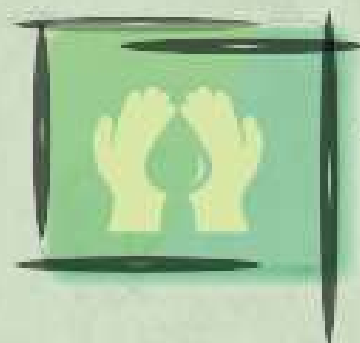
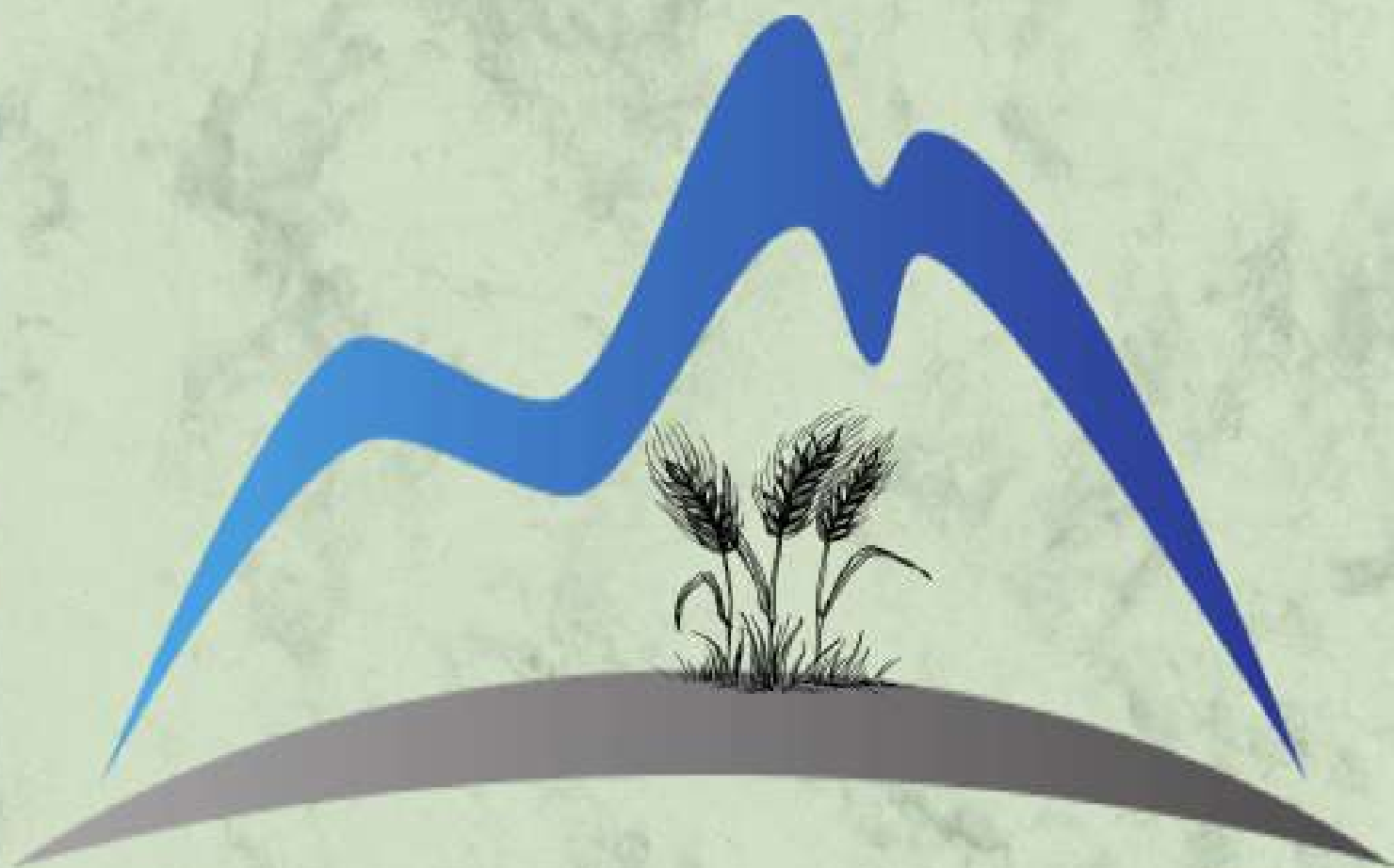




L'IMPATTO DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO SULLE COLTURE



Attività realizzata con il contributo del PSR Regione Marche 2014-2020
Misura 1.2 A - Progetto ID - 52400

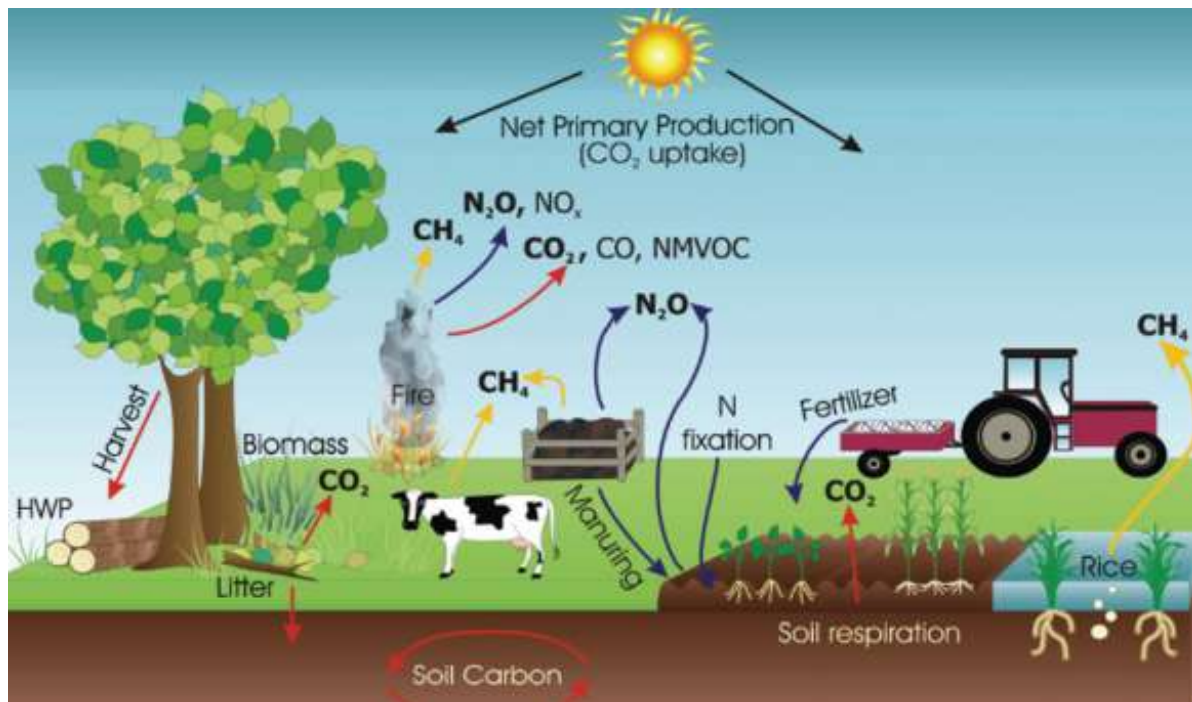
Agricoltura e clima	4
La sfida climatica: un problema che trascende confini geo-politici	19
Principali impatti dei cambiamenti climatici sul settore agroalimentare	21
Colture erbacee e cerealicole	22
Scenari climatici futuri e relativi impatti sui sistemi agroalimentari europei e mediterranei	24
Stagione di coltivazione per le colture agricole	25
Agrofenologia	25
Scarsità idrica	26
Fabbisogno idrico delle colture	26
Allevamento	27
Alcune strategie per un'agricoltura clima compatibile	28
Mitigazione e adattamento	28
Strategie di mitigazione:	28
Quali strategie per uno sviluppo sostenibile in ambito agroalimentare	30
A. Gestione del terreno agricolo	31
B. Gestione del terreno da pascolo e ottimizzazione degli allevamenti	34
C. Recupero delle aree degradate e protezione di foreste e praterie	36
Caso di studio	42
Ridurre le emissioni di gas serra con le leguminose in rotazione	42

Agricoltura e clima

Agricoltura e clima sono legati a doppio filo: da sempre siccità, geli, alluvioni e grandinate hanno distrutto raccolti e generato carestie.

Fare agricoltura ha sempre avuto l'influenza delle anomalie climatiche: dalla difficoltà di irrigazione delle coltivazioni ai nuovi parassiti che si diffondono per il caldo.

Ma oggi il settore agricolo è anche uno dei sink di emissioni globali di gas serra, sia attraverso l'utilizzo di energia fossile e prodotti chimici di sintesi sia per le emissioni di metano derivanti dall'allevamento dei bovini e dalla gestione dei suoli.

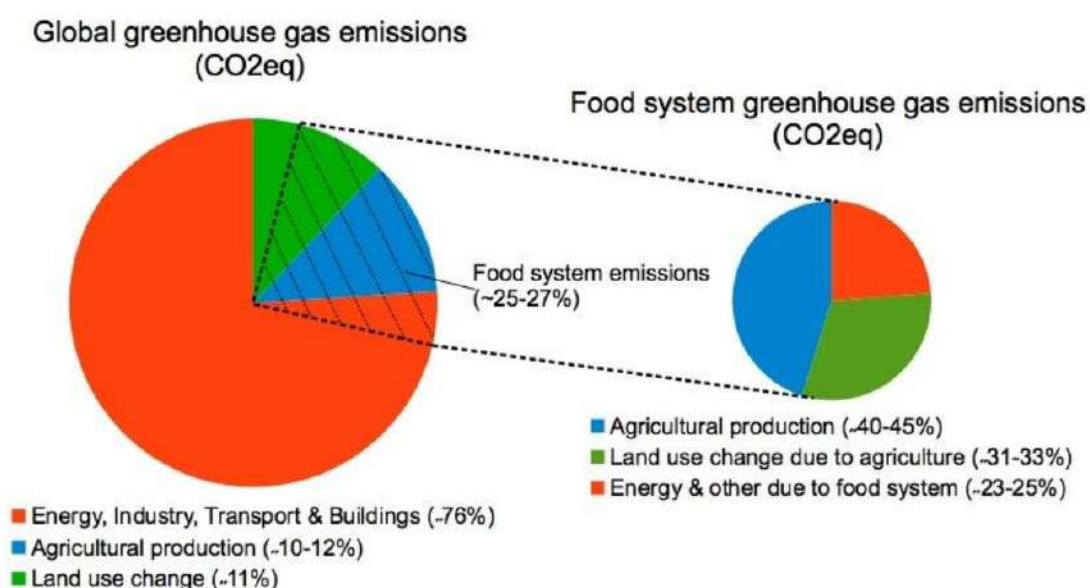


Il contributo dell'agricoltura alla produzione dei gas serra mondiali è aumentato nel corso degli anni: si è passati dai 39 miliardi di tonnellate del 1990 ai 49 miliardi di tonnellate del 2004, con una crescita percentuale del 25,6%. Questo incremento è imputabile perlopiù all'uso dei fertilizzanti, allo sviluppo della zootecnia, alla produzione di reflui e all'uso di biomassa per la produzione di energia.

Per quanto riguarda gli scenari futuri, l'IPCC prevede che entro il 2030, in assenza di interventi correttivi, si assisterà a un aumento del 35-60% dell'ossido di azoto e del 60% di metano prodotti dall'agricoltura. La modifica nell'uso del suolo è la causa prevalente a cui sono riconducibili questi incrementi.

Tra i dati, ciò che merita di essere evidenziato è il contributo del settore agroalimentare alle emissioni di metano e protossido di azoto, rispettivamente per il 49,3% e per l'82,5% del totale emissioni. Questi due gas hanno un notevole impatto sul cambiamento climatico; infatti, una loro unità corrisponde rispettivamente a 21 unità e 310 unità di anidride carbonica.

Nello specifico, si nota che il suolo agricolo è il più importante generatore di protossido di azoto (75% del totale delle emissioni), mentre l'allevamento e la gestione del fertilizzante lo sono in buona parte per le emissioni di metano (35% del totale delle emissioni). Sempre relativamente al terreno agricolo, i cambiamenti nel suo utilizzo generano circa il 18% del totale dei gas serra, prevalentemente provenienti dall'attività di deforestazione.



Per quanto riguarda le attività del settore agricolo, si nota come la principale attività generatrice di gas serra sia la deforestazione. In effetti, questa pratica genera emissioni annuali pari a 8.500 milioni di tonnellate di anidride carbonica equivalente, seguono l'attività di fertilizzazione del territorio (2.100 milioni di tonnellate di CO₂ equivalente) e l'emissione di gas provenienti dalla digestione bovina (1.800 milioni di tonnellate CO₂ equivalente)

Un esempio degli impatti negativi derivanti dal processo deforestazione è il caso delle foreste torbiere indonesiane. Queste foreste si contraddistinguono per la loro elevata capacità assorbimento di carbonio. La continua espansione delle piantagioni di palma da olio sta però portando a significative riduzioni della loro estensione.

In base agli scenari futuri e all'Accordo di Parigi sul clima, se non si farà nulla per ridurre le emissioni globali, entro il 2100 la temperatura terrestre potrebbe aumentare di circa 5 gradi Celsius e gli eventi atmosferici estremi potrebbero diventare più frequenti, compromettendo gravemente la produzione alimentare globale. È dunque importante limitare il riscaldamento a 2 gradi, uno scenario che pur senza essere privo di effetti negativi, è ritenuto "accettabile" per noi e per le generazioni future.

Ma per ridurre le emissioni, ognuno di noi ha bisogno di conoscere le filiere agroalimentari, i metodi con cui è stato prodotto il cibo, da dove viene, quanta energia e quanta acqua ha richiesto, etc. Non è semplice avere una visione complessiva di tutti questi effetti. A questo scopo sono stati elaborati metodi tipo LCA—Life Cycle Assessment (l'Analisi del ciclo di vita del prodotto) che ha come scopo principale definire i chilogrammi di CO₂ emessi per kg di alimento.

Per definire la sostenibilità di un sistema alimentare ci sono molte altre variabili in gioco, spesso difficili da tradurre in un solo numero.

Inoltre, molti dei risultati oggi disponibili sono difficilmente comparabili e comprensibili per il consumatore finale. Il metodo di coltivazione o allevamento rispetta la biodiversità? Mantiene la fertilità dei suoli limitando l'erosione? La filiera produttiva è attenta alla riduzione di sprechi e rifiuti e rispetta la cultura locale e la sostenibilità sociale? Il valore nutrizionale dell'alimento è bilanciato rispetto al suo costo ambientale ? Questa complessità richiede indicatori più completi di quelli oggi disponibili.

Esistono due principali approcci metodologici per la stima degli impatti del cambiamento climatico sulla produzione agricola:

- l'approccio ricardiano, che considera le condizioni climatiche, le precipitazioni e la concentrazione di CO₂ in atmosfera come elementi esplicativi della produzione agricola (espressa in termini monetari);
- i modelli crops, costruiti sulla base di un database nel quale confluiscono i dati relativi a 18 Paesi diversi modelli di raccolto compatibili tra loro in 125 siti agricoli, ognuno con caratteristiche climatiche, di precipitazioni e radiazioni solari differenti.

I primi modelli di stima elaborati con approccio ricardiano sono stati sviluppati da Mendelsohn e Schlesinger nel 1999 e in seguito sono stati aggiornati e applicati in specifiche aree territoriali.

Il modello di Mendelsohn e Schlesinger evidenzia come la produzione agricola misurata in termini monetari (y) sia una funzione della temperatura media annua misurata in gradi Celsius (T), della media giornaliera delle precipitazioni annue in millimetri (P) e della concentrazione atmosferica dell'anidride carbonica misurata in parti per milione (ppm).

Come si può osservare, un fattore che aumenta la produttività agricola è relativo al fenomeno conosciuto come carbon fertilization.

Oltre ad aumentare la temperatura del pianeta e danneggiare l'agricoltura, infatti, l'aumento delle emissioni di CO₂ produce anche un effetto positivo sull'agricoltura stessa, alleviando gli effetti avversi legati al surriscaldamento. Questo effetto positivo è legato al fenomeno della carbon fertilization.

La CO₂ è un input nella fotosintesi clorofilliana che utilizza l'energia solare per convertire l'anidride carbonica in ossigeno e in altri componenti organici. In letteratura e in alcuni studi empirici effettuati in laboratorio e su piccoli campi emerge una relazione positiva tra concentrazione di CO₂ e produttività agricola.

Anche se i risultati ottenuti dagli studi empirici effettuati non forniscono risultati univoci in merito alle dimensioni dell'incremento della produttività agricola a seguito di un aumento concentrazione di CO₂, appare evidente come concentrazioni elevate di CO₂ intensifichino il processo di fotosintesi e chiusura degli stomi delle piante con conseguente riduzione della perdita d'acqua nelle stesse.

Più nello specifico, alcuni studi condotti in laboratorio hanno evidenziato come il grano, esposto a concentrazioni elevate di CO₂ (circa 550 ppm), abbia registrato aumenti di resa del 31%. Tuttavia, in esperimenti fatti sui campi all'aperto, l'aumento di resa si è attestato tra il 7% e l'11%. In ogni caso, la presenza o meno del fenomeno di carbon fertilization influisce in modo significativo sulle stime future legate agli impatti sull'agricoltura prodotti dal surriscaldamento del pianeta.

Con riferimento ai modelli crops, invece, i primi modelli realizzati con questo approccio sono stati sviluppati da Rosenzweig nel 1990, in seguito sono stati aggiornati e riapplicati a specifiche aree territoriali.

Uno degli ultimi aggiornamenti basato su modelli crops è stato effettuato da Rosenzweig e Iglesias nel 2006.

Un database contiene i dati relativi a centinaia di campioni raccolti nei diversi Paesi del Mondo. Questo database viene aggiornato in base ai risultati raccolti sulle stesse tipologie di raccolto, nei vari anni, a seguito di variazioni climatiche, delle precipitazioni e della radiazione solare. A livello generale, le stime degli effetti del cambiamento climatico sulle produzioni agricole, effettuate con i modelli crops, assumono una concentrazione di CO₂ di 550 ppm a lungo termine e tre ipotesi di adattamento dei raccolti in funzione delle mutate condizioni climatiche:

- spostamento delle fasi di piantagione e raccolta superiori al mese, necessità di costruire nuovi sistemi di irrigazione e piantumazione di nuove colture;
- nessun adattamento;
- spostamento delle fasi di piantagione e raccolta inferiori al mese e incremento nell'utilizzo degli attuali sistemi di irrigazione.

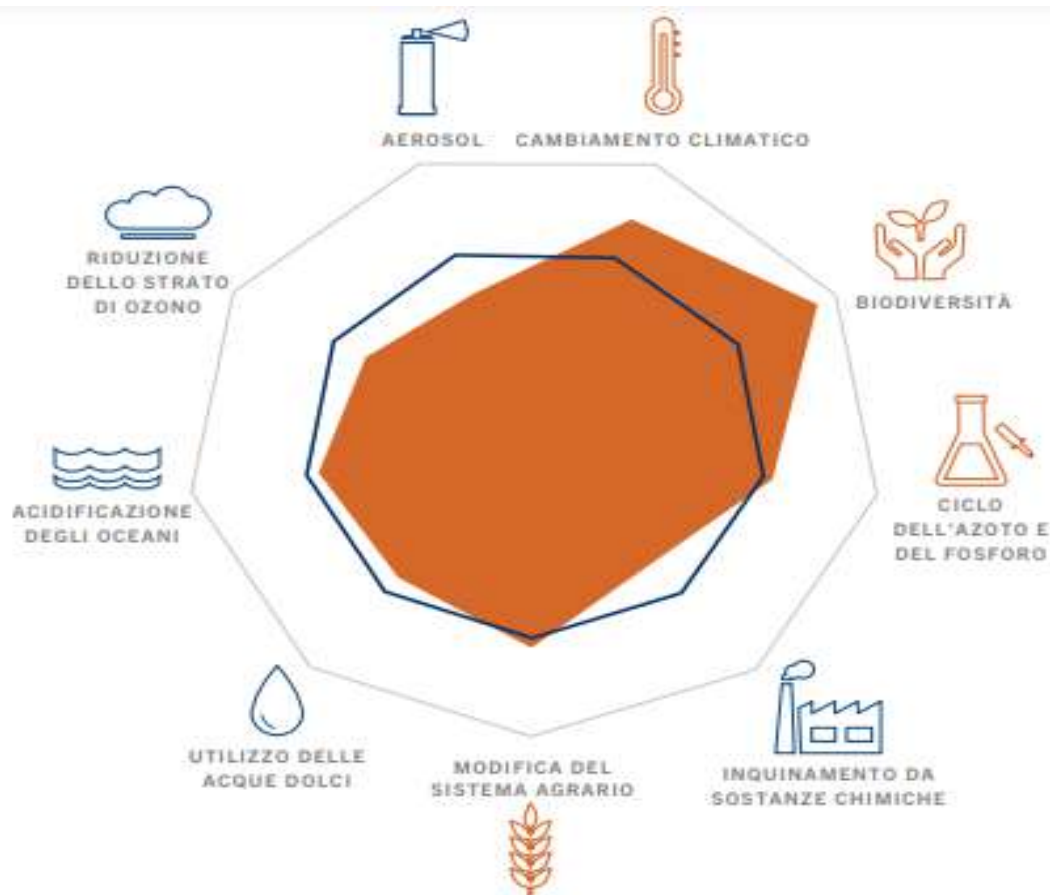
In base allo scenario climatico futuro che si prende in considerazione per calcolare gli impatti sulle produzioni agricole, le stime prodotte dai modelli crops e dai modelli ricardiani possono variare tra loro in modo significativo.

Ciò è dovuto principalmente al fatto che i modelli crops tendono a essere lineari in rapporto ai cambiamenti climatici, a differenza dei modelli ricardiani che non lo sono. Nello specifico, i modelli crops presentano una variabilità del 12%, inferiore a quella dei modelli ricardiani, che si attesta al 28%.

I due modelli sono stati, quindi, testati su differenti scenari di cambiamento climatico con l'obiettivo di identificare le stime maggiormente affidabili e statisticamente consistenti, in base alle caratteristiche specifiche dei modelli stessi.

I modelli crops, a fronte della natura dei dati contenuti nel database, producono stime poco affidabili nelle aree territoriali con latitudine

differente da quella dagli Stati Uniti, mentre i modelli ricardiani sono stati applicati in contesti specifici per gli Stati Uniti, il Canada, l'Africa e l'India, e le stime in altri Paesi sono state implementate utilizzando un modello ricardiano base.



● SPAZIO OPERATIVO SICURO
● ATTUALE INTENSITÀ ECONOMICA

CAMBIAMENTO CLIMATICO

Le crescenti emissioni di gas a effetto serra (GHG) accelerano il riscaldamento globale, che minaccia di modificare l'andamento delle precipitazioni a livello mondiale, causare l'innalzamento dei livelli del mare e intensificare l'attività delle tempeste

BIODIVERSITÀ

Perdita di specie biologiche enormemente superiore al tasso di estinzione naturale medio; grave pericolo per i nostri "ecosistemi di supporto" naturali

CICLO DELL'AZOTO E DEL FOSFORO

La fissazione nel corpo umano dell'azoto atmosferico ha raggiunto livelli senza precedenti con una serie di conseguenze dannose (impatti sulla salute, eutrofizzazione, riscaldamento globale e riduzione dello strato d'ozono)

INQUINAMENTO DA SOSTANZE CHIMICHE

I limiti planetari non sono ancora quantificabili, ma gli scienziati esprimono parere unanime nel ritenere che il livello di inquinamento sia già troppo alto e nocivo per la salute e gli ecosistemi

MODIFICA DEL SISTEMA AGRARIO

La conversione di foreste e di altri ambienti naturali in terreni destinati all'agricoltura intensiva e alla produzione industriale provoca il rilascio di gas a effetto serra e danneggia gli ecosistemi

UTILIZZO DELLE ACQUE DOLCI

L'utilizzo di acqua è eccessivo, e questa è pesantemente inquinata in molte regioni del mondo, con conseguenze dirette sugli ecosistemi, sulla salute umana e sulla produzione economica

ACIDIFICAZIONE DEGLI OCEANI

La deposizione di composti acidi negli oceani impoverisce la capacità di riserva di CO_2 , e incide pesantemente sugli organismi marini con scheletri e gusci calcarei, e quindi sull'intera rete alimentare marina

RIDUZIONE DELLO STRATO DI OZONO

Le sostanze che riducono l'ozono distruggono lo strato di ozono stratosferico, spesso dopo complessi processi fotochimici con pesanti conseguenze per la salute umana e di altri organismi vegetali e animali

AEROSOL

La quantificazione non è ancora possibile, ma il carico di particelle presenti nell'aria sta già incidendo sulla salute umana, sul clima e sugli ecosistemi

Sia il modello di Mendelsohn e Schlesinger (basato su un approccio ricardiano), sia il modello di Rosenzweig e Iglesias, sono stati testati sotto questi differenti scenari di cambiamento climatico, che prevedono un innalzamento della temperatura

compreso tra 2,6 e 3,7°C. Seppur in presenza di volatilità nelle stime di impatto, i due modelli presentano un'elevata coerenza e consistenza nelle stime, in quanto nel 95% dei casi restituiscono risultati dello stesso segno. Infatti, solo Paesi su 47 segnano una crescita della produzione utilizzando i modelli ricardiani e una contrazione della produzione utilizzando i modelli crops.

Per quanto i cambiamenti climatici rappresentano un fattore determinante per il futuro dell'umanità, essi si inquadrano tuttavia in una più ampia problematica ambientale riguardante molteplici processi interconnessi. "L'Antropocene", la recente epoca geologica nella quale all'essere umano e alla sua attività sono attribuite le cause principali delle modifiche territoriali, strutturali e climatiche, implica una visione e un'analisi delle problematiche molto più ampia, anche sotto il profilo agroalimentare.

I ricercatori dello Stockholm Resilience Centre e dell'Australian National University hanno messo a punto nel 2009 (Rockström et al.) uno schema di monitoraggio basato su 9 limiti relativi processi planetari, all'interno dei quali la vita umana avrebbe potuto continuare a prosperare senza danneggiare l'ambiente.

A ognuna delle 9 soglie, note come planetary boundaries, corrisponde una variabile di controllo che non dovrebbe superare un certo valore, pena la destabilizzazione del sistema: al superamento della soglia infatti, il rapporto tra variabile di controllo e conseguente processo assume un comportamento non-lineare, che corrisponde a una situazione di forte

incertezza verso condizioni a oggi sconosciute e potenzialmente pericolose.

Se le attività di una società rientrano entro livelli sicuri per ciascuna delle nove dimensioni nel complesso della catena del valore produttiva, l'azienda (e potenzialmente le sue azioni e obbligazioni) possono essere considerate come sostenibili dal punto di vista ambientale; in caso contrario, l'azienda potrebbe contribuire ad accelerare il degrado ambientale globale.

Le nove dimensioni ambientali del modello dei Limiti Planetari sono: perdita della biodiversità, flussi biochimici, inquinamento da sostanze chimiche, modifica del sistema agrario, utilizzo delle acque dolci, acidificazione degli oceani, riduzione dello strato di ozono e carico di aerosol atmosferici. Nello schema che segue esamineremo singolarmente ognuna di queste dimensioni.

1. il cambiamento climatico, definito principalmente dalla concentrazione di CO₂ in atmosfera. Se il valore limite dell'epoca preindustriale era pari a 280 parti per milione (ppm), a oggi si è superata la soglia dei 400 ppm, con evidente sorpasso dei limiti di guardia.

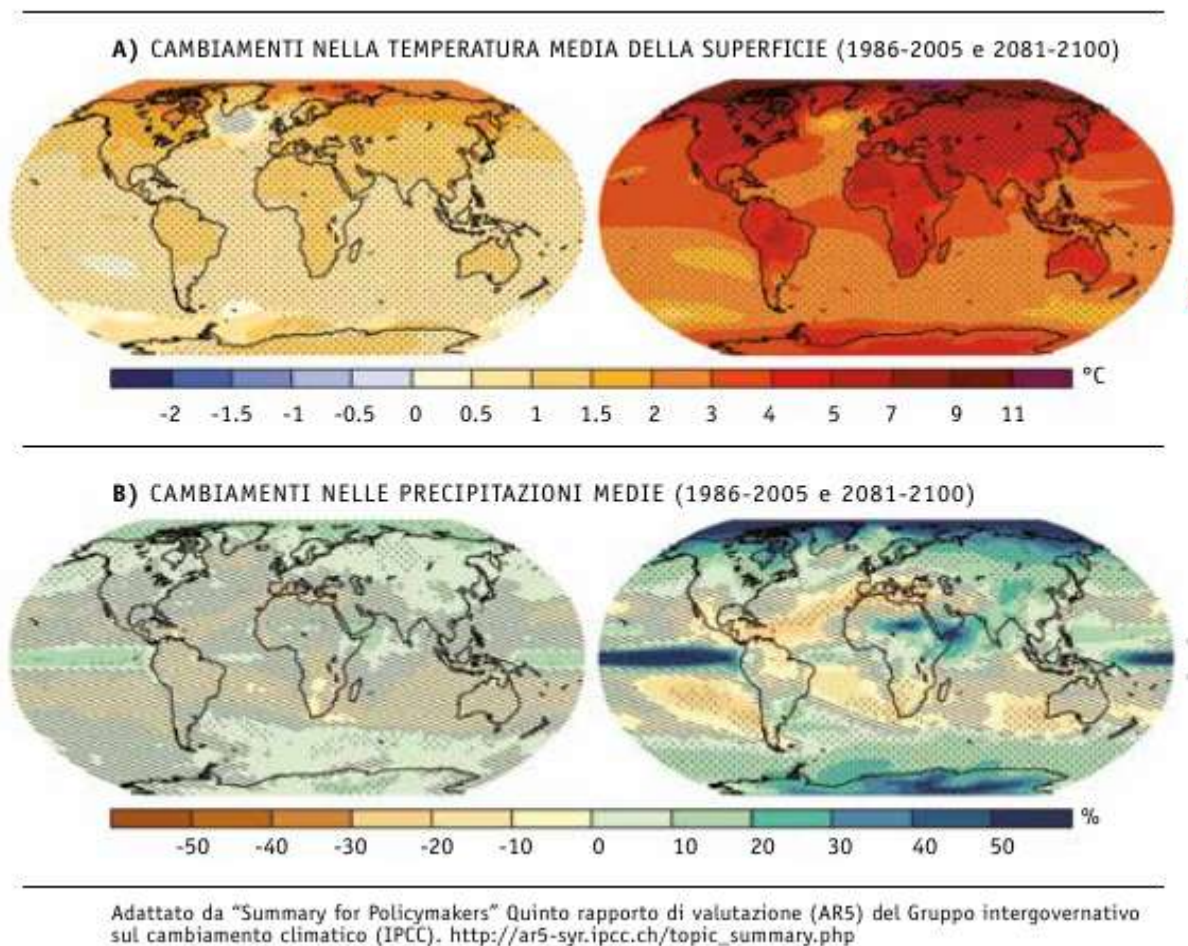
2. l'acidificazione degli oceani, data dall'aumento delle emissioni di gas climalteranti che potrebbero abbassare il pH oceanico, compromettendo la barriera corallina, gli habitat marini e la catena alimentare.

3. l'entità dello strato di ozono in stratosfera, già sotto osservazione dagli anni 1980 e fortunatamente oggi sotto controllo grazie al Protocollo di Montreal del 1987, per via del suo assottigliamento e conseguente aumento di radiazione UV mutagena sulla superficie terrestre.

4. l'alterazione del ciclo biogeochimico dell'azoto e del fosforo, in quanto due elementi fondamentali per il metabolismo animale e vegetale e per le catene alimentari. Data la loro abbondanza in natura sotto molteplici forme chimiche, è molto importante garantire un equilibrio quantitativo

che, a causa dell'intervento umano, è stato ormai alterato per circa il 200-300%. Le attività agricole ricoprono qui un enorme ruolo, in quanto azoto e fosforo sono alla base dei fertilizzanti chimici applicati ai suoli e sono responsabili dell'inquinamento di acque dolci ed ecosistemi acquatici.

5. l'utilizzo globale di acqua potabile, che vede un uso eccessivo da parte del settore industriale e agroalimentare, e che risente della fusione dei ghiacciai e della diminuzione o degrado delle riserve planetarie di acqua potabile.



6. i cambiamenti di uso del suolo, dove prevalgono le attività di disboscamento a favore dell'agricoltura intensiva, o della cementificazione massiccia che compromette sempre più risorse e servizi ecosistemici.

7. la perdita di biodiversità, intesa come la diversità biologica necessaria alla sopravvivenza della nostra specie. La varietà genetica misura lo stato di salute di un ecosistema e pertanto, a una sua perdita corrisponde una recessione ecologica e un minor sostegno per l'umanità.

8. il carico atmosferico di aerosol, che ha subito un raddoppio per via delle attività industriali e che si appresta a incidere negativamente sulla salute umana e sul clima. La complessità delle sue particelle di natura organica e inorganica rende però ancora impossibile per la scienza determinare una soglia critica.

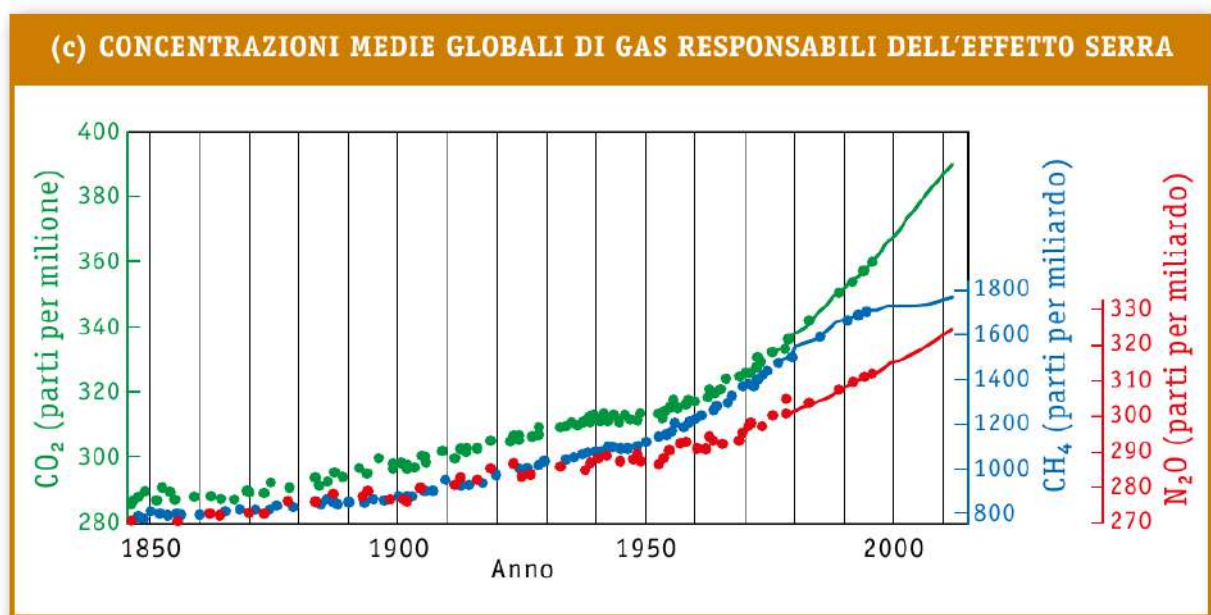
9. l'inquinamento derivato dai prodotti chimici antropogenici, e che spesso hanno a che fare con metalli pesanti, fuliggine, polveri sottili, fitofarmaci, materie plastiche ed elementi radioattivi immessi dall'uomo in ambiente. Similmente agli aerosol, il settore scientifico fatica a prevedere gli effetti combinati di più agenti chimici in termini di limite planetario, ma comprende il rischio per la biodiversità e il cambiamento climatico. L'agricoltura, con l'immissione nell'ambiente di enormi quantità di fitofarmaci ha un ruolo determinante in questo ambito.

È chiaro dunque che il problema climatico è soltanto uno dei nove processi ambientali che sono minacciati dalle attività umane, e che comunque tutti presentano reciproche connessioni, interazioni e retroazioni tipiche di un sistema complesso.

I numerosi studi pubblicati in materia di cambiamenti climatici, confermano come la variabilità dei fenomeni atmosferici e climatici impatterà in modo significativo sulla produzione di cibo. Gli impatti includeranno effetti sull'accrescimento delle specie arboree ed erbacee a causa dei livelli elevati di CO₂, delle temperature medie previste in aumento, dell'alterazione del regime delle precipitazioni e della

evapotraspirazione, dell'aumento della frequenza degli eventi estremi, come la modifica delle erbe infestanti, dei parassiti e dei patogeni.

Di particolare interesse sono gli impatti che il riscaldamento globale avrà sulla crescita e la produzione delle colture; Sebbene le temperature in aumento possano migliorare la produttività di alcune specie agrarie, gli studi hanno documentato che i rendimenti delle colture diminuiscono in modo significativo quando le temperature diurne superano un livello specifico.



Fonte: Quinto rapporto di valutazione (AR5) del Gruppo intergovernativo sul cambiamento climatico (IPCC).

Tuttavia, esistono ancora ingenti lacune in termini di conoscenza circa gli impatti del cambiamento climatico. Tuttavia, per gli ecosistemi agricoli, vi sono prove che alcune specie di colture e varietà attualmente coltivate in una determinata area potrebbero non essere in grado di adattarsi abbastanza velocemente ai cambiamenti. Poiché le diverse specie reagiranno in modo differente, saranno interrotte le complesse interazioni tra le specie, potenzialmente fondamentali per garantire i servizi ecosistemici, i processi di impollinazione e la resistenza ai parassiti vegetali e animali. I parassiti e le malattie delle piante e degli animali potranno diffondersi in aree in cui erano sconosciute prima, ma

esistono importanti lacune in questo settore). Il cambiamento climatico contribuirà anche ai problemi ambientali a lungo termine esistenti, come l'esaurimento delle acque sotterranee e il degrado del suolo, che influenzeranno i sistemi di produzione agricola, con conseguenti ricadute sui sistemi alimentari. Con grande probabilità che gli aumenti di frequenza e di gravità degli eventi climatici estremi, come le ondate di calore, le siccità, le inondazioni, le tempeste tropicali e gli incendi, avranno conseguenze maggiori sulla produzione agricola e sull'insicurezza alimentare rispetto alle temperature mediamente più elevate e alle precipitazioni più irregolari.

L'impatto del cambiamento climatico sulla sicurezza alimentare globale si riferirà non solo all'approvvigionamento alimentare, ma anche alla qualità dei prodotti, all'accessibilità, all'utilizzo del cibo e alla stabilità della sicurezza alimentare. Il cambiamento climatico potrà influenzare le proprietà nutrizionali di alcune colture.

Si prevede inoltre che i cambiamenti climatici possano aumentare l'incidenza di malattie, in particolare quelle veicolate dall'acqua, come la diarrea, che contribuiscono a minare la capacità del corpo di utilizzare gli elementi nutritivi negli alimenti. Le temperature più alte e le scarse precipitazioni renderanno l'acqua potabile meno disponibile in molte aree, compromettendo l'igiene e facilitando la diffusione degli agenti patogeni causati dall'acqua stessa.

In virtù di quanto riportato, gli impatti del cambiamento climatico sul sistema agricolo e sugli allevamenti avranno ripercussioni in diversi settori.

Va premesso che a livello globale gli effetti dei cambiamenti climatici sul settore agricolo agiranno con una certa disomogeneità spaziale, che vedrà quindi coesistere situazioni molto differenti a seconda dei contesti di impatto climatico. Così, mentre è probabile che l'approvvigionamento

agricolo globale si mantenga stabile a fronte di un moderato cambiamento climatico, si prevedono invece variazioni maggiormente evidenti a livello regionale.

Le regioni a latitudini medio-alte (dove il riscaldamento globale prolungherà la durata della stagione di crescita potenziale) ragionevolmente non sperimenteranno le diminuzioni di rendimento previste nelle zone tropicali, che si prevede siano quelle in cui si manifesteranno le maggiori conseguenze dei cambiamenti climatici e che subiranno notevoli perdite di produzione agricola.

In virtù di questo, affermano che alcune regioni temperate del pianeta potrebbero riscontrare cambiamenti favorevoli, quali ad esempio un aumento dei raccolti dato da condizioni più tiepide e umide. Nella Cina Nord-Orientale, in Gran Bretagna, per esempio, sono già stati riscontrati raccolti maggiori rispetto al passato.

L'agricoltura e il cambiamento climatico si caratterizzano per una complessa relazione di causa-effetto. La pratica dell'agricoltura, produce rilevanti volumi di gas a effetto serra, principale causa del cambiamento climatico. Al tempo stesso però, subisce gli impatti negativi del climate change, in termini di riduzione della produttività e di incremento dei rischi legati alla sicurezza alimentare. Le soluzioni capaci di interrompere questo circolo vizioso sembrano al momento riconducibili principalmente a due macro ambiti: la rilocalizzazione delle produzioni agricole e l'innovazione nelle tecniche di gestione e nelle pratiche agroalimentari.

La sfida climatica: un problema che trascende confini geo-politici

Secondo gli scenari climatici, le varie regioni del pianeta subiranno impatti molto diversi, a causa dei quali la difficoltà del sistema agroalimentare sarà comune nel lungo termine. È necessario pertanto tenere in considerazione vari scompensi, ma anche comprendere che la minaccia climatica non baderà ai confini geografici né ai meccanismi di scala. Il legame a livello globale e nazionale è particolarmente attuale ed evidente se si pensa che:

- gli shock-climatici possono compromettere la produzione agricola internazionale e la complessa catena di produzione agroalimentare, con ricadute sulle economie rurali, sui consumatori singoli e sulle geografie economiche di ogni nazione;
- il crescente rischio di eventi climatici e di disastri produce spesso dei trasferimenti di comunità in molte aree, comprese quelle apparentemente lontane dal rischio in sé. Tali condizioni generano delocalizzazioni involontarie, spesso limitate e temporanee, che non conducono a flussi di migrazione internazionale ma pesano comunque nei bilanci globali con una spesa annua pari a 135 – 180 miliardi di euro.

Il meccanismo della trasmissione del rischio ha pertanto numerose ricadute dirette e indirette, che possono condurre a: flussi di materiale, flussi di persone, e a legami economici e commerciali. A queste si possono poi sommare le reazioni dei governi e della società in risposta. L'interdipendenza tra le varie regioni del pianeta è amplificata dal mercato internazionale, i cui meccanismi possono creare disagi e benefici allo stesso tempo.

La liberalizzazione del mercato ha nel tempo visto concentrarsi il 74% della produzione globale di calorie derivate da grano, riso, mais, zucchero, orzo, soia, palma e patate, in un'area geografica limitata. Virtualmente, la sicurezza alimentare di ciascun paese dipende dal mercato alimentare globale ed è a sua volta influenzata dai meccanismi di questo sistema, attraverso le variazioni dei prezzi locali degli alimenti. In caso di situazione stabile, questa dipendenza del mercato agroalimentare può condurre verso una maggiore resilienza; in caso invece di instabilità commerciale, data per esempio dagli impatti climatici che colpiscono alcuni paesi produttori di grano e soia, è evidente che la concentrazione della produzione in poche aree accresce il rischio climatico.

La messa in atto di politiche coordinate non è però semplice, in quanto i settori politici coinvolti sono molti e con differenti domini e interessi. La comunità scientifica tuttavia è sempre più convinta del fatto che la valutazione del rischio a livello nazionale debba tenere conto dei complessi meccanismi di trasmissione del rischio che attraversano settori e confini internazionali, senza alcuna attenzione alla geografia politica.

Le esperienze in corso e gli scenari per il futuro sottolineano la necessità di coordinare le strategie di risposta e di aumentare così anche la fiducia tra le comunità colpite.

Principali impatti dei cambiamenti climatici sul settore agroalimentare

Come ribadito nella Sintesi dell'ultimo report IPCC «gli impatti dei cambiamenti climatici oggi sono già evidenti e si individuano in una serie di effetti fisici “a cascata” sull'ambiente, passando per gli ecosistemi e giungendo fino alla vita quotidiana delle persone».

Il crescente dibattito scientifico sviluppatosi attorno ai report dell'IPCC e alle numerose pubblicazioni in materia di cambiamenti climatici, vede oggi il più ampio consenso a proposito delle proiezioni climatiche.

Gli effetti sui sistemi agroalimentari saranno sia tipo diretto sia indiretto. Con impatti diretti intendono le modifiche causate direttamente dalle trasformazioni fisiche, come i livelli di temperatura, la loro distribuzione annuale e la disponibilità idrica per una specifica coltura.

Gli impatti indiretti comprendono invece gli effetti che intaccano la produzione attraverso cambiamenti nelle altre specie, come impollinatori, parassiti, virus e batteri.

Mentre i primi sono più semplici da individuare grazie alle simulazioni modellistiche, sui secondi vi è invece una maggiore complessità di previsione, data principalmente dalla numerosità di legami e connessioni in parte ancora da esplorare.

Colture erbacee e cerealicole

Gli effetti dei cambiamenti climatici sulla produzione agricola sono evidenti per varie aree del pianeta, a seconda della coltura in questione e del modello climatico considerato. Secondo numerosi studi, è evidente che le trasformazioni del clima abbiano già colpito negativamente le produzioni di mais e grano in molte aree del pianeta, portando tuttavia alcuni apparenti benefici in altre.

Ciò nonostante nel lungo periodo la maggiore frequenza delle ondate di calore e dei periodi di siccità e la ridotta disponibilità idrica tenderanno a uniformare le perdite sia in termini quantitativi che qualitativi.

Nel settore delle colture cerealicole, Lobell et al. affermano che i cambiamenti climatici stanno già chiaramente influenzando negativamente i raccolti di grano e mais in molte regioni del pianeta.

L'impatto più negativo in termini produttivi riguarda le fasce già calde a bassa latitudine e le regioni tropicali, anche nel caso di scenari più contenuti di riscaldamento.

Gli impatti per le medie e alte latitudini invece appaiono più moderati, soprattutto secondo le prospettive di riscaldamento più attenuato. Tali differenze spaziali sono anche osservate su scale regionali e sub-regionali, con particolare variabilità legata all'altitudine.

Impatti così contrastanti tra alte e basse latitudini renderanno ancora più evidente la disparità tra paesi sviluppati e paesi in via di sviluppo. L'IPCC avverte che entro il 2050 le perdite delle rese agricole potrebbero passare dal 10 a più del 25%. La crescente frequenza di notti calde in molte zone della Terra sta ulteriormente danneggiando molte colture, con impatti già riscontrati sul raccolto e sulla qualità del riso. I trend climatici, come precedentemente indicato, attualmente mostrano i maggiori impatti sulle produzioni di mais e grano, influenzando in modo

minore i raccolti di riso e soia. Tuttavia, il ripetersi di nottate calde sta già danneggiando i raccolti e la qualità del riso ; parimenti l'aumento dei livelli di ozono sta già danneggiando le coltivazioni di grano, soia, mais, soprattutto in India e Cina. Ad esempio si prevede una riduzione di circa il 10% della produzione di mais in Africa e America Latina in vari scenari climatici fino al 2055, corrispondenti a perdite per circa 2 miliardi di dollari all'anno.

Un altro recente studio sull'impatto dei cambiamenti climatici sull'agricoltura, condotto dall'Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project (AgMIP) e dall'InterSectoral Impact Model Intercomparison Project (ISI-MIP), rivela che a livello globale, nel caso di scenario a elevate emissioni (RCP 8.5), entro il 2100 si osserveranno perdite nell'ordine di:

-20 / -45% di mais,

-5 / -50% di grano,

-20 / -30% di riso,

-30 / -60% di soia .

Gli impatti sulle altre colture e sugli altri prodotti a elevato contenuto nutritivo (come le radici, i tuberi, i legumi secchi, le verdure, i frutti e altri ortaggi) sono stati per ora poco approfonditi, nonostante l'importanza di questi alimenti per la nutrizione e per il sostentamento.

Si stanno comunque osservando notevoli variazioni, legate in primis alla maturazione precoce di uva, mele e ortaggi. L'accumulo di freddo invernale, che è particolarmente importante per vari alberi da frutta fresca e secca, è in progressiva diminuzione. Anche la vite sta mostrando difficoltà di sopravvivenza nelle tradizionali aree produttive, al pari delle coltivazioni di canna da zucchero e di caffè.

Scenari climatici futuri e relativi impatti sui sistemi agroalimentari europei e mediterranei

Le variazioni nel sistema climatico stanno manifestando i loro effetti sulle colture anche in Europa. L'aumento delle temperature atmosferiche ha già influenzato la durata della stagione vegetativa in ampie aree del continente, ad esempio con maturazioni anticipate dei cereali rispetto al passato, e continuerà a condizionare molte regioni.

Nei territori europei, si assisterà a fenomeni contrastanti dove nelle parti più settentrionali, la produttività agricola subirà probabilmente dei vantaggi dati dal prolungamento della stagione vegetativa e dalla ridotta occorrenza di gelate e nevicate; mentre nelle fasce meridionali, le ondate di calore estremo e la riduzione delle precipitazioni, influenzeranno negativamente le rese dell'agricoltura. In queste aree, si prevedono eventi estremi e maggiore diffusione di parassiti e malattie, oltre che lo spostamento della coltivazione di alcuni prodotti tipicamente estivi nel periodo invernale, e talvolta perdita completa della produzione.

Le variazioni termiche e delle stagioni vegetative potrebbero influire sulla proliferazione e diffusione di alcune specie, come insetti, erbe infestanti e patogeni, con ricadute dirette sulla produzione. L'EEA suggerisce misure per controbilanciare le

perdite potenziali con pratiche agricole più attente, come la rotazione delle colture a seconda della disponibilità idrica e la modifica delle date di semina secondo le varietà agricole che più si adattano alle nuove condizioni eco-climatiche.

All'interno dello studio pubblicato dall'ENEA gennaio 2017 sugli impatti dei cambiamenti climatici nella società europea sono stati indagati cinque ambiti per la valutazione dell'entità delle ripercussioni, quali:

- la stagione di coltivazione;
- l'agrofenologia;
- la scarsità idrica;
- il fabbisogno idrico delle colture;
- l'allevamento.

Stagione di coltivazione per le colture agricole

• la stagione delle colture agricole in Europa si è allungata di 10 giorni dal 1992. Il ritardo nella fine del ciclo vegetativo è stato più pronunciato rispetto all'inizio della stagione. La stagione di crescita è destinata ad aumentare ulteriormente in tutta Europa; l'allungamento della stagione vegetativa permetterà un'espansione verso Nord delle colture termofile non adatte precedentemente. In alcune parti dell'Europa meridionale (ad esempio la Spagna), le condizioni più calde consentiranno la coltivazione e il raccolto anche verso l'autunno e l'inverno.

Agrofenologia

La fioritura di diverse tipologie di piante ha subito un anticipo di circa due giorni per decennio negli ultimi 50 anni. Questo sviluppo anticipato si lega principalmente alle temperature più miti durante i mesi invernali e di inizio primavera (anticipo della stagione primaverile); i cambiamenti nella fenologia stanno già influenzando la produzione delle colture e le relative proprietà nutritive dei cibi. L'accorciamento della maturazione di semi e di colture oleose può essere particolarmente dannoso per la produzione; la riduzione dei tempi di crescita e maturazione di molte colture è in aumento, questo effetto potrà essere mitigato selezionando altre varietà e modificando le date di semina.

Scarsità idrica

La quantità dei raccolti che dipende dalle sole precipitazioni per le esigenze idriche si sta bloccando (ad esempio, il grano in alcune aree mediterranee) o riducendo (ad esempio, uva in Spagna), mentre le rese di altre colture stanno aumentando. Questi cambiamenti sono attribuiti in parte al cambiamento climatico osservato, in particolare all'aumento della temperatura, dell'evaporazione e della siccità;

eventi climatici estremi, inclusi siccità e ondate di calore, hanno influenzato negativamente la produttività dei raccolti in Europa durante il primo decennio del XXI secolo; i cambiamenti climatici futuri potrebbero portare a variazioni della resa media, diverse a seconda del tipo di raccolto, delle condizioni climatiche e di gestione della regione interessata, con aumenti nel nord e diminuzioni nel sud dell'Europa.

Tuttavia, a seconda della tipologia di coltura, si osserveranno comportamenti differenti;

gli aumenti previsti nella frequenza di eventi climatici estremi dovrebbero incrementare l'irregolarità dei rendimenti dei raccolti in tutta Europa.

Fabbisogno idrico delle colture

I cambiamenti climatici hanno portato a un aumento della domanda di acqua per l'agricoltura e a una carenza idrica per l'allevamento dal 1995 al 2015 in gran parte dell'Europa meridionale e orientale; è prevista una diminuzione anche per alcune aree dell'Europa nord-occidentale; gli aumenti di temperatura previsti porteranno a un aumento dei tassi di evapotraspirazione, accrescendo così la domanda per l'approvvigionamento idrico in tutta Europa. Questo aumento potrà essere solo parzialmente alleviato dalla ridotta traspirazione a livelli atmosferici più elevati di CO₂;

l'impatto delle crescenti esigenze idriche dovrebbe essere più acuto nell'Europa meridionale e centrale, questo richiederà una espansione delle reti di irrigazione

Allevamento

In alcune zone dell'Europa meridionale, le temperature più alte ed il crescente rischio di siccità dovrebbero ridurre la produttività del bestiame a causa sia (in parte alleviata da un aumento dei livelli di CO₂) sia della minore salute degli animali;

la dipendenza del bestiame da mangimi concentrati provenienti da aree extra-europee aumenta l'impatto di questa fase della filiera sull'ambiente, soprattutto per l'allevamento di suini e pollame e per il settore caseario;

l'allungamento della stagione delle colture può aumentare la produzione del bestiame nel nord Europa, ma in generale, tutto il continente affronterà nuove incognite connesse alla gestione di patogeni e malattie legate al clima;

l'aumento previsto delle piogge nell'Europa settentrionale può rappresentare criticità per i pascoli e per la mietitura di erbe utili al nutrimento del bestiame in virtù della probabile difficoltà d'accesso ai terreni e alla diminuzione della fertilità dei suoli dovuta alla compattazione degli stessi.

Alcune strategie per un'agricoltura clima compatibile

Mitigazione e adattamento

Agricoltura e cambiamento climatico si caratterizzano per una relazione complessa di causa-effetto: l'attività agricola produce rilevanti volumi di gas a effetto serra, principale causa del cambiamento climatico, ma nel contempo subisce, come già evidenziato, gli impatti negativi – in termini di produttività e sicurezza alimentare – delle variazioni climatiche. Per queste ragioni, il settore agroalimentare è oggi sempre più centrale nelle riflessioni relative al climate change.

In generale, come anticipato, le strategie di intervento per affrontare e risolvere i problemi connessi al cambiamento climatico possono venire raggruppate in due filoni principali:

Strategie di mitigazione:

capaci di agire sulle cause del fenomeno, mediante la ricerca di una riduzione o di una stabilizzazione delle emissioni di gas serra. Nello specifico del settore agroalimentare, ne sono un esempio l'adozione di fertilizzanti biologici, il miglioramento delle tecniche di allevamento del bestiame e di gestione del letame, il ripristino delle colture vegetali e l'ottimizzazione delle tecniche di gestione del suolo per incrementare l'assorbimento e l'immagazzinamento di CO₂;

- strategie di adattamento: capaci di agire sugli effetti, attraverso piani, programmi e azioni in grado di minimizzare gli impatti del cambiamento climatico. Ne sono un esempio la ridefinizione e l'adeguamento del calendario di semina e delle varietà seminate, il trasferimento delle coltivazioni in altre aree, il miglioramento delle tecniche di gestione del territorio.

Va sottolineato come, per la complessità che le caratterizza, l'implementazione delle strategie di intervento appare particolarmente onerosa, soprattutto in termini di coordinamento delle azioni da mettere in atto. In effetti, oltre a capacità e competenze tecniche, finanziarie e istituzionali, la pianificazione e la messa in atto di tali azioni richiede soprattutto una volontà politica a livello sia internazionale sia locale. Il che rende tanto il disegno delle strategie quanto la loro realizzazione un'impresa molto sfidante.

Quali strategie per uno sviluppo sostenibile in ambito agroalimentare

I tre obiettivi principali che debbono venire conseguiti per garantire la sostenibilità ambientale della produzione agroalimentare sono i seguenti:

- assorbire e immagazzinare attivamente il carbonio nella sostanza organica
- ridurre le emissioni di anidride carbonica, così come quelle di metano dalla produzione di riso, bestiame e combustione, e di protossido di azoto dall'uso dei fertilizzanti inorganici;
- sfruttare il potenziale della bio-energy, favorendo quelle forme di produzione non alternative all'uso agricolo dei terreni, per non innescare meccanismi di disincentivo alla produzione a fine alimentare.

Con riferimento al primo dei punti citati, occorre sottolineare come - dal punto di vista scientifico - il passaggio dall'atmosfera al suolo (e viceversa) del carbonio di superficie – elemento cruciale nel processo del cambiamento climatico – alimenti il ciclo di vita del Pianeta, a condizione che questo movimento non venga alterato da cambiamenti nel suolo e da altri fattori. L'utilizzo e la destinazione del terreno, la scelta delle piante da coltivare, le singole gestioni pratiche sono alcuni dei fattori che possono sia garantire una stabilizzazione del clima, sia favorire una migliore produzione (in termini di quantità e qualità) di alimenti per la popolazione.

Le pratiche che, al momento, sembrano garantire il raggiungimento di tali obiettivi sono raggruppabili in tre macro-strategie:

- A. Gestione del terreno agricolo;
- B. Gestione del terreno da pascolo e ottimizzazione degli allevamenti;
- C. Recupero delle aree degradate e protezione delle foreste praterie.

A. Gestione del terreno agricolo

Il suolo è il terzo serbatoio di carbonio più ampio del Pianeta. La sostanza organica presente nel terreno (proveniente da flora e fauna vivente e da materia animale, vegetale e microbica morta) ha la capacità di trattenere l'aria e l'acqua nella superficie, di fornire nutrienti per piante e fauna e di immagazzinare il carbonio nel suolo. Un terreno arricchito di carbonio, mediante un'efficace gestione della materia organica, garantisce suoli produttivi più ricchi, senza necessità di ricorrere in misura massiccia all'uso di sostanze chimiche.

E' possibile arricchire il suolo di carbonio attraverso il ricorso ad alcune pratiche, di seguito accennate:

- Utilizzare adeguate pratiche e tecniche agronomiche: i terreni agricoli richiedono prima di tutto una particolare attenzione nella loro gestione. Sono numerose le tecniche e le pratiche che possono essere impiegate efficacemente.

Tra queste sono di particolare interesse:

l'impiego di cereali perenni, la riduzione delle lavorazioni del suolo, la rotazione dei terreni, l'impiego di colture arboree.

Dal punto di vista pratico, si tratta di diffondere una maggiore informazione relativamente alle pratiche più adeguate e più efficaci.

- Migliorare i nutrienti del terreno con metodi biologici: nel mondo si stima che l'utilizzo dei fertilizzanti azotati comporti un'emissione di gas serra per 2 miliardi di tonnellate. Considerando che il protossido d'azoto ha una capacità di riscaldamento superiore di ben 300 volte all'anidride carbonica, è evidente il danno potenziale che un fertilizzante chimico può generare. Al contrario, adottare fertilizzanti biologici (concime organico, sovescio, letame e colture di copertura e intercalari) e pratiche di gestione della fertilità del suolo permetterebbe di assorbire il carbonio dall'atmosfera. Questa pratica sembra comportare degli incrementi nei

costi e nella manodopera per le coltivazioni intensive, ma non per le altre tipologie di colture, che invece possono beneficiare anche di incrementi di resa.

- Anche l'uso ottimizzato dei fertilizzanti inorganici, comunque indispensabili, secondo le best practice in materia, può portare grandi benefici ecologici;

- Ridurre al minimo la lavorazione del suolo: normalmente l'aratura del terreno è svolta con l'intento di migliorare le condizioni del letto di semina. In realtà, la lavorazione del suolo espone all'ossigeno i microbi anaerobici e soffoca quelli aerobici che vengono sotterrati, con conseguente emissione di anidride carbonica. L'utilizzo di pratiche agricole in grado di ridurre la lavorazione del terreno (quali il lasciare gli scarti delle colture o il pacciame sul terreno), favorisce il ritorno del carbonio e riduce le emissioni. Inoltre, la non lavorazione ha il beneficio di ridurre sia la manodopera sia l'uso di combustibili per macchine agricole (con il beneficio di minori costi di produzione), di migliorare la biodiversità e favorire la ciclizzazione dei nutrienti. Si stima che questa pratica possa incrementare il rendimento delle coltivazioni di grano e soia di almeno un terzo. Recentemente, anche a causa degli aumenti del prezzo dei combustibili, i terreni così coltivati sono in forte crescita;

- Incorporare biochar (carbone agricolo): per arricchire il terreno di carbonio, la decomposizione di materia vegetale dovrebbe avvenire nel sottosuolo. In alcune zone del mondo, specie quelle umide, questo non è facilmente realizzabile, se non grazie a una recente scoperta scientifica che prevede la possibilità di incorporare biochar nel terreno. Il biochar (definito anche carbone agricolo) è un nutriente naturale, costituito da una grana fine di terriccio ad alto contenuto di carbonio organico, prodotto da rifiuti vegetali (residui forestali, pula del riso, gusci di arachidi, rifiuti urbani). Questa soluzione di arricchimento del terreno,

permette di trattenere il carbonio nel suolo e di liberare i nutrienti più lentamente;

- Cereali perenni: le piante hanno la caratteristica di catturare l'energia ed estrarre il carbonio dall'atmosfera per produrre biomassa e il loro uso appare dunque più efficace nella prevenzione dei fenomeni di cambiamento climatico. Attualmente i due terzi della terra arabile sono coltivati a cereali annuali, il che comporta ogni anno un nuovo processo di lavorazione e, di conseguenza, una continua immissione di gas serra. Al contrario, le graminacee perenni mantengono una forte massa degli apparati radicali nelle fasi di crescita, lasciando nel suolo una buona quantità di biomassa, piuttosto che sotto forma di agenti inquinanti nell'atmosfera.

Anche se il tema è ancora, per molti versi, nelle prime fasi di sviluppo, al momento, sono già numerose le piante perenni disponibili sul mercato, derivanti da cereali (riso, sorgo, frumento), da alcune specie di foraggio e da piante oleose (girasole);

- Colture agroforestali intercalari: per trattenere il carbonio, un'altra strada percorribile è rappresentata dalla coltura agroforestale. In sostanza, si tratta di coltivare alberi produttivi ai bordi e all'interno dei terreni agricoli e dei pascoli. Le specie utilizzate potrebbero fornire sia prodotti (frutti, noci, medicine, combustibili, legno, ecc), che servizi per l'azienda agricola (fissazione dell'azoto, protezione dal vento, foraggio per animali, ecc) e per l'ecosistema (habitat per animali, miglioramenti climatici, ecc). Il contributo di queste piante raggiunge la sua massima utilità con le colture agroforestali pluristratificate, che hanno il vantaggio di sfruttare diverse nicchie ecologiche e stoccare quindi un maggior volume di carbonio;

- Colture arboree quali alternative nella produzione di alimenti, mangimi e combustibili: in natura, o tutt'al più dietro processo di selezione

genetica (domesticazione e sviluppo commerciale), sono disponibili alcune colture arboree in grado di sostituire i raccolti annuali di amido, proteine, oli commestibili e industriali, alimenti per animali. Dato che un terzo della produzione cerealicola è destinato all'alimentazione animale, queste piante potrebbero sostituire parte dei raccolti annuali oppure contribuire alla produzione di biocombustibili, riducendo così gli impatti negativi delle emissioni di gas serra;

- Water Management: circa il 18% dei terreni del mondo riceve una quantità di acqua supplementare, rispetto alle fisiologiche dinamiche naturali, sotto forma di irrigazione. Aumentare, in alcune aree del Mondo, l'irrigazione porterebbe maggiori benefici sotto forma di incrementi di produttività. E' necessario però che vi sia un'attenta gestione dell'acqua, in quanto risorsa scarsa;

- Rice Management: le coltivazioni di riso emettono grandi quantitativi di metano, soprattutto nella stagione di crescita della pianta. Queste emissioni possono essere ridotte ricorrendo a specifiche pratiche gestionali, quali la riduzione del livello di acqua presente sul terreno agricolo durante la fase di crescita della pianta, la bonifica dei terreni durante i periodi di pre-semina, il corretto impiego di residui organici.

B. Gestione del terreno da pascolo e ottimizzazione degli allevamenti

Negli ultimi venti anni, con il processo di industrializzazione e di diffusione della ricchezza, il consumo di carne nel mondo è cresciuto in modo significativo. Questo trend ha comportato l'aumento dei grandi allevamenti intensivi di animali e il disboscamento di grandi spazi da destinare al pascolo. E' ormai universalmente riconosciuto come il bestiame produca una grande quantità di gas serra, tra cui metano (dalla fermentazione del cibo nel rumine dell'animale e dallo stoccaggio dello stallatico), protossido di azoto (dalla denitrificazione del suolo e della

superficie delle concimaie) e carbonio (da raccolti, animali, respirazione microbica, combustione di carburanti e disboscamento).

Si stima che il bestiame sia responsabile di almeno il 50% delle emissioni agricole di gas serra (circa 7,1 miliardi di tonnellate); (a questo proposito basti pensare che una coppia vacca/vitello produce in un anno più gas serra di una persona che percorra 12.500 km in auto).

La soluzione di medio-lungo termine per affrontare incisivamente il problema consiste nella riduzione del consumo di carne e latticini a livello globale. Vi sono però anche in questo caso delle tecniche di gestione ottimale che consentono di arginare gli effetti maggiormente negativi del fenomeno:

- Rotazione intensiva dei pascoli: alcune ricerche hanno dimostrato che se viene applicata una gestione intensiva delle rotazioni di bestiame, i pascoli possono supportare un maggior numero di capi, poiché questa prassi rende possibile un'ottimale rigenerazione della vegetazione dopo il pascolo. Una recente ricerca condotta dal Ministero dell'Agricoltura Statunitense evidenzia come le migliori modalità per ridurre l'impronta di gas serra degli allevamenti intensivi di bestiame siano il miglioramento dello stoccaggio del carbonio nei pascoli, l'utilizzo di foraggio di qualità superiore, l'eliminazione dello stoccaggio del letame, la copertura delle concimaie, l'incremento della produttività per capo e soprattutto l'uso di tecniche di gestione per la rotazione intensiva dei pascoli;

- integratori alimentari per ridurre le emissioni di metano: il metano prodotto nel rumine degli animali è responsabile di ben 1,8 miliardi di tonnellate di emissioni di gas serra. Al fine di ridurre questo quantitativo, sono stati elaborati integratori alimentari e miscele di mangimi innovative che ne riducono di almeno il 20% la produzione. Purtroppo, però, momento questa soluzione non sembra di facile adozione da parte

degli allevatori, sia per gli eccessivi costi che comporta sia per il complesso sistema di gestione necessario;

- Digestori di biogas per la produzione energetica: gli allevamenti potrebbero trasformarsi in produttori di energia verde, attraverso una gestione innovativa dei loro prodotti scarto. Ad esempio, il letame, una delle principali forme di inquinamento, potrebbe diventare una fonte di energia alternativa, capace di ridurre la dipendenza dell'azienda agricola dai combustibili fossili. Ciò sarebbe possibile, ad esempio, mediante l'impiego di digestori anaerobici di biogas. Questi strumenti sono capaci, infatti, di scomporre il letame in metano/ biogas e fango da concime, dove il primo viene bruciato per riscaldare e produrre elettricità, mentre il secondo può essere impiegato come fertilizzante;

- Migliorare la produttività dei pascoli e la fertilizzazione dei terreni da pascolo: una migliore produttività degli allevamenti si ottiene anche adottando un'efficace gestione del terreno. Per ottenere questo è possibile ricorrere, ad esempio, all'impiego sul suolo di fertilizzanti organici e azoto, oppure a tecniche di irrigazioni sostenibili che tengano conto sia della gestione dell'acqua sia dell'uso di energia. Anche l'impiego sul terreno di specie di piante erbose può permettere di ottenere un'alta produttività nei pascoli.

C. Recupero delle aree degradate e protezione di foreste e praterie

I massicci disboscamenti, così come la destinazione di aree sempre più vaste alle colture annuali e ai pascoli, hanno privato il mondo di vaste zone di vegetazione. Le iniziative di ripristino della vegetazione, rappresentano un'azione benefica, che può essere spesso realizzata con sforzi economici minimi. Tra le pratiche che potrebbero permettere di raggiungere tale obiettivo vi è quella di:

- Riforestare i bacini idrici e i pascoli degradati: la scarsa presenza di vegetazione sui terreni riduce la possibilità di immagazzinare il carbonio e soprattutto di trattenere l'acqua piovana nel terreno. In una situazione mondiale di emergenza idrica e di cambiamento climatico, il ripristino della copertura vegetale dei bacini idrografici si presenta come una priorità;

- Ridurre la deforestazione: nel Mondo un enorme bacino carbonio è inoltre rappresentato da foreste e praterie. Si stima che la dimensione delle foreste ammonti a 4 miliardi di ettari, mentre quella delle praterie a 5 miliardi di ettari. Le foreste e i prati, come noto, hanno una grande capacità di assorbimento del carbonio e di mitigazione del clima. L'attività di deforestazione comporta dunque un aumento dei gas serra nell'atmosfera e una riduzione della capacità di assorbimento dell'anidride carbonica. Se si considera che solamente tra il 2000 e il 2005 sono andati persi ben 7,3 milioni di ettari annui di area boschiva, da destinare prevalentemente all'agricoltura e alle infrastrutture, e che ogni ettaro comporta una immissione in atmosfera da 217 a 640 tonnellate di carbonio, si ha piena consapevolezza della drammaticità del fenomeno. E' perciò necessario che la deforestazione venga regolamentata a livello internazionale e che al tempo stesso vengano individuate le più opportune forme di incentivo (finanziarie, diritti di proprietà, certificazioni, ecc.) per i proprietari delle aree boschive, affinché adottino adeguati strumenti di tutela delle aree.

Tra le possibili soluzioni al vaglio, vi sono:

- il meccanismo del Redd (Reducing Emissions from Deforestation and Degradation) per la riduzione delle emissioni da deforestazione e degrado dopo il 2012 ha l'intento di destinare fondi economici alla gestione sostenibile delle foreste, al fine di ridurre le emissioni di gas serra;

- un approccio alternativo, altrettanto interessante, è il Biodiversity and Agricultural Commodities Program dell'International Finance Corporation, che si impegna ad aumentare la produzione di beni sostenibili e certificati (soia, canna da zucchero, ecc.);

- una terza modalità di intervento consiste nell'assicurare i diritti di possesso e sfruttamento ai residenti locali, affinché possano proteggere le foreste in modo sostenibile.

- Ridurre gli incendi incontrollati di foreste e praterie: la combustione di biomassa è un importante generatore di carbonio. In agricoltura, in taluni casi, se controllata e di limitate dimensioni, essa può costituire un fattore benefico per la produzione. Quando però è l'uomo ad appiccare incendi allo scopo di successive colonizzazioni agricole, si producono grandi quantità di emissioni di carbonio e si danneggiano gravemente la flora e la fauna. E' necessario quindi salvaguardare foreste e praterie con strumenti capaci di prevenire gli incendi dolosi. Una pratica riguarda la responsabilizzazione delle comunità locali, mediante incentivi capaci di esercitare un controllo sociale, come già messo in pratica in Honduras e Gambia;

- Gestire aree di tutela ambientale come i sink (pozzi) di carbonio.

Quest'ultimo punto la gestione dei sink di carbonio appare interessante anche non solo per il settore dei pascoli o delle foreste ma di tutte le colture.

I Governi e per gli Enti sovranazionali è essenziale, in primis, quantificare le emissioni totali suddividendole per fonte di emissione di gas serra (trasporti, elettricità, combustione di carburanti, agricoltura, processi industriali) e, secondariamente, identificare e individuare le priorità e le opportunità di riduzione delle stesse.

Per le imprese private, invece, i dati relativi alle emissioni di gas serra possono essere utilizzati a fini di marketing con l'obiettivo di presentarsi ai propri clienti, sempre più sensibili

alle tematiche ambientali, come "carbon neutral" e quindi presentare i propri prodotti come più sostenibili rispetto alla concorrenza.

Si definisce carbon neutral un'impresa che ha un Carbon Footprint netto equivalente a zero. Per raggiungere il livello di "emissioni zero" un'impresa deve trovare un bilanciamento tra le emissioni rilasciate nell'atmosfera, relative all'operatività quotidiana del business, e un ammontare equivalente di sottrazione di gas serra dall'atmosfera.

La compensazione può avvenire nei seguenti modi:

- riduzione delle emissioni interne all'impresa;
- produzione di quantitativi di energia rinnovabile (eolica, biomasse, idroelettrica) equivalente a quella non rinnovabile utilizzata nel processo produttivo;
- utilizzo di strumenti finanziari (carbon offsetting) per comprare/ vendere dei "permessi di emissione" che certificano che determinate quantità di energia sono state prodotte con fonti rinnovabili.

Esistono due carbon markets, uno compliance e uno su base volontaria. Il mercato compliance si basa sul fatto che le imprese, i governi e altre entità economiche comprano dei "permessi di emissione" per rispettare i limiti di emissioni loro imposti. Nel 2007 l'EU Emission Trading Scheme si è confermato il principale mercato di riferimento per diritti di emissione relativi ai gas serra.

Il mercato su base volontaria, invece, si basa sul fatto che gli individui, le imprese e i governi comprano i certificati per mitigare le proprie emissioni di gas serra derivanti dall'utilizzo di mezzi di trasporto, dal consumo di energia elettrica e da altre fonti.

Il presupposto per la compravendita di diritti di emissione/permessi di emissione è la misurazione delle emissioni di gas serra, cioè la misurazione del Carbon Footprint.

Il termine Carbon Footprint (CF) si sta diffondendo rapidamente tra i media di tutto il mondo, poiché le tematiche legate al cambiamento climatico hanno assunto una rilevanza significativa all'interno del dibattito politico internazionale.

Nonostante la crescente diffusione del termine, non sembra esserci ancora una chiara e condivisa definizione di Carbon Footprint, così come non esiste un'interpretazione univoca del suo significato e delle modalità di calcolo.

Le emissioni di CO₂ sono misurate attraverso il Life Cycle Assessment (LCA) che è una metodologia standardizzata, e riconosciuta a livello internazionale, che valuta i danni ambientali e le risorse consumate durante il ciclo di vita di un prodotto.

Le norme tecniche per sviluppare il Life Cycle Assessment sono state codificate dalla International Organization for Standardization (ISO) e dalla Commissione Europea, con il supporto del Joint Research Centre - JRC, che hanno reso disponibili strumenti e dati per implementarle.

Dopo aver individuato i gas emessi lungo le fasi del ciclo vita di un prodotto, il Carbon Footprint è calcolato utilizzando specifici indicatori come il Global Warming Potential – GWP.

Il GWP rappresenta l'effetto relativo del singolo gas serra sul cambiamento climatico in un arco temporale di 100 anni.

Anche alla luce di quanto descritto, preme sottolineare come un'attività agricola pienamente ecocompatibile sia legata in larga misura a processi di formazione, condivisione delle best practice e trasferimento di

competenze scientifiche già acquisite all'interno di pratiche operative consolidate. In altri termini, l'investimento che dovrebbe essere fatto su scala globale è soprattutto quello di una rinnovata presa di coscienza degli impatti delle attività dell'uomo in ambito agroalimentare e promozione di strumenti, logiche, prassi conseguenti.

Fig. 1 Totale sostanza secca prodotta (t/ha)

S.S. prodotta nelle diverse strategie colturali. Sperimentazione condotta da Horta (2015-2017)

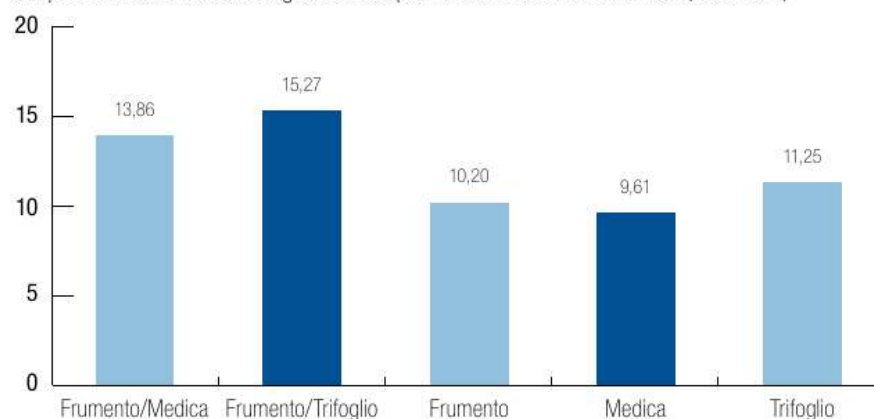
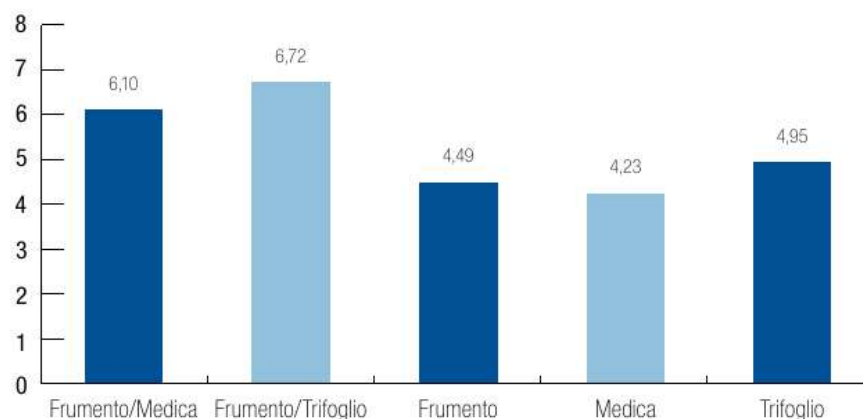


Fig. 2 Totale carbonio sequestrato (t/ha)

Carbonio sequestrato da diverse strategie colturali. Sperimentazione condotta da Horta (2015-2017)



Caso di studio

Ridurre le emissioni di gas serra con le leguminose in rotazione

Le leguminose si prestano bene a essere introdotte nelle rotazioni come cover crop poiché consentono di ottenere molti benefici senza pregiudicare la coltivazione della coltura più redditizia; La consociazione delle leguminose con il frumento duro, pratica conosciuta anche come bulatura, consiste nel traseminare una leguminosa nel grano a fine inverno o inizio primavera. Quando a inizio estate si trebbia il grano, aumenta la luce a disposizione della leguminosa, la quale riesce a svilupparsi e a coprire l'appezzamento. Dalle attività sperimentali, che hanno messo a confronto le consociazioni frumento duro-erba medica e frumento duro-trifoglio e grano duro con le singole colture (frumento duro, medica e trifoglio senza trasemine), è emerso che:

- la consociazione non ha influenzato negativamente le rese della coltura principale;
- nel frumento duro consociato, la copertura vegetale del terreno realizzata dalle leguminose è stata funzionale al contenimento della nascite delle malerbe;
- le consociazioni frumento/medica e frumento/trifoglio hanno prodotto una biomassa significativamente più alta delle colture non in consociazione;
- considerando che il carbonio contenuto nella sostanza secca è al 44%, i sistemi consociati hanno sequestrato valori superiori di carbonio rispetto alle singole colture non consociate.

Tra le varietà di leguminose studiate quelle più promettenti sono state:

- la Medicago sativa, qualora si voglia intraprendere un erbaio poliennale

- la *Medicago lupulina*, qualora si preferisca sovesciare la leguminosa prima di preparare il terreno per la successiva coltura,
- il *Trifolium repens* (Ladino), sebbene i trifogli non sembrano essere convenienti quando l'estate è molto siccitosa e la pressione estiva delle infestanti molto elevata,
- la Sulla, che ha uno sviluppo scarsamente ascendente e non disturba il cereale in fase di maturazione e raccolta.