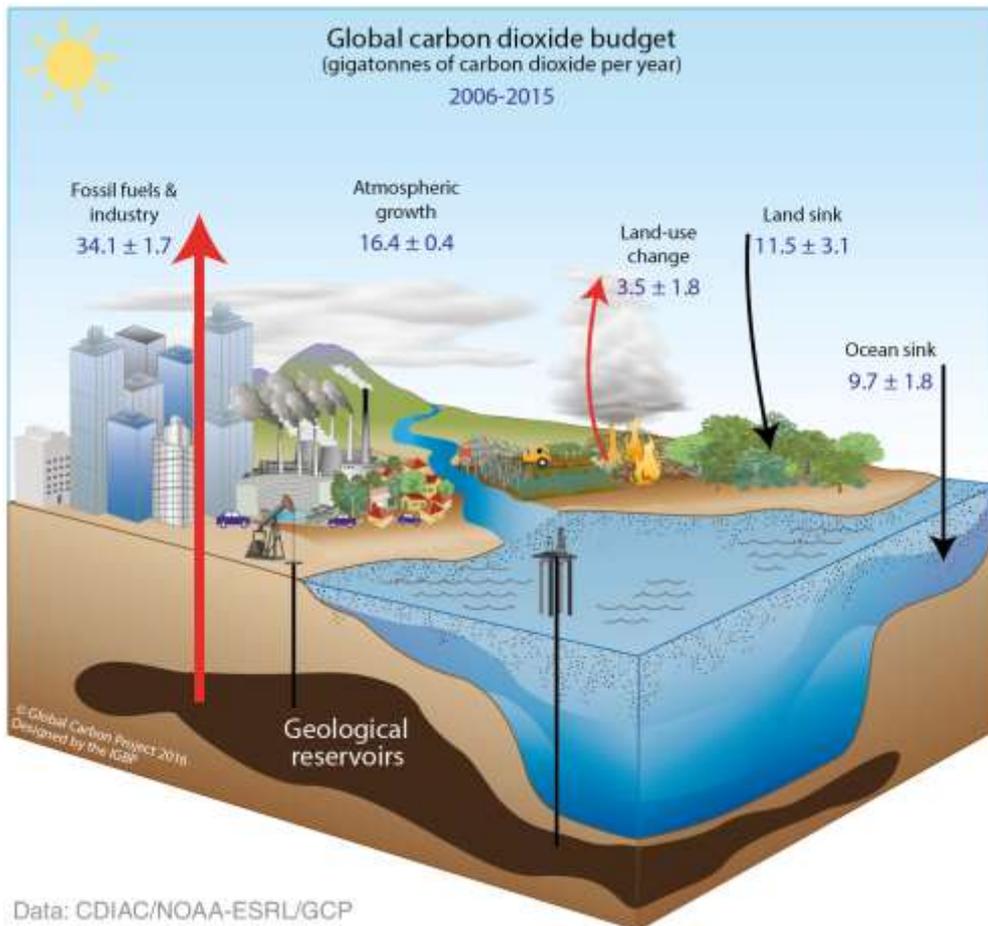


Fig. 2 Perturbazione del ciclo del Carbonio causata dalle attività antropiche per la decade 2006-2015 (fonte: [CDIAC](#); [NOAA-ESRL](#); [Le Quéré et al 2016](#); [Global Carbon Budget 2016](#))

Questo ha portato ad una modifica dell'effetto serra, ovvero ha forzato il bilancio della radiazione terrestre, si parla infatti di *radiative forcing* positivo, di circa 2.29 Wm^{-2} (IPCC, 2013). Questo forcing ha portato ad una modifica del sistema climatico i cui effetti già percepibili sono destinati ad esacerbarsi nel futuro. Il dato più evidente è che la temperatura media del pianeta è aumentata di circa un grado dal 1850. Questo ha una serie di effetti collaterali sul clima che sono distribuiti in modo diverso nelle varie zone del pianeta, è però certo che l'area Mediterranea rappresenti un hot-spot per quanto riguarda la sua vulnerabilità ai cambiamenti climatici e l'insieme dei modelli predittivi mostrano un forte decremento nella precipitazione media (-24%) durante la stagione secca (Giorgi et al., 2006).

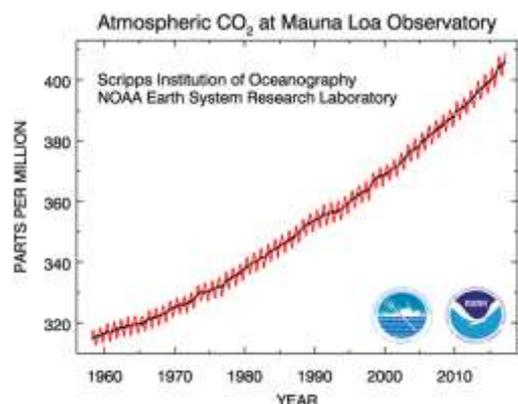


Fig.3 Serie storica della Concentrazione atmosferica della CO₂ misurata presso l'osservatorio di Mauna Loa (Hawaii) (Fonte NOAA);

E' però solo recentemente, negli ultimi 20-30 anni, che l'uomo si è seriamente posto il problema di trovare dei metodi per contenere l'aumento della concentrazione della CO₂, aumento che oggi minaccia i sistemi di vita ed i sistemi produttivi a cui siamo abituati. Perché se da una parte si dovranno cercare delle soluzioni di adattamento, ovvero trovare dei metodi per fare evolvere i nostri sistemi in modo che siano compatibili con il nuovo quadro climatico, è anche sicuro che dovremo cercare di contenere il cambiamento climatico con delle strategie di mitigazione.

A questo proposito esistono due metodi principali per ridurre la concentrazione atmosferica di CO₂, diminuire le emissioni, siano esse antropiche o degli ecosistemi, o aumentare i sequestri di gas ad effetto serra (in particolare CO₂) cioè agire in modo diretto o indiretto sul ciclo del carbonio ovvero sulla quantità di carbonio che i vari C-pools contengono, e sui meccanismi di scambio tra i serbatoi (flussi di carbonio).

Esiste poi una ulteriore possibile strategia di mitigazione ovvero la gestione del bilancio radiativo (*solar radiation management*) e che si basa sulla possibilità di modificare la quantità di radiazione che viene riflessa dal pianeta.

Nel contesto di questa sfida formidabile il settore agricolo gioca un ruolo di primo piano essendo sia parte del problema che della soluzione; è il maggior utilizzatore della superficie terrestre (circa il 40%) , il maggior responsabile dei cambiamenti di uso nel suolo che hanno un effetto avverso sul bilancio del carbonio come la deforestazione, ha un impatto importante sul bilancio idrico (utilizza circa il 70% della freshwater) ed è responsabile dell'emissione di circa un quarto dei gas ad effetto serra (GHG) (IPCC,2014).

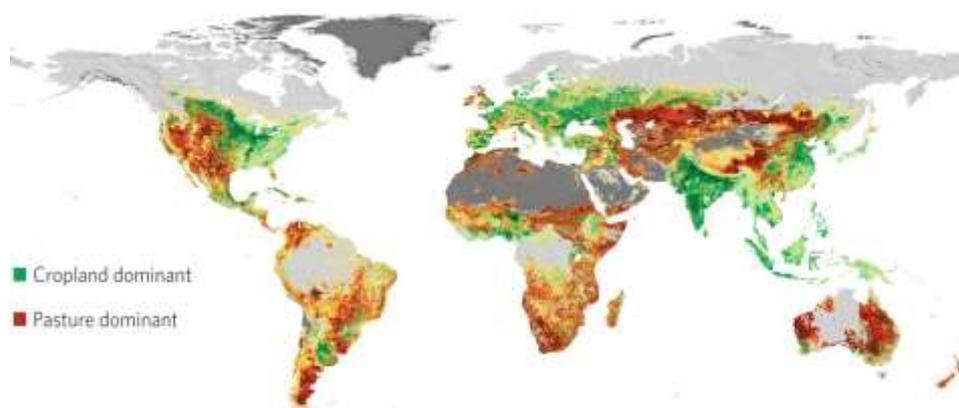


Fig. 4: Distribuzione geografica del paesaggio agricolo nell'anno 2000 (Ramankutty et al. 2008)

L'agricoltura è però anche un veicolo importante dei flussi di carbonio tra i vari serbatoi interagendo direttamente con tre dei serbatoi principali: il suolo, l'atmosfera e gli ecosistemi. Qualsiasi tecnologia di mitigazione o *Negative Emission Technology* (NET) non può quindi prescindere dall'essere veicolata dall'agricoltura o di considerare i feedback su di essa, ed essere implementata in un contesto di sostenibilità: senza effetti negativi sull'ambiente, sulla salute sulle risorse e senza intaccare la nostra capacità di produrre cibo.

Nell'ultimo decennio si è quindi sviluppata la consapevolezza che l'agricoltura, agendo direttamente sui flussi tra i vari serbatoi è in grado spostare piccole quantità di carbonio ma su grandi estensioni. In particolare i suoli agricoli anche se sono stati soggetti a consistenti perdite di carbonio a causa delle pratiche agricole intensive, presentano un contenuto di carbonio pari a tre volte il contenuto di carbonio dell'atmosfera ed hanno una grande potenzialità di sequestro se gestiti appropriatamente. L'implementazione di tali strategie di mitigazione necessita però di una comprensione approfondita dei processi di fissazione del carbonio nei suoli e la valutazione del potenziale di sequestro da operare. La comprensione di questi meccanismi è fondamentale per definire le politiche e le strategie operative più efficaci.

Si è quindi cercato di definire le potenzialità di sequestro che possono essere operate attraverso più strategie. E' infatti evidente che se vogliamo avere il 50% di possibilità di limitare l'amento della temperatura globale sotto i 2°C, come richiesto dagli accordi di Parigi, questo implicherà necessariamente l'implementazione su larga scala di un corredo di *Negative Emission Technologies* (Smith, 2016).

L'analisi delle possibili strategie evidenzia che esse hanno un impatto differenziato sulle risorse, che la loro efficacia deve essere valutata anche in termini di limiti biofisici e che questi devono essere accuratamente considerati perché l'impatto sugli obiettivi climatici sia significativo.

Tab. 1: Comparazione dell'impatto globale di varie Net Emission Technologies (NETs): BECCS (Bioenergy Carbon Capture and Storage); DAC (Direct Air Capture); EW (Enhanced rock Weathering); AR (Afforestation and Reforestation); SCS (Soil Carbon Sequestration); Biochar. (Smith, 2016, modificato).

NET	Sequestro realistico (max) di carbonio (GtCeq anno ⁻¹)	Richiesta addizionale di terre (max)(Mha)	Richiesta addizionale di acqua (km ³ anno ⁻¹)	Impatto medio (max) sui nutrienti (Mt N, P, K anno ⁻¹)	Impatto sull'albedo	Richiesta energetica (Ej anno ⁻¹)	Costo stimato (B\$)
BECCS	3.3	380-700	720	Variabile	Variabile	-170	138/123
DAC	3.3	Molto basso	10-300	Nessuno	Nessuno	156	>>BECCS
EW	0.2 (1.0)	2 (10)	0.3 (1.5)	Nessuno	Nessuno	46	>BECCS
AR	1.1 (3.3)	320 (970)	370 (1040)	2.2 (16.8)	Negativo-variabile	Molto basso	<<BECCS
SCS	0.7 (1.3)	0	0	N:56, P:14, K:10.5 (N:104, P:26, K:19.5)	0	0	-7.7
Biochar	0.7 (1.3)	40-260	0	N:21, P:7, K:49 (N:31, P:13, K:91)	0.08-0.12	Da -14 a -35 (-65)	130

Da queste comparazioni emerge che dal punto di vista economico il sequestro di carbonio nei suoli è una delle strategie più efficienti anche se si apre la problematica della durabilità di questa soluzione che per essere efficace deve essere basata sull'adozione di impegni vincolanti sul lungo periodo. Se è vero infatti che si possono ottenere risultati importanti in termini di sequestro del carbonio attraverso le pratiche agronomiche e la gestione della sostanza organica, bisogna però considerare che questa misura è temporanea e reversibile ed un cambiamento di gestione provoca il rilascio in atmosfera del carbonio stoccato.

Infine qualunque strategia di mitigazione dovrà essere vincolata alla sostenibilità della produzione di cibo, un aspetto che riassume un ulteriore elemento di complessità rappresentato dal fatto che la competizione per le terre agricole e per il loro utilizzo non-food è sempre più spinto, in particolare nelle economie occidentali, dove una frazione sempre maggiore delle terre arabili non viene utilizzate per la produzione alimentare.

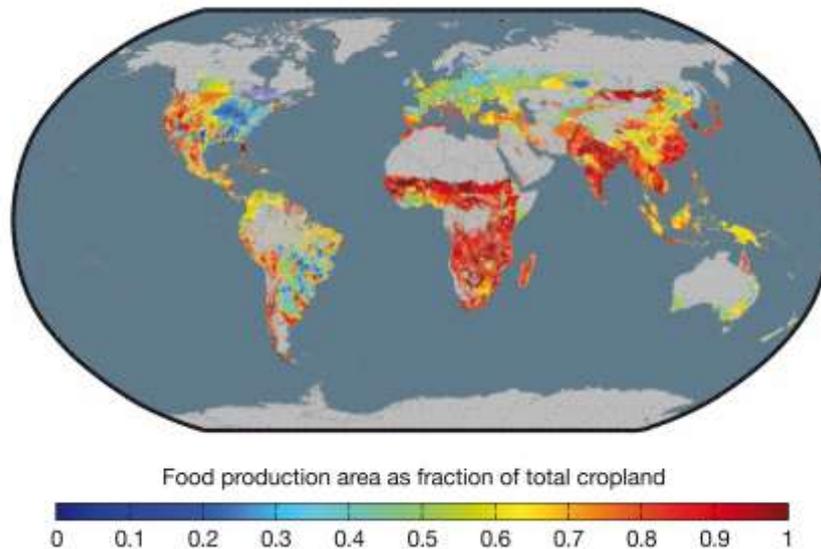


Fig.5: Competizione per il cibo: percentuale di allocazione delle terre agricole per la produzione alimentare (Foley et al, 2011)

Bibliografia

Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M., ... & Balzer, C. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478(7369), 337-342.

Giorgi, F. (2006). Climate change hot-spots. *Geophysical research letters*, 33(8).

Le Quéré, C., Andrew, R. M., Canadell, J. G., Sitch, S., Korsbakken, J. I., Peters, G. P., ... & Keeling, R. F. (2016). Global carbon budget 2016. *Earth System Science Data*, 8(2), 605.

IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPCC, 2014: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Ramankutty, N., Evan, A. T., Monfreda, C., & Foley, J. A. (2008). Farming the planet: 1. Geographic distribution of global agricultural lands in the year 2000. *Global Biogeochemical Cycles*, 22(1).

Smith P (2016) Soil carbon sequestration and biochar as negative emission technologies. *Global Change Biology*, 22, 1315–1324, doi:10.1111/gcb.13178.