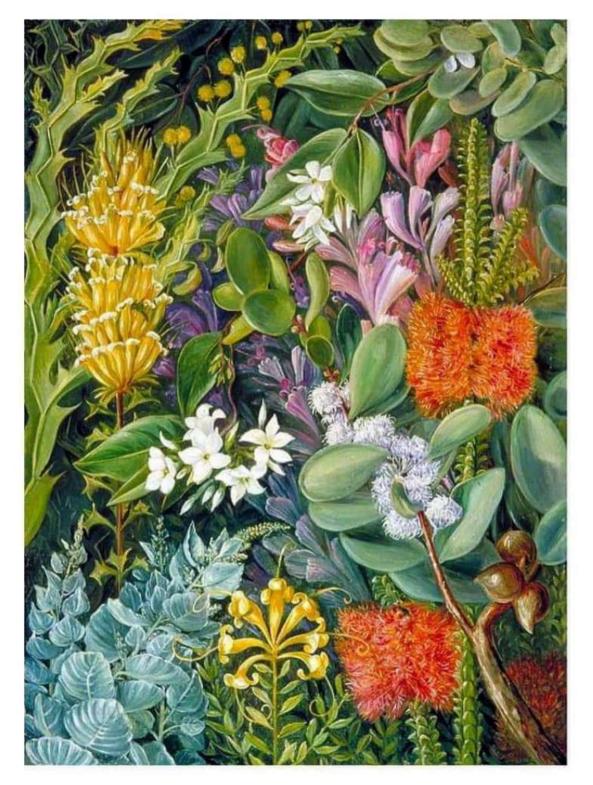






ECOLOGIA
Prof. Monia Renzi (BIO/07)
mrenzi@units.it

(*) Il materiale didattico fornito dal docente può contenere parti o immagini soggette a copyright, la diffusione e/o riproduzione non è autorizzata.

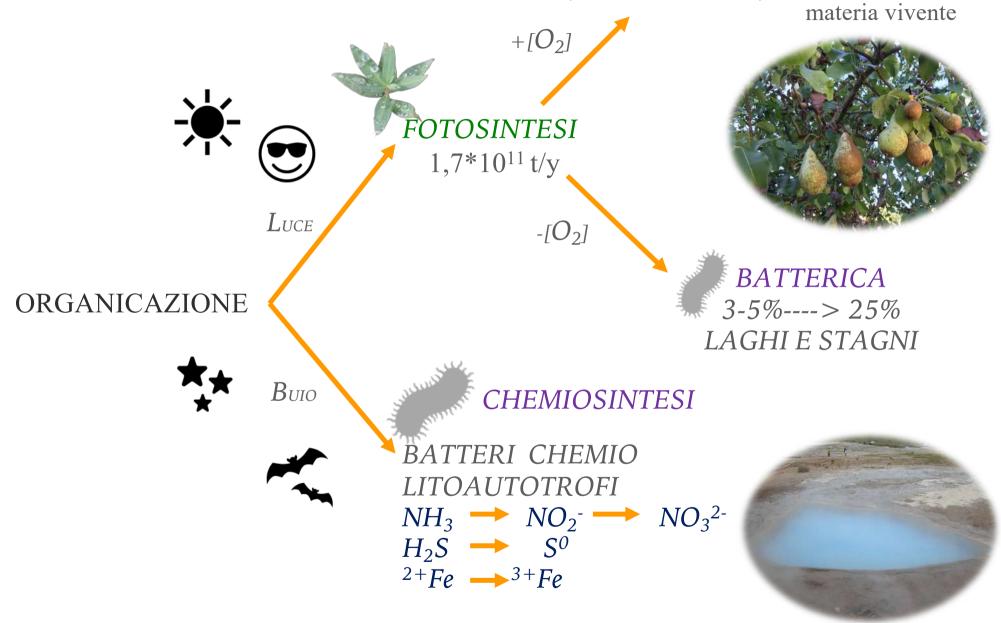


Funzione di flusso: produzione e produttività

- Produzione primaria
- Fotosintesi e chiemiosintesi
- Produzione secondaria
- Produttività
- * Metodi di misura della produzione
- **Sempi** in ecosistemi diversi
- * Fattori limitanti la produttività
- * Tempi di turnover
- Flussi energetici ausiliari

PRODUZIONE PRIMARIA

CLOROFILLIANA (PIANTE VERDI) >99% in peso della



Se il bilancio (come in certe ere geologiche) è a favore della produzione fotosintetica, l'atmosfera accumula O₂ gassoso.

L'eccesso di carbonio organicato dalla produzione fotosintetica (a partire dal Cambriano, 1,6 x10⁹ anni fa) è trasformato in depositi fossili senza essere respirato o decomposto.



3,5 miliardi di anni fa inizia la rimozione della CO₂ dall'atmosfera terrestre



La Terra 3,5 miliardi anni fa CO_2 98% N_2 2%



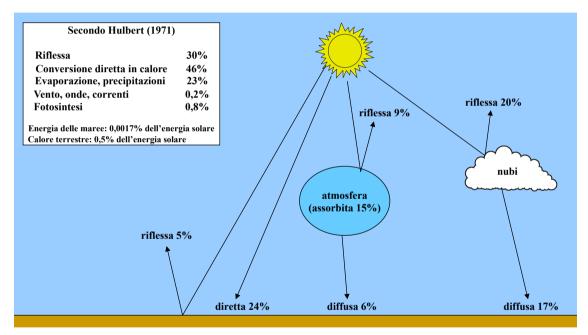
- Aumento O₂
- Atmosfera ossidante
- Formazione dello strato di ozono e protezione della superficie terrestre
- Stabilizzazione della temperatura attraverso gas serra



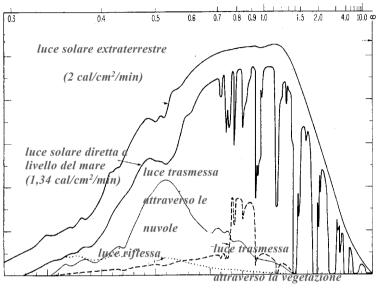
La Terra oggi CO_2 0,03% N_2 78% O_2 21%



Dissipazione energetica della radiazione solare come percentuale dell'input annuale nella biosfera

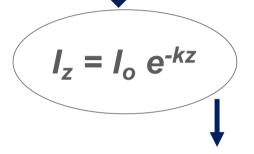


Sul limite superiore esterno dell'atmosfera arriva una quantità costante di energia pari a 2 cal cm⁻² min⁻¹ (costante solare)



- A livello della superficie del mare la quantità di energia solare incidente diminuisce ad opera del processo di assorbimento operato dall'atmosfera e dalla riflessione e assorbimento delle nubi.
- Sulla superficie terrestre un ruolo fondamentale viene svolto anche dagli strati vegetazionali

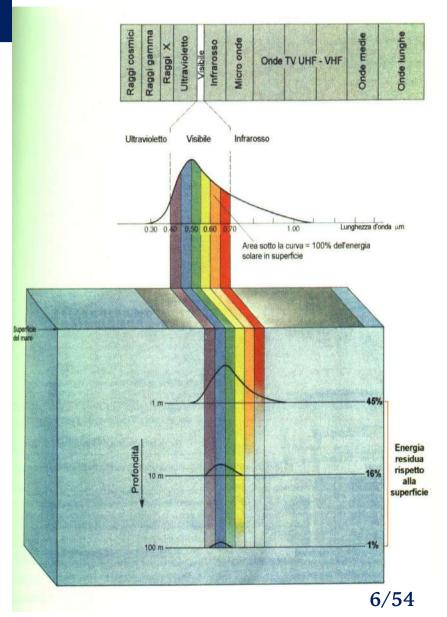
La radiazione solare varia con la profondità della colonna d'acqua sia da un punto di vista qualitativo che quantitativo, quest'ultimo in accordo a un'equazione esponenziale di tipo negativo



I_z = intensità della radiazione solare alla profondità Z
 I_o = Intensità della radiazione solare in superficie
 z= profondità
 k = coefficiente di estinzione

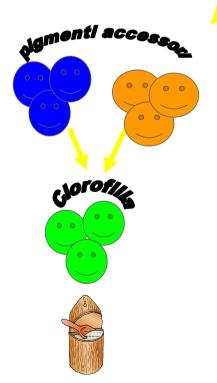


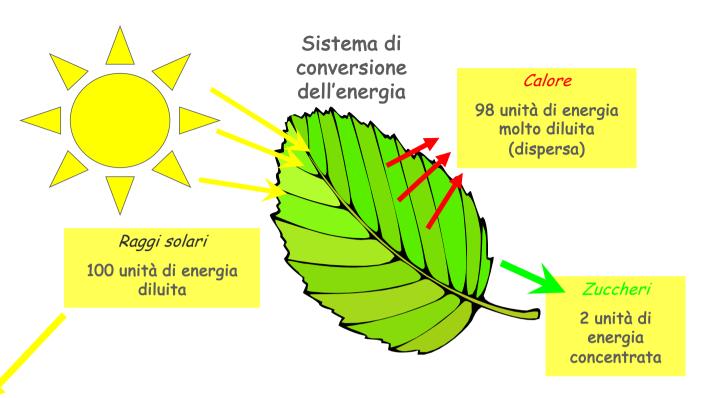
Estinzione spettrale di un fascio luminoso con la profondità



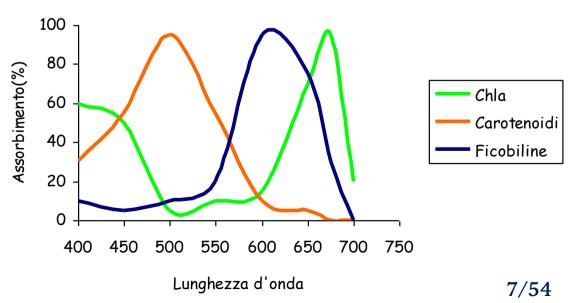
FLUSSI ENERGETICI NELLA FOTOSINTESI

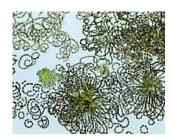
Gli organismi autotrofi per compiere il processo fotosintetico utilizzano l'energia solare di specifiche lunghezze d'onda ovvero quelle comprese nel campo del visibile tra **400 e 700 nm**





Assorbimento della luce per opera dei tre gruppi di pigmenti fotosintetici



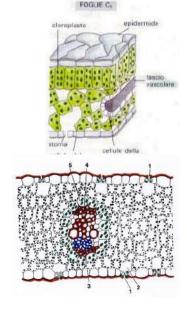


Anabaena lemmermannii (L. di Garda). 200X









BATTERI (CYANOBACTERIA)

Procarioti fotosintetici con clorofilla-a

ALGHE

Unicellulari & pluricellulari

CORALLI COSTRUTTORI (simbiosi alga-celenterato)

LICHENI MUSCHI



PIANTE SUPERIORI

• *Tipo C3*

Max tasso fotosintetico/unità superficie Max. efficienza con luce e temperatura moderate 400-1000 g H₂O per avere 1g materia secca Fissazione su ribulosio 1,5-difosfato

• *Tipo C4*

Adattate alte intensità luce e temperatura <400g H₂O per avere 1g materia secca

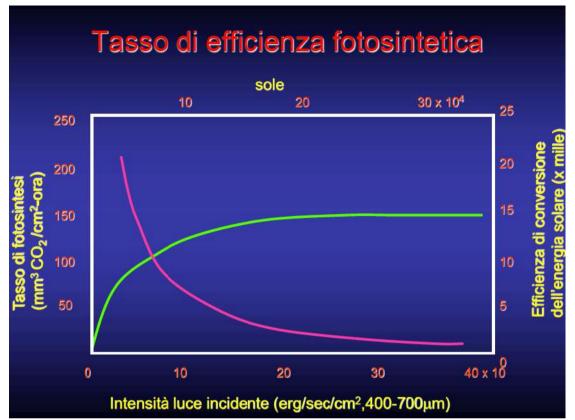
Fissazione su PEP e trasporto al cloroplasto con acidi a 4 atomi di carbonio

Tipo CAM

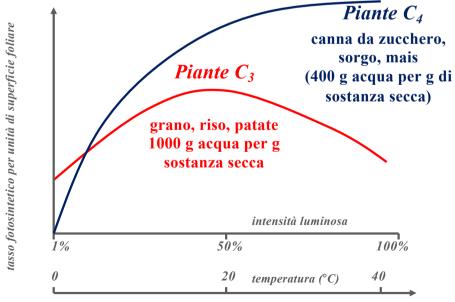
Climi aridi (riserve acqua + acido crassulceo)

Metabolismo intermittente, fioritura rapida

Separazione temporale tra fissazione della CO₂ (notte) chiusura degli stomi (giorno), trasporto ed organicazione 8/54



Percentuale di specie C4 in un transetto est-ovest nei deserti e praterie in USA.	Specie C ₄
Praterie ad erba alta	59
Praterie ad erba mista	76
Praterie ad erba bassa	100
Deserti estivi	100
Deserti invernali	0



RESPIRAZIONE (CATABOLISMO)

Qualsiasi ossidazione biologica che produce energia

ANAEROBICA

Molecola organica è accettore di elettroni

- Tipica di batteri, lieviti, muffe
- Processi lenti
- Basso consumo di energia
- Elevato accumulo di sottoprodotti (metano, idrogeno solforato, etanolo)

AEROBICA

O₂ accettore di elettroni (ossidante)

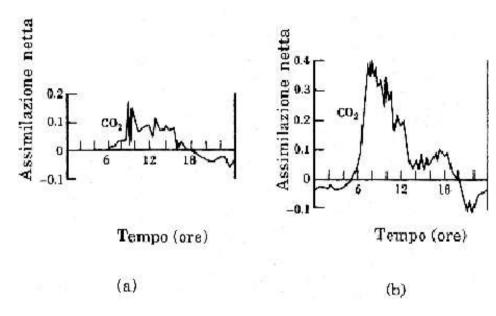
- Tipica di animali e piante
- Inverso della fotosintesi
- La sostanza organica diviene
 CO₂ + H₂O + energia termica
 + prodotti metabolici che
 possono dare ancora energia



BILANCIO TRA PRODUZIONE E RESPIRAZIONE

L'accumulo di materia vivente nelle piante (cioè la produzione primaria) è possibile perché la fotosintesi e la respirazione non si compensano, ovvero l'energia catturata attraverso il processo di fotosintesi è maggiore dell'energia persa col processo di respirazione. Questo nonostante che di notte avvenga solo la respirazione.

La differenza di energia viene immagazzinata come tessuto vegetale che, tra l'altro, costituisce il cibo per gli erbivori (secondo livello della catena alimentare) e rende quindi possibile il trasferimento di energia agli organismi eterotrofi.



Andamento giornaliero dell'assimilazione netta di CO_2 per l'abete di Douglas in (a) inverno e (b) estate (Helms, 1965).

PRODUZIONE PRIMARIA

PPN

↓ PPL

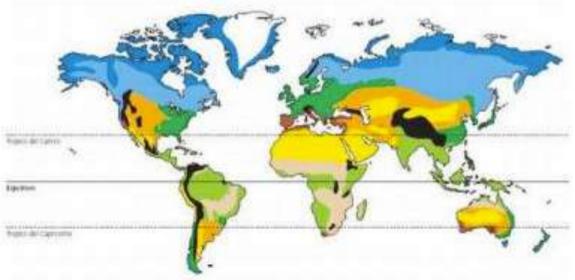
Produzione primaria netta

PPL-Energia persa con la respirazione

Produzione primaria lorda

Energia acquisita con la fotosintesi

PPN nei vari Biomi terrestri



Gradiente geografico (massimo Equatore)

PPN (g m-2 anni-1) Tipo di vegetazione Biomassa (g m⁻²) Tundra artica 100 500 Tundra a cespugli nani 250 2800 Taiga settentrionale 10000 450 26000 Taiga intermedia 700 Taiga meridionale 850 33000 37000 Faggete 1300 900 40000 Ouerceti 2500 Steppe temperate 1120 Steppe aride 420 1000 430 Deserti a cespugli nani 122 Deserti subtropicali 250 600 Foreste subtropicali 2450 41000 Savane aride 730 2680 Savane 1200 6660 3250 Foreste pluviali tropicali 50000 12730 Mangrovie 930 Oceano aperto 125 3 Piattaforma continentale 350 10 Terreno agricolo 1000

Krebs, C. (1972). Ecology. Harper & Row, New York.



Foresta conifere (taiga)

Foresta temperata a foglie caduche

Prateria temperata (steppa)

Macchia mediterranea (chaparral)

Deserto

Prateria tropicale o savana

Foresta tropicale

Alte montagne

12/54

PPN SUL PIANETA TERRA: BILANCI GLOBALI

Stime della produzione primaria netta e della biomassa vegetale nei vari biomi che compongono la nostra biosfera.

kgC = 50% kg biomassa secca

Efficienza
fotosintetica =

Produzione
primaria lorda
Energia della
radiazione solare

Efficienza
produzione netta =

Produzione
primaria netta
Produzione
primaria lorda

Bioma	$\frac{\text{Area}}{(10^6\text{km}^2)}$	Biomassa totale (PgC)	Densità di biomassa (kgC m ⁻²)	PPN (PgC anno ⁻¹)	PPN media gCm ⁻² anno ⁻¹
Foreste tropicali	17.5	340	19.4	21.9	1251.4
Foreste temperate	10.4	139	13.4	8.1	778.8
Foresta boreale	13.7	57	4.2	2.6	189.8
Savane tropicali e pra- terie	27.6	79	2.9	14.9	539.9
Praterie temperate e cespuglieti	17.8	23	1.3	7	393.3
Deserti e semideserti	27.7	10	0.4	3.5	126.3
Tundra	5.6	2	0.4	0.5	89.3
Terreno agricolo	13.5	4	0.3	4.1	303.7
Ghiaccio	15.5	0	0	0	0
Totale terraferma	149.3	654	4.4	62.6	419.3
Acque oligotrofiche	-	-	-	11.0	-
Acque mesotrofiche	-	-	-	27.4	-
Acque eutrofiche	-	-	-	1.0	-
Totale oceano	361	3	0.0083	48.5	134.3
Totale generale	510.3	657	1.29	111.1	217.7

Entrambe le efficienze sono numeri puri compresi tra 0 e 1

Le informazioni sui biomi terrestri sono tratte dal terzo rapporto dell'IPCC (Houghton et al., 2001), quelle sugli ecosistemi marini da Field et al. (1998).

Houghton, J. T., Ding, Y., Griggs, D., Noguer, M., van der Linden, P. J., e Xiaosu, D. (curatori) (2001). IPCC Third Assessment Report - Climate Change 2001: The Scientific Basis. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Chemiosintesi: una componente importante della produzione

Il processo di produzione non è limitato alla fotosintesi, che avviene in presenza di ossigeno. Tale processo viene infatti realizzato anche in condizioni anossiche da parte di numerosi organismi; in questo caso si parla di chemiosintesi e di organismi chemiosintetici. La formula generale della produzione diventa quindi la seguente:

$$CO_2 + 2H_2A + \frac{energia}{solare}$$
 (CH_2O) + $H_2O + 2A$

dove A è l'ossigeno nella fotosintesi, o una molecola diversa a seconda del processo di chemiosintesi che si considera. Nel caso ad esempio dei solfobatteri che vivono in alcune sorgenti termali la reazione di produzione è la seguente:

$$CO_2 + 2H_2S + \frac{\text{energia}}{\text{solare}} \longrightarrow (CH_2O) + H_2O + 2S$$

Per il loro metabolismo i solfobatteri compiono il processo inverso, con liberazione di idrogeno solforato; da qui deriva il cattivo odore di questo gas che si sente in queste zone.

$$(CH_2O) + 2A$$
 \longrightarrow $CO_2 + H_2S +$ energia chimica

CHEMIOSINTESI

Processo di recupero energetico derivante dalla rottura di legami chimici

Batteri dello zolfo

Desulfovibrio spp. e Desulfomonas spp.

(Denitrificazione, anaerobi obbligati)

Thiobacillus spp. (Ossidazione dello zolfo, aerobio)

Batteri dell'azoto

Ammonificazione molte specie

Nitrificazione (nel terreno)

Nitrosomonas spp. $(NH_3 \rightarrow NO_2^-)$

Nitrobacter spp. $(NO_2^- \rightarrow NO_3^-)$

Nitrificazione (In mare)

Nitrosococcus spp. e Nitrococcus spp.

Denitrificazione:

Pseudomonas denitrificans

(Anaerobio obbligato, Terreno o sedimenti superficiali)

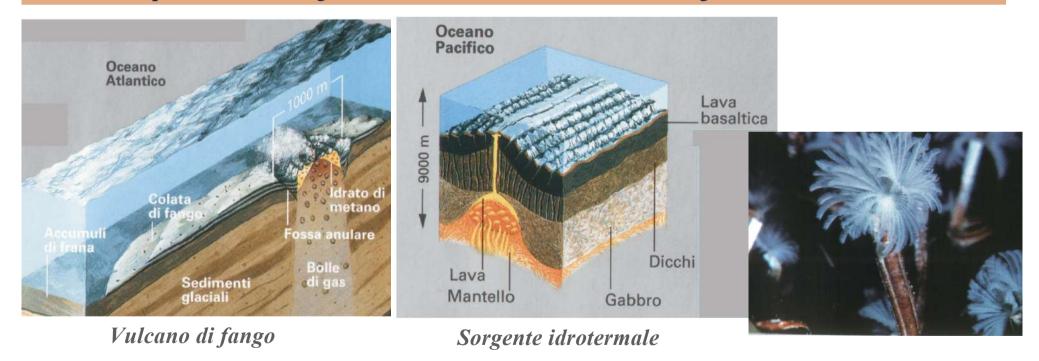
RESA DEI PROCESSI

Processo	Organismo	Resa (kJ·mol ⁻¹)
Respirazione		
$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$	Pressoché universale	2870
Denitrificazione		
$C_6H_{12}O_6 + 6KNO_3 \rightarrow 6CO_2 + 3H_2O + 6KOH + 3N_2O$	Pseudomonas denitrificans	2280
$5C_6H_{12}O_6 + 24KNO_3 \rightarrow 30CO_2 + 18H_2O + 24KOH + 12N_2$	Pseudomonas denitrificans	2385
$5S + 6KNO_3 + 2CaCO_3 \rightarrow 3K_2SO_4^+ + 2CO_2 + 3N_2$	Solfobatteri anaerobi	552
Ammonificazione		
$C_2H_5NO_2 + 1,5O_2 \rightarrow 2CO_2 + H_2O + NH_3$	Molti batteri; la maggior parte delle piante e degli animali	736
Nitrificazione		
$NH_3 + 1,5O_2 \rightarrow HNO_2 + H_2O$ $KNO_2 + 0,5O_2 \rightarrow KNO_3$	Batteri Nitrosomonas, Nitrobacter	276 73
Azotofissazione		
$2N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$	Alcuni cianobatteri, Azotobacter	-616
Ossidazione dello zolfo		4
$2H_2S + O_2 \rightarrow S_2 + 2H_2O$ $S_2 + 3O_2 + 2H_2O \rightarrow 2H_2SO_4$		335 1004
Ossidazione del ferro		
$Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$		48

CHEMIOSINTESI: IL PROCESSO INIZIALE SUL NOSTRO PIANETA

Prima che comparisse la vita sul nostro pianeta, l'atmosfera era priva di ossigeno e costituita in massima percentuale da anidride carbonica. I primi organismi che si sono insediati sul nostro pianeta erano quindi chemiosintetici, in grado cioè di effettuare il proprio metabolismo in assenza di ossigeno.

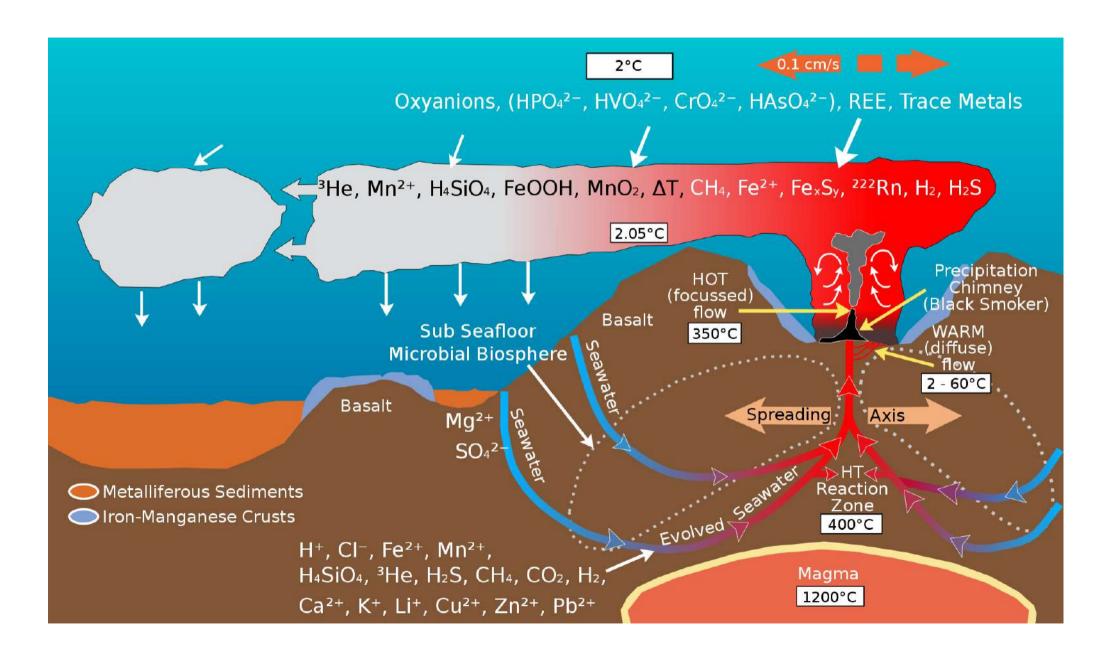
La chemiosintesi è comunque oggi molto diffusa, specialmente in ambienti quali i fondali oceanici in presenza di sorgenti idrotermali e di vulcani di fango.

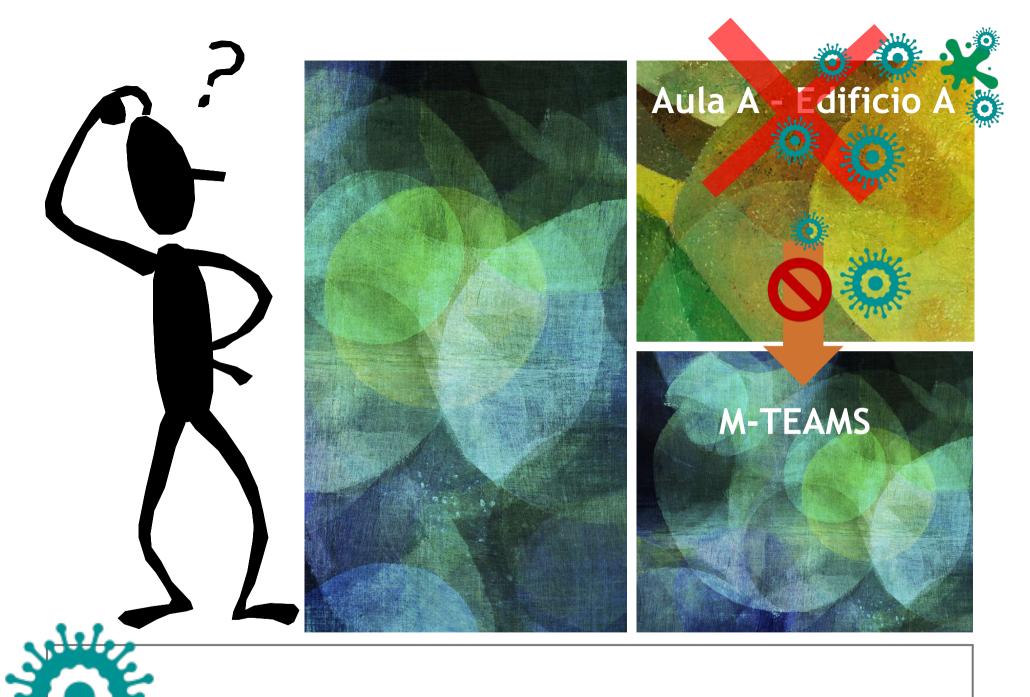


Una delle osservazioni più sconcertanti fatte sulle sorgenti termali sottomarine è stata la presenza di numerose forme viventi nelle immediate adiacenze delle bocche termali (molluschi, granchi, vermi tubiformi di notevoli dimensioni).

Il loro sostentamento non può essere spiegato con i detriti organici provenienti dalla superficie e derivanti da un carbonio organicato in superficie, fotosinteticamente, dal fitoplancton, che è costituito da organismi autotrofi.

16/54



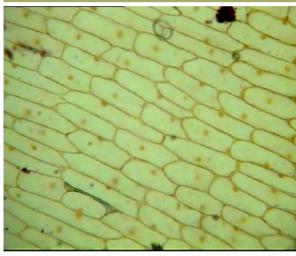


DOMANDE??

METODI DI MISURA DELLA PRODUZIONE

I metodi di misura della produzione primaria dipendono da:

- Tipo di habitat
- Forma di accrescimento e taglia dei produttori primar
- Obiettivo dello studio (produzione lorda o produzione netta)
- Intero sistema o parte di esso







I metodi più utilizzati sono:

- · Metodo del raccolto
- Metodo della CO₂
- · Metodo della biomassa
- Metodo dell'ossigeno
- Metodo del ¹⁴C
- Metodo della scomparsa di materiali

Metodo del raccolto

Misura la produzione primaria netta (biomassa/m²) della comunità alla fine della stagione di produzione. Perché sia attendibile:

- a) non deve esserci perdita di biomassa durante la crescita;
- b) il raccolto deve comprendere una sola specie o specie con lo stesso ciclo vitale;
- c) non ci deve essere consumo da parte del livello trofico superiore

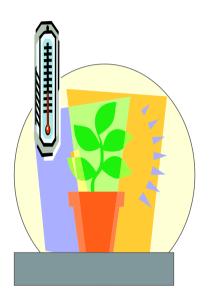


È utilizzato negli agroecosistemi (controllati dai fitofarmaci) e nei sistemi acquatici costieri per stimare le macrofite (per queste il consumo eterotrofo non supera il 5-10% della biomassa prodotta).

Un limite di questo approccio è relativo al fatto che il numero di individui presenti all'inizio della stagione è molto superiore a quello presente a fine raccolto in quanto molti individui sono persi per interazioni competitive.

METODI DI MISURA DELLA PRODUZIONE PRIMARIA E PRODUTTIVITA'

⇔Metodo della CO₂



È utilizzato per i sistemi terrestri e fornisce una stima della produzione primaria netta.

Prevede la misurazione della variazione di CO₂ nell'aria interna ad una camera chiusa trasparente alla luce.

Metodo della biomassa

Si basa sul concetto che se esiste un ecosistema esiste una biomassa stabile nel tempo e da essa si può calcolare la produttività moltiplicando la biomassa per il tempo di generazione delle specie autotrofe presenti.

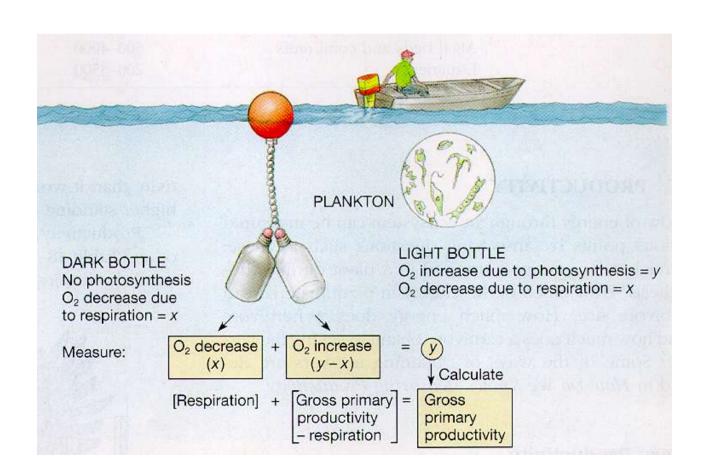
Si applica a tutti gli ecosistemi inclusi gli acquatici purché si utilizzi la scala temporale opportuna di osservazione.

Metodo dell'ossigeno

Si applica agli ambienti acquatici;

Consente di effettuare stime della produzione primaria lorda

Si basa sulla misura della variazione di ossigeno in bottiglia chiara e scura dopo un certo periodo di incubazione (4-24 h)



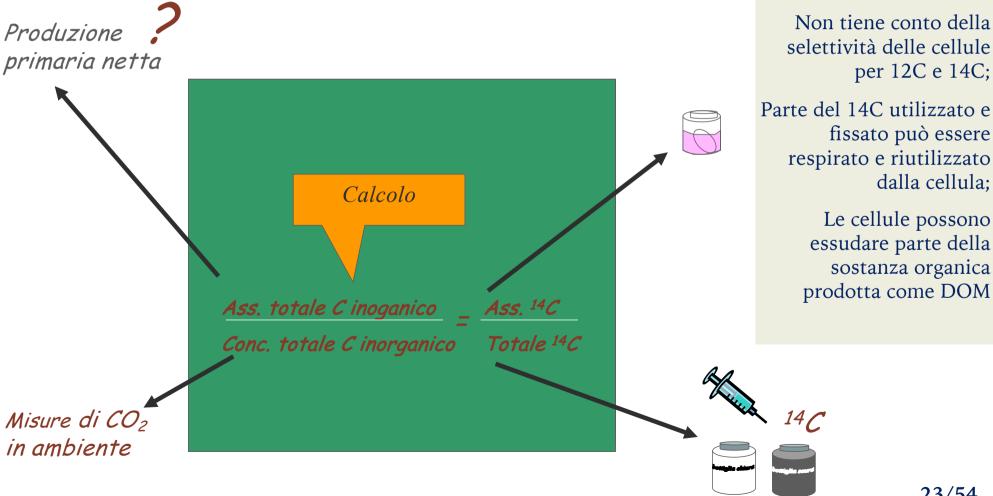
La produzione si esprime come mg di O₂ prodotto o consumato per m³

Può essere trasformata in unità di carbonio sulla base della seguente equazione:

1 mg di O_2 = 0,375 mg di C

☼ Metodo del ¹⁴C

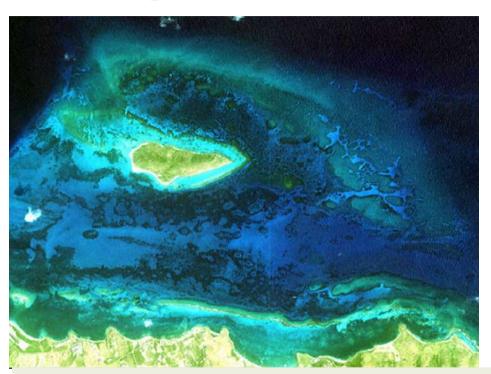
Consente di effettuare stime della produzione primaria netta del fitoplancton. Si applica agli ambienti acquatici

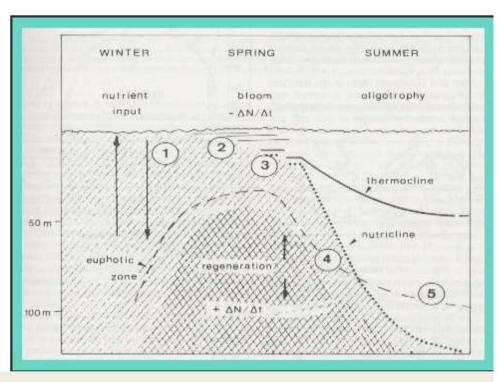


Il metodo presenta

i seguenti limiti:

⇔ Scomparsa dei materiali





- Si basa sulla stima della produzione primaria mediante valutazione indiretta.
- La misura della concentrazione scomparsa di una sostanza chimica considerata «proxy» della produzione primaria è utilizzata per effettuare la stima.
- Si utilizza negli ecosistemi acquatici mediante la misura del fosforo e dell'azoto in acqua
- Negli ecosistemi terrestri si utilizza come sostanza chimica la CO₂
- Si basa sull'assunzione che le sostanze chimiche nel citoplasma cellulare siano costanti

CONCETTO DI PRODUTTIVITÀ

Velocità per unità di superficie con la quale l'energia solare o chimica è trasformata in sostanza organica (biomassa) dagli organismi produttori primari.

Può essere quindi espressa come biomassa o energia riferita ad unità di spazio e tempo.

0,2-5% dell'energia raggiante che raggiunge la Terra è convertita in fotosintesi lorda

PRODUTTIVITA' PRIMARIA LORDA (PPL):

Velocità di fotosintesi totale (Kjoule/spazio/tempo)



Respirazione autotrofa

PRODUTTIVITA' PRIMARIA NETTA (PPN):

Velocità di produzione della materia organica disponibile per il livello trofico successivo



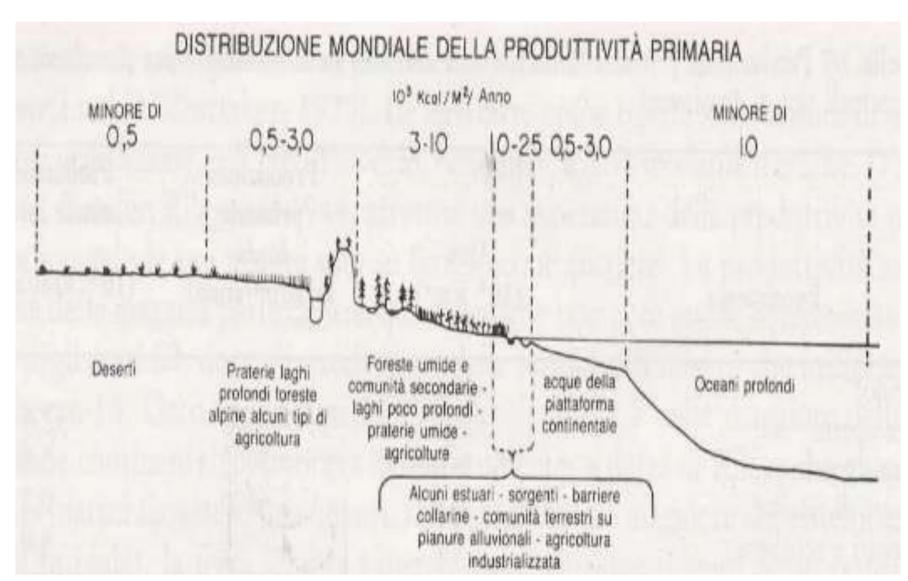
- Respirazione comunitàRespirazione eterotrofa

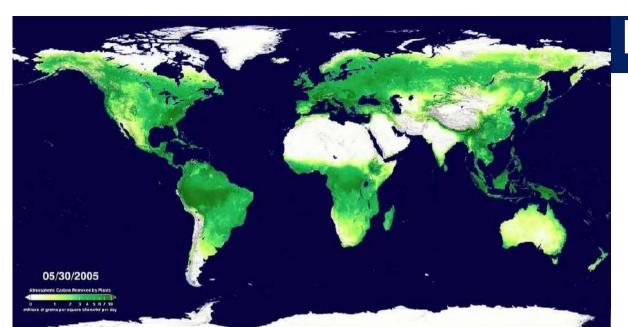
PPN = PPI - R

La respirazione autotrofa consuma tra il 20-50% della materia organica prodotta.

L'energia disponibile per il livello trofico successivo è 0,1-4% dell'energia assorbita dagli autotrofi

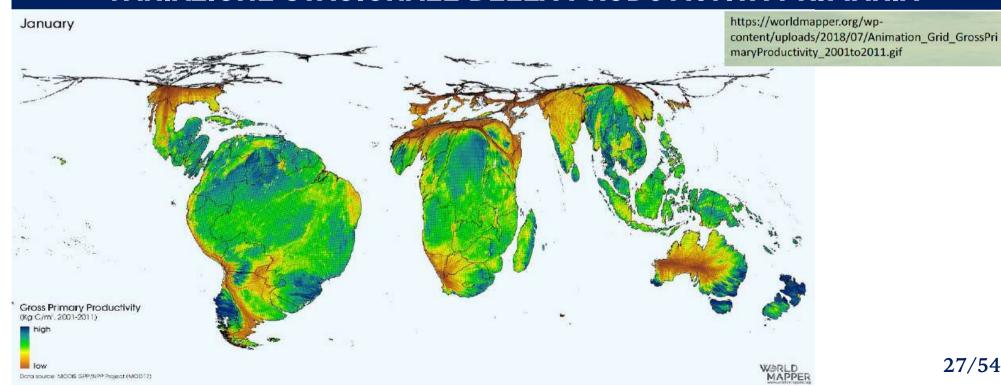
PRODUTTIVITA' PRIMARIA NETTA DELLE COMUNITA'



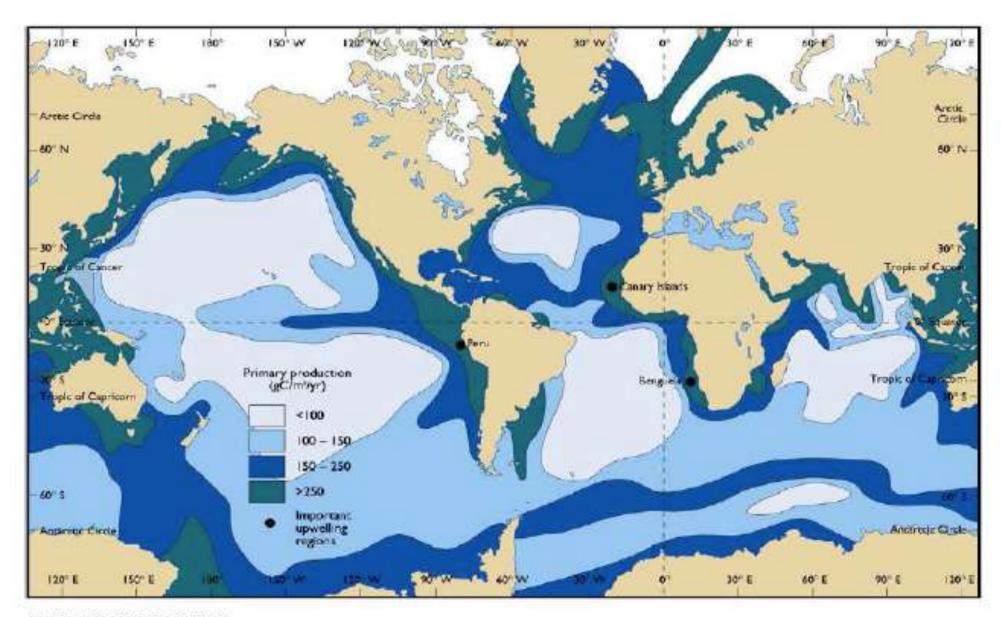


PRODUTTIVITÀ TERRESTRE

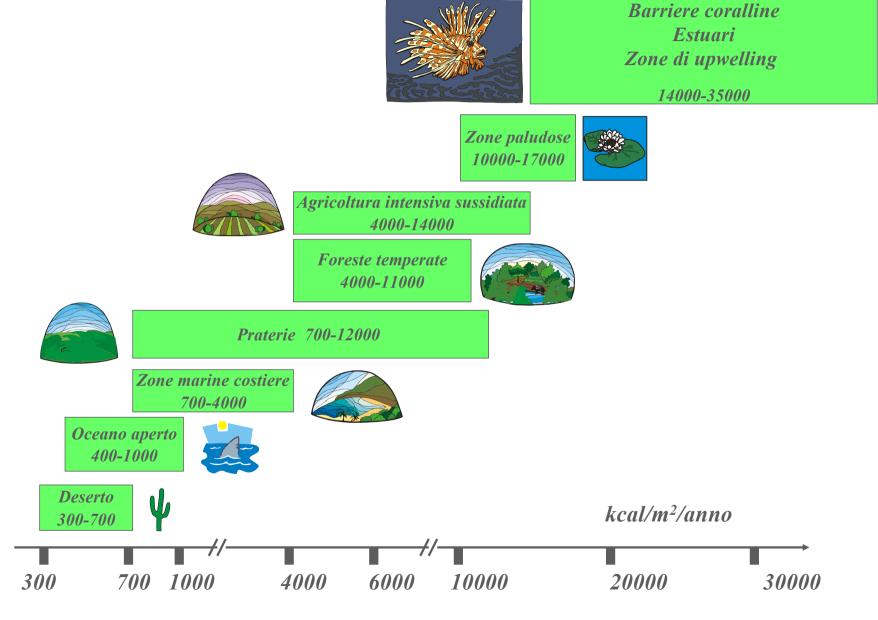
VARIAZIONE STAGIONALE DELLA PRODUTTIVITÀ PRIMARIA



PRODUTTIVITÀ OCEANI



PRODUTTIVITÀ PRIMARIA DI VARI ECOSISTEMI



FATTORI LIMITANTI LA PRODUTTIVITÀ PRIMARIA

Nonostante l'entrata energetica in atmosfera sia costante (2cal/cm² al min), la produttività varia molto nei vari ecosistemi.

Numerosi fattori limitanti agiscono sulla produttività primaria terrestre:

Abiotici

- •Acqua
- Temperatura
- Luce
- Nutrienti

Biotici

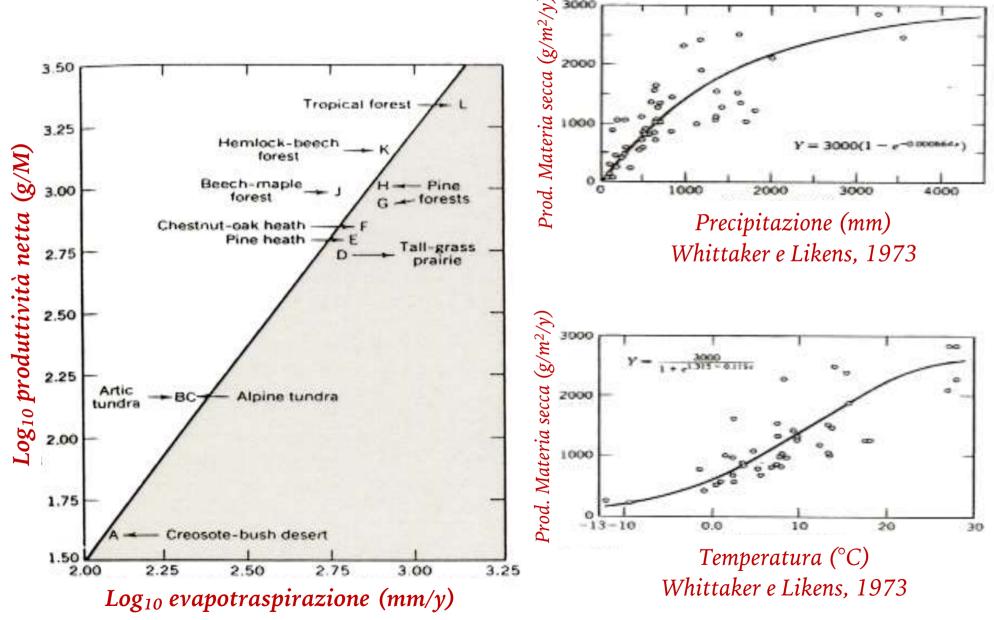
Predazione

_ solo terrestri



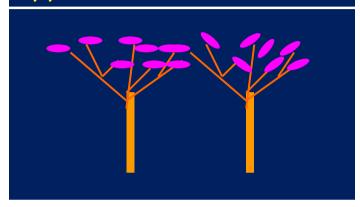


FATTORI LIMITANTI NEGLI ECOSISTEMI TERRESTRI



FORME DI ADATTAMENTO ALLA RADIAZIONE SOLARE

Inclinazione degli apparati fotosintetici

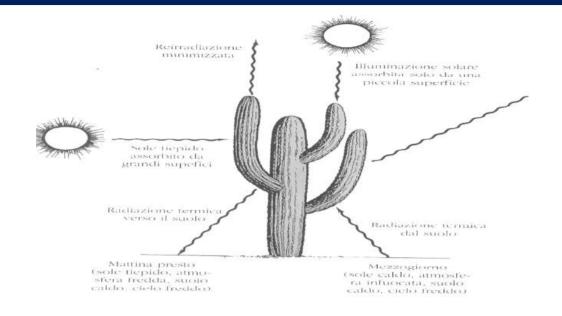


% luce/

Numero

Specie

Acero saccarino



rami alberi di strati area di suolo Successione intziale Betulla 4.3 ± 0.4 2,4 Pioppo 6 45 6.9 3.8 ± 0.5 2.1 Pino 13 25 0.8 3.8 ± 0.4 2,9 Sassafrasso 2.7 ± 0.7 2,4 Sere intermedie (su suoli umidi) Frassino 10. 2.7 ± 0.2 2.0

% luce/

Numero ± ES

 1.9 ± 0.1

 1.5 ± 0.1

Area fogliare/

1.4

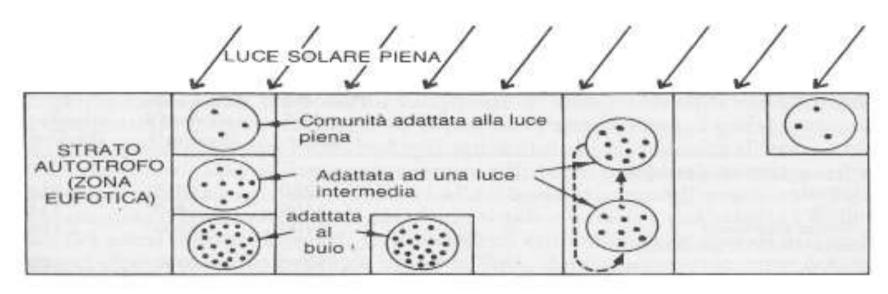
Nyssa sylvatica 2.6 ± 0.5 2.2 Acero 2.2 Magnolia 2.2 ± 0.2 1.8 Sere intermedie (su suoli aridi) Quercia rossa 2.7 ± 0.2 2.1 Carya ovata 2.7 ± 0.2 2.2 Cornus (Cornacee) 1.4 ± 0.1 1.3

Stadio finale della successione

15

Organizzazione degli strati vegetazionali

Contenuto di clorofilla

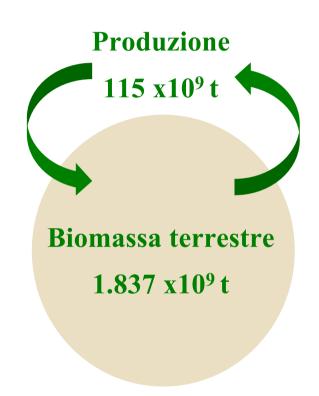


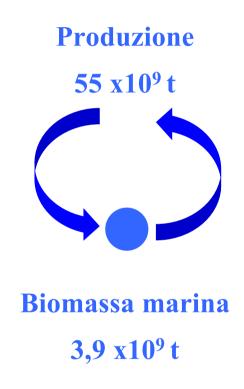
Tipo di Comunità	Stratificata	Adattata all'ombra	Mista	Adattata alla luce piena
Esempi	Foreste praterie e terreno coltivato	Comunità invernali sott'acqua o in caverne; colture sperimentali tenute in condizioni di scarsa illuminazione	Fitoplancton lacustre e marino	Vegetazione delicata; tappeti di alghe sulle rocce; giovani coltivazioni; colture sperimentali, tenute in condizioni di intensa luminosità
Clorofilla g/m²	0,4-3,0	0,001-0,5	0,02-1,0	0,01-0,60

Idratazione	Regime termico	Forme di adattamento	
	Clima tropicale (caldo tutto l'anno)	Foreste tropicali di latifoglie sempre verdi	
ABBONDANTE	Lunghe estati calde Brevi inverni freddi	Foreste temperate di latifoglie decidue	AND A CONTRACT OF
	Brevi estati calde lunghi inverni freddi	Foreste di conifere aghifoglie sempre verdi	
SCARSA	Caldo tutto l' anno	Foreste tropicali di conifere aghifoglie sempre verdi	
i	Brevi estate calde lunghi inverni freddi	Assenza di alberi	
MOLTO SCARSA	Caldo tutto l' anno	Assenza foglie tronchi fotosintetici	

ECOSISTEMA MARINO VS TERRESTRE

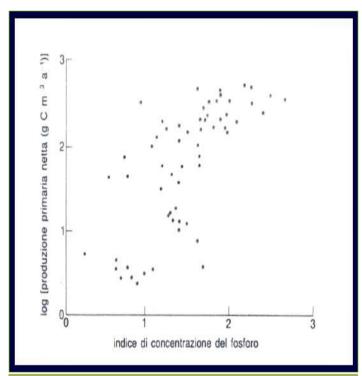
L'ecosistema marino produce circa la metà di quanto prodotto dall'ecosistema terrestre sebbene abbia biomassa **quasi 500 volte inferiore**





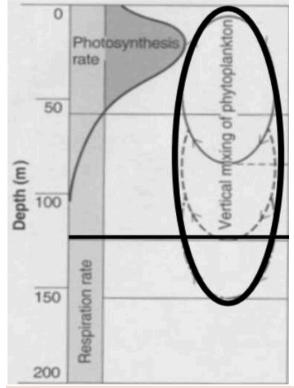
Questa sproporzione è dovuta alle caratteristiche che distinguono i produttori primari tra ambiente terrestre ed acquatico. Negli ecosistemi acquatici la produzione è effettuata prevalentemente dal fitoplancton che presenta una biomassa totalmente attiva; mentre sulla terra è effettuata prevalentemente dalle piante che possiedono una cospicua parte di necromassa che non partecipa al processo produttivo.

FATTORI LIMITANTI LA PRODUTTIVITÀ PRIMARIA NEGLI ECOSISTEMI ACQUATICI: NUTRIENTI & LUCE



La produttività primaria elevata nella zona fotica determina una riduzione di nutrienti in superficie.

Al contrario, sul fondo si accumula il detrito organico



Profondità di compensazione (Pco):

profondità della zona eufotica alla quale:

PPL = R; PPN = zero

Profondità critica (Pcr):

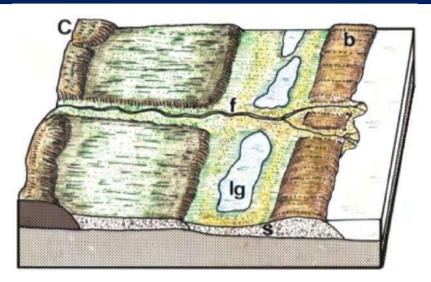
il fitoplancton con il rimescolamento superficiale trascorre sufficiente tempo sopra la Pco da consentire la respirazione di eguagliare la respirazione.

Pco varia da specie a specie; le corporazioni di produttori si stratificano con la profondità in relazione ai pigmenti fotosintetici per sfruttare la radiazione solare.

Pco e Pcr sono influenzate da torbidità, disponibilità di nutrienti, stagionalità.

36/54

ZONE AD ELEVATA PRODUTTIVITÀ: AREE COSTIERE E DI TRANSIZIONE E ZONE DI UPWELLING

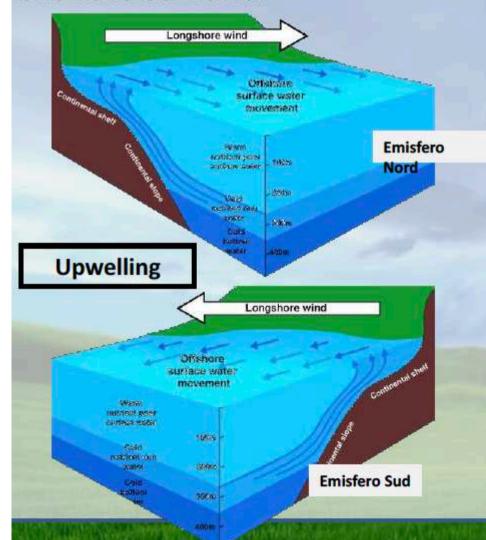






Il vento sposta le masse d'acqua nella sua stessa direzione. La forza di Coriolis data dal movimento antiorario di rotazione terrestre imprime uno spostamento delle masse in movimento verso destra (EN) o sinistra (ES) rispetto alla

direzione del vento.



Si origina, quindi, un movimento della massa d'acqua che può portare alla risalita di masse d'acqua dal fondo, o di discesa.

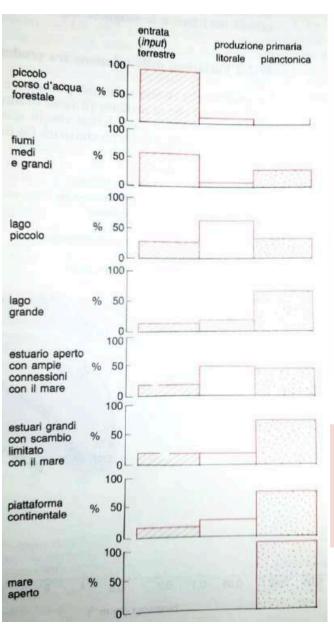
Downwelling

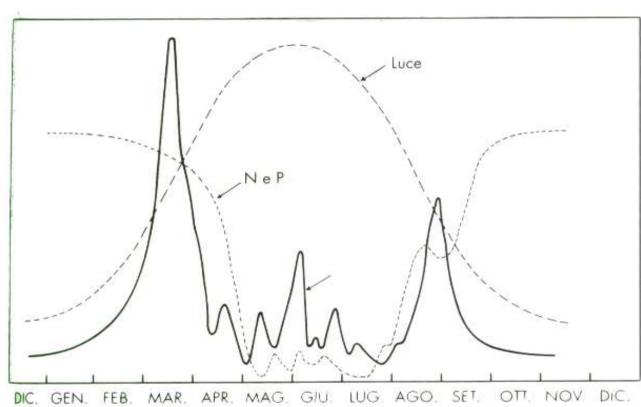




DOMANDE??

CICLO DELLA PRODUZIONE PRIMARIA NEI MARI TEMPERATI





Negli ambienti acquatici l'apporto alloctono è fondamentale per l'energetica delle comunità che vi abitano.

FATTORI LIMITANTI LA PRODUTTIVITÀ PRIMARIA PASCOLO DELLO ZOOPLANCTON

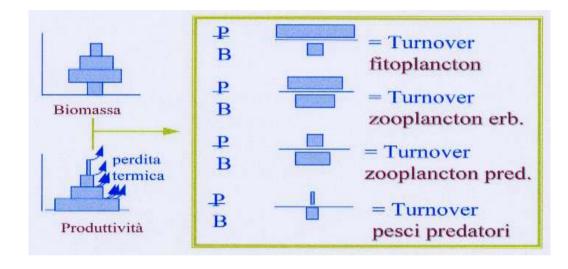
Il rapporto tra Produttività (P) e Biomassa (B) è definito **Turnover (T)**

 $T = P/B (MJ/m^2/t)/(MJ/m^2);$ espresso pertanto come 1/t

T è influenzato dal tempo di generazione (G) delle specie che formano la biomassa; ossia:

$$T = f(G)$$

Il Tempo di turnover fornisce una stima della stabilità di resilienza (R).



È possibile misurare la produttività di un livello trofico come: P = B*T = B*G

ossia come prodotto della biomassa stabile per il tempo di generazione delle specie presenti.

Poiché $G = a \text{ Mole}^b$ dove b = costante = 0.25

la produttività può essere stimata conoscendo la biomassa stabile e taglia delle specie presenti.

TEMPO DI SOSTITUZIONE (TURNOVER) DI UN ECOSISTEMA

Biomassa e produttività sono i due elementi che permettono di determinare il tempo di Sostituzione di un ecosistema, quando questo viene danneggiato o distrutto.

È ovvio che un elemento fondamentale per la sostituzione è l'esistenza di condizioni simili a quelle di piena attività dell'ecosistema, che vengono a mancare nel caso della sua completa distruzione. Il tempo di sostituzione ci dà però utili indicazioni sulla possibilità che un ecosistema possa ricostituirsi. Il tempo di sostituzione si calcola facendo il rapporto tra biomassa e produttività.

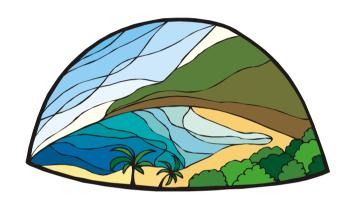
 1° Esempio: un bosco ha una biomassa di 10194 g/m^2 ed una produttività di 1196 g/m^2 /anno.

Il tempo di sostituzione sarà in questo caso di 8.5 anni.

	- ,	Biomassa	Produttività	
		g/m^2	g/m²/anno	
	Alberi	9728	1054	
	Cespugli	463	136	
	Piante erbace	ee 3	6	
	Totale	10194	1196	
42/54		t = 10194/11	196 = 8,5 anni	

TEMPO DI SOSTITUZIONE DI ECOSISTEMI MARINI

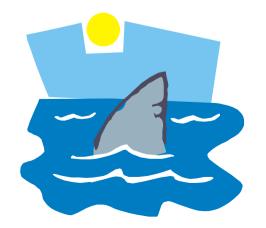
2° Esempio: un ecosistema costiero ha una biomassa di 40 kcal/m² ed una produttività di 11 kcal/m²/die.



Il tempo di sostituzione sarà in questo caso:

$$t = -\frac{40}{11} = 3.6 \ giorni$$

3° Esempio: un ecosistema pelagico ha una biomassa di 2 kcal/m2 ed una produttività di 1 kcal/m²/die.



Il tempo di sostituzione sarà in questo caso:

$$t = \frac{2}{1} = 2 giorni$$

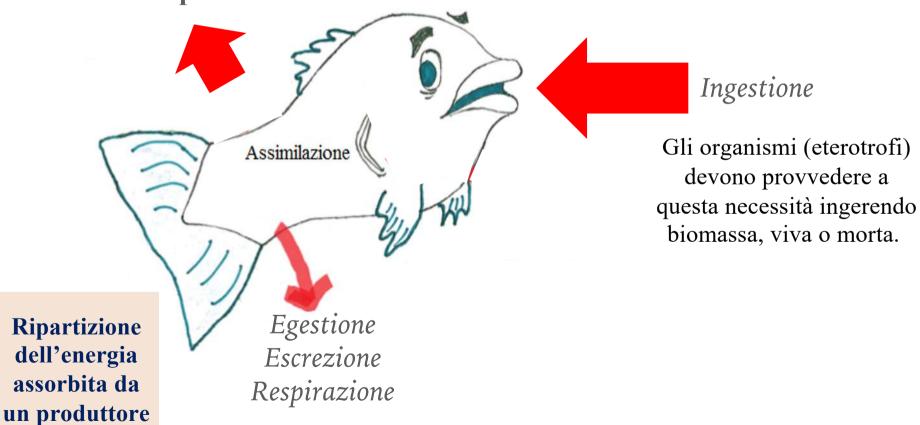
PRODUZIONE SECONDARIA

Velocità di produzione della biomassa eterotrofa da fonte energetica tratta dalla biomassa autotrofa

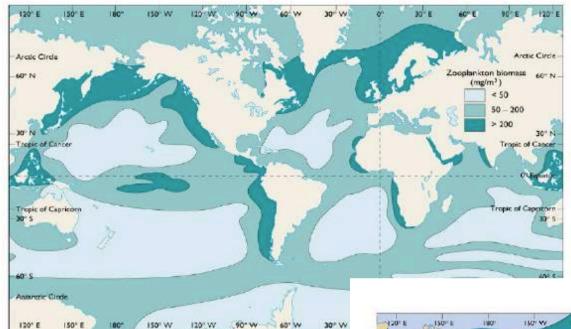
Produzione

Crescita e riproduzione

secondario

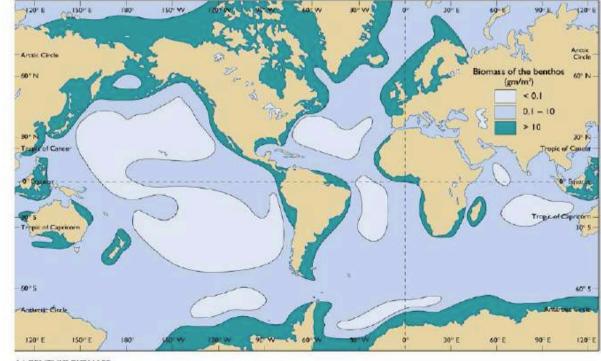


BIOMASSA ZOOPLANCTONICA



(b) ZOOPLANKTON BIOMASS

BIOMASSA BENTHOS



(c) BENTHIC BIOMASS

45/54

PRODUTTIVITÀ E SUA IMPORTANZA ALIMENTARE PER L'UOMO

Stima della produzione ittica del mare, in base alle misure della produttività primaria netta (Ryther, 1969).

Zona	Superficie (km²)	Produttività media	Produzione totale (gC/m²/anno)	Livelli l trofici (tC/anno)	Efficienza %	Produzione di pesce (t peso fresco)
Oceano aperto	326 x 10 ⁶	50	16,3 x 10 ⁹	5	10	16 x 10 ⁵
Zone costiere	3,6 x 10 ⁶	100	3,6 x 10 ⁹	3	15	12 x 10 ⁷
Aree di risalita	3,6 x 10 ⁵	300	0,1 x 10 ⁹	1,5	20	12 x 10 ⁷
Totale	20 x 10 ⁹		24 x 10 ⁷			

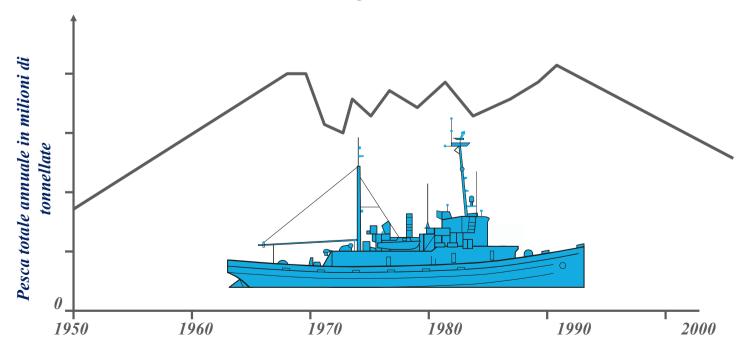
Secondo questa stima la produzione degli oceani è dell'ordine di 240 milioni di tonnellate di pesce fresco, una quantità quattro volte superiore alla pesca mondiale di oggi.

PESCA SOSTENIBILE É DETERMINAZIONE DEI LIVELLI DI SFRUTTAMENTO DEGLI STOCKS

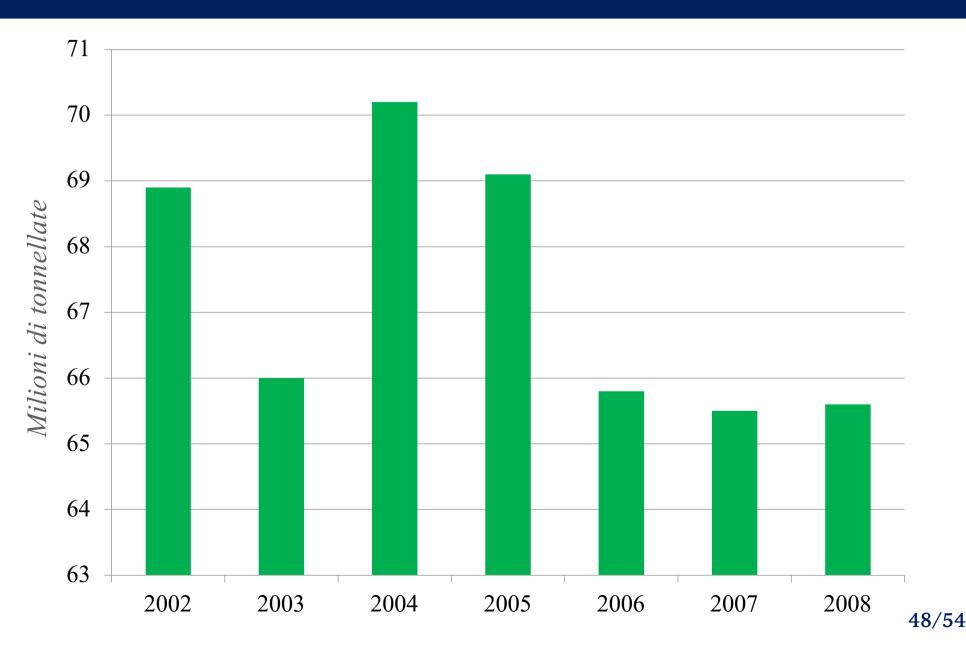
Lo sforzo di pesca è aumentato notevolmente negli ultimi anni grazie all'aumento della potenza e delle dimensioni delle navi da pesca, che oggi sono in grado di affrontare tutti i mari compreso quello antartico.

Questo ha comportato un incremento notevole del pescato fino agli anni '70.

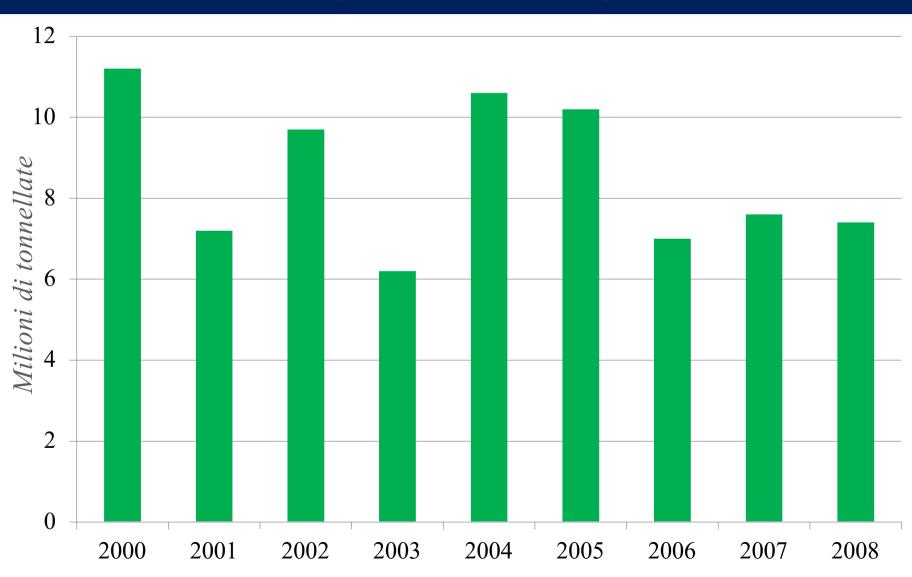
Dopo una caduta, determinata prevalentemente dalla forte diminuzione delle catture dell'acciuga peruviana, il pescato complessivo è ritornato ai livelli massimi verso la fine degli anni '80, dopodiché ha iniziato un continuo calo a causa dello sfruttamento eccessivo degli stocks.



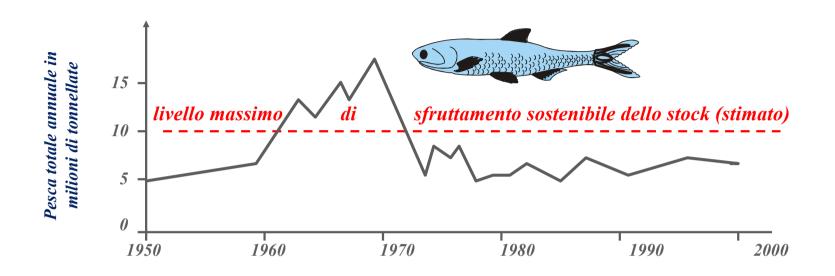
CATTURE TOTALI DI PESCE MARINO CON LA PESCA COMMERCIALE (STATISTICHE FAO)



CATTURE DI ACCIUGA PERUVIANA NEL PERIODO 2000–2008 (STATISTICHE FAO)



PESCA DELL'ACCIUGA PERUVIANA: LA CRISI DEGLI ANNI '70



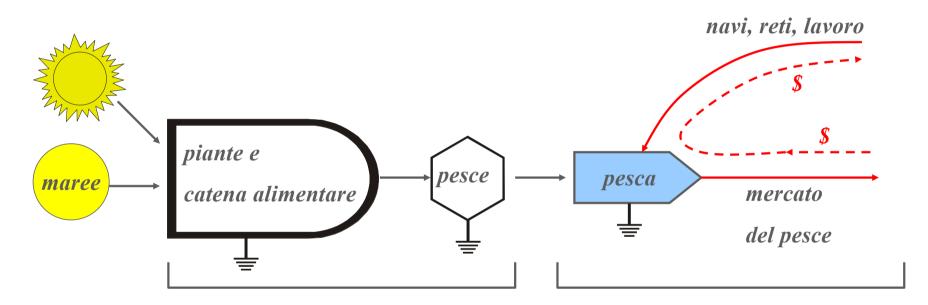
Quanto si è verificato nella pesca dell'acciuga in Perù è un esempio di eccessivo sfruttamento di una risorsa naturale, sfruttamento ad un ritmo superiore a quello necessario per la sua sostituzione.

La diminuzione della pesca di acciughe è stata determinata anche da un altro fattore che ha avuto un ruolo importante, il cambiamento climatico legato al fenomeno del Niño. Il Niño infatti è legato ad un innalzamento della temperatura dell'acqua dell'oceano e ad un conseguente abbassamento del termoclino; questo ha fatto spostare l'areale di distribuzione delle acciughe, rendendo più difficile la cattura.

Cambiamento climatico ed eccessivo sfruttamento della risorsa hanno insieme determinato la crisi della pesca delle acciughe e le sue conseguenze socio-economiche.

ECONOMIA ED ECOLOGIA, UN RAPPORTO DOMINATO DAL MERCATO

Oggi le risorse naturali entrano nel mercato dopo l'intervento dell'uomo (pesca, raccolta, estrazione); nessuno considera il costo ambientale delle risorse, anche se questa mentalità dovrà modificarsi in un mondo che sta consumando giorno dopo giorno queste risorse in maniera insostenibile, ad un tasso cioè superiore a quello della loro sostituzione.



Il lavoro di un estuario che mantiene l'industria della pesca non viene valutato dal mercato (costo zero). Il valore stimabile è di 2000 \$ per ettaro ogni anno.

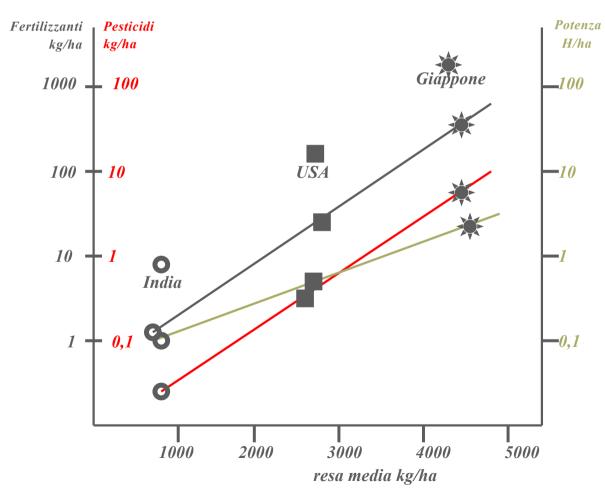
Il valore economico della produzione di pesce è valutabile in 200 \$ per ettaro ogni anno.

FLUSSO AUSILIARIO DI ENERGIA O ENERGIA SUSSIDIARIA

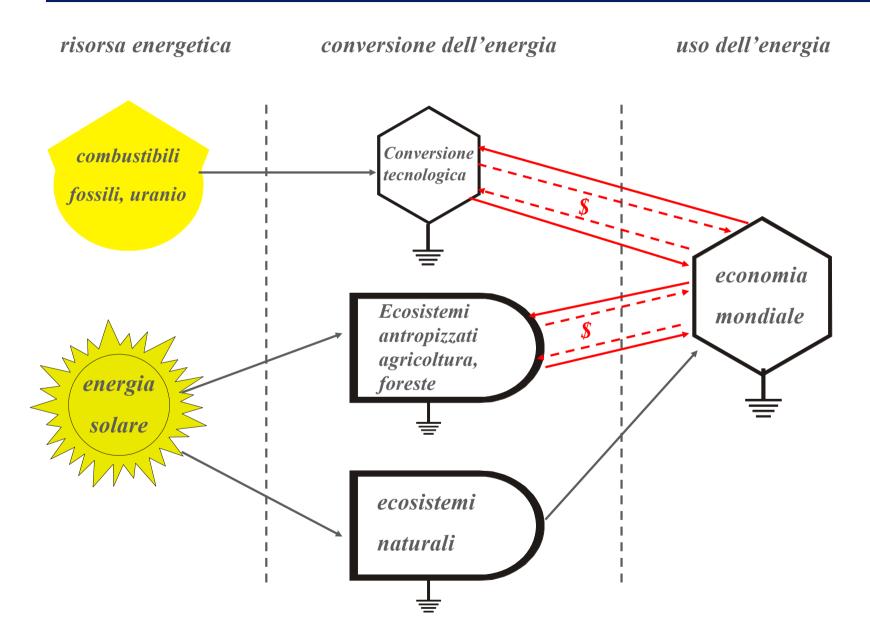
Per energia sussidiaria si intende qualsiasi risorsa che riduca il costo di auto-mantenimento interno di un ecosistema, e che di conseguenza aumenti la quantità di energia disponibile per la produzione di biomassa.

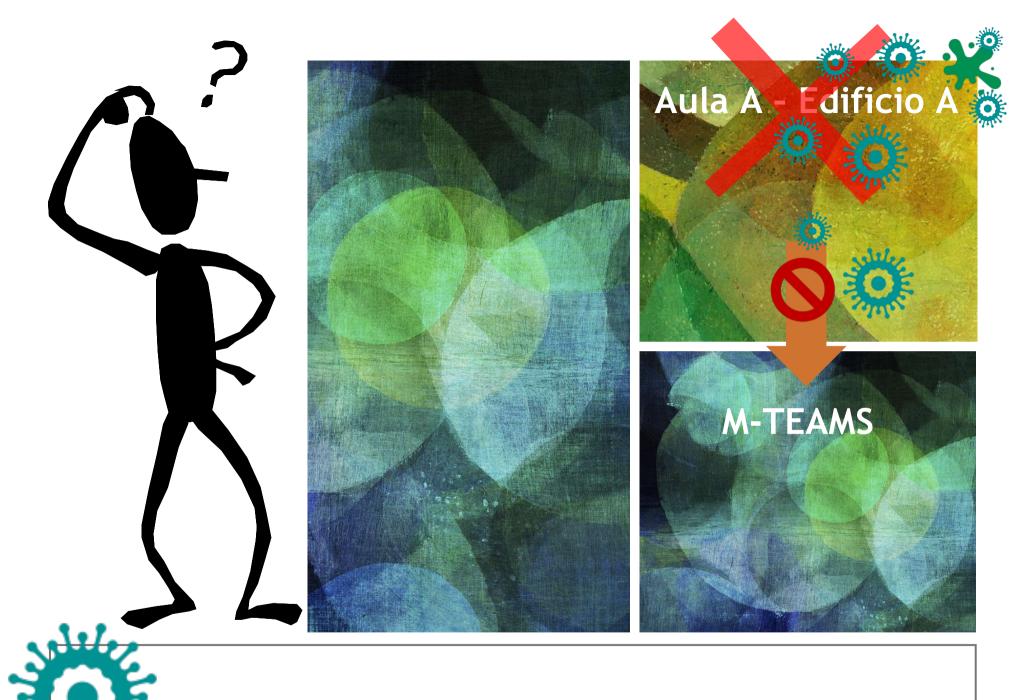
È interessante osservare come per ottenere una resa doppia in colture di uso alimentare, occorra impiegare quantità dieci volte maggiori di pesticidi, fertilizzanti, e cavalli vapore impiegati con le macchine o con gli animali.

Mentre la resa aumenta in modo aritmetico, quindi l'energia sussidiaria deve aumentare in maniera geometrica.



Economia ed ecologia, un rapporto dominato dal mercato





DOMANDE??