

ROBERTO VONA

LIBERTÀ ED ETICA NELLE BIOTECNOLOGIE

1. *Le scienze biotecnologiche tra slanci futuristici e dubbi inquietanti*

Lo straordinario sviluppo delle biotecnologie di questi ultimi anni, oltre a creare aspettative e speranze per un miglioramento tangibile e continuo della qualità della vita, è portatore di riflessioni intime e profonde sulla «linea di condotta» che deve contemperare in modo equilibrato la «tensione verso il nuovo», essenziale nei processi di accrescimento della conoscenza, con il potere di intervento diretto da parte dei protagonisti della ricerca scientifica sul divenire degli equilibri biologici (*European Commission*, 2005).

In sostanza, la diffusione delle applicazioni biotecnologiche introduce ed alimenta dubbi ed interrogativi cui non sempre si riesce a dare risposte esaustive e definitive, mentre aumentano, invece, le contrapposizioni ideologiche che il richiamo alle responsabilità etiche potrebbe dirimere (Comitato Nazionale per la Biosicurezza e le Biotecnologie, 2005). Sarebbe quanto mai opportuna, infatti, un'attività di mediazione finalizzata ad avvicinare esigenze ed opinioni dei diversi *stakeholder* coinvolti nella grande dialettica creativa e «distruttiva» dell'innovazione tecnologica (Schumpeter, 1942) che, «ciclicamente», propone scenari assolutamente «sconvolgenti» ed impatti di fatto imponderabili; in questi casi, soprattutto, l'applicazione di regole comportamentali ampiamente condivise appare indispensabile per stimolare i protagonisti del cambiamento sociale, civile, morale, politico ed economico ad affrontare, con coraggio e determinazione, i sentieri tortuosi, oscuri ed insidiosi della sperimentazione e del progresso (Sen, 2005). Si tratta, evidentemente, di percorsi che richiedono sapienti miscele di passione, competenze, energie, tenacia, innescate da una visione del futuro saldamente incardinata sui valori del rispetto e della salvaguardia della dignità umana e dei giacimenti di ricchezze naturali e morali del pianeta (Sgreccia, 1999; La Torre, 2002; Sciarelli, 2007).

Se si considerano, ad esempio, le recenti scoperte in materia di struttura del genoma (IHGSC, 2001; Venter, Adams, Myers *et al.*, 2001), si possono registrare grandi entusiasmi, ma anche ineludibili angosce, sulle possibili

applicazioni pratiche di tali nuove conoscenze. In particolare, la Chiesa Cattolica, pur sostenendo con autorevolezza e convinzione che «la scienza e la tecnologia sono un prodotto meraviglioso della creatività umana, dal momento che ci hanno fornito possibilità meravigliose, di cui beneficiamo con animo grato» (Giovanni Paolo II, 1981), manifesta serie preoccupazioni, fondate sui terribili insegnamenti del recente passato, in merito alle possibili derive di attività sperimentali condotte senza limiti e regole, ricorrendo all'uso strumentale degli organismi viventi (affermazione dell'eugenetica). È nota, infatti, la posizione di assoluta contrarietà del Vaticano nei confronti delle ricerche sul funzionamento delle cellule staminali prelevate dagli embrioni (Vial Correa e Sgreccia, 2003); così come è stata espressa in modo chiaro la disapprovazione delle istituzioni ecclesiastiche rispetto alla produzione di speciali ritrovati (vaccini), sviluppati impiegando le cellule di feti abortivi (PAV, 2005). In pratica, si ritiene inaccettabile il principio che antepone il perseguimento di risultati senz'altro nobili, come l'avanzamento delle conoscenze a servizio del miglioramento della qualità delle condizioni di esistenza, alla tutela del pilastro valoriale sul quale si è costruita ogni forma di convivenza civile: la «sacralità» della vita¹. Il dissenso assume poi i contorni della «condanna» quando il calo di sensibilità e di interesse per la salvaguardia di un convincimento², giudicato dai «tecnici» troppo ampio e, pertanto, discutibile, risponde a comportamenti meschini, guidati da finalità meno rispettabili (vanità, speculazione finanziaria e commerciale, ecc.), che possono di fatto «attentare» agli equilibri ecologici, anziché aiutare a farli progredire; a tal riguardo, in un discorso del 1997,

-
- 1 «All'uomo è donata una altissima dignità, che ha le sue radici nell'intimo legame che lo unisce al suo Creatore: nell'uomo risplende un riflesso della stessa realtà di Dio» [...] «Dinanzi al progressivo attenuarsi nelle coscienze e nella società della percezione dell'assoluta e grave illiceità morale della diretta soppressione di ogni vita umana innocente, specialmente al suo inizio e al suo termine, il Magistero della Chiesa ha intensificato i suoi interventi a difesa della sacralità e dell'inviolabilità della vita umana» (v. Giovanni Paolo II, 1995).
 - 2 «Il frutto della generazione umana dal primo momento della sua esistenza, e cioè a partire dal costituirsi dello zigote, esige il rispetto incondizionato che è moralmente dovuto all'essere umano nella sua totalità corporale e spirituale. L'essere umano va rispettato e trattato come una persona fin dal suo concepimento e, pertanto, da quello stesso momento gli si devono riconoscere i diritti della persona, tra i quali anzitutto il diritto inviolabile di ogni essere umano innocente alla vita. Questo richiamo dottrinale offre il criterio fondamentale per la soluzione dei diversi problemi posti dallo sviluppo delle scienze biomediche in questo campo: poiché deve essere trattato come persona, l'embrione dovrà anche essere difeso nella sua integrità, curato e guarito nella misura del possibile, come ogni altro essere umano nell'ambito dell'assistenza medica» (Congregazione per la Dottrina della Fede, 1987).

Giovanni Paolo II denunciava: «l'ambiente è diventato spesso una preda a vantaggio di alcuni forti gruppi industriali e a scapito dell'umanità nel suo insieme, con un conseguente danno per gli equilibri dell'ecosistema, della salute degli abitanti e delle generazioni future».

2. La ricerca sugli embrioni e le cellule staminali

È ampiamente documentata sul piano scientifico l'esistenza di riserve di cellule speciali, denominate staminali, che nei momenti di necessità vengono attivate per ripristinare al meglio, in modo spontaneo ed autonomo, le funzionalità biologiche. La scoperta di queste straordinarie «entità di pronto soccorso» ha affascinato i ricercatori, che hanno avviato approfondimenti sulle loro specificità e sui meccanismi di funzionamento, con la speranza di poterle «coltivare» ed impiegare come veri e propri farmaci naturali per curare malattie degenerative di tessuti ed organi di esseri viventi. Le staminali più preziose, ricercate e studiate, sono quelle cosiddette totipotenti (dette anche pluripotenti o indifferenziate) che, se sottoposte a particolari trattamenti, possono acquisire le caratteristiche specifiche necessarie per essere compatibili con la quasi totalità di cellule esistenti (differenziate), riducendo drasticamente i rischi di «rigetto». Queste scoperte hanno aperto la strada alle nuove frontiere della ricerca medica, che si pone l'obiettivo di riuscire a produrre «in laboratorio» tessuti e organi umani, nell'arco di una ventina di anni, superando le problematiche che attualmente affliggono i malati in attesa di trapianto. Le staminali che hanno superato lo stadio di vita iniziale risultano, invece, meno flessibili nell'applicazione terapeutica, a causa dei processi di differenziazione biologica cui sono state sottoposte in modo naturale dagli organismi di appartenenza; in pratica, se prelevate dal fegato non possono essere indotte per via «artificiale» a trasformarsi in cellule del cuore o di altri organi o tessuti. In verità, alcuni ricercatori sperano di riuscire a trovare il sistema per «riprogrammare» le cellule adulte in modo da farle «regredire» allo stato di staminali pluripotenti, ma si tratta di studi ancora pionieristici, sebbene confortati da risultati incoraggianti. Il cordone ombelicale, invece, se supportato da adeguate campagne d'informazione e conservato in strutture attrezzate allo scopo, a detta di molti scienziati, costituirebbe una fonte ottimale da cui estrarre, senza particolari difficoltà tecniche, cellule sostanzialmente indifferenziate, nel rispetto delle riserve sollevate dalle istituzioni ecclesiastiche (Congregazione per la Dottrina della Fede, 1987) riguardo ad altre modalità che

ricevono maggiore attenzione da parte della comunità scientifica. Si fa riferimento al prelievo di staminali da organismi creati appositamente «in provetta»³, pervenuti, dopo 5-6 giorni dalla fecondazione, alla fase della «blastocisti», nella quale l'attività riproduttiva ha generato un primo aggregato di 150-200 cellule, che il procedimento finirebbe inevitabilmente per sopprimere. Al riguardo, gli scienziati hanno progettato anche soluzioni alternative, come quella che prevede la realizzazione in laboratorio di embrioni prelevando il nucleo di una cellula di un individuo per poi sostituirlo a quello di un ovulo non fecondato. In questo modo si ottiene una nuova entità vitale con caratteristiche genetiche assolutamente identiche a quelle del «donatore di nucleo» (si parla infatti di clonazione), da utilizzare per l'estrazione delle staminali totipotenti. Si tratta, evidentemente, di una metodica assolutamente inquietante, esplicitamente vietata dall'art.1 del protocollo addizionale alla Convenzione sui diritti dell'uomo e la biomedicina del Consiglio d'Europa, che in premessa la definisce «creazione deliberata di esseri umani geneticamente identici contraria alla dignità umana», frutto di un «uso improprio della biologia e della medicina».

Sono stati avviati anche progetti di ricerca finalizzati alla «costruzione» di «embrioni sintetici» (Serrano, 2007), nella convinzione che potessero rappresentare una sorta di compromesso in risposta alle succitate regolamentazioni restrittive. In particolare, nell'autunno del 2007, in Gran Bretagna sono stati autorizzati alcuni protocolli sperimentali relativi ai cosiddetti ibridi. In sostanza, il nucleo di una cellula umana viene inserito all'interno del citoplasma di una cellula uovo animale denucleizzata, in modo da ottenere, mediante tecniche di fecondazione artificiale, una cellula ibrida («cibride») idonea alla «produzione» di blastocisti da cui ricavare staminali indifferenziate; in questo caso, la natura di organismo virtuale di questi particolari pseudo-embrioni, permette di non considerarli «esseri viventi», superando di fatto le questioni etiche sollevate dalla loro utilizzazione e successiva distruzione, che in ogni caso bisognerebbe sempre rendere obbligatoria prima del raggiungimento del quattordicesimo giorno di attività riproduttiva.

Le scoperte delle scienze biotecnologiche hanno fatto compiere grandi progressi anche alla profilassi di malattie infettive ad elevata trasmissibilità ed ampia diffusione (rosolia, parotite, morbillo, varicella, epatite A). Si è

3 A questo particolare scopo potrebbero essere destinati anche gli embrioni non utilizzati nei procedimenti di fecondazione assistita, liberamente donati dalle coppie in terapia.

sviluppata, infatti, la produzione di nuovi vaccini, realizzati impiegando linee cellulari umane prelevate da tessuti di origine fetale. La rosolia, ad esempio, presenta periodicamente fenomeni di recrudescenza, che possono degenerare facilmente in vere e proprie epidemie, esponendo a gravi rischi le gravidanze non immunizzate. L'innovazione nella preparazione di questi farmaci, che garantisce maggiori livelli di efficacia e di tollerabilità, si fonda sulla estrazione da cellule embrionali derivanti da aborto (spontaneo o terapeutico) dei *virus* responsabili della patologia da combattere. A tal riguardo, si pone in modo evidente l'esigenza di regolamentare e controllare in modo stringente lo sviluppo e l'applicazione di tali tecniche, al fine di stroncare sul nascere ogni segnale di speculazione commerciale finalizzata ad incentivare la pratica di aborti volontari non terapeutici, determinata da interessi economici spregiudicati. D'altronde, è innegabile che la domanda di «perfezione» con riferimento alle caratteristiche estetiche degli individui, ovvero il desiderio di potere «coltivare» talenti preziosi (musicali, sportivi, intellettuali, ecc.) da mettere a frutto, possa favorire derive assolutamente spregevoli, che solo un profondo senso di responsabilità verso le generazioni future può fronteggiare.

3. *Prendere il futuro leggendo nel DNA*

L'Unesco, nella Dichiarazione universale sul genoma ed i diritti umani del 1997, pur riconoscendo che «le ricerche sul genoma umano e le loro applicazioni aprono immense prospettive di miglioramento della salute degli individui e dell'umanità tutta», stabiliva un principio etico fondamentale in base al quale «nessuna ricerca concernente il genoma umano né le sue applicazioni devono prevalere sul rispetto dei diritti dell'uomo, delle libertà fondamentali, e della dignità umana degli individui o dei gruppi». Sempre l'Unesco ha poi sancito la non applicabilità dei principi e delle norme per la tutela della proprietà intellettuale alle scoperte scientifiche sulla struttura e i meccanismi di funzionamento del DNA, la cui libera accessibilità viene considerata un valore fondamentale per il progresso dell'umanità. Ciò non di meno, proliferano le iniziative imprenditoriali che hanno ad oggetto la commercializzazione di «profili genetici individuali», costruiti nel corso delle attività di ricerca clinica. In Gran Bretagna, ad esempio, le compagnie di assicurazione hanno provato ad utilizzare queste speciali banche dati scontrandosi con le associazioni di consumatori, che hanno ottenuto una «moratoria» finalizzata ad impedire l'uso di informazioni genetiche a supporto della gestione delle politiche di *marketing* e del rischio assicurativo

in generale. È evidente, però, che se in futuro dovessero prevalere gli interessi imprenditoriali, bisognerebbe senza indugio provvedere a disciplinare l'intera problematica, al fine di definire, rilevare e sanzionare eventuali comportamenti discriminatori ed abusi di posizione dominante, con conseguenze gravi, specie per le categorie sociali più deboli. Considerazioni e provvedimenti analoghi andrebbero parimenti «trasferiti» al mercato del lavoro, che potrebbe subire pesanti contraccolpi, facilmente intuibili, se si decidesse di consentire l'adozione di sistemi di reclutamento delle risorse umane incentrati su valutazioni del potenziale professionale, in qualche modo condizionate dal «*curriculum*» genetico. Può accadere, infatti, che le predisposizioni verso determinate patologie segnalate dalle indagini sul patrimonio genetico individuale, oltre ad essere causa di traumi di natura psicologica, aggravati dalla mancanza di prospettive terapeutiche incoraggianti, si trasformino in uno straordinario «nutrimento» per il minaccioso sviluppo della cultura e della pratica eugenetica.

4. Manipolazioni genetiche in agricoltura e salvaguardia della biodiversità

Le scoperte delle scienze biotecnologiche hanno generato fenomenali accelerazioni evolutive nei sistemi di gestione delle attività agricole, per tradizione orientate a sperimentare procedimenti idonei a creare specie vegetali ibride, meglio «attrezzate» per ottenere raccolti più abbondanti a fronte di costi di produzione più contenuti (Juma e Konde, 2002). L'avvento di metodiche moderne incentrate sulla manipolazione del DNA ha aperto la strada ad incroci tra specie filogeneticamente molto diverse tra loro, finalizzati a «produrre» in laboratorio organismi progettati per risolvere problematiche specifiche, in virtù dell'«innesto» dei geni che determinano il cambiamento «prestazionale» desiderato, riducendo drasticamente tempi, rischi d'insuccesso e costi dell'innovazione. Ad esempio, molte varietà di piante «*biotech*» presentano caratteristiche di maggiore resistenza agli attacchi dei parassiti, ovvero un più elevato grado di tolleranza ai diserbanti chimici. Queste innovazioni se, da un lato, hanno reso non più necessario l'uso dei pesticidi, contribuendo oggettivamente al ridimensionamento delle attività inquinanti, dall'altro, sono state portatrici di comportamenti sovente contrastanti con l'obiettivo di ridurre le dispersioni ambientali di prodotti nocivi, allorquando il venir meno del pericolo di tossicità per le coltivazioni si è tradotto di fatto in un incentivo ad utilizzare in modo sempre meno selettivo le tecniche di contrasto alle erbe infestanti basate sulla

irrorazione di sostanze chimiche dannose per la salute e l'eco-sistema. Si è verificato, comunque, che le tossine «incorporate» nelle piante «transgeniche» abbiano anche sortito l'effetto di potenziare la resistenza dei parassiti «cattivi», rendendo la vita più difficile agli insetti «buoni» ed utili per il lavoro nei campi, cui si è dovuto supplire con altri pesticidi; così come, la trasmissione dei «geni tossici» alle erbe infestanti le ha rinforzate ulteriormente, rendendo necessario, per la coltivazione di soia e cotone «bt» (*Bacillus thuringiensis*), l'uso dell'atrazina, diserbante efficace, ma altamente tossico. Per ovviare ai pericoli poc'anzi citati, i genetisti hanno avviato ricerche e sperimentazioni in campo entomologico al fine di creare varianti biotecnologiche di insetti capaci di proteggere i raccolti dagli attacchi dei parassiti senza ricorrere ai pesticidi o alle piante «arricchite» con le tossine. Anche per queste soluzioni, però, permangono, dubbi e preoccupazioni in merito alla possibilità di gestire in condizioni di sicurezza eventuali reazioni impreviste conseguenti all'immissione libera «in campo aperto» di organismi animali ingegnerizzati. A ciò si sono aggiunte le sementi geneticamente modificate, studiate per produrre piante sterili che, a fronte di vantaggi sul piano della resa agricola, prevedono una totale dipendenza dei contadini dalle forniture industriali «monopoliste», in quanto la nuova specie creata in laboratorio e poi brevettata viene privata della funzione riproduttiva⁴, essenziale per rendere l'agricoltura accessibile anche alle popolazioni più disagiate. Purtroppo, questa esplicita peculiarità negativa, evidentemente non riscontrabile in tutte le innovazioni biotecnologiche, renderebbe più semplice la gestione del rischio, evidenziato con forza da molti esperti indipendenti, che le nuove piante, una volta immesse nell'ambiente, «scatenino» la propria natura di «normali» organismi viventi, per garantire tramite l'inseminazione spontanea la sopravvivenza della specie; al riguardo, è ampiamente diffuso e radicato, specie in Europa, il timore che, di fronte alla eccezionale forza delle varietà vegetali «sintetiche», possano manifestarsi fenomeni incontrollabili di impoverimento della biodiversità, con effetti e ripercussioni ecologiche e sanitarie sostanzialmente imprevedibili ed imponderabili.

L'Unione Europea dal 2004 non autorizza per la coltivazione le specie vegetali geneticamente modificate; nel contempo, due regolamenti hanno reso obbligatoria l'etichettatura e la tracciabilità degli alimenti derivati da organismi ingegnerizzati, in modo da rendere le scelte di acquisto e i processi di consumo il più possibile trasparenti e consapevoli. Inoltre, il

4 In realtà, alle piante sterilizzate resta intatta la capacità di impollinare l'ambiente, «contaminando» le coltivazioni tradizionali.

Parlamento Europeo, a larghissima maggioranza, ha manifestato la propria diffidenza nei confronti dei prodotti transgenici, chiedendo alla Commissione di stabilire un livello massimo di «contaminazione accidentale» pari allo 0,1%. Ciò nonostante, il Consiglio dei ministri agricoli (con il voto contrario di Italia, Belgio, Grecia e Ungheria) ha ratificato la decisione della Commissione di elevare tale soglia allo 0,9%, in contrasto con la volontà parlamentare. In pratica, crescono le preoccupazioni sui possibili rischi associati allo sviluppo delle coltivazioni biotecnologiche, che richiedono l'istituzionalizzazione e il rafforzamento degli enti e delle procedure di controllo sulle sperimentazioni, al fine di renderle ancor più analitiche, approfondite, prolungate, imparziali e responsabili, a difesa degli interessi generali della collettività e della onorabilità del rigore del metodo scientifico⁵. D'altronde, è innegabile che le colture tradizionali (specie se biologiche) e quelle geneticamente modificate non possano essere considerate equivalenti e non debbano, pertanto, coesistere nell'ambito di spazi territoriali anche molto vasti, date le alterazioni strutturali indotte mediante l'ingegneria genetica, cui corrispondono differenze tutt'altro che impercettibili, come dimostrano qualificati studi condotti da scienziati indipendenti⁶. Una più ampia e convinta diffusione delle tecniche biologiche in agricoltura contribuirebbe, invece, a tutelare la sicurezza alimentare e sanitaria, il valore culturale ed etico della biodiversità, gli equilibri idro-geologici, energetici e climatici, l'eco-sistema in generale, dalle aggressioni continue di sostanze inquinanti allo stato liquido, solido e gassoso; mentre l'eventuale riduzione delle rese produttive potrebbe trovare adeguata compensazione nella marginalità unitaria più elevata, associata a politiche di *premium pricing*, praticabili con successo se i prodotti commercializzati presentano caratteristiche speciali, difficilmente imitabili. Inoltre, i metodi dell'agricoltura cosiddetta sostenibile sono portatori di benefici altrettanto importanti legati alla valorizzazione del patrimonio di conoscenze ed esperienze dei coltivatori locali, migliorandone la condizione sociale e l'autonomia finanziaria.

5 Alcuni dei *virus* utilizzati per veicolare i geni nelle piante, potrebbero ricombinarsi formando organismi virali sconosciuti. Per gli scienziati, inoltre, il DNA delle specie vegetali frutto di manipolazione genetica sopravvive alla digestione e non ci sono elementi per dubitare che possa autonomamente «ibridarsi» con il genoma di cellule di mammiferi, innescando processi favorevoli all'insorgere di gravi patologie di natura cancerogena (www.indsp.org). In definitiva, l'assunzione di alimenti transgenici potrebbe causare «effetti collaterali» per gli organismi viventi, cui la scienza è moralmente obbligata a prestare la massima attenzione, al fine di prefigurare ipotesi di scenario ed indicazioni «terapeutiche» trasparenti, prudenti ed affidabili.

6 www.indsp.org.

5. *Biotecnologie ed energia pulita e sostenibile*

La necessità di energia pulita e sostenibile ha incentivato lo sviluppo della produzione di etanolo e di biodiesel estratti da materia vegetale ad elevato contenuto zuccherino (ottenuto mediante fotosintesi clorofilliana dell'anidride carbonica), innescando preoccupanti speculazioni sui valori dei terreni e sul prezzo di acquisto dei cereali, che rappresentano (con la canna e la barbabietola da zucchero e il sorgo) le materie prime più richieste dall'industria dei biocombustibili. Tali fenomeni favoriscono l'insorgenza di processi inflattivi particolarmente «sgradevoli», data l'importanza di queste coltivazioni per la vita quotidiana di tutte le popolazioni del pianeta⁷, con il rischio di incentivare comportamenti irresponsabili finalizzati ad attuare una strategia di «riposizionamento» dei raccolti agricoli verso obiettivi «energetici», certamente più profittevoli di quelli tipicamente alimentari. Evidentemente, decisioni così condizionanti per il futuro dell'umanità sarebbero anche «accettabili», ma solo a condizione che l'offerta cerealicola, di mais in particolare, sostenuta dall'innovazione tecnologica e gestionale, riuscisse a garantire una crescita realmente in grado di soddisfare entrambe le esigenze, riconoscendo comunque una priorità assoluta alle necessità alimentari (La Torre, 2007). Rimangono, comunque, le perplessità di ordine etico in merito all'opportunità di destinare il quantitativo di granoturco corrispondente al fabbisogno calorico annuale di un individuo per alimentare il funzionamento di un autoveicolo per poche centinaia di chilometri.

Per la produzione di bioetanolo si potrebbe incentivare la produzione del sorgo, che fornisce una melassa ad elevata concentrazione di zuccheri, trasformabile applicando procedimenti più efficienti sul piano energetico ed ambientale; si riduce difatti in modo rilevante, fin dalle attività agricole, il consumo di acqua e di fattori produttivi funzionali all'irrigazione (materiali, macchinari, manodopera, ecc.), rispetto all'estrazione di liquido combustibile dal mais. Ciò rende queste speciali biomasse vegetali decisamente più equilibrate ed eco-compatibili, ma anche economicamente vantaggiose ed accessibili per i territori meno ricchi di risorse idriche, tecniche e finanziarie. In India, ad esempio, il grande potenziale «industriale» del sorgo è da molto tempo tenuto in grande considerazione, stimolando ed indirizzando la ricerca e la sperimentazione empirica in ambito biotecnologico ad intraprendere, con coraggio e fiducia, la strada dello sviluppo di

7 Con il solo granoturco si ottengono migliaia di prodotti fondamentali per l'alimentazione animale ed umana, che in alcuni paesi sono di fatto insostituibili.

innovazioni ancor più promettenti e, soprattutto, più semplici da applicare diffusamente anche nei paesi che presentano condizioni meno favorevoli per l'agricoltura.

Le biomasse, non solo di origine vegetale, possono essere impiegate anche per generare calore ed energia elettrica, riducendo il fabbisogno di risorse di origine fossile cui è strettamente collegato il fenomeno allarmante delle emissioni di anidride carbonica in atmosfera e dei conseguenti deterioramenti ambientali. In particolare, per la produzione di elettricità è sempre più utilizzata la tecnologia che prevede la combustione ad elevata temperatura di una «selezione» di rifiuti solidi urbani opportunamente trattati (il cosiddetto CdR, combustibile da rifiuto), ovvero altre sostanze di origine vegetale derivanti dagli scarti di lavorazione dell'industria alimentare e zootecnica o anche dei combustibili liquidi «ecologici» (bioetanolo e biodiesel); queste tecnologie negli ultimi anni hanno fatto grandi progressi, riuscendo con gli impianti più moderni ad abbattere e detossificare i fumi inquinanti (Enea, 2006). In alternativa alla termovalorizzazione, sottoponendo le biomasse ad un trattamento microbico di «digestione anaerobica», si può ottenere un biogas ricco di metano.

Dai rifiuti si potrebbe ricavare anche l'idrogeno, applicando metodologie che però non hanno ancora riscontri industriali consolidati. In verità, per produrre idrogeno basterebbe sottoporre l'acqua ad un «semplice» procedimento di elettrolisi, in modo da «scinderla» nei suoi componenti elementari (idrogeno e ossigeno); in pratica, destinando una quota della produzione di energia elettrica realizzata con tecnologie «verdi» attualmente disponibili (eolico, fotovoltaico, idroelettrico), si potrebbero produrre idrogeno elettrolitico e ossigeno con logiche industriali. Questi gas, stoccati e distribuiti in modo opportuno, andrebbero all'occorrenza ad alimentare processi di «ricombinazione» in grado di «restituire» l'acqua e l'energia elettrica impiegate durante l'elettrolisi, nei luoghi e nei momenti (utilità di spazio e di tempo) in cui si manifesta la necessità.

In sintesi, le biotecnologie possono fornire soluzioni concrete ed avanzate a sostegno della riqualificazione delle politiche energetiche ed ecologiche del pianeta, cui bisogna lavorare con determinazione e senso di responsabilità, per costruire un futuro globalmente sostenibile, capace di rafforzare i valori etici della dignità umana e del rispetto della natura e dell'ambiente, per contrastare degenerazioni e disequaglianze materiali.

6. *Considerazioni conclusive*

Sono molti anni oramai che le attività di ricerca in ambito biotecnologico hanno conquistato le attenzioni dei governi e dell'opinione pubblica di tutto il mondo. Si è dimostrato, infatti, con molteplici esperienze di successo, che dagli investimenti in sviluppo della conoscenza scientifica concentrati in questa nuova frontiera del sapere possono nascere opportunità straordinarie, con vantaggi tangibili di grandissima rilevanza economica e sociale (Vona, 2008).

Naturalmente queste potenzialità, per potersi esprimere al meglio, richiedono apporti consistenti di fiducia e di risorse umane e tecniche, da impiegare con la consapevolezza che non sempre si ottengono i risultati sperati. Bisogna infatti misurarsi con le difficoltà derivanti dalla necessità di contemperare, con equilibrio e sapienza, le esigenze e gli slanci appassionati e visionari dei ricercatori più talentuosi, essenziali per potere alimentare i processi di creazione e diffusione delle innovazioni, con le altrettanto essenziali necessità di tutela degli interessi pubblici; bilanciamenti obbligati ogni qual volta si investono quote di fondi derivanti dalla fiscalità generale, che impongono stringenti procedimenti di verifica tecnica e di rendicontazione economica. Così come non è possibile che i comportamenti dei protagonisti della ricerca, specie nei casi in cui si incide nel divenire dei sottili equilibri umani ed ecologici, non siano riconducibili a regole chiare e condivise di ordine sia strettamente deontologico che, più in generale, di carattere etico.

Sebbene in linea di principio tali semplici considerazioni trovino facilmente ampi spazi di condivisione, nella realtà sovente prevalgono le tentazioni autoreferenziali, che spingono i diversi *stakeholder* coinvolti nel processo di sviluppo dell'innovazione (scienziati, *policy maker*, manager, giuristi, filosofi, teologi) ad assumere atteggiamenti ostili e di chiusura al dialogo e alla comprensione reciproca, che hanno il solo risultato di rallentare e, talvolta, di arrestare del tutto gli avanzamenti scientifici.

È evidente che la complessità di tali processi riesce ad attivare e catalizzare le sempre più preziose e contese risorse finanziarie pubbliche solo se dimostra di «meritarle», producendo *surplus* di valore in tempi compatibili con le attese della collettività, che ripone grandi aspettative nei progetti di ricerca e sviluppo delle biotecnologie; e la strada maestra per massimizzare la probabilità di riuscire ad ottenere un risultato di successo non può che essere il «gioco di squadra», che richiede umiltà, rispetto dei ruoli e capacità di attivare e valorizzare sinergicamente le differenti professionalità,

con il fine di aumentare la potenza e l'impatto delle risorse dedicate alla «produzione» dell'innovazione, a parità di rischi assunti.

In particolare, gli ambiti di applicazione delle scienze biotecnologiche sono notoriamente ampi e diversificati; per lunghi anni ci si è dedicati in prevalenza allo sviluppo di tecnologie che ponevano problematiche di straordinario rilievo, alimentando scontri ideologici, incomprensioni e producendo quindi, in molti casi, risultati non pienamente soddisfacenti. Si potrebbe fare tesoro di queste esperienze per avviare o rilanciare con entusiasmo ed energie rinnovati, nuove linee di ricerca che individuano e definiscono i propri obiettivi adottando approcci culturali e metodi di analisi meno autoreferenziali, prestando la dovuta massima attenzione agli equilibri naturali e favorendo, magari, gli indirizzi orientati ad esplorare i «territori» della riscoperta, della conservazione e della valorizzazione delle specificità e delle micro differenze eco-sistemiche locali. Tali tendenze, oltre a creare le fondamenta di una politica di sviluppo industriale incentrata sulla costruzione di vantaggi competitivi unici, difendibili e difficilmente imitabili, avrebbero senza dubbio più *chance* di non innescare, ovvero, di limitare le poc' anzi citate ostilità di sistema, trasformandole magari in preziose condizioni di favore, utili ad incoraggiare e sostenere il sempre impervio sentiero del cambiamento strategico.

In conclusione, sarebbe estremamente più vantaggioso, per tutta la comunità dei soggetti interessati allo sviluppo delle biotecnologie, scoprire il «volto buono» delle proprie attività, che non pone dubbi etici e che alimenta speranze e anche certezze sulla possibilità di ottenere progressi e miglioramenti di qualità, senza ombre di possibili costi occulti da pagare prima o poi e senza dover affrontare rischi imponderabili. Su questo fronte è indispensabile incoraggiare le tante iniziative che in moltissimi settori di questo grande comparto ad elevata intensità di sapere scientifico avanzato si stanno confrontando con le opportunità del trasferimento dei risultati della ricerca in ambito aziendale e dello sviluppo imprenditoriale «in proprio» (*Spin-Off*). Si tratta di realtà ancora eccezionali e rare, specie in Italia, ma di elevato valore simbolico, con cui bisognerebbe in ogni caso misurarsi per, eventualmente, ispirarsi, in modo da essere sempre protagonisti nell'anticipazione e creazione di nuove e potenti discontinuità di valore, di cui il mondo globale ha fortemente bisogno per crescere in armonia.

Bibliografia

COMITATO NAZIONALE PER LA BIOSICUREZZA E LE BIOTECNOLOGIE – PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI (2005), *Linee Guida per lo sviluppo delle biotecnologie*.

- CONGREGAZIONE PER LA DOTTRINA DELLA FEDE (1987), *Istruzioni sul rispetto della vita umana nascente e la dignit  della procreazione – Donum Vitae*, in [vatican.va/roman_curia/congregations/cfaith](http://www.vatican.va/roman_curia/congregations/cfaith).
- ENEA (2006), *Rapporto energia e ambiente. Analisi e scenari*.
- EUROPEAN COMMISSION (2005), *New perspectives on the knowledge-based bio-economy. Transforming life sciences knowledge into new, sustainable, eco-efficient and competitive products*.
- GIOVANNI PAOLO II (1981), *Discorso del Santo Padre Giovanni Paolo II durante l'incontro con scienziati e rappresentanti dell'Universit  delle Nazioni Unite*, febbraio, in www.vatican.va/holy_father/index_it.htm.
- GIOVANNI PAOLO II (1995), *Evangelium Vitae. Ai vescovi ai presbiteri e ai diaconi ai religiosi e alle religiose ai fedeli laici e a tutte le persone di buona volont  sul valore e l'invulnerabilit  della vita umana*, Roma, (www.vatican.va/edocs/ita1217/_index.htm).
- GIOVANNI PAOLO II (1997), *Discorso di Giovanni Paolo II ai partecipanti ad un convegno su ambiente e salute*, Roma, Sala dei Papi, marzo, www.vatican.va/holy_father/index_it.htm.
- INTERNATIONAL HUMAN GENOME SEQUENCING CONSORTIUM (2001), *Initial sequencing and analysis of the human genome*, in *Nature*, 409, 860-921.
- C. JUMA, V. KONDE (2002), *Industrial applications for biotechnology. Opportunities for developing countries*, *Environment*, 44, 23-35.
- M.A. LA TORRE (2002), *Bioetica delle biotecnologie e questione ambientale*, in L. Chieffi (a cura di), *Biotecnologie e tutela del valore ambientale*, Torino, Giapichelli.
- M.A. LA TORRE (2007), *Il cibo e l'altro. Orizzonti etici della sostenibilit  alimentare*, Napoli.
- PONTIFICIA ACCADEMIA PER LA VITA (2005), *Riflessioni morali circa i vaccini preparati a partire da cellule provenienti da feti umani abortiti*, Dichiarazione, www.acadeimavita.org.
- J.A. SCHUMPETER (1942), *Capitalism, Socialism and Democracy*, New York.
- S. SCIARELLI (2007), *Etica e responsabilit  sociale dell'impresa*, Milano.
- A.K. SEN (2005), *Etica ed economia*, Roma-Bari.
- L. SERRANO (2007), *Synthetic biology: promises and challenge*, *Molecular Systems Biology*, 3, 1-5.
- E. SGRECCIA (1999), *Manuale di Bioetica 1. Fondamenti ed etica biomedica*, Milano.
- UNESCO (1997), *Dichiarazione universale sul genoma ed i diritti umani*, ONU, <http://www.unesco.org/ethics>.
- C. VENTER, M.D. ADAMS, E.W. MYERS *et al.* (2001), *The sequence of the human genome*, *Science*, 291, 1304-1451.
- J.D.D. VIAL CORREA, E. SGRECCIA (2003), *Etica della ricerca biomedica. Per una visione cristiana*, in *Atti della IX assemblea generale della Pontificia Accademia Pro Vita*, Citt  del Vaticano.
- R. VONA (2008), *Management delle biotecnologie. Competizione, innovazione e sviluppo imprenditoriale*, Milano.