

## Salute degli ecosistemi e salute umana

Giuliano CECCHI e Laura MANCINI

*Dipartimento di Ambiente e Connessa Prevenzione Primaria,  
Istituto Superiore di Sanità, Roma*

**Riassunto.** - Lo studio degli ecosistemi in termini di salute si rifà ad un'impostazione concettuale relativamente recente ma che ha già fornito spunti fecondi in molti settori della gestione ambientale. Uno dei settori di studio più interessanti è quello delle relazioni tra salute umana e salute dell'ecosistema. In questo articolo si vogliono inquadrare teoricamente i termini della questione fornendo dei riferimenti basilari per la comprensione di questa metodologia innovativa. Viene data una definizione di salute dell'ecosistema, si illustrano le possibili cause del degrado e si cerca di individuare i legami tra questo e la salute umana. La metodologia presentata raccomanda di non trascurare il ruolo che i valori sociali e culturali giocano nel modellare il concetto di salute, sia a livello umano che a livello ecosistemico. Vengono inoltre forniti alcuni esempi delle interazioni tra ecosistema e uomo: le attività estrattive e minerarie, che forniscono un ambito particolarmente idoneo all'applicazione del metodo ecosistemico, ed il caso della malaria e del DDT, che mostra i rischi insiti in politiche che non tengano in dovuto conto alcune legittime aspettative umane quali quella alla salute. La conclusione è affidata a spunti per possibili attività di ricerca e ad alcune raccomandazioni per sane politiche nel campo della salute pubblica.

*Parole chiave:* salute, ecosistema, gestione ambientale.

**Summary** (*Ecosystem health and human health*). - The study of ecosystem health is a relatively recent discipline that has already provided new insights into numerous aspects of environmental management. One of the most interesting fields of study is the one investigating the relationships between ecosystem and human health. In this paper some basic terms of reference are given in order to help the understanding of this new approach. One definition of ecosystem health is given, possible causes of degradation are indicated and links with human health are addressed. The ecosystem approach to human health stresses the importance of cultural and social values in shaping the concept of health, both at human and at ecosystem level. Two case-studies showing man-ecosystem interactions are described: mining activities, that provide a suitable field of application of the ecosystem approach, and the case of malaria and DDT, that shows the risks of certain policies neglecting basic human expectations such as health. As a conclusion, some suggestions for possible research activities are given and a few recommendations for sound public health policies are indicated.

*Key words:* health, ecosystem, environmental health.

### Introduzione

L'applicazione del concetto di salute agli ecosistemi è relativamente recente ed ancora oggetto di discussione e definizione. La salute nasce come attributo di organismi e popolazioni di organismi ed in passato se ne è contestato l'utilizzo in riferimento agli ecosistemi, per i quali la definizione di superorganismi risulta impropria. Cionondimeno alcune caratteristiche come l'organizzazione, la struttura e la funzione, proprie degli organismi, trovano diretta applicazione nel dominio degli ecosistemi. In quest'ottica, la salute di un qualunque sistema, sia esso biologico, fisico o meccanico, si configura come la capacità di espletare determinate funzioni e trova quindi perfetta applicazione a livello ecosistemico.

Molto slancio all'introduzione del concetto in ambito pubblico e politico è venuto dai settori della medicina e della salute pubblica mentre alcuni ecologi hanno mosso critiche circa possibili giudizi di valore o desiderabilità insiti nel concetto di salute; altre obiezioni hanno riguardato l'appropriazione di strumenti e terminologie provenienti da altre discipline e concepiti per essere utilizzati a livelli organizzativi diversi rispetto all'ecosistema, come ad esempio l'individuo o la comunità. Ciononostante il riconoscimento del legame profondo tra salute degli ecosistemi e salute umana ha prospettato la possibilità di nuove e feconde strategie di pianificazione, monitoraggio e gestione ambientale. Il riconoscimento dell'opportunità di trattare gli ecosistemi in termini di stato di salute è

stato il primo fondamentale passo per affrontarne le complesse implicazioni. Ad oggi quest'impostazione è ben radicata in molte attività operative e di ricerca volte alla salvaguardia ambientale e si sta rivelando uno strumento molto utile alla definizione di adeguati strumenti conoscitivi ed operativi di difesa e ripristino ambientale.

### Concetto di salute degli ecosistemi

Un ecosistema è un'unità funzionale naturale che combina comunità biotiche ed abiotiche interagenti [1]. Un ecosistema in salute è caratterizzato da tre caratteristiche principali: vigore, resilienza ed organizzazione. Un ecosistema in salute è quindi una componente sostenibile della biosfera che è in grado di mantenere nel corso del tempo la sua struttura (organizzazione) e funzionalità (vigore) a dispetto di sollecitazioni esterne (resilienza) [2]. Per quanto siano noti i servizi e le risorse che un ecosistema fornisce (cibo, riparo, riciclaggio dei rifiuti, acqua ed aria pulita, ecc.) è tuttora difficile definire un indice generale che caratterizzi la salute di un ecosistema, principalmente a causa delle notevoli differenze qualitative e quantitative tra i vari ecosistemi. La ricchezza in biodiversità, ad esempio, è in genere un sintomo di salute ma esistono anche situazioni in cui può indicare un disturbo [3]. A dispetto di queste difficoltà, Rapport [4] ed Odum [5] hanno introdotto il concetto di *ecosystem distress syndrom*, questa sindrome include disturbi quali alterazione nella composizione biotica e nei flussi d'energia, perdita di biodiversità e di nutrienti e, più in generale, perdita d'equilibrio tra gli elementi dell'ecosistema. A questo schema si possono ricondurre molte patologie degli ecosistemi che hanno ricadute negative sulla salute umana e che possono verificarsi ed essere prontamente rilevate in tutto il mondo. Tra queste citiamo l'acidificazione dei laghi, l'inquinamento acuto dei sistemi marini costieri e degli estuari, lo sfruttamento eccessivo di pascoli e la conseguente desertificazione, la perdita del patrimonio ittico e l'invasione di specie esotiche.

Per la corretta definizione del concetto di salute di un ecosistema sono di fondamentale importanza anche le relazioni tra uomo ed ecosistemi. L'uomo è parte integrante degli ecosistemi in cui si trova a vivere. Il nostro impatto su di essi ne ha spesso modificato e danneggiato le funzionalità, compromettendo in molti casi le relazioni psico-sociologiche, fisiologiche, culturali ed economiche che ci legano all'ambiente che ci circonda. Il fattore umano non può essere isolato dallo studio degli ecosistemi a meno di non perdere ogni possibilità di operare efficacemente alla loro difesa. Una corretta definizione del concetto di salute deve tener conto del complesso di relazioni che

legano l'ambiente ai suoi fruitori. Per l'elaborazione di politiche di tutela efficaci e condivise è fondamentale un processo partecipativo che coinvolga quanti più soggetti possibili, includendo i proprietari terrieri, gli agricoltori, i gestori delle risorse naturali e le istituzioni.

### Cause del degrado degli ecosistemi

A dispetto delle alterazioni locali dovute all'apporto di inquinanti specifici, l'aspetto più rilevante dell'impatto delle attività umane sugli ecosistemi è la sua scala globale. Secondo il Programma ambientale delle Nazioni Unite (UNEP-United Nations Environmental Program), l'ambiente ha proseguito nel suo degrado durante l'ultimo decennio. L'umanità ha modificato circa il 50% della superficie delle terre emerse, utilizza il 50% delle acque dolci superficiali ed è responsabile del 20% della concentrazione di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) nell'atmosfera e del 60% della fissazione di azoto. Le attività umane sono anche responsabili della creazione di aree agricole a spese di molte comunità naturali e di numerosi servizi ecosistemici. Motivo di preoccupazione sono anche le perdite in qualità e quantità del patrimonio forestale di molte aree temperate e boreali a causa dell'inquinamento e della deforestazione che, nelle aree tropicali, procede ad un tasso annuo pari a 0,7%. Problemi come la desertificazione e la siccità hanno scala globale e colpiscono più di 900 milioni di persone in 100 nazioni. Circa il 25% delle terre emerse sono soggette a degrado, la desertificazione è in corso sul 30% delle aree irrigate e sul 47% delle terre agricole alimentate dalle piogge. Le funzioni ecologiche di più della metà delle aree umide sono state alterate. La biodiversità globale delle acque dolci sta diminuendo in misura significativa. Ad oggi un terzo della popolazione mondiale vive in condizioni di carenza idrica, principalmente in Africa settentrionale ed in Asia centrale. Le acque costiere sono contaminate da fonti terrestri, in particolare reflui urbani, che causano eutrofizzazione. Molte risorse ittiche sono classificate come sovrasfruttate. La distribuzione spaziale e temporale delle precipitazioni sta cambiando. Tutti questi fenomeni iniziano a determinare effetti negativi anche sulla salute umana.

### Metodo ecosistemico per la salute umana

Il metodo ecosistemico per la salute si riferisce agli aspetti diagnostici, preventivi e predittivi della gestione degli ecosistemi ed indaga le relazioni che legano salute umana e salute degli ecosistemi. In quest'ottica si cerca l'ottimizzazione delle capacità di autorinnovamento di

un ecosistema senza precludere ragionevoli aspettative umane. Questo metodo non trascura il ruolo che i valori sociali giocano nel modellare il concetto di salute sia a livello umano che a livello ecosistemico.

Esistono molti problemi di salute umana connessi a cause ambientali. Tra queste cause possiamo individuare due categorie: la prima riguarda il ritardo nello sviluppo, inteso come incapacità di affrontare rischi naturali o inaccessibilità di risorse o servizi ambientali essenziali; la seconda è relativa allo sviluppo non sostenibile come causa di degrado dell'ecosistema. In questo quadro i principali elementi di analisi sono le modificazioni ambientali, le evoluzioni della società e la caratterizzazione dei rischi biologici e chimici cui è sottoposto l'ambiente.

Lo studio delle relazioni tra salute degli ecosistemi e salute umana presuppone un'analisi a scala locale, regionale e globale. Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità [6] le principali tendenze della salute umana a livello mondiale vedono:

- aumento nell'aspettativa di vita;
- diminuzione della mortalità infantile nella maggior parte delle nazioni in via di sviluppo;
- riduzione dell'incidenza di alcune malattie vaccinabili;
- aumento dell'incidenza di alcune malattie croniche non infettive e diffusione dell'HIV/AIDS.

Nonostante tre di queste quattro tendenze siano positive, in molte parti del mondo continuano a verificarsi numerose malattie curabili e morti premature, per alcune delle quali contribuiscono negativamente fattori ambientali. Il degrado della salute umana, dovuto a quello dell'ecosistema, può essere descritto come una "malattia risultante dallo sconvolgimento dell'equilibrio interno dovuto ad elementi esterni" [7]. Le conseguenze del collasso dell'ecosistema ricadono sull'uomo dal fronte fisico, biologico, economico e sociale. È quindi essenziale la ricerca di nuovi e migliori metodi per la valutazione delle disfunzioni degli ecosistemi che rappresentano l'unità funzionale di base dell'ambiente naturale.

#### *Impatto sulla salute umana del degrado dell'ecosistema*

Il degrado degli ecosistemi sia terrestri che acquatici può avere impatti significativi sulla salute umana. L'inquinamento delle acque dolci e degli ecosistemi marini è causa ogni anno di milioni di decessi potenzialmente evitabili. I meccanismi con cui l'acqua può danneggiare la salute sono numerosi: consumo d'acqua o di prodotti ittici contaminati, contatto con invertebrati acquatici, mancanza d'acqua o infezioni diffuse da vettori collegati alla sua presenza. Proliferazioni algali in regioni costiere sono responsabili di avvelenamenti, disordini neurologici, gastroenteriti

ed altre malattie [8, 9]. Ecosistemi acquatici come stagni e pozze, influenzati dai cambiamenti climatici, costituiscono l'ambiente riproduttivo per determinati parassiti e vettori di malattie; la modifica nei regimi idrici di questi sistemi può modificare l'incidenza di tali malattie. L'aumento di eventi alluvionali in conseguenza di cambiamenti nelle precipitazioni può causare contaminazione delle fonti di approvvigionamento idrico, in particolare di tipo fecale [6].

Anche il degrado degli ecosistemi terrestri pone numerosi motivi di preoccupazione. Tra le cause più influenti di alterazione citiamo l'espansione dell'agricoltura, la deforestazione, le attività minerarie, la costruzione di dighe, i progetti d'irrigazione e la scarsa attenzione alla pianificazione dello sviluppo e delle attività urbane. Queste determinano una maggiore esposizione a sostanze tossiche (es. pesticidi) e ad agenti infettanti. La perdita di diversità di specie erode la diversità genetica. In aggiunta, 20000 piante medicinali tradizionali al mondo sono a rischio di sovrasfruttamento [10]. La deforestazione determina un aumento di carico di nutrienti nel ciclo idrologico, modifica habitat naturali e si traduce anche in un aumento della diffusione di malattie infettive e depressive. Estesi incendi dolosi a scopo di deforestazione, principalmente nel sud est asiatico, nelle regioni caraibiche, in Africa e nell'ex URSS, hanno pesanti ripercussioni sulla copertura del suolo, la biodiversità, il clima e le malattie respiratorie.

Nell'ambito delle conseguenze sanitarie dei cambiamenti climatici, esiste un sostanziale accordo tra tutti gli scienziati nell'indicare la diffusione di malattie infettive come la singola e più pericolosa minaccia alla salute umana posta dal cambio del clima [11]. È infatti vero che insetti portatori di malattie potranno in futuro spingersi a latitudini ed altitudini maggiori. È probabile un aumento di malaria, dengue, febbre gialla ed alcuni tipi di encefaliti virali. Altri effetti, diretti e non, delle modificazioni dei regimi termici e meteorologici riguardano l'alterazione nella produttività di alimenti e la malnutrizione, l'innalzamento del livello dei mari, le malattie allergiche e respiratorie ed i disturbi psicologici [6].

#### *Collegamento tra degrado dell'ecosistema e salute umana*

Il collegamento tra il degrado dell'ecosistema e la salute umana è un argomento problematico, per il quale molta è ancora la strada da percorrere e molti sono i limiti delle conoscenze disponibili. In primo luogo, per molti dei potenziali impatti del degrado degli ecosistemi sulla salute umana le informazioni su cui costruire una valutazione di rischio sanitario standard sono inadeguate. In secondo luogo, molti studi sono orientati più agli aspetti sociali, economici

e demografici della questione piuttosto che a quelli ecosistemici; inoltre gli aspetti medici e quelli ecosistemici vengono spesso affrontati separatamente senza una successiva integrazione e rilettura organica. In ultimo, nella ricerca delle cause ambientali dei problemi sanitari gli scienziati tendono a considerare l'impatto di sostanze singole piuttosto che gli effetti aggregati della combinazione di più fattori [12]. Purtroppo le scienze empiriche incontrano dei notevoli problemi nel trattare le incertezze insite in sistemi così complessi e nella relativa modellizzazione. Tutto questo fa sì che molte conclusioni siano basate sul presupposto che i legami tra degrado degli ecosistemi e salute delle popolazioni rimangono inevitabilmente più presunte che dimostrate [13].

Nonostante ciò esiste una imponente massa di raccomandazioni, pronunciamenti e dichiarazioni da parte di politici, umanisti, società ed agenzie che, con diversi accenti ed enfasi, mettono in guardia contro gli effetti nocivi del degrado degli ecosistemi.

Secondo McMichael [14], una migliore comprensione, valutazione e gestione del problema dell'impatto ambientale sulla salute umana necessita di tre componenti:

- ricerca pratica nel campo dell'impatto sanitario dei cambiamenti ambientali (ad es. indagini sulla relazioni del tipo dose-risposta, causa-effetto, studi epidemiologici, creazione di basi di dati);
- modellizzazione ambientale per la previsione dell'evoluzione della salute di individui e popolazioni;
- previsione e stima di possibili scenari futuri (es. cambio climatico e sua influenza sulla salute umana e sulla distribuzione geografica degli insetti portatori di infezioni).

Alla luce di queste considerazioni i fronti su cui devono muoversi ed operare i soggetti deputati alla tutela della salute sono quelli di una migliore comprensione delle minacce poste dal degrado degli ecosistemi e del rafforzamento dei rapporti di collaborazione per un avanzamento delle conoscenze e l'estensione delle risorse informative.

Particolare attenzione deve essere posta allo sviluppo di metodi transdisciplinari nello studio dell'impatto sulla salute umana della disintegrità ecologica. Un buon punto di partenza per il coordinamento di questi nuovi metodi potrebbe essere l'epidemiologia.

L'epidemiologia può essere definita come "lo studio della distribuzione e delle cause determinanti relative a stati od eventi collegati alla salute di specifiche popolazioni e delle susseguenti applicazioni a problemi di controllo della salute" [15]. L'epidemiologia è quindi la scienza applicata alla base della formulazione delle politiche sanitarie pubbliche. In questa ottica essa si propone come uno degli ambiti ottimali in cui collegare le questioni ecologiche, biologiche e climatologiche con quelle sanitarie e sociali [16].

Le principali cause di alterazione dell'integrità ecologica sono indotte dall'uomo e di conseguenza potenzialmente controllabili. Tra queste citiamo il sovracconsumo, l'aumento della popolazione e l'uso inappropriato delle tecnologie. Per evitare il verificarsi di potenziali disastri è necessaria l'adozione di politiche innovative che devono essere supportate e condivise dall'opinione pubblica. Per raggiungere questo obiettivo è fondamentale dimostrare scientificamente gli effetti negativi del degrado degli ecosistemi sulla salute pubblica.

Gli epidemiologi hanno a disposizione molti strumenti per individuare distribuzione e determinanti delle malattie all'interno delle popolazioni. Questi strumenti comprendono i metodi sperimentali, come le prove controllate, e le osservazioni, che ricadono nella categoria degli studi descrittivi. Esistono poi gli studi analitici, come quelli sui determinanti delle malattie e quelli eziologici che cercano di collegare l'esposizione a determinate sostanze o condizioni all'insorgere di particolari malattie. C'è da notare che molto di frequente lo spunto per l'avvio di una ricerca epidemiologica proviene non tanto dai risultati di studi di base (ad es. tossicologici) quanto da evidenze di tipo aneddotico, portate all'attenzione dell'epidemiologo, cui si richiede di quantificare le questioni così sollevate. Qualcosa di analogo è accaduto anche con i determinanti ambientali, ovvero ci sono stati numerosi appelli agli epidemiologi per affrontare la relazione tra cause ambientali e salute pubblica, ovvero indagare le radici "lontane" delle malattie. Il passaggio ad un metodo ecosistemico richiederebbe però agli epidemiologi una evoluzione dei paradigmi da essi utilizzati nei modelli e nei metodi di ricerca. Da una impostazione riduzionista si dovrebbe passare ad una più sistemica ed olistica con l'adozione di metodi transdisciplinari, metodi che molto spesso sono caratterizzati dall'emersione di nuovi concetti.

Nel campo dell'integrità degli ecosistemi, esistono ormai innumerevoli esempi di quelle evidenze aneddotiche che in passato hanno giustificato studi epidemiologici di grande utilità e successo. Tra queste ricordiamo il declino della biodiversità, le estinzioni, i cambi climatici, la diffusione di malattie infettive ed il progressivo degrado di ecosistemi acquatici e terrestri. Il numero di ecorifugiati nel 1998 ha per la prima volta superato quello dei rifugiati di guerra. Ciononostante i primi tentativi di stabilire nessi di causalità tra misure di alterazione ecologica e indicatori di salute o benessere forniscono risultati di complessa interpretazione.

Una possibile strada per indagare la questione consiste nella ricerca di correlazioni tra indicatori d'alterazione ecologica ed indicatori di salute o benessere [17], aggregati per esempio a livello nazionale. Un controllo rispetto a fattori socio economici permette poi di normalizzare i risultati

rispetto alle relative disparità tra nazioni. Tra i parametri di alterazione ecologica si possono utilizzare:

- la percentuale di territorio disturbata dall'attività umana;
- la percentuale di specie minacciate;
- la percentuale di aree protette (totalmente o parzialmente) sul totale del territorio nazionale;
- le aree forestali attuali rispetto a quelle di epoca preagricola;
- la percentuale di deforestazione annua.

Come indicatori di salute e benessere si possono utilizzare l'attesa di vita alla nascita, il tasso di mortalità infantile e la percentuale di nascite di bambini sottopeso. Per quanto riguarda i fattori per la normalizzazione socioeconomica, si possono considerare le emissioni procapite di CO<sub>2</sub>, la percentuale di urbanizzazione, la densità di popolazione, il prodotto interno lordo (PIL), gli indici di disparità nella distribuzione del reddito e l'alfabetizzazione.

I risultati di questo studio sono fortemente influenzati dal livello di sviluppo ed industrializzazione delle nazioni in questione. In linea generale appare che la salute umana sembra essere disconnessa dalla salute degli ecosistemi ed anzi le nazioni che tendono ad un impoverimento degli ecosistemi mostrano prestazioni sanitarie superiori. Questi risultati non riescono però a tener conto di come il commercio e la tecnologia riescano ad allontanare i luoghi in cui risorse e servizi ecologici vengono prodotti da quelli in cui vengono consumati. Questo studio conferma a livello mondiale quello che il rapporto città e territorio circostante mostrano a livello locale: la capacità della nostra specie di sopravvivere in isole di disintegrità ecologica (le città) traendo vantaggio da ecosistemi integri ed in salute siti altrove. I risultati citati indicano che futuri studi in questo campo dovranno non solo rivolgersi a nuovi metodi, fonti di dati e modelli ecologici, ma dovranno anche riconoscere che la tecnologia ed il commercio mascherano le vere correlazioni tra salute umana ed integrità ecologica.

*Metodo ecosistemico per salute umana:  
due casi di studio*

*Attività minerarie ed estrattive.* - Il metodo ecosistemico considera l'ecosistema come punto di partenza per la comprensione della natura delle sollecitazioni esercitate sulla salute umana e per il suo miglioramento. Esso fa riferimento ad una ben determinata concezione di salute che supera il paradigma biomedico e promuove metodi di ricerca derivati da una visione olistica, in grado di affrontare efficacemente le varie dimensioni della salute umana [18].

Le attività minerarie, pur creando benefici ed opportunità per le persone e le comunità interessate, sono una delle tensioni sugli ecosistemi che presentano rischi per la salute umana e per l'ambiente.

Il coinvolgimento di tutti i soggetti interessati ne presuppone l'individuazione. Nell'ambito delle attività minerarie i soggetti coinvolti sono i governi o le amministrazioni locali, le imprese, le comunità locali e gli ecosistemi.

Per quanto riguarda i governi, gli ultimi anni hanno visto i fenomeni duali e non necessariamente causali della democratizzazione e dell'adozione di politiche neoliberiste relative al commercio ed all'investimento estero [19]; molti governi di nazioni in via di sviluppo hanno creato le condizioni favorevoli agli investimenti esteri tramite sostanziali modifiche delle politiche e delle normative in materia estrattiva. Purtroppo le strutture fortemente centralizzate di questi governi hanno raramente permesso il coinvolgimento di soggetti locali nel processo decisionale [20]. Quando poi sono stati fatti sforzi nella direzione della decentralizzazione, sono emerse debolezze nella capacità di gestione da parte delle amministrazioni locali [21], spesso prive di adeguati fondi e supporti [20].

La rivoluzione del quadro legislativo in alcune nazioni ha spinto molte imprese minerarie del Nord del mondo ad investire nell'esplorazione nel Sud del mondo. In alcuni casi questo è stato anche incoraggiato dalle differenze nel costo del lavoro, nella tassazione e nella legislazione ambientale. Il comportamento all'estero di queste imprese, soprattutto di quelle di più piccole dimensioni, in assenza di appropriate normative ambientali tende ad essere irresponsabile [23]. Nonostante molte imprese riconoscano l'importanza del coinvolgimento delle comunità locali, spesso gli strumenti concettuali a loro disposizione risultano inadeguati a mettere in atto il proposito. Un discorso differente va fatto per le attività estrattive di tipo artigianale o comunque di piccola scala le quali sperimentano oggi una rifioritura. Queste impiegano di prevalenza lavoratori non specializzati in condizioni spesso precarie. Le ricadute positive a livello locale dello sviluppo di queste attività non possono essere negate, mentre l'evasione fiscale ed il contrabbando impediscono spesso un ritorno positivo a livello nazionale. Corollario frequente di queste attività sono tensioni con le comunità residenti e seri impatti ambientali che le nazioni in via di sviluppo hanno notevoli difficoltà a controllare [24].

Le comunità e gli ecosistemi locali rappresentano l'altro soggetto chiave nel processo di espansione mineraria. Le attività minerarie su larga scala, patrimonio storico di nazioni più ricche e di climi temperati, vengono esportate presso comunità ed ecosistemi spesso fragili perché pressati già da diffusa povertà, disparità economiche e situazioni di pesante sfruttamento delle risorse per fini di sussistenza o di esportazione. Ad aggravare il quadro, le imprese ed i governi non hanno accompagnato l'apertura dei mercati con un adeguato approfondimento delle tematiche culturali e sociali ed essi collegate.

La tipologia e le modalità di realizzazione dell'attività mineraria influenzano fortemente l'ampiezza degli impatti sugli ecosistemi. Lo sviluppo di attività minerarie avviene di norma in tre fasi: esplorazione e costruzione, che possono durare dai 5 ai 10 anni, l'operazione che facilmente supera i 50 anni, e la chiusura e ripristino, in genere concluse nel giro di un paio d'anni.

Per quanto riguarda gli effetti ambientali dell'esplorazione, possono interessare superfici più estese della successiva coltivazione, ma in genere hanno una durata inferiore e risultano meno distruttivi.

Tra i vari fattori, la costruzione di strade ed i trasporti sono molto di frequente la primaria causa di impatto ambientale in fase di esplorazione. Quando un deposito adeguato è stato individuato, l'esplorazione cede il passo alla costruzione. Essendo localizzata spesso in zone remote e scarsamente popolate, alla realizzazione della miniera o della cava in moltissimi casi si accompagna un'intensa immigrazione, apertura di piste e strade, deforestazione e sfruttamento di risorse idriche, il tutto nella quasi totale assenza di leggi e controlli ambientali [25].

Una volta realizzata, la coltivazione di una cava o di una miniera è sempre caratterizzata da un'imponente produzione di materiali di scarto in forma solida, liquida e gassosa, larga parte dei quali possono essere classificati come pericolosi. Gli scarti si presentano nella forma di copertura superficiale, sfridi, residui di fusione, fanghi, acque tossiche mineralizzate, fumi ed emissioni gassose [26].

Per quanto riguarda la gestione delle operazioni di chiusura di un sito, è relativamente recente lo sviluppo di una sensibilità rivolta al ripristino ed alla minimizzazione degli impatti. Storicamente, i problemi più comuni associati all'esaurimento di un sito minerario erano l'alterazione della topografia, il drenaggio superficiale e sub-superficiale, il disturbo alla vegetazione ed ai suoli e l'abbandono di strade, strutture ed edifici. Particolarmente pericolose sono le attività di tipo artigianale in quanto in questi casi i siti vengono semplicemente abbandonati.

Le conseguenze dell'attività mineraria investono la sfera fisica e mentale di individui e comunità. Un primo livello di impatto riguarda ovviamente i lavoratori. Nessun dubbio esiste sul fatto che il lavoro in miniera sia estremamente negativo per il benessere fisico degli individui. La storia delle malattie professionali nasce proprio con studi su popolazioni di minatori. Le polveri diffuse negli ambienti estrattivi sono stati la causa principale di innumerevoli malattie respiratorie, dal *black lung disease* alla silicosi, al rischio della quale sono esposti oltre 8 milioni di lavoratori nel solo Sud America. Altri problemi spesso incontrati in questi posti di lavoro riguardano i rumori e le vibrazioni, l'esposizione a calore, gas e vapori di miniera.

Ad una scala più ampia, le operazioni minerarie possono colpire aree circostanti, anche a grande distanza, impattando su coltivazioni, allevamenti e su vari altri livelli della catena alimentare. Questo avviene tramite la diffusione di gas e solidi o la dispersione di materiali tossici; per quanto riguarda questi ultimi, sono le acque sotterranee i più pericolosi veicoli di diffusione.

*DDT e malaria: storia di un conflitto tra salute, ambiente, scienza, politica ed economia.* - In questa sezione viene affrontato il problema dell'uso del DDT come strumento per combattere la malaria. La questione ha una storia lunga, complessa e per alcuni versi controversa. Si è però scelto di affrontarla perché la si considera un esempio molto utile per illustrare le complesse relazioni e conflitti che possono instaurarsi tra istanze ambientaliste, scienza e salute umana. In un'ottica se possibile ancora più ampia, la questione del DDT e della malaria mostra come le priorità sanitarie avvertite nelle varie nazioni e regioni del mondo possano essere molto diverse e come l'esportazione di paradigmi da paesi sviluppati verso quelli meno sviluppati possa essere inappropriata ed a volte deleteria.

Uno studio del 1994 ha evidenziato che la malaria colpiva più persone di qualunque altra malattia al mondo, oltre 500 milioni, uccidendo, secondo alcuni esperti, 2 milioni di persone all'anno, principalmente in Africa, e causando disturbi cronici nei sopravvissuti [27]. La campagna di sradicamento degli anni sessanta ha eliminato la malattia dal Nord America e dall'Europa, ma ha escluso l'Africa sub-sahariana. Ciò è avvenuto sia per la mancanza di capacità tecnologiche sia perché le dimensioni del problema hanno fatto ritenere l'impresa irrealizzabile. A seguito di questo periodo, l'atteggiamento internazionale nei confronti del problema è passato dal tentativo di sradicamento al controllo. I risultati rapidi e sorprendenti ottenuti negli anni sessanta sono stati rimpiazzati da una gestione di lungo termine prudente e dai risultati limitati. A questo mutato atteggiamento è corrisposta una cospicua riduzione dei fondi stanziati a livello internazionale per combattere la malattia. Ad esempio, l'Organizzazione Mondiale della Sanità, che nel 1960 stanziava il 30% del suo bilancio per combattere la malaria, alla fine degli anni '90 allocava per questo medesimo scopo solo il 5% dei suoi fondi. Come conseguenza, il gravoso carico è passato alle singole nazioni colpite che spesso non hanno adeguate risorse, competenze tecniche e infrastrutture amministrative per condurre efficaci programmi di lotta [28].

Tra le varie misure che si possono utilizzare per combattere la malaria, in questa sede si vuole affrontare solamente la questione del controllo ed eventuale sradicamento del vettore della malattia, la zanzara

anofele, in relazione all'uso del DDT. In passato il DDT (dicloro-difenil-tricloroetano) si è dimostrato essere il pesticida più efficace nei confronti delle zanzare: economico, efficiente e facile da utilizzare. Nonostante queste caratteristiche, il suo utilizzo è oggi fortemente disincentivato, se non esplicitamente proibito, in moltissimi paesi del mondo. Ciò è avvenuto in seguito alle pressioni esercitate da alcune organizzazioni ambientaliste, in particolar modo negli Stati Uniti d'America. Sfortunatamente, molta della propaganda anti-DDT, basata sulla sua supposta pericolosità, si è dimostrata essere poco accurata e prematura nonché, a volte, ispirata da ambizioni di tipo politico [28]. Il divieto statunitense è stato poi forzatamente esportato in molte altre nazioni con il conseguente aumento della diffusione della malaria e delle morti ad essa collegate. Le prove dell'efficacia del DDT come insetticida sono ampiamente documentate. Ci limitiamo a fornire un esempio dell'efficacia del DDT nella lotta contro la malaria: nel 1948 nello Sri Lanka i casi di malaria erano 2,8 milioni; nel 1963, a seguito dell'introduzione del DDT, il numero di casi era sceso a 17. Nel 1964 ne fu interrotto l'uso ed i casi, nell'arco di 5 anni, risalirono a 2 milioni e mezzo. La moratoria al DDT fu dichiarata da parte dell'EPA (United States Environmental Protection Agency) sulla base di tre presupposti:

- il DDT era un pericolo per gli uccelli, in special modo rapaci;
- il DDT era cancerogeno per l'uomo;
- il DDT aveva un tempo di vita nei suoli indefinito ed avrebbe costituito un minaccia permanente per gli insetti ed altre forme di vita.

Queste assunzioni sono state successivamente studiate in maggiore profondità e gli attuali convincimenti risultano molto diversi. Alcuni esempi possono chiarire la misura di questa distanza.

Per tutto il periodo d'uso del DDT negli Stati Uniti il numero dei rapaci ha continuato a crescere, come è continuata a crescere dal 1941 al 1972 (nelle misura del 12%) la popolazione dei pettirossi, la specie indicata dal Rachel Carson come vittima dello sterminio operato dal DDT [29]. Sono noti alcuni casi di disturbo al ciclo riproduttivo degli uccelli ma sono collegati ad incidenti o ad uso irresponsabile del DDT e comunque circoscritti ad aree limitate. Nel 1978 l'US National Cancer Institute dichiarò che il DDT non era cancerogeno. Nessun effetto cancerogeno sull'uomo è stato mai osservato. In effetti la dose necessaria per l'avvelenamento umano è così elevata (circa 100 g) che quasi tutti i casi di avvelenamento da DDT sono stati dovuti ad incidenti o suicidi [30].

Su un punto c'è ormai un accordo piuttosto esteso: i danni ambientali che hanno portato alla messa al bando del DDT erano dovuti al suo uso massiccio in agricoltura, spruzzare una quantità limitata nelle case non ha probabilmente gravi conseguenze per l'ambiente.

Il processo che, partendo dagli Stati Uniti, ha portato al divieto dell'uso del DDT è stato messo in moto da una serie complessa di fattori. Spesso la ricerca di prove scientifiche è stata subordinata a priorità di tipo giuridico, politico od economico. Anche in periodi più recenti il dibattito su questo argomento è rimasto molto polarizzato. Il fatto che la lotta per mettere al bando il DDT abbia gettato le basi del movimento ambientalista non ha contribuito ad un'analisi serena ed equilibrata della questione. È opinione di molti che l'America e l'Europa abbiano usato il DDT in modo irresponsabile per spazzare via la malaria, non per controllarla; poi quando si sono resi conto dei possibili danni all'ecosistema hanno impedito a paesi molto più poveri e più malati di usarlo anche nel modo più sicuro.

L'esempio del DDT e della malaria è solo uno dei casi in cui le preoccupazioni non adeguatamente motivate per la salute degli ecosistemi possono entrare in conflitto con la salute umana. Altrettanto insidiosi sono i casi in cui preoccupazioni per la salute umana maturate nel primo mondo vengono esportate nei paesi in via di sviluppo senza una contestualizzazione adeguata. Un esempio è quello della clorazione delle acque per uso potabile. Nei tardi anni 80 in Perù il sospetto di cancerogenicità di alcuni composti derivanti dal cloro portò a livelli di clorazione inferiori agli standard raccomandati dall'OMS; questa scelta contribuì allo scatenarsi di un epidemia di colera che, tra il 1991 ed il 1996, uccise più di 6000 persone colpendone 800 000 [31].

Le situazioni sopra descritte dimostrano la necessità di una strategia ampia alle questioni della salute degli ecosistemi e della salute umana, una strategia capace di superare l'ottica riduzionista e di abbracciare le complesse dinamiche che legano l'ambiente all'uomo, con tutte le sue attività, aspirazioni e specificità.

## Conclusioni

Nonostante la complessità delle relazioni tra salute dell'ecosistema e salute umana, le attuali conoscenze sono sufficienti a tracciare la rotta per future ricerche e politiche che permettano degli avanzamenti nel campo della salute pubblica.

Nonostante i programmi politici abbiano come orizzonte temporale il quadriennio o quinquennio elettorale, studi di impatto delle attività umane sull'integrità ecologica, sulla salute e sul benessere umano dovrebbero estendersi ad orizzonti temporali più ampi che vadano dai 30 ai 60 anni.

La ricerca dovrebbe indirizzarsi verso il reperimento di dati e parametri maggiormente rilevanti i quali permettano lo sviluppo d'indicatori di primo impatto (es. salute mentale, alterazioni endocrine, indicatori di benessere personale e sociale). L'utilizzo della scala

ecoregionale, rispetto a quella nazionale, potrebbe permettere un più corretto collegamento con le variabili ecologiche. Bisognerebbe incoraggiare i progetti di monitoraggio rivolti alla sorveglianza a livello globale. Un grosso sforzo andrebbe rivolto allo sviluppo di nuovi metodi e modelli per la valutazione del rischio associato al degrado degli ecosistemi. A questo fine è essenziale una sintesi dell'enorme mole di dati derivanti dagli ambiti più diversi ed uno sviluppo concettuale nei metodi di valutazione del rischio, attualmente inadeguati a trattare il grande numero di variabili coinvolte nei processi ecologici in questione. Per quanto riguarda il campo delle politiche, il degrado degli ecosistemi richiede il potenziamento delle infrastrutture deputate alla gestione e mitigazione dei più probabili scenari futuri. Ad esempio è necessario il rafforzamento dei servizi a sostegno delle emergenze e delle calamità.

Dal punto di vista politico ed amministrativo, è necessaria una maggiore integrazione e collaborazione tra i diversi livelli istituzionali deputati alla gestione delle misure di protezione e mitigazione.

Particolarmente importante è la piena integrazione del principio di precauzione nel pensiero economico, sociale e legale.

Lavoro presentato su invito.

Accettato il 3 ottobre 2005.

#### BIBLIOGRAFIA

- LaRoe ET, Farris GS, Puckett CE, Doran PD, Mac MJ (Ed.). *Our living resources: a report to the nation on the distribution, abundance, and health of US plants, animals, and ecosystems*. Washington DC: US Department of the Interior, National Biological Service; 1995.
- Mageau MT, Costanza R, Ulanowicz RE. The development and initial testing of a quantitative assessment of ecosystem health. *Ecosystem Health* 1995;1:201-13.
- Ehrenfeld D. The marriage of ecology and medicine: Are they compatible? *Ecosystem Health* 1995;1:15-21.
- Rapport DJ, Regier HA, Hutchinson TC. Ecosystem behavior under stress. *American Naturalist* 1985;125:617-40.
- Odum EP. Trends expected in stressed ecosystems. *BioScience* 1985;35:419-22.
- McMichael AJ (Ed.). *Climate Change and Human Health: An assessment prepared by a task group on behalf of the WHO, WMO, and UNEP*. Geneva: World Health Organization; 1996.
- Odum EP. Profile analysis and some thoughts on the development of the interface area of environmental health. *Ecosystem Health* 1995;1:41-6.
- United Nations Environment Programme (UNEP). *Global Environment Outlook*. New York and Oxford: Oxford University Press; 1997.
- Emerging diseases as indicators of change*. Health Ecological and Economic Dimensions (HEED), Global Change Program, Marine Ecosystems; 1999.
- United Nation Environmental Program. *Global Biodiversity*. Nairobi: UNEP/GEMS Environmental Library, 11; 1993.
- Kingsnorth P. Prospects for life in a destabilised climate: Human Health on line. *The Ecologist* 1999;29:92-3.
- Kochtcheeva LV, Singh A. An ecosystem approach to human health. In: Rapport DJ, Lasley BL, Rolston DE, Nielsen NO, Qualset CO, Damania AB (Ed.). *Managing for Healthy Ecosystems*. USA: Lewis Publishers; 2003. p. 603-16.
- Feshbach M, Friendly A. *Ecocide in USSR: health and nature under Siege*. New York: Harper Collins; 1992.
- McMichael AJ. Global environmental change and human health: impact assessment, population vulnerability, and research priorities. *Ecosystem Health* 1997;3:200-10.
- Last JM (Ed). *A dictionary of epidemiology, 4th ed*. New York: Oxford University Press; 2001.
- Soskolne CL. Measuring the impact of ecological disintegrity on human health. A role for epidemiology. In: Rapport DJ, Lasley BL, Rolston DE, Nielsen NO, Qualset CO, Damania AB (Ed.). *Managing for healthy ecosystems*. USA: Lewis Publishers; 2003. p. 259-65.
- Sieswerda LE. *Towards measuring the impact of ecological disintegrity on human health, (master's thesis)*. Canada: University of Alberta; 1999.
- Label J, Burley L. The ecosystem approach to human health in the context of mining in the developing world. In Rapport DJ, Lasley BL, Rolston DE, Nielsen NO, Qualset CO, Damania AB (Ed.). *Managing for healthy ecosystems*. USA: Lewis Publishers; 2003. p. 819-33.
- Brown BS. Developing countries in the international trade order. *Northern Ill Univ Law Rev* 1994;14:347-406.
- Clark A. Mining related social and cultural issues. The East Asian perspective. In: McMahon G (Ed.). *Mining and the community. Results of the Quito Conference EMT occasional paper n° 11*. Washington: The World Bank, Energy, Mining and Telecommunications Department; 1998. p. 83-97.
- Labonne B. The Mining industry and the community: joining forces for sustainable social development. *Natural Resources Forum* 1999;23:315-22.
- Tyler S. Policy implications of natural resource conflict management. In: Buckles D (Ed.). *Cultivating peace conflict and collaboration in natural resource management* 1999. Ottawa: IDRC; p. 263-80.
- Pascò-Font A. Economic costs and benefits for a local community: workshop report. In McMahon G (Ed.). *Mining and the community. Results of the Quito Conference*; Washington: World Bank, Mining and Telecommunications Department; 1998. p. 29-34.
- Wotruba H, Hentschel T, Hruschka F, Priester MY. *Manejo Ambiental en la Pequeña Minería*. La Paz: EDMIN/COSUDE; La Paz 1998.
- Peiter C, Villas Boas RC, Shinya W. The stone forum: implementing a consensus building methodology to address impacts associated with small mining and quarry operations. *Natural Resources Forum* 2000; (24):1-9.



26. Pastizzi-Ferencic D. Introduction to the issues. In: *UNDTCT Mining and the environment: Berlin guidelines*. London: Mining Journal Books Ltd; 1992.
27. World Health Organization. *World health report*. CTD/MIP; 1994. p. 4-5.
28. Kemm K. Malaria and the DDT story. In: Mooney L, Bate R. (Ed.). *Environmental Health*. Oxford: Butterworth-Heinemann; 1999. p. 1-16.
29. Carson R. *Silent spring*. New York: Houghton Mifflin Environmental Defence Fund (EDF); 1967.
30. Nhachi CFB, Kasilo OJ. Occupational exposure to DDT among mosquito control sprayers. *Bull Environ Contamination Toxicol* 1990;45:189.
31. Ghersi E, Naupari H. Dirty water: Cholera in Peru. In Mooney L, Bate R (Ed.). *Environmental Health*. Oxford: Butterworth-Heinemann; 1999. p. 17-46.