

LE BIOTECNOLOGIE COME STRUMENTO PER UN FUTURO ECOSOSTENIBILE: REALTÀ O UTOPIA?

di SANDRO ANNESE

Senior Fellow Centro Studi e Documentazione Tocqueville-Acton

Negli ultimi anni si è venuta a creare una domanda di mercato di straordinarie dimensioni: le biotecnologie possono infatti spaziare in diversi campi come la ricerca farmaceutica o quella ambientale. Le biotecnologie consistono nella integrazione di scienze naturali ed ingegneria al fine di ottenere beni e servizi dall'impiego di organismi, cellule, loro componenti ed analoghi molecolari. Le biotecnologie per l'ambiente consistono nell'applicazione di processi biotecnologici allo scopo di proteggere e ripristinare la qualità del nostro ambiente.

I processi biotecnologici vengono adoperati per la protezione dell'ambiente da ormai quasi un secolo e cioè da ben prima che venisse coniato il termine biotecnologie. All'inizio del secolo scorso, impianti di trattamento delle acque e purificazione dei gas di scarico furono sviluppati ed adoperati con successo ed efficienza. Oggi, con l'aumento esponenziale delle conoscenze in campo biologico e scientifico in generale assistiamo ad un uso sempre più considerevole delle tecnologie biotech per l'ambiente. Queste possono essere impiegate per il trattamento dei rifiuti prima o dopo la loro immissione nell'ambiente, per lo sviluppo di prodotti e processi che generino meno rifiuti e consumino meno energia e risorse non rinnovabili. Questi aspetti costituiscono una notevole risorsa per l'evoluzione della nostra società nella direzione di uno sviluppo maggiormente sostenibile, principio invocato nel Rapporto Brundtland del 1987 e nell'agenda 21 del secondo summit della Terra tenutosi a Rio de Janeiro nel 1992.

Oggi, la tecnologia del DNA ricombinante ha migliorato le nostre capacità di prevenzione dell'inquinamento ed appare promettente nel consentire un ulteriore sviluppo del biorisanamento di rifiuti e contaminanti.

In questo articolo saranno presi in esame casi concreti dell'utilizzo delle biotecnologie per il biorisanamento, prevenzione, rilevazione e monitoraggio ambientale.

Per biorisanamento si intende l'impiego di sistemi biologici per la riduzione dell'inquinamento dell'aria, delle acque o dei suoli. Per quanto riguarda il risanamento degli scarichi gassosi nell'ambiente i sistemi primordiali di depurazione consistevano in filtri riempiti di compost che avevano lo scopo di eliminare i cattivi odori. La ricerca e lo sviluppo nel settore scientifico si è rivolta negli ultimi anni, specialmente in Germania ed Olanda, alla messa a punto e allo sviluppo di biofiltri per abbattere gli inquinanti gassosi. La ricerca è stata indirizzata soprattutto allo studio di materiali e microorganismi da utilizzare. I biofiltri consistono in un supporto solido ed inerte sul quale i microorganismi possono crescere in forma adesa. Oggi sono adoperati biofiltri (bio-scrubbers) per la rimozione simultanea di ossidi di azoto e di zolfo dalle emissioni degli altiforni e per la rimozione dello stirene dai reflui gassosi delle industrie della lavorazione del polistirene. Oltre alla biofiltrazione, è opportuno citare un sistema innovativo sviluppato in Giappone per la purificazione di gas da idrogeno solforato. In questo processo il gas da purificare viene fatto assorbire in una soluzione di solfato ferrico. Il solfuro per reazione chimica viene

ossidato a zolfo elementare e il ferro viene ridotto a solfato ferroso. Dopo la separazione dallo zolfo, la soluzione viene inviata ad un bioreattore, dove il solfato ferroso viene riossidato a ferrico mediante l'azione catalitica del microrganismo *Thiobacillus ferrooxidans*. Il primo impianto commerciale di questo tipo permette il recupero di circa 50 tonnellate al giorno di zolfo con una efficienza depurativa dell' H_2S superiore al 99,9%. Se questi gas fossero dispersi nell'ambiente la conseguenza sulla salute pubblica e ambientale sarebbe impressionante, basta pensare alle conseguenze delle piogge acide sull'ambiente.

Il biorisanamento degli effluenti liquidi avviene mediante l'utilizzo di microrganismi che possono essere aerobici (consumano ossigeno), anaerobici e chimicofisici. L'incremento dell'inquinamento industriale e agricolo ha condotto ad un maggior bisogno di processi che rimuovano inquinanti specifici, quali nitrati, fosfati, metalli pesanti e composti clorurati. I nuovi processi di smaltimento delle acque reflue comprendono filtri a letto fisso e bioreattori in cui il materiale da depurare e microrganismi sono mantenuti in sospensione. I microrganismi durante la loro crescita utilizzano per il loro metabolismo primario fonti di carbonio e azoto, riuscendo anche a metabolizzare molecole considerate inquinanti trasformandole in innocue molecole come acqua, anidride carbonica e sali inorganici. I costi del trattamento delle acque reflue possono essere abbattuti se la trasformazione dei contaminanti porta alla produzione di molecole utili. Ad esempio, metalli pesanti e composti solforati possono essere rimossi dalle acque reflue dei processi industriali di zincatura mediante l'utilizzo di batteri opportuni, e quindi riutilizzati. Un altro esempio consiste nella produzione di mangime dalla biomassa fungina residua della produzione di penicillina. Inoltre, la maggior parte dei sistemi anaerobici di trattamento delle acque reflue producono biogas utile per qualsiasi scopo.

Sono in corso di sviluppo nuovi processi depurativi (sia aerobici che anaerobici) capaci di trattare effluvi contenenti sostanze tossiche o recalcitranti anche di origine xenobiotica (molecole non presenti in natura, ma sintetizzate dall'uomo). L'approccio è basato sull'isolamento di specifici cloni (microrganismi) capaci di degradare le sostanze in esame. I ceppi isolati vengono prodotti in colture pure e aggiunti alla popolazione mista già presente nei tradizionali impianti di depurazione. Questo approccio ha registrato un notevole successo nel trattamento degli effluenti derivati dalla sintesi dell'acrilonitrile il cui tradizionale smaltimento (termodistruzione) risulta molto meno costoso. La possibilità di ottenere, con le moderne tecniche di biologia molecolare, microrganismi geneticamente modificati apre ulteriori nuove prospettive di sviluppo a processi di trattamento di effluenti.

Un altro campo di applicazione delle biotecnologie ambientali riguarda il trattamento di suolo e terreni agricoli. Sono disponibili sul mercato metodi di risanamento dei suoli e delle relative falde acquifere effettuabili sia *in situ* (sul posto) sia *ex situ* (prevede l'asportazione meccanica del suolo per trattarlo altrove). I trattamenti *in situ* consistono in metodi di bio-incremento, ovvero l'immissione di microrganismi, e/o in misure di bio-stimolazione, quali la ventilazione o l'aggiunta di soluzioni nutritive quali ausili all'attività dei microrganismi (già presenti oppure immessi) nei suoli da trattare. I metodi *ex situ* implicano il prelievo di suoli o acque di falda ed il loro trattamento altrove. Il suolo può essere trattato come compost in cumuli, oppure in appositi bioreattori per impasti semiliquidi. Le acque di falda sono trattate in bioreattori e successivamente ricollocate nell'ambiente. Il biorisanamento (in questo caso definito biorimediazione) è spesso meno oneroso dei metodi fisici. Il biorisanamento mediante l'utilizzo di piante anziché microrganismi viene detto

fitorimediazione: si tratta di una tecnica utilizzata per la rimozione soprattutto di metalli pesanti e altre sostanze inquinanti.

Un esempio riguarda l'area industriale petrolchimica dell'Enichem di Mantova. Il suolo per una superficie di 20000 m², era contaminata da idrocarburi aromatici. Principalmente il suolo era contaminato da benzene, etilbenzene e cumene sino ad una profondità di circa 6 metri. Erano, inoltre, presenti tracce di toluene, xileni ed alfa stirene accompagnate da altri contaminanti non tossici costituiti da idrocarburi di varia natura e da oligomeri dello stirene. In accordo con gli organismi pubblici di controllo, Eniricerche ed Enichem hanno proposto e pianificato un'azione di risanamento mediante la biodegradazione *in situ* dei contaminanti. La sperimentazione in campo ha portato alla completa degradazione dei contaminanti in meno di un anno.

I rifiuti solidi urbani rappresentano uno dei principali problemi della società dei consumi. Il loro smaltimento risulta essere costoso e comporta un'adeguata sorveglianza per evitare l'inquinamento delle falde acquifere e dell'aria. La maggior parte dei rifiuti solidi urbani sono costituiti da materiale organico che può essere adoperato come substrato di crescita per microrganismi opportunamente selezionati. Questi consentono di trasformare il rifiuto in biogas, mentre il restante materiale solido può essere utilizzato come fonte di zolfo, fosfato e azoto per la concimazione in agricoltura. Il riciclaggio di tali rifiuti può essere considerata una ottima alternativa all'incenerimento, quest'ultima sempre meno accettata dalla opinione pubblica.

Oggi, una strategia industriale che sta prendendo piede riguarda lo sviluppo di processi industriali ad impatto ambientale ridotto, in risposta agli appelli internazionali per uno sviluppo sostenibile. Le biotecnologie risultano essere particolarmente adatte a fornire un contributo a sostegno di tale tendenza, e si sono rivelate essere utili in molti casi, sia nello sviluppo di nuovi processi, sia nel miglioramento di quelli esistenti. Ad esempio l'utilizzo di enzimi (prodotti con l'utilizzo di microrganismi o piante) ha portato notevoli vantaggi dal punto di vista produttivo ed ecologico. Gli enzimi, a differenza dei catalizzatori chimici, sono biodegradabili, non tossici, funzionano in modo ottimale a temperature non estreme e hanno un'elevata specificità. I metodi produttivi che impiegano enzimi, oltre che essere più puliti consentono un risparmio energetico e di risorse. Gli enzimi sono già largamente utilizzati nell'industria da molti anni: le biotecnologie con l'ausilio delle moderne tecniche bioinformatiche hanno portato al design proteico e quindi allo sviluppo di nuovi enzimi attivi alle alte temperature, in solventi non acquosi ed in ambiente solido. Alcuni esempi riguardano i processi industriali di lavorazione del cuoio, della carta, delle produzioni tessili e dei detersivi. Basta pensare che l'utilizzo di enzimi nei detersivi ha portato alla riduzione significativa della quantità di detersivo utilizzato. Inoltre, essi permettono di ridurre la temperatura di lavaggio, un abbassamento di 20°C della temperatura permette di risparmiare più di un terzo dell'energia consumata da una lavatrice.

Le biotecnologie consentono anche di innovare alcuni prodotti industriali con un impatto ambientale ridotto rispetto ai loro analoghi prodotti in modo tradizionale. La produzione di nuovi materiali come le bioplastiche, evita l'uso di materiali non rinnovabili quali il petrolio.

Ad esempio per la produzione di bioplastiche, è utilizzato l'amido di patata. Il problema è costituito dalla presenza nell'amido sia di amilopectina (molecola utilizzata per la produzione di bioplastica) che di amilosio non utile ai fini produttivi. Quindi, questa

molecola deve essere scartata dall'amido di patata e per fare questo bisogna usare grandi quantità di acqua ed energia. Un'impresa olandese, e recentemente anche la BASF, colosso chimico tedesco, hanno sviluppato una patata geneticamente modificata il cui amido non contiene amilosio, e può quindi venire lavorato con minore impatto ambientale in termini di consumo di risorse e produzione di scarti. Oggi, è facile andare a fare la spesa e accorgersi che le buste, in alcuni centri di grande distribuzione, sono fatte di bioplastica biodegradabile al 100%.

Alcuni esempi soluzioni biotech all'inquinamento sono il caso dei fitati e della produzione di indaco. I polli e i maiali non sono in grado di utilizzare i fosfati derivanti dai fitati presenti nei mangimi, che quindi finiscono nelle loro deiezioni. Mediante l'aggiunta dell'enzima fitasi nei mangimi, la quantità dei fosfati escreti da questi animali può essere ridotta più del 30%.

La produzione di indaco (il colorante utilizzato per i blue-jeans) per sintesi chimica richiede un processo in otto stadi, comporta l'uso di composti molto tossici, nonché speciali misure di protezione per gli operatori e l'ambiente. La produzione di indaco per via biotecnologica, che impiega un batterio geneticamente modificato, si svolge in tre soli stadi, ha luogo in ambiente acquoso a partire da materie prime semplici come zuccheri e sali e produce oltre l'indaco solo anidride carbonica e biomassa biodegradabile.

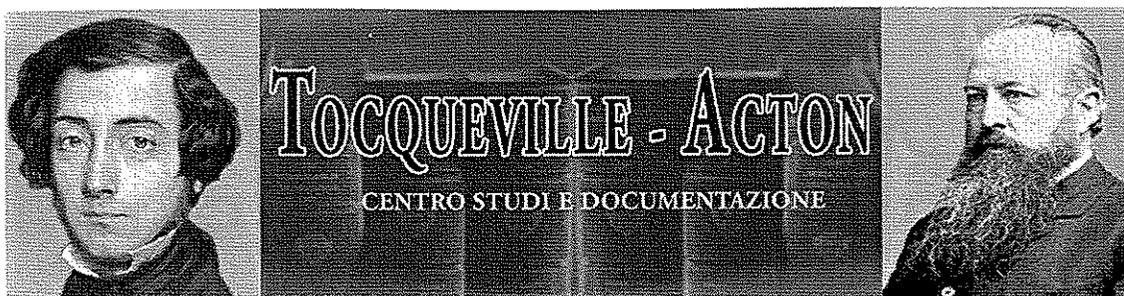
Le biotecnologie ambientali possono anche essere utilizzate per il rilevamento e il monitoraggio degli inquinanti. Recentemente sono stati sviluppati metodi biologici di rilevazione basati su biosensori ed immunosaggi che stanno ora facendo il loro ingresso nel mercato. La maggior parte dei biosensori consiste in una combinazione di meccanismi biologici ed elettronici, spesso innestati su un microcip (nanobiotecnologie). La componente biologica può essere un enzima, una membrana, un anticorpo, una colonia batterica, un neurorecettore o un organismo intero (es. lievito) immobilizzati su di un supporto. Le loro proprietà mutano in risposta ad un effetto ambientale rilevabile in maniera otticamente o elettronicamente. Diventa quindi possibile rilevare inquinanti in maniera quantitativa in modo rapido e accurato. I sensori, inoltre, possono essere specifici per un inquinante o una gamma di inquinanti: ad esempio possono essere utilizzate alghe per rilevare la presenza di inquinanti in un corso d'acqua rilevando i cambiamenti ottici della clorofilla.

I biosensori microbici consistono in microrganismi che generano una reazione rilevabile in seguito al contatto con l'inquinante: di solito si tratta di segnali luminosi, la cui produzione cessa in seguito al contatto con sostanze tossiche per il microrganismo. Vengono di solito utilizzati microrganismi già presenti in natura o opportunamente modificati in laboratorio.

Il ruolo delle biotecnologie per l'ambiente permette quindi di far crescere gli strumenti di bonifica e di produzione industriale ecosostenibile. Queste tecnologie sono state già sperimentate in diversi campi, e le prospettive future promettono di allargare gli orizzonti applicativi. Alcune delle tecniche attualmente in esame richiedono l'impiego di microrganismi geneticamente modificati. E' bene sottolineare che spesso questi sono utilizzati in ambienti confinati e controllati e quindi, non vengono rilasciati assolutamente nell'ambiente. Se la procedura richiedesse l'utilizzo di questi microrganismi nell'ambiente è bene non allarmarsi in quanto prima del loro utilizzo, vengono studiati in maniera approfondita le eventuali conseguenze ambientali. Nella storia sono stati fatti diversi studi

ambientali che riguardano l'utilizzo di OGM in campo aperto e in molti casi non è stato riscontrato alcun danno all'ambiente e al territorio. Naturalmente non bisogna generalizzare, in quanto in questo campo scientifico ogni caso fa storia a sé, ed è importante quindi la ricerca sia di nuovi processi e metodiche che fanno uso di microrganismi geneticamente modificati e il loro relativo impatto ambientale senza pregiudizi.

E' normale che con l'avvento di nuove tecnologie vi siano delle preoccupazioni correlate, ma è anche vero che si possono studiare, e quindi prevedere, eventuali ripercussioni negative per l'uomo o per l'ambiente. Il dato di fatto, è che le biotecnologie possono essere utilizzate con successo per uno sviluppo più sostenibile che diventa sempre più importante a livello mondiale per la continua crescita di popolazione, urbanizzazione e industrializzazione.



CHI SIAMO

Il Centro Studi e Documentazione Tocqueville-Acton nasce dalla collaborazione tra la **Fondazione Novae Terrae** ed il **Centro Cattolico Liberale** al fine di favorire l'incontro tra studiosi dell'intellettuale francese Alexis de Tocqueville e dello storico inglese Lord Acton, nonché di cultori ed accademici interessati alle tematiche filosofiche, storiografiche, epistemologiche, politiche, economiche, giuridiche e culturali, avendo come riferimento la prospettiva antropologica ed i principi della Dottrina Sociale della Chiesa.

PERCHÈ TOCQUEVILLE E LORD ACTON

Il riferimento a Tocqueville e Lord Acton non è casuale. Entrambi intellettuali cattolici, hanno perseguito per tutta la vita la possibilità di avviare un fecondo confronto con quella componente del liberalismo che, rinunciando agli eccessi di razionalismo, utilitarismo e materialismo, ha evidenziato la contiguità delle proprie posizioni con quelle tipiche del pensiero occidentale ed in particolar modo con la tradizione ebraico-cristiana.

MISSION

Il Centro, oltre ad offrire uno spazio dove poter raccogliere e divulgare documentazione sulla vita, il pensiero e le opere di Tocqueville e Lord Acton, vuole favorire e promuovere una discussione pubblica più consapevole ed informata sui temi della concorrenza, dello sviluppo economico, dell'ambiente e dell'energia, delle liberalizzazioni e delle privatizzazioni, della fiscalità e dei conti pubblici, dell'informazione e dei media, dell'innovazione tecnologica, del welfare e delle riforme politico-istituzionali. A tal fine, il Centro invita chiunque fosse interessato a fornire materiale di riflessione che sarà inserito nelle rispettive aree tematiche del Centro.

Oltre all'attività di ricerca ed approfondimento, al fine di promuovere l'aggiornamento della cultura italiana e l'elaborazione di public policies, il Centro organizza seminari, conferenze e corsi di formazione politica, favorendo l'incontro tra il mondo accademico, quello professionale-imprenditoriale e quello politico-istituzionale.