

# TECNOLOGIA E AMBIENTALISMO

Angelo Bonomi

“Il Cobianchi” Verbania 2010 pp. 20-28

## Introduzione

La tecnologia e l'ambiente hanno tra di loro relazioni importanti attraverso gli impatti che essi hanno sulla società. Lo studio di queste relazioni può portare a numerose osservazioni originali sui problemi ambientali con i loro riflessi sul politico, il sociale e la ricerca scientifica. La tecnologia, come attività per soddisfare i bisogni umani, esiste da lunghissimo tempo, ben precedente allo sviluppo della scienza e del metodo scientifico, ed è quindi normale che si sia formato un rapporto diretto tra questa attività e la società in cui si svolge e che riguarda in particolare l'innovazione tecnologica, l'invenzione e i suoi inventori. Anche se può sembrare inusitato, il miglior approccio per comprendere il ruolo della tecnologia nella società, e quindi la sua relazione con l'ambiente, è quella di risalire a miti antichi, in un certo modo contrapposti, su cui si sono sviluppati i rapporti tra l'uomo e la tecnologia. Per questo è interessante riportare e riflettere su due posizioni diametralmente opposte che appaiono da una parte nel mito greco di Prometeo e d'altra parte nel Taoismo della Cina del III secolo AC.

Il mito di Prometeo come riportato da Platone nel Protagora si presenta come segue:

*Ci fu un tempo in cui esistevano gli dei, ma non le stirpi mortali. Quando giunse anche per queste il momento fatale della nascita, gli dei le plasmarono nel cuore della terra e quando stavano per venire alla luce gli dei ordinarono a Prometeo e a Epimeteo di dare con misura e distribuire in modo opportuno a ciascuno le facoltà naturali. Ma Epimeteo non si rivelò bravo fino in fondo: senza accorgersene aveva consumato tutte le facoltà per gli esseri privi di ragione. Quando giunse Prometeo per controllare la distribuzione, vide gli altri esseri viventi forniti di tutto il necessario, mentre l'uomo era nudo, scalzo, privo di giaciglio e di armi. Allora Prometeo, non sapendo quale mezzo di salvezza procurare all'uomo, rubò a Efesto il fuoco e ad Atena il sapere tecnico e li donò all'uomo.*

Come poi sappiamo per questo furto gli dei punirono Prometeo con un supplizio orribile ed eterno. Nella comune accezione in cui è spesso tipicamente ricordato questo mito non si fa cenno alla ragione per cui Prometeo decide il furto, ma questa è invece molto importante poiché lo giustifica per assicurare la sopravvivenza dell'uomo. Ne deriva dal mito che è *la tecnologia e non la natura ad assicurare la sopravvivenza della specie umana*. L'uomo nudo e privo di armi non avrebbe potuto sopravvivere alla competizione con gli animali privi di ragione del mito.

Una posizione opposta al mito di Prometeo la si può ritrovare in un breve racconto attribuito al filosofo taoista Chuang Tse, vissuto nel III – IV secolo A.C. e riportato da Werner Heisenberg, fisico tedesco e premio Nobel per i suoi studi nella meccanica quantistica, in un suo libro di riflessioni sulla natura e la fisica moderna scritto nel primo dopoguerra:

*Quando Tse Cung giunse nel territorio a nord del fiume Han, vide un vecchio che stava lavorando nel suo orto. Questi aveva tracciato dei fossi per l'irrigazione; scendeva nel pozzo e ne riportava su un vaso pieno d'acqua che versava. Si affaticava straordinariamente e pur tuttavia non combinava molto. Disse allora Tse Cung “Esiste un arnese col quale si possono irrigare in un solo giorno cento fossi. Con poca fatica si ottiene molto; non desiderate usarlo?” L'ortolano si drizzò, lo guardò e disse “E cosa sarebbe?” Disse Tse Cung “Si prende una leva di legno che dietro sia pesante e davanti leggera: in tal modo si può attingere l'acqua come se zampillasse. Questo si chiama ‘pozzo a trazione’ “. Allora al vecchio salì l'ira al volto, ed egli disse ridendo: “Ho udito*

*dire dal mio maestro: se uno utilizza macchine, allora compie macchinalmente tutti i suoi atti; chi compie macchinalmente tutti i suoi atti, ha alla fine un cuore di macchina; ma se uno ha un cuore di macchina nel petto, perde la pura semplicità; uno che abbia perso la pura semplicità diviene incerto nei moti di spirito; incertezza nei moti di spirito è qualcosa di incompatibile con il vero Senso. Non che io non conosca tali cose, ma mi vergogno di applicarle”*

Werner Heisenberg,, utilizza questo racconto per sottolineare come *il grande sviluppo scientifico e la rapida diffusione della tecnica non abbia lasciato il tempo all’umanità di adeguarsi a queste nuove condizioni da cui l’incertezza nei moti dello spirito e la perdita della semplicità da intendersi anche come spontaneità dell’azione umana.* Traducendo quindi l’interpretazione di questo racconto in un linguaggio attuale potremmo dire che le conseguenze di questa incertezza e perdita di spontaneità ha degenerato l’animo umano e portato a uno sviluppo sconsiderato della tecnologia per la tecnologia e al suo uso snaturato per ottenere potere e ricchezza e non per assicurare la sopravvivenza.

A questo punto ci si può chiedere se queste due posizioni diametralmente opposte tra il bisogno di tecnologia per la sopravvivenza umana e la corruzione che essa può provocare nell’animo fino a diventare essa stessa un pericolo per l’uomo siano comunque conciliabili. Probabilmente molti dei pericoli e danni provocati dalla tecnologia provengono proprio dal fatto di dimenticare che essa è fondamentalmente un’attività di sopravvivenza e, come un farmaco, essa può salvare la vita o ucciderla a seconda di come viene adoperata.

Partendo da queste riflessioni fondamentali, si possono fare una serie di considerazioni generali sulla tecnologia e la sua capacità o incapacità di risolvere i nostri problemi. Sovente l’ambientalismo solleva valide critiche a molte delle tecnologie in uso e indica utili suggerimenti per nuove tecnologie alternative, tuttavia, in molti casi esso lancia anche un messaggio, spesso implicito ma non per questo inefficace, che è antiscientifico e in particolare antitecnologico. Questo messaggio si è già largamente diffuso e comincia ad avere i suoi effetti, basti pensare come ormai la parola “chimica” sia diventata nell’accezione comune densa di significati di pericolo. Tutto questo allo stesso tempo influenza negativamente i mezzi che la società dovrebbe mettere a disposizione per l’innovazione necessaria a risolvere proprio i problemi che l’ambientalismo solleva.

Per affrontare questi temi dal punto di vista tecnologico è utile prima di tutto dare una descrizione di un modello generale della tecnologia, indipendente dalla sua specificità, e quindi descrivere l’ecosistema tecnologico ovvero il sistema in cui le tecnologie interagiscono tra di loro determinando la nascita di nuove tecnologie e l’estinzione di altre. Questa descrizione ci permette di fare alcune riflessioni sul Protocollo di Kyoto per vederne i suoi limiti, e anche criticare varie posizioni ambientaliste come quelle sostenute da Jeremy Rifkin, noto ambientalista, e infine fare alcune riflessioni sul cosiddetto “Principio di precauzione”.

### **Tecnologia ed ecosistema tecnologico**

Volendo fornire un modello generale per la tecnologia, la possiamo vedere in due modi, il primo è di considerarla in termini di artefatto tecnico come un automobile, un computer o un aeroplano, e considerare i vari componenti che lo compongono e le loro caratteristiche vedendo come il tipo e dimensione di ogni componente deve essere scelto in funzione degli altri per ottimizzare il funzionamento dell’artefatto. Il secondo modo è di considerare la tecnologia in termini di processi che possono riguardare la costruzione o produzione dell’artefatto ovvero il suo funzionamento. Questi processi si possono considerare composti da varie operazioni tecnologiche che vengono eseguite in sequenza temporale. Così ad esempio un trattamento termico può essere considerato come un insieme di operazioni che riguardano il riscaldamento a una certa temperatura, il

mantenimento per un certo tempo in temperatura e il raffreddamento. Nella realtà le tecnologie attuali possono essere descritte da un insieme di centinaia di operazioni tecnologiche o componenti di cui ne esistono svariate decine di tipi. La scelta di usare nello studio delle tecnologie l'approccio basato su una descrizione di componenti o di operazioni tecnologiche dipende dal tipo di problema che si vuole affrontare, in ogni caso si può osservare come le tecnologie abbiano un carattere combinatorio riguardo i componenti da usare o le operazioni da fare che devono essere ottimizzate per renderla efficiente. Le nuove tecnologie risultano praticamente una combinazione di tecnologie già esistenti che eventualmente sfruttano nuovi fenomeni scoperti scientificamente. Ad esempio il laser è composto da componenti elettronici conosciuti combinati con un cristallo emittente prodotto secondo tecniche conosciute il cui insieme riesce a sfruttare un nuovo fenomeno dell'emissione coerente di un raggio di luce. La natura combinatoria delle tecnologie ha come conseguenza che il loro numero teoricamente possibile è straordinariamente grande poiché il numero di componenti o di operazioni tecnologiche che conosciamo è molto numeroso e cresce con il tempo. Per dare un'idea concreta di questo numero, che possa metaforicamente farci sentire la sua realtà, possiamo ricorrere al caso matematicamente analogo delle proteine. Le proteine come sappiamo sono composte dalla combinazione più o meno ramificata di venti tipi di aminoacidi che si legano in sequenza tra di loro. Se consideriamo di produrre tutte le proteine possibili che possiamo avere in una sequenza di 100 aminoacidi, e immaginando di limitarci a sintetizzare solo una molecola proteica per tipo, è stato calcolato che tutto il carbonio presente nella nostra galassia non sarebbe sufficiente per farlo. Poiché matematicamente la proteina con i suoi cento aminoacidi di venti tipi può essere fatta corrispondere ad esempio a una tecnologia composta da cento operazioni di venti tipi, possiamo comprendere come il numero di tecnologie che possiamo potenzialmente immaginare sia straordinario. Anche se la gran parte delle tecnologie che risultano dalle operazioni combinatorie sono assurde perché violano principi fisici ovvero sono inutili, è ragionevole pensare che comunque il numero di tecnologie potenzialmente utili sia straordinariamente grande e che il numero di tecnologie che l'umanità ha potuto sviluppare nella sua storia sia infimo rispetto al numero di tecnologie potenzialmente disponibili. Naturalmente queste considerazioni non sono una dimostrazione che esista necessariamente una soluzione tecnologica a tutti i nostri problemi ambientali, tuttavia non si può evitare di criticare, dal punto di vista tecnologico, un'opinione diffusa in un certo ambientalismo che emette molti dubbi sulla possibilità di avere soluzioni tecnologiche per i problemi ambientali. In realtà ci si dovrebbe piuttosto chiedere *se il problema non sia se esista una tecnologia per la soluzione di un nostro problema ma se facciamo abbastanza sforzi per trovarla.*

La natura combinatoria delle tecnologie fa sì che non solo le nuove tecnologie nascono da tecnologie già esistenti ma che si formano forti interazioni tra di loro che determinano competizioni con nascita o estinzione di tecnologie in quello che può essere chiamato l'ecosistema tecnologico in analogia con gli ecosistemi biologici. Così il trasporto umano che avveniva un tempo con il cavallo e attualmente realizzato con l'automobile. La sostituzione del cavallo con l'automobile ha avuto tutta una serie di effetti nell'ecosistema. Con il cavallo sono scomparse le stazioni di posta e mestieri come il maniscalco mentre l'introduzione dell'automobile ha fatto comparire molte nuove tecnologie come la produzione di benzina e di pneumatici ovvero le stazioni di servizio. L'apparizione di una nuova tecnologia o l'estinzione di una vecchia quindi non sono fenomeni isolati ma si ripercuotono nell'ecosistema a cascata causando la nascita o l'estinzione di ulteriori tecnologie. Mentre negli ecosistemi biologici i fattori competitivi sono soprattutto legati alla nutrizione e alla riproduzione, nell'ecosistema tecnologico sono soprattutto i fattori sociali ed economici a determinare la diffusione o l'estinzione di una tecnologia. Ora quando si vuole introdurre una nuova tecnologia ambientalmente più favorevole, nell'ecosistema tecnologico attuale spesso viene sollevata un'opposizione alla sua introduzione giustificata da pretesi costi elevato per il suo uso, in realtà questa non economicità non è intrinseca alla nuova tecnologia ma dipende piuttosto da aspetti temporanei come la bassa scala di produzione iniziale o l'ottimizzazione del suo

funzionamento ancora agli inizi e soprattutto dal contesto dell'ecosistema in cui la si vuole introdurre dove non vi sono ancora tecnologie che potrebbero favorirla in modo sostanziale. La conclusione è che *non ha molto senso discutere di economia e costi su future tecnologie che, se utilizzate in larga misura, possono avere un impatto profondo nell'ecosistema tecnologico che non è possibile prevedere*. In realtà la cosa più ragionevole è quella di porsi la domanda se un insieme di nuove tecnologie che appartengono a un nuovo possibile ecosistema tecnologico siano veramente importanti da sviluppare. In caso di risposta positiva, la cosa migliore è *semplicemente affrontare i necessari studi e ricerche confidando nel grande potenziale esistente nelle nuove tecnologie possibili e facendo lo sforzo adeguato per ricercarle*.

### **Limiti del Protocollo di Kyoto**

Il Protocollo di Kyoto è stato un importante accordo internazionale sulla riduzione dell'emissione dei gas serra messo a disposizione per la firma dei paesi industrializzati dal marzo 1998 e che impegna i paesi firmatari a ridurre del 5% le emissioni di gas serra, in particolare CO<sub>2</sub>, nel periodo 2008-2012 rispetto alle emissioni del 1990. Per il raggiungimento di questi obiettivi il protocollo ha lasciato liberi i paesi firmatari di ricorrere a vari mezzi, incluso l'Emission Trade System (ETS), ovvero la concessione e commercio di unità di riduzione di emissioni o di assorbimento di gas serra tra i vari paesi, come pure l'uso di incentivi ovvero di tasse o imposte per stimolare la riduzione delle emissioni che ha portato a discutere, e in qualche caso applicare, ad esempio una "carbon tax" sulle emissioni. Il protocollo di Kyoto è stato oggetto da parte dell'ambientalismo di critiche per la sua limitatezza riguardo la riduzione di gas serra prevista ma anche promozione additando come esempi negativi paesi gli Stati Uniti e l'Australia che si sono rifiutati di firmarlo. Vi sono due tipi di critiche che possono essere fatte a questo protocollo: la prima riguarda lo spirito con cui il protocollo affronta il problema della riduzione delle emissioni e il secondo, collegato al primo, riguarda il modo in cui vengono prese in considerazione le previsioni del riscaldamento globale dal Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), l'organismo incaricato dall'ONU di sviluppare modelli globali sull'effetto serra. Il primo aspetto criticabile riguarda l'approccio del Protocollo ai problemi del riscaldamento terrestre che è tipicamente economico e politico senza tener conto direttamente delle tecnologie. Il Protocollo intrinsecamente parte dall'idea che i cambiamenti tecnologici necessari siano possibili semplicemente agendo sul piano politico attraverso strumenti come gli ETS o la "carbon tax" e che l'economia sia spinta così a sviluppare ed ad adottare nuove tecnologie sotto la pressione del differenziale economico generato da queste azioni. In realtà, come abbiamo discusso precedentemente, noi abbiamo bisogno per contrastare l'effetto serra, di un intero nuovo ecosistema tecnologico e non semplicemente di un insieme di nuove tecnologie. Certo il nuovo sistema, come la storia della tecnologia ci insegna, si forma necessariamente con il tempo, ma il problema è se questa formazione, che è lenta, avvenga nel tempo utile per intervenire nell'evoluzione del sistema terrestre. La seconda critica riguarda lo stretto collegamento che viene fatto tra le prescrizioni del Protocollo e le previsioni di riscaldamento con l'aumento della concentrazione di gas serra risultanti dagli studi del IPCC. Il problema risiede nella loro reale affidabilità nel medio o lungo termine di 20 o 30 anni in cui si possono vedere gli effetti dei cambiamenti tecnologici che dovrebbero essere attuati. Il sistema globale della temperatura terrestre è sicuramente un sistema complesso come e ancor più di quello ad esempio meteorologico. Questi sistemi presentano forti limitazioni riguardo le possibilità di previsione. In meteorologia è possibile fare previsioni a livello di una settimana ed è riconosciuto che le previsioni sono praticamente impossibili al di là di 15 giorni. Per questa durata per fare previsioni occorrerebbe tener conto di così tante misure che è impossibile prendere in considerazione. Si tratta del cosiddetto effetto farfalla in cui anche il cambiamento di pressione dovuto allo sbattere delle ali di una farfalla nella foresta amazzonica è sufficiente a causare dopo qualche tempo un uragano nel Golfo del Messico. Ritornando al sistema globale delle temperature il fatto che si osservi in questi decenni una dipendenza proporzionale tra concentrazione di gas serra e temperatura, per un sistema complesso, con dipendenze che non sono necessariamente lineari,

l'evoluzione della temperatura potrebbe sfociare in un'accelerazione oppure in un rallentamento o addirittura in una rottura del sistema che andrebbe verso un raffreddamento della terra. In realtà vale come non mai in questo caso la metafora "stiamo giocando con il fuoco". Tutto questo risulta in un'inutilità delle discussioni fatte sulla riduzione più o meno forte da farsi sulle emissioni. *Quello che abbiamo bisogno è l'eliminazione delle emissioni antropiche dei gas serra attraverso la realizzazione al più presto di un nuovo ecosistema tecnologico affrontando una coordinazione nello sviluppo delle nuove tecnologie per evitare i lunghi tempi dell'assestamento spontaneo dei cambiamenti tecnologici.*

### **Ambientalismo e messaggi antitecnologici**

L'ambientalismo è un movimento eterogeneo che presenta anche punti di vista contrastanti riguardo l'utilizzabilità delle tecnologie per risolvere i problemi ambientali. Tipicamente l'ambientalismo si basa comunque su alcuni presupposti che considerano i pericoli per l'umanità come il risultato dello sviluppo abnorme e incontrollato delle tecnologie. Questo ha portato all'inquinamento dell'ambiente di cui l'effetto serra ne è un esempio eclatante. Bisogna quindi pensare a un ritorno alla natura, vista come ambiente ottimale per l'uomo, e quindi a un controllo della tecnologia che porti a un equilibrio con l'ecosistema naturale. Anche se il movimento sostiene le cosiddette "tecnologie verdi", la posizione dell'ambientalismo verso le tecnologie è in generale ambigua. Al di là della condanna di certe tecnologie inquinanti, non evita messaggi antitecnologici più o meno espliciti che portano a considerare ad esempio che le sostanze create dalla natura siano benefiche e che invece quelle create dall'uomo pericolose. Il messaggio antitecnologico si manifesta poi soprattutto nella sfiducia più o meno espressa verso la tecnologia come possibile soluzione dei problemi ambientali preferendo suggerire la semplice eliminazione di certe tecnologie che potrebbero essere pericolose senza veramente proporre alternative. Ne nasce da questo uno squilibrio tipico di certe affermazioni ambientaliste che presentano in dettaglio danni e possibili vittime che possono derivare dall'uso di una certa tecnologia senza però valutare i danni e le vittime del non uso di quella tecnologia, cosa tra l'altro, bisogna ammettere, molto più difficile da valutare ma non per questo inesistente. Un'illustrazione tipica dei messaggi antitecnologici la si trova in Jeremy Rifkin, un sociologo ben conosciuto e influente nel campo dell'ambientalismo. Un suo libro sull'entropia pubblicato agli inizi degli anni ottanta illustra bene il travisamento della scienza effettuato per giustificare tesi acquisite. L'entropia è una grandezza termodinamica di non facile comprensione che in parole semplici aumenta con l'aumentare del disordine di un sistema e vale sia che il sistema siano le molecole di un semplice oggetto o l'intero globo terrestre. Rifkin riprendendo le idee di Georgescu-Roegen, un economista eterodosso, afferma che la terra, come sistema chiuso incapace praticamente di scambiare materia con lo spazio è condannato a un continuo aumento dell'entropia e che l'inquinamento e l'esaurimento delle risorse naturali porterà inevitabilmente al collasso. Solo cambiamenti drastici nelle tecnologie e loro uso potrebbero rallentare questo processo. In realtà, come è stato vivamente obiettato a suo tempo, queste affermazioni sono errate e non è vero che un sistema che non scambia materia ha un'entropia che cresce continuamente, se infatti riceve energia può in certe condizioni ridurre la sua entropia ed è in questo caso il sistema totale comprendente quello che fornisce energia ad avere una crescita fatale di entropia. In altre parole se è vero che si può osservare un aumento di entropia nei sistemi esclusivamente terrestri, questo non è necessariamente vero per la terra in un sistema sole-terra in cui il sole fornisce energia alla terra accollandosi il dovuto aumento di entropia. Su questo tema un grande scienziato Ilya Prigogine ha dimostrato come un sistema che riceve continuamente energia possa generare in realtà al suo interno forme di ordine sempre più complesse e Rifkin non tralascia di irridere queste affermazioni contrarie alla sua visione nonostante che proprio queste idee abbiano permesso a Prigogine di ricevere il Premio Nobel. Nonostante le critiche sollevate sul suo libro sull'entropia Rifkin ritorna su questa visione in un suo libro dedicato all'economia all'idrogeno in cui estende le sue idee di fatale degrado all'intera storia ed attività umane dedicando alla fine pochi capitoli alla

descrizione di una lista di potenziali tecnologie per la produzione e uso dell'idrogeno senza però entrare in una discussione sulla sua integrazione in un ecosistema tecnologico. L'idea di utilizzare l'idrogeno come vettore di energia è sicuramente riconosciuta valida. Nella Fig. 1 abbiamo riportato uno schema di porzione di ecosistema che realizzerebbe questa idea utilizzando energia solare per produrre energia elettrica. Attraverso l'elettrolisi è possibile produrre idrogeno dall'acqua liberando ossigeno. La combustione dell'idrogeno permette poi di ottenere varie forme di energia rigenerando acqua e consumando una quantità di ossigeno equivalente a quella prodotta per elettrolisi, Abbiamo quindi un ciclo chiuso di produzione di energia attraverso il vettore idrogeno a partire da energia solare e senza produzione di gas serra e aumento dell'entropia terrestre. Sempre considerando poi ecosistemi tecnologici che non contribuiscono all'aumento dell'entropia terrestre possiamo immaginare un sistema che utilizza industrialmente l'energia solare per realizzare una fotosintesi simile a quella biologica producendo glucosio. Questo sistema è rappresentato nella Fig. 2. In questo caso il glucosio ottenuto, ma si potrebbe immaginare anche una fotosintesi di metano o altri idrocarburi, può essere trasformato in etanolo per fermentazione e usato direttamente come carburante ovvero disidratato ad etilene che è un importante intermedio per produrre una grande varietà di materie plastiche. Anche in questo caso i cicli del carbonio e dell'acqua che compongono il sistema sono chiusi e non producono gas serra pur fornendo energia e materiali. Possiamo osservare naturalmente che questi sistemi non sono ancora industriali ma potrebbero essere sviluppati. Per lungo tempo si è studiato il silicio come materiale per le celle fotovoltaiche che ha lo svantaggio di essere molto costoso e richiedere forti investimenti per realizzare grandi impianti di produzione. Solo recentemente si è cominciato a studiare materiali alternativi dove una eventuale minore efficienza può essere compensata in grandi impianti da un basso costo di investimento. Lo stesso discorso vale per la fotosintesi industriale dove solo recentemente si conducono ricerche sfruttando ad esempio le nanotecnologie nel campo della fotocatalisi.

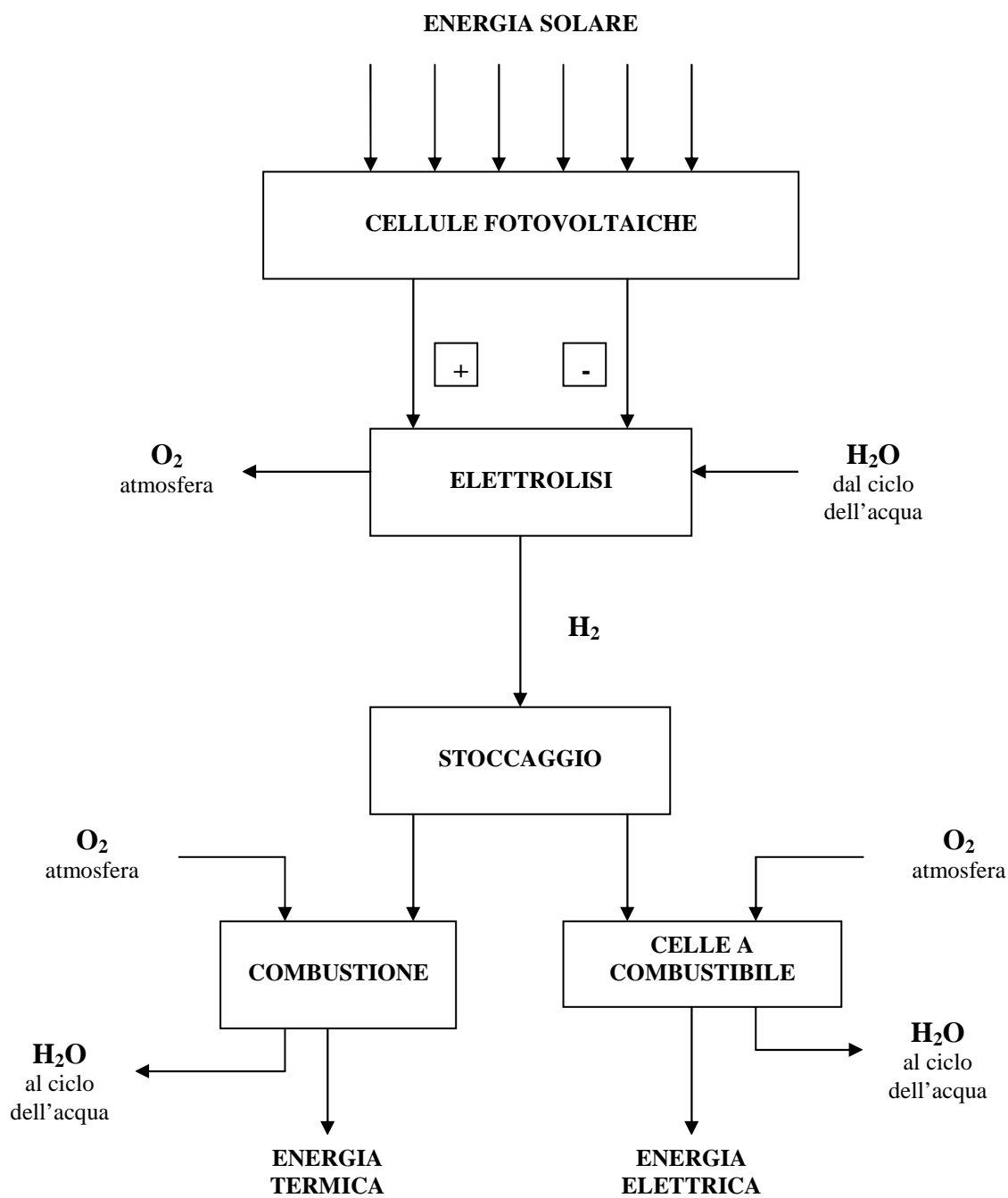
### **Limiti del principio di precauzione**

Il principio di precauzione riguarda i rischi legati allo sviluppo della scienza e della tecnologia e la sua definizione si può far risalire alla cosiddetta Dichiarazione di Wingspread del 1998 così espressa:

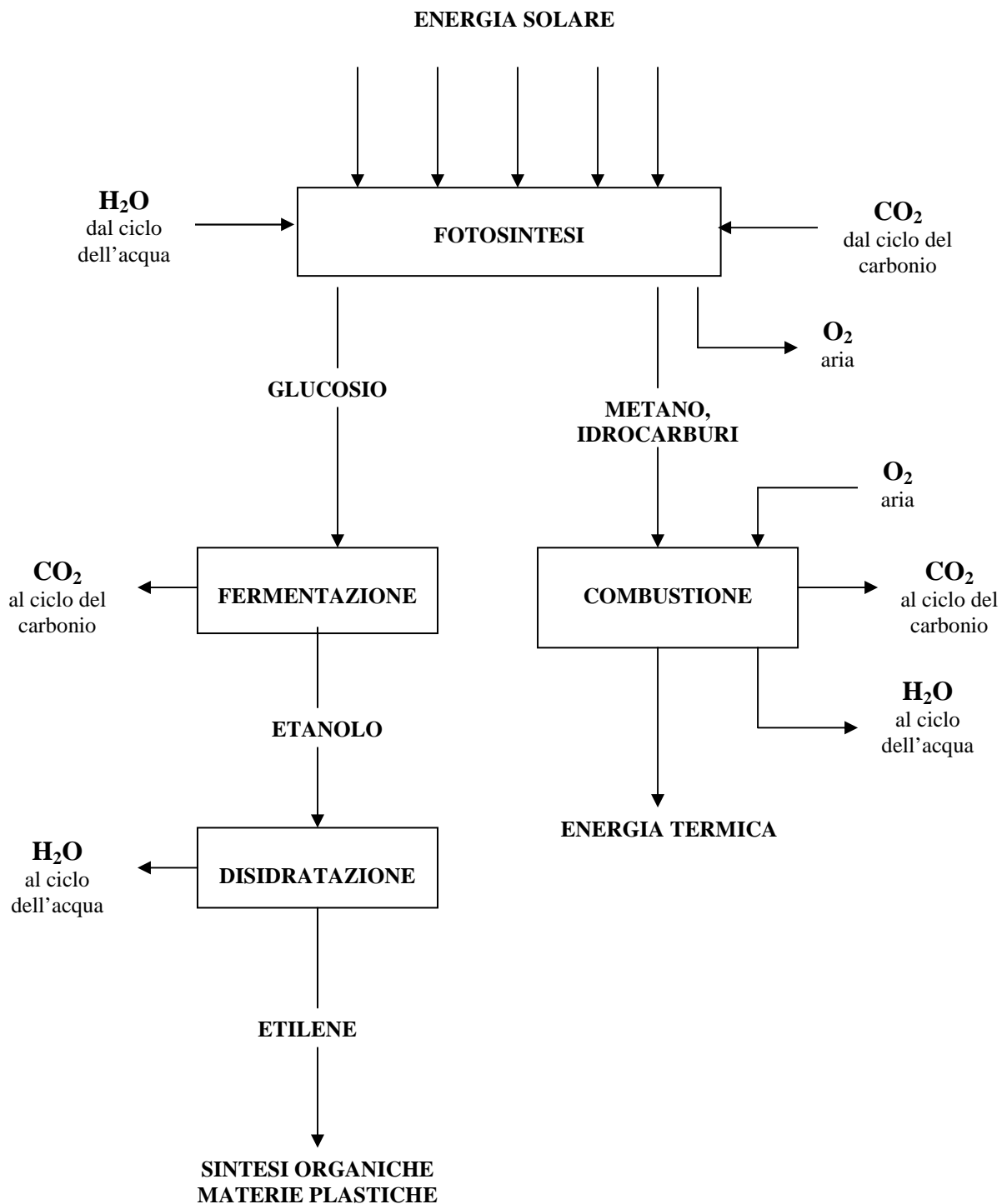
*Quando un'attività presenta rischi potenziali per la salute umana o per l'ambiente, è necessario adottare misure precauzionali, anche se la relazione causa-effetto non è scientificamente dimostrata*

Questo principio è richiamato da un certo ambientalismo per mettere sotto controllo e, se necessario, rallentare lo sviluppo scientifico e tecnico per permettere un loro adeguamento a livello umano e ambientale. Naturalmente a questa posizione si potrebbe controbattere che, invece di arrivare ad arrestare lo sviluppo tecnico e scientifico, sarebbe forse meglio cercare di rendere l'uomo in grado di gestire correttamente il grande sviluppo di queste attività. Resta il fatto che queste idee di controllo e limitazione della scienza e della tecnica contribuiscono sensibilmente a formare nel grande pubblico una visione antiscientifica e antitecnologica.

Il principio in se stesso possiede una notevole ragionevolezza ma si presta però a numerose critiche in particolare al fatto che è scientificamente impossibile determinare in maniera assoluta e in ogni caso l'esistenza o non esistenza di una relazione causa-effetto. Il principio non contiene nessun criterio per limitare o estendere la sua applicazione e l'interpretazione rigorosa di questo principio porterebbe in pratica, visti i limiti scientifici esistenti, alla paralisi di qualsiasi nuova attività scientifica o tecnica poiché non si possono mai escludere in maniera definitiva possibili pericoli. Nasce quindi un conflitto tra il principio di precauzione e il metodo scientifico che è stato sollevato da molti scienziati. In ogni caso il principio di precauzione ha determinato l'atteggiamento di certi



**Fig. 1. Ciclo di produzione e uso dell'idrogeno**



**Fig.2. Ciclo di produzione ed uso del carbonio**



ambientalisti contro nuove tecnologie emergenti come gli organismi geneticamente modificati (OGM) e ora le nanotecnologie. Questa posizione è però criticata anche da scienziati favorevoli all'ambientalismo che segnalano giustamente come l'arresto dello sviluppo di queste nuove tecnologie possano impedire la soluzione di importanti problemi in un momento in cui è richiesta tutta la creatività delle società umane per affrontarli, tenendo conto che la scienza ha comunque a disposizione metodi efficaci per verificare la loro eventuale pericolosità. Occorre notare inoltre che molte critiche ambientaliste ad esempio sugli OGM sono in realtà legate piuttosto all'uso che ne è fatto dalle multinazionali che da pericoli derivanti direttamente da essi. Metaforicamente è possibile osservare nella natura esempi di come essa applica il principio di precauzione per la salvaguardia delle specie nell'affrontare dei pericoli ad esempio nel caso degli gnus che sono erbivori che vivono in branco nelle savane africane. All'arrivo della stagione secca essi devono migrare verso regioni più lontane nelle quali è possibile continuare ad alimentarsi. Per far questo essi devono affrontare l'attraversamento di fiumi infestati da coccodrilli. Giunti alla riva del fiume essi potrebbero scegliere varie maniere per attraversarlo. Fermati da una parte dalla paura, ma allo stesso tempo spinti dalla necessità di migrare, essi potrebbero scegliere di attraversarlo in maniera isolata o in piccoli gruppi facilitando enormemente l'assalto dei coccodrilli e mettendo in pericolo la specie. Oppure possono adottare in maniera rigorosa il principio di precauzione e non attraversare il fiume. Si tratta di una soluzione illusoria poiché la crescente mancanza di cibo condannerebbe comunque, anche se più tardi, la specie all'estinzione. In realtà la natura ha selezionato un comportamento ottimale che consiste nell'attraversare il fiume con un branco compatto dove solo gli animali più deboli e quelli esterni al branco corrono il pericolo di essere assaliti dai coccodrilli. In questo modo con un minimo di sacrificio la specie è salva. Questo esempio tratto, dalla natura, dimostra come sia illusorio cercare la sicurezza assoluta nell'attività umana ma che lo sviluppo e la sopravvivenza potrebbero, anche se ciò non è desiderato e nonostante sia stato fatto di tutto per evitarlo, avere fatalmente delle vittime. La ricerca della sicurezza assoluta con la strategia del non fare non è una soluzione ma semplicemente arrendersi a pericoli futuri per i quali non si avranno disponibili possibili soluzioni e che potrebbero addirittura portare alla fine all'estinzione della specie umana

## **Conclusioni**

In definitiva la tesi principale sostenuta in questo articolo riguarda la considerazione che è la tecnologia e non la natura a permettere la sopravvivenza dell'uomo sulla terra anche se un suo uso improprio può rivelarsi pericoloso e come un farmaco può salvare la vita o uccidere a seconda di come si usa. L'idea che la soluzione dei problemi ambientali umani risieda in un ritorno verso un equilibrio con la natura vista come figura protettrice dell'umanità è contestabile con vari argomenti. e in particolare con il fatto che l'ambiente ha in definitiva un comportamento caotico e che nella sua evoluzione ha estinto la maggior parte delle specie viventi che la natura ha generato. La tecnologia ha sicuramente permesso il forte sviluppo anche numerico dell'uomo sulla terra e, nonostante i suoi pericoli, rimane l'unico mezzo che ha l'uomo per contrastare gli impatti della variabilità dell'ambiente. Il problema non è quindi quello di limitare o arrestare il suo sviluppo ma imparare a dirigerlo nella giusta maniera.