

DESERTIFICAZIONE E PERDITA DI VEGETAZIONE DEL PIANETA

di Adalberto Porrino *

Durante il nostro periodo interglaciale, si è verificata una notevole riduzione della vegetazione della Terra che ha portato alla formazione dei grandi deserti ma che ha interessato anche, in diversa misura, buona parte delle terre emerse. Ciò può spiegare la quantità enorme di CO₂ accumulata in atmosfera. Rimane comunque aperta la domanda su che cosa abbia provocato la generale perdita di vegetazione del pianeta.

* già ricercatore presso Enel Ricerca e CESI s.p.a.

Il periodo interglaciale nel quale stiamo vivendo, iniziato circa 11000 anni fa e durante il quale si sono sviluppate l'agricoltura e, successivamente, le grandi civiltà del passato, quella egizia, la micenea, la greco-romana e quella medievale, fino alla cosiddetta rivoluzione industriale e al tempo presente, è denominato con il termine "Olocene", parola derivata dal greco che significa "del tutto recente".

Nella figura 1 sono rappresentati gli andamenti della concentrazione di CO₂ in atmosfera e della Temperatura globale media del pianeta, Tgm, negli ultimi 350.000 anni.

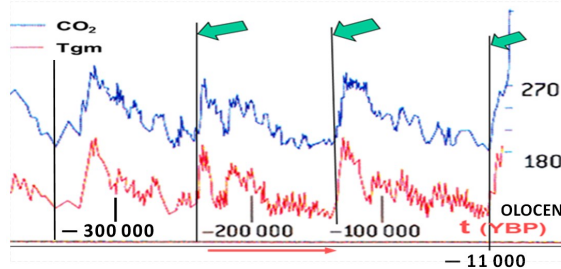


Figura 1. Andamento della Temperatura Globale Media (Tgm) e della concentrazione di CO₂ in atmosfera da 300.000 anni prima di oggi fino al tempo presente.

Questi andamenti della CO₂ e della Tgm, come quelli riportati in figura 1, si possono ricostruire attraverso vari segni, denominati Proxi, ottenuti esaminando le concentrazioni isotopiche di ossigeno, idrogeno, berillio e carbonio rinvenuti nelle cosiddette "carote" di ghiaccio

ottenute con trivellazioni dei ghiacciai artici e antartici e delle regioni coperte spesso da ghiaccio, ma anche nelle stalagmiti e nei terreni alluvionali e nelle rocce metamorfiche.

I Proxi consentono di ricostruire e collocare nel tempo le Tgm e le concentrazioni di CO₂ in atmosfera, come quelli rappresentati nel grafico della Figura 1.

Questo grafico ha una bassa risoluzione temporale e pertanto non consente di vedere che l'andamento della Tgm è sempre in anticipo di 800 anni rispetto all'andamento della concentrazione della CO₂.

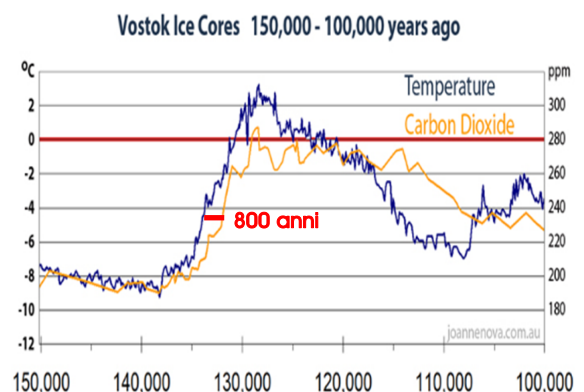


Figura 2. La temperatura globale media anticipa normalmente la concentrazione di CO₂ di 800 anni.

Infatti, in natura, il riscaldamento e il raffreddamento dei mari è dovuto ai cicli di irraggiamento solare del pianeta. A loro volta i mari liberano, o assorbono, la CO₂, non istantaneamente, ma con un ritardo di circa 800 anni a causa della loro "inerzia" termica.

Nella figura 3 sono riportati gli andamenti della Tgm e della concentrazione di CO₂ in atmosfera nel corso dell'Olocene, con il corretto posizionamento temporale dell'andamento della concentrazione di CO₂ rispetto a quello della Tgm.

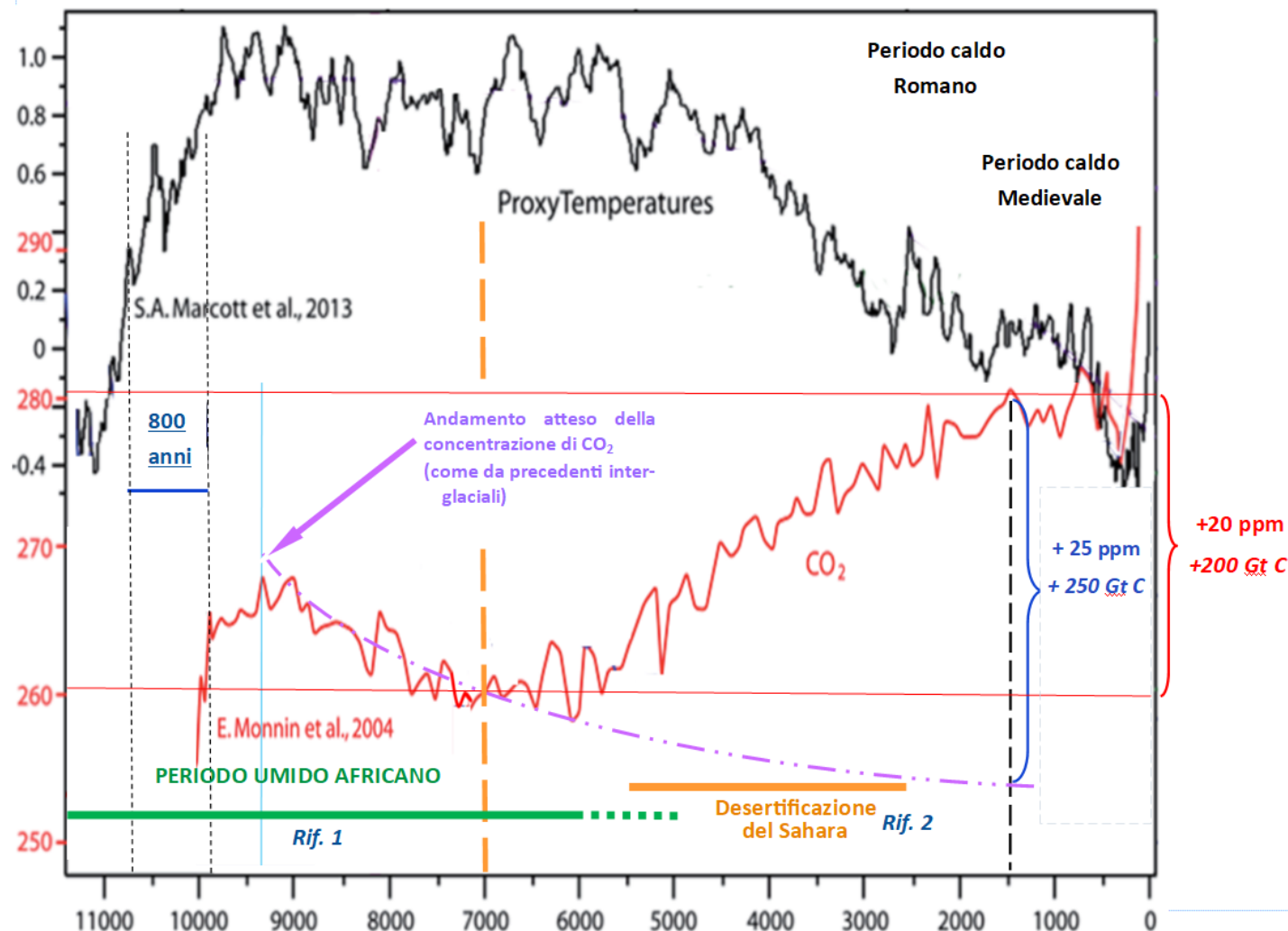


Figura 3. Andamenti della Temperatura Globale Media, Tgm secondo Marcott et al. (1) e della concentrazione di CO₂ in atmosfera durante l'Olocene secondo Monning et al (2).

Fino a circa 7.000 anni fa, la concentrazione della CO₂ in atmosfera ha seguito l'andamento decrescente della Tgm con il suddetto ritardo di 800 anni. Negli ultimi 7000 anni la concentrazione della CO₂ in atmosfera ha invece deviato decisamente dall'andamento atteso, rappresentato dalla linea tratteggiata viola, crescendo gradualmente fino a circa 1.500 anni prima di oggi. La crescita "anomala" della CO₂ è stata di circa 25 ppm, corrispondenti a 250 Giga Tonnellate di Carbonio emesse in atmosfera.

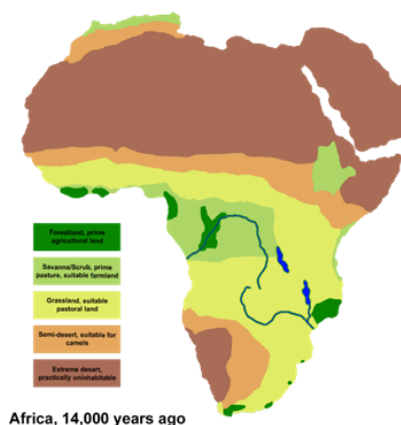
Questo aumento della concentrazione di CO₂ in atmosfera, senza precedenti nei passati periodi interglaciali, è contemporaneo a un fenomeno di generale inaridimento del globo e alla scomparsa della vegetazione del Sahara e della Penisola Arabica, sul finire del precedente periodo glaciale. Il Carbonio contenuto nella vegetazione è passato alla atmosfera sotto forma di CO₂.

Per quanto illustreremo nel seguito, si deve tenere presente che l'inaridimento del pianeta non ha riguardato solo il Sahara e il Continente africano, ma anche diverse altre zone della Terra delle quali scriveremo più avanti. Quello che è successo per il Sahara è comunque molto più documentato ed esplicativo.

Il Sahara prima dell'inizio dell'Olocene

Prima dell'inizio dell'Olocene, ovvero prima di 14.000 - 14.500 anni fa, le zone desertiche del continente africano erano molto più estese di

Foreste e terre con agricoltura primitiva
Savana e macchia, pastorizia e attività agricola primitive
Praterie adatte alla pastorizia
Zone semidesertiche adatte ai camelidi
Deserti estremi praticamente non abitabili



oggi. Il lago Vittoria e il Nilo Bianco erano o asciutti o a livelli molto bassi.

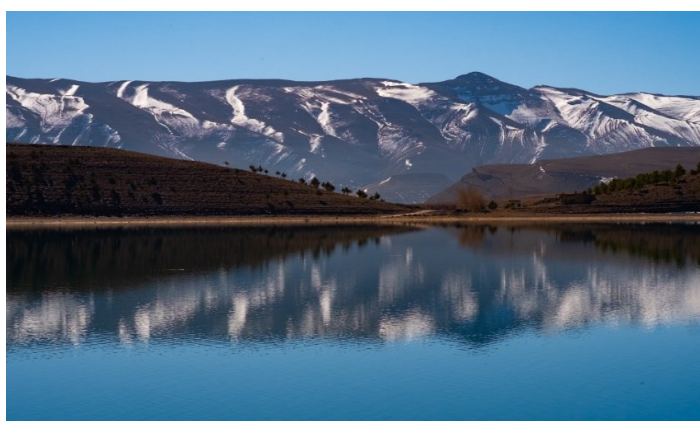
Il periodo umido africano

Al precedente periodo "super arido" è succeduto il cosiddetto "periodo umido africano".

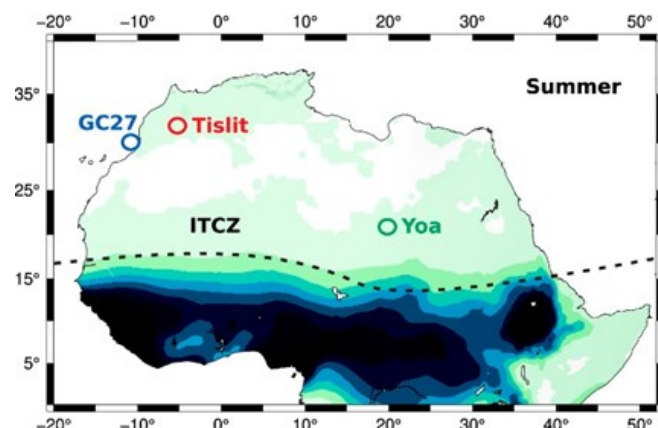
Secondo Cheddadi et al. (3), questo periodo è compreso all'incirca tra 14.600 e 5.000 anni fa con un ottimo compreso tra 11.000 e 6.000 anni fa (vedi linea verde in figura 3). Esso fu caratterizzato da abbondanti precipitazioni con la formazione di zone umide e grandi laghi anche in Nord Africa.

La data di 5.000 anni fa, per la fine del periodo umido africano, è sostanzialmente accettabile, anche se il declino della vegetazione con rilascio in atmosfera della CO₂ della desertificazione del pianeta risale con evidenza a 7.000 anni fa.

Gli autori dell'articolo, per giungere alla loro valutazione della fine del periodo umido africano, hanno ricostruito la quantità delle precipitazioni negli ultimi 18.000 anni, attraverso l'esame degli isotopi dell'idrogeno delle cere fogliari rinvenute nei sedimenti del lago Tsilit in Marocco, lago che non si è mai prosciugato nel precedente periodo interglaciale.



Il lago Tsilit nella catena montuosa dell'Atlante in Marocco



Sulla base di queste analisi, gli autori dell'articolo suggeriscono che "il rinverdimento in nord Africa sia collegato al rafforzamento ed espansione verso nord dei monsoni africani. La sostituzione di gran parte del territorio desertico del Sahara con graminacee, alberi e laghi fu causata da variazioni dell'orbita

della Terra attorno al Sole; il cambiamento della vegetazione rafforzò il monzone africano e fece aumentare i gas serra producendo una contrazione del deserto sahariano. Il rafforzamento dei monsoni estivi provocò un aumento "drammatico" dei laghi nord africani, delle terre umide, e dei terreni arbustivi, in aree che ora sono desertiche, creando un Sahara verde".

Sono pervenute fino a noi immagini suggestive di questo periodo umido africano.



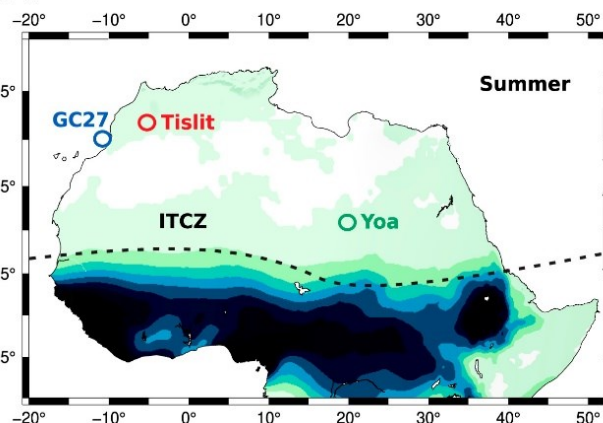
La caverna dei Nuotatori, una grotta situata nel sud-ovest dell'Egitto, vicino al confine con la Libia, nella regione montuosa di Gif Kebir del deserto del Sahara.

La fine del periodo umido africano e la desertificazione del Sahara

Stefan Kröpelin dell'Università di Colonia in Germania, ha studiato i sedimenti del lago Yoa nel Ciad settentrionale (4). Contrariamente a quasi tutti gli altri laghi della regione, il lago Yoa non si è mai essiccato poiché viene alimentato da una falda acquifera sotterranea. Nel corso degli ultimi 6.000 anni ogni estate e inverno si è depositato un nuovo strato di sedimento sul fondo del lago.



Lago Yoa, nel Chad setentrionale



Kröpelin afferma che "studiando la composizione geochimica di questi sedimenti, e anche quella dei resti di piante e animali trovati in essi, si è potuto ricostruire una documentazione molto dettagliata dell'ambiente del Sahara nell'arco degli ultimi 6.000 anni. I risultati dimostrano che la desertificazione del Sahara fu un processo graduale, avvenuto tra 5.600 e 2700 anni fa (Rif. 3 in figura 3), in risposta al graduale indebolimento dell'intensità dei monsoni. Con la diminuzione delle piogge sparirono

gli alberi e le piante delle praterie che vennero rimpiazzati dalla vegetazione tipica del Sahel. Alla fine, sparì anche il manto erboso e fecero il loro ingresso le piante specializzate per sopravvivere nel deserto”.

In alcuni casi, l'inaridimento è rilevabile anche su scale temporali molto più brevi, come è avvenuto per il lago Ciad, come illustrato nella seguente figura.



Come vedremo più avanti, la desertificazione del Sahara e della Penisola Arabica non è sufficiente a giustificare l'incremento anomalo di 25 ppm della concentrazione di CO₂ in atmosfera (figura 3). Infatti, la desertificazione del pianeta ha interessato tutto il globo, come si evince dalla seguente immagine.



Non si possiedono elementi diretti per stimare quale potesse essere il contenuto totale di Carbonio della vegetazione del Sahara e di tutti gli altri deserti alla vigilia del loro inaridimento, si possono fare però delle valutazioni ragionevoli come vedremo qui di seguito.

Superficie dei deserti e stima del contenuto medio di Carbonio per ettaro

Nella seguente tabella sono riportate le superfici dei diversi deserti del Globo e il risultato del calcolo del contenuto totale di Carbonio per un valore della densità di Carbonio per ettaro pari a 134,5 tonnellate per ettaro che corrisponde a una emissione in atmosfera pari alle 250 Giga Tonnellate di Carbonio totali, emesse nel corso dell'Olocene, indicate in figura 3.

Un riferimento generale sulle tipologie e dimensioni degli attuali deserti è dato dalla seguente tabella. La quarta colonna contiene il Carbonio totale di ciascun deserto calcolato sulla base della densità media di 134,5 Ton per ettaro che consente di totalizzare una emissione di 250 Gt di Carbonio pari a quella indicata nella figura 3.

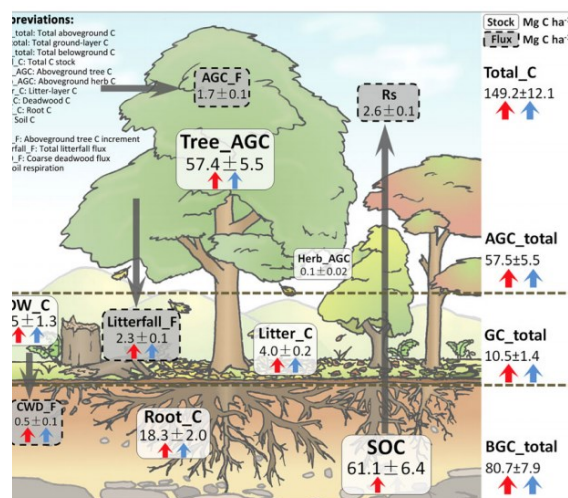
Nome	Tipo	Area (ettari)	densità media di carbonio per ettaro 134,5	Luogo
			Carbonio totale	
Sahara	Subtropicale	860.000.000	115.670.000.000	Algeria, Ciad, Egitto, Libia, Mali, Niger, Mauritania, Marocco, Sudan e Tunisia
Rub' al-Khali	Subtropicale	233.000.000	31.338.500.000	Arabia Saudita, Giordania, Iraq, Kuwait, Qatar, Emirati Arabi Uniti, Oman e Yemen
Deserto del Gobi	Freddo	130.000.000	17.485.000.000	Mongolia e Cina
Kalahari	Subtropicale	93.000.000	12.508.500.000	Angola, Botswana, Namibia e Sudafrica
Deserto patagonico	Freddo	67.300.000	9.051.850.000	Argentina e Cile
Deserto siriano	Subtropicale	52.000.000	6.994.000.000	Siria, Giordania e Iraq
Deserto di Chihuahua	Subtropicale	50.950.000	6.852.775.000	Messico e Stati Uniti
Gran Bacino	Freddo	49.200.000	6.617.400.000	Stati Uniti
Gran Deserto Victoria	Subtropicale	42.440.000	5.708.180.000	Australia
Gran Deserto Sabbioso	Subtropicale	36.000.000	4.842.000.000	Australia
Deserto del Karakum	Freddo	35.000.000	4.707.500.000	Turkmenistan
Altopiano del Colorado	Freddo	33.700.000	4.532.650.000	Stati Uniti
Deserto di Sonora	Subtropicale	31.080.000	4.180.260.000	Messico e Stati Uniti
Deserto del Kizilkum	Freddo	30.000.000	4.035.000.000	Kazakistan, Uzbekistan e Turkmenistan
Deserto di Taklamakan	Freddo	27.000.000	3.631.500.000	Cina
Deserto di Thar	Subtropicale	20.000.000	2.690.000.000	India e Pakistan
Deserto di Gibson	Subtropicale	15.590.000	2.096.855.000	Australia
Deserto Simpson	Subtropicale	14.300.000	1.923.350.000	Australia
Deserto di Atacama	Fresco costiero	10.520.000	1.414.940.000	Cile e Perù
Deserto del Namib	Fresco costiero	8.090.000	1.088.105.000	Namibia e Angola
Deserto di Kavir	Inverno freddo	7.700.000	1.035.650.000	Iran
Deserto del Mojave	Subtropicale	6.500.000	874.250.000	Stati Uniti
Deserto di Lut	Subtropicale	5.180.000	696.710.000	Iran
		1.858.550.000	250.000.000.000	
			250 Gt C	

Indermuhle, attraverso un modello "biosferico", ha calcolato le seguenti densità di Carbonio per ettaro, per tre diverse tipologie di vegetazione:

- 110 Ton/ettaro nella foresta asciutta e savana tropicali**
- 95 Ton/ettaro in zone calde con erba e cespugli**
- 73 Ton/ettaro nei deserti**

L'immagine qui a fianco (9) può dare una idea di dove si collocano le densità di Carbonio per ettaro indicate da Indermuhle, rispetto a quelle di una tipologia di bosco tipico delle zone temperate del pianeta a noi familiare, che sono pari a 150 Ton/ettaro.

Bosco zone temperate

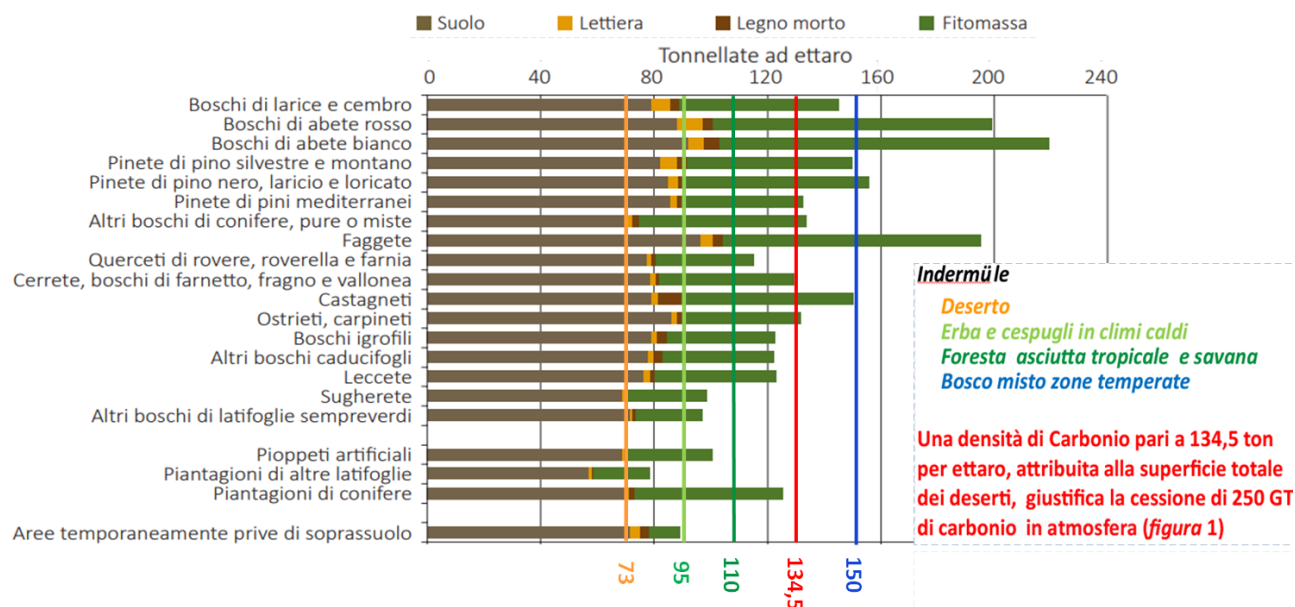


Prendendo come riferimento i risultati di una accuratissima indagine sul contenuto di Carbonio per ettaro delle diverse tipologie dei boschi italiani, reso disponibile dall'Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio – INFC2005, dal titolo “*Il contenuto di carbonio delle foreste italiane metodi e risultati dell'indagine integrativa*” (6), possiamo evidenziare dove si collocano i valori di densità di Carbonio per ettaro indicati più sopra.

La seguente immagine sintetizza i risultati di questo inventario. Nella stessa immagine sono riportati diversi valori significativi di densità di CO₂ per ettaro: i 3 valori indicati da Indermühle (73, 95, 110 tonnellate per ettaro), quello del bosco misto in zone temperate (150 Tonnellate per ettaro), e un valore di densità di Carbonio pari a 134,5 Ton per ettaro che può giustificare il rilascio in atmosfera di 250 Gt di Carbonio (Figura 2).

Il valore di 134,5 tonnellate per ettaro così valutato corrisponde a una tipologia di vegetazione che si avvicina alla media dei boschi italiani e pertanto questo valore sembra eccessivo, tanto più se lo si confronta con i valori specifici di zone predesertiche proposti da Indermühle.

Occorre però considerare che, contemporaneamente al fenomeno della quasi totale scomparsa della vegetazione di quelle aree del pianeta che oggi sono i deserti, deve esserci stata una riduzione di vegetazione anche in zone che non sono diventate veri e propri deserti. Pertanto, il valore di 134,5 tonnellate per ettaro appare del tutto giustificabile.



Conclusione

In questo articolo abbiamo messo in forte evidenza il fatto che, durante l'Olocene, il nostro periodo interglaciale, si è verificata una generale riduzione della vegetazione del pianeta che ha comportato l'emissione in atmosfera di una quantità enorme di CO₂ in atmosfera (250 Gton di Carbonio). Questa riduzione di vegetazione è stata particolarmente significativa per le attuali zone desertiche del pianeta. Però, la perdita di vegetazione da parte dei deserti non spiega completamente l'aumento della concentrazione della CO₂ durante l'Olocene. Pertanto, risulta molto ragionevole assumere che, nello stesso periodo di tempo, anche le zone del globo che non si sono desertificate abbiano perso parzialmente la loro vegetazione. L'inaridimento degli attuali deserti e il calo di vegetazione nelle aree non desertiche del pianeta è un segnale molto vistoso di una generale perdita di vegetazione da parte del nostro pianeta.

Rimane comunque aperta una domanda decisiva: *che cosa ha provocato la generale perdita di vegetazione della Terra?*

Indicazioni bibliografiche

- 1) [Marcott et al.](#) "A Reconstruction of Regional and Global Temperature for the Past 11,300 Years.
- 2) [Monning et al](#) "Atmospheric CO2 Concentrations over the Last Glacial Termination",
- 3) R. Cheddadi et al. "Early Holocene greening of the Sahara requires Mediterranean winter rainfall. [vedi articolo](#) pubblicato su *Proceedings of the National Academy of Sciences* - PNAS)
- 4) Stefan Kröpelin dell'Università di Colonia in Germania "Uno studio dimostra che la desertificazione del Sahara è avvenuta gradualmente, non improvvisamente". [vedi articolo](#)
- 5) A. Indermühle Climate and Environmental Physics, University of Bern.
- 6) Met Office Hadley Centre observations datasets. [vedi](#)
- 7) [CORDIS](#) "Risultati della ricerca dell'UE "Uno studio dimostra che la desertificazione del Sahara è avvenuta gradualmente, non improvvisamente".
- 8) Planting a mix of tree species 'could double' forest carbon storage [vedi](#)