

GIUSEPPE SACCONI

LA BIOTECNOLOGIA, LA PRODUZIONE DI CIBO E LA DIFESA DA MALATTIE: LA DIFFICILE DIALETTICA TRA ECONOMIA, SALUTE DELL'UOMO E RISPETTO DELLA NATURA

1. Dai tempi in cui un primo gruppo di uomini moderni lasciò l'Africa, 50.000 anni fa o poco più, riprendendo di fatto l'impresa di percorrere il resto del mondo, già tentata con successo dall'*Homo erectus* 1,7 milioni di anni prima, iniziò per il nostro pianeta una nuova era: l'affermarsi di una «pericolosa» specie animale in grado di migrare velocemente, modificare l'ambiente, addomesticare specie animali e vegetali, alterare finanche il clima, sviluppare tecnologia e nuove forme di organizzazioni sociali, produttive e di potere (Diamond, 2006). A questo si aggiunge una espansione demografica che, a lungo andare, ha messo in crisi la stessa sostenibilità della specie umana (Chelazzi, 2013).

Questi pionieri trovarono nuovi ambienti dove vivere, nutrirsi e prosperare, affrontando la conquista di nuove terre che fu spesso dura, anche a causa dei cambiamenti climatici e della periodica scarsità di cibo disponibile (Fernandez-Armesto, 2008). Nonostante ciò le popolazioni umane si sono composte durante i millenni in numerose etnie (oltre 700 gruppi) e sono cresciute in numero raggiungendo oltre 6 miliardi di individui, che parlano oltre 6000 differenti lingue (Cavalli Sforza e Pievani, 2011).

Le popolazioni umane che sono rimaste in Africa hanno conquistato vari ambienti nel vasto territorio di quella macroarea, adattandosi localmente alle risorse disponibili e dando origine ad un insieme di popolazioni che oggi conta un miliardo di individui, classificabili in oltre 170 gruppi etnici principali, e che parlano oltre 2000 differenti lingue (la sola Nigeria ne conta oltre 500).

L'origine dell'uomo e degli altri ominidi estinti è recentissima rispetto al generarsi di nuove specie osservate in altri vertebrati e la genetica molecolare, insieme con la paleontologia, l'antropologia e l'archeologia, stanno dando un quadro evolutivo molto più ricco e decifrabile rispetto ad un decennio fa (Birney and Pritchard, 2014).

Ma la conquista del resto del mondo, oltre all’Africa, è avvenuta a caro prezzo per molte delle specie cacciate dall’uomo. Alcuni gruppi umani, ancora cacciatori-raccoglitori, arrivati nell’America del Nord grazie al passaggio permesso dalla glaciazione dello stretto di *Bering*, furono la causa dell’estinzione, in alcuni secoli, di buona parte delle 80 specie di grandi Mammiferi (Chelazzi, 2013). Molte di queste specie animali scomparvero anche a causa del cambio del clima. Sul finire dell’ultima glaciazione, tra 10.000 e 20.000 anni fa, si estinsero su tutte le isole del Mediterraneo molte specie di mammiferi che, grazie alla bassa selezione naturale, si erano ridotti di stazza quali, tra altri, elefanti, ippopotami e cervi nani. Si suppone che ciò sia avvenuto ancora una volta anche a causa dell’arrivo dell’uomo, che li ha cacciati per nutrirsi. Ad esempio in Nuova Zelanda da una parte, con l’arrivo recente (circa mille anni fa) dei Maori ed in Madagascar dall’altra, con l’arrivo delle prime popolazioni umane (circa 2000 anni fa), si estinsero rispettivamente 30 specie di uccelli nella prima isola e 11 specie di lemuri, 10 di uccelli e due di tartarughe giganti nella seconda (Chelazzi, 2013; Perez *et al.*, 2005).

Nel paleolitico superiore (tra i 40.000 ed i 10.000 anni fa) la caccia fu un’attività intensa, come si ricava dall’interpretazione dei dipinti monometrici ritrovati in molte caverne. Si ritiene talvolta che una simile attività, reiterata nei millenni, abbia condotto, nelle varie aree geografiche conquistate, ad una drastica penuria di cibo. La riduzione dell’altezza media e della qualità della dentizione degli umani dell’epoca, sembra che sia temporalmente collegabile alle difficoltà di nutrirsi in modo appropriato. La ridotta disponibilità di animali da cacciare, ma anche il cambiamento climatico globale, furono tra le cause principali che spinsero 20.000-10.000 anni fa gli uomini a sviluppare l’agricoltura in modo indipendente in varie regioni del mondo ed ad iniziare ad allevare specie animali disponibili localmente e più facili da addomesticare, per poter avere maggiori quantità di cibo in modo continuo durante le varie stagioni annuali (Carey, 2013). Nell’antichità, circa 10.000 specie vegetali sono state usate per l’alimentazione umana mentre oggi ne vengono usate circa 150, di cui appena 12 forniscono il 70% del fabbisogno (ISPRA, 2013).

In Cina 20.000 anni fa, durante l’ultima grande glaciazione l’uomo iniziò ad usare specie vegetali non solo come alimento ma anche come medicinali (Liu *et al.*, 2013). Nei millenni successivi ebbe tempo a sufficienza per poter sviluppare metodi di selezione e coltivazione sistematica di alcune di esse. Il botanico genetista russo Nikolai Vavilov (1887-1943) teorizzò nel 1928 l’esistenza di 8 principali centri di origine delle domesticazioni di specie vegetali coltivate dall’uomo in varie parti del mondo ed iniziò a

parlare di geografia di geni, concetto che poi si è affermato di recente anche per gli studi di popolazioni umane. È sorprendente vedere come l'ingegno umano si sia applicato con tanto successo nelle varie regioni del mondo a partire da 20.000-10.000 anni fa, portando all'ottenimento di varietà vegetali e razze animali dalle quali oggi tutti dipendiamo per la nostra esistenza (nutrimento, trasporto, forza lavoro per agricoltura, medicinali) a livello mondiale grazie alla loro recente «globalizzazione massiva» avvenuta negli ultimi 5 secoli (Mann, 2013). Ad esempio la banana, oggi il frutto più importante nel mercato globalizzato (Colombo e Tirelli, 2006), è stata scoperta in Papua Nuova Guinea ed utilizzata dall'uomo come risultato «mutante» di incroci naturali tra due differenti specie locali che ha generato un triploide sterile cioè dotato non dei soliti due (diploide) ma di tre genomi e pertanto con frutto più grosso e maggiore resistenza (Heslop-Harrison and Schwarzacher, 2007; Davey *et al.*, 2013). La banana fu coltivata dall'uomo almeno a partire da 10.000 anni fa come testimoniato nel sito archeologico *Kuk Swamp* (patrimonio UNESCO; Denham *et al.*, 2003) in Papua Nuova Guinea e poi in altre regioni nel Sud Est Asiatico e nel Pacifico Occidentale (probabilmente in Malesia e Indonesia; Hirst, 2013). Altro esempio è il mais, addomesticato dagli antichi popoli *Maya*, nel bacino del fiume *Balsas* in Messico circa 10.000 anni fa, come indicato da prove archeologiche e genetiche, e poi successivamente trasportato anche sulle Ande in Perù. La specie selvatica *Zea mays ssp. parviglumis* anche nota come teosinte è molto diversa dalle varietà selezionate che i popoli centro e sud-americani hanno ottenuto in millenni di selezione e coltivazione (Kingsley, 2013). Moderne analisi di genomica comparata tra le varietà selezionate e le sottospecie originarie di mais hanno portato a comprendere quanto il mais odierno sia differente, praticamente una nuova specie, in termini di espressioni di geni rispetto al selvatico e quali geni siano stati selezionati per ottenere i cambiamenti della forma della pannocchia e della grandezza del chicco (Doebley *et al.*, 2006).

Un'altra antica pianta addomesticata dall'uomo è il grano, *Triticum*, la cui coltivazione è iniziata oltre 10.000 anni fa in medio-oriente, i cui chicchi sono più grandi delle specie selvatiche originarie. La specie di *Triticum* oggi più diffusa è formata da due successive ibridazioni spontanee fra 3 differenti specie, poliploidizzazione (cioè raddoppio del numero di cromosomi per cellula, un meccanismo che permette di superare la sterilità dell'ibrido) e successiva selezione ed espansione di colture da parte dell'uomo (Boncinelli, 2012). Questo grano, usato anche per la panificazione, è pertanto chiamato grano alloesaploide ed è comparso circa 10.000 anni fa, mentre il grano duro usato per la pasta è allotetraploide, cioè il risultato di

un'ibridazione tra due specie e la sua origine risale a circa mezzo milione di anni fa (Feldman and Levy, 2012).

La natura ibrida di queste nuove specie le ha rese più plastiche nelle loro capacità di adattarsi e cambiare diversificandosi in moltissime varietà come anche di rispondere più velocemente ai tentativi di addomesticazione dell'uomo. Oggi iniziamo a comprendere anche a livello genetico-molecolare che la presenza di due o più genomi di specie differenti nel medesimo nucleo provoca rapidi cambiamenti anche mediante mobilizzazione di trasposoni, brevi segmenti di DNA in grado di «staccarsi» (un meccanismo molecolare del tipo «tagli e ricuci») da una posizione cromosomica ed inserirsi in un'altra, come anche di provocare rotture e nuove fusioni cromosomiche. Alcuni autori hanno di recente proposto di distinguere tra evoluzioni genetiche, che avvengono su tempi lunghi, e rivoluzioni genetiche, mediate da ibridazioni e rimobilizzazione massiva di trasposoni su tempi brevi.

La carota (*Daucus carota*) è originaria del centro Asia e nella sua forma selvatica è viola; poi furono selezionate varietà anche nere, bianche, gialle e, più di recente, arancioni, che si sono affermate nella grande distribuzione alimentare mondiale. La famosa carota di Polignano, in Puglia, costituisce un ecotipo che presenta ancora carote viola e gialle (Iorizzo *et al.*, 2013). Date le differenti ed interessantissime qualità organolettiche delle varietà di carota, presto vedremo un loro ritorno sui banchi dei nostri supermercati, ad imitazione di quanto già avviene in altre parti del mondo. È quindi difficile trovare oggi qualche esempio di cibo naturale, nel senso di selvatico o prossimi alle forme selvatiche, nei banchi della ortofrutta, quali ad esempio la mela cotogna (*Cydonia oblonga*), i gelsi (*Morus alba* e *M. nigra*), le more di rovo (*Rubus ulmifolius*), la portulaca (*Portulaca oleracea*, utile per la misticanza), i fichi d'india (*Opuntia ficus indica*) ed i corbezzoli (*Arbutus unedo*).

2. Se molte piante si sono trovate ad essere, dopo millenni, trasformate dall'uomo in grandezza, altezza, colore, sapore, odore del frutto o consistenza e edibilità della radice, resistenza a malattie o a siccità, molte specie animale hanno avuto un «peggiore» destino, diventando bestie da soma, fonte di cibo, e nei migliori casi mezzo di trasporto, aiutanti per la caccia o «pets» da compagnia. La selezione artificiale ha portato a dei cambiamenti nella combinazione delle forme alleliche (gli alleli sono forme alternative del medesimo gene) di ciascun gene negli individui scelti e della loro frequenza nei gruppi di animali allevati, determinando uno snaturamento del

comportamento animale che ne ha permesso la pacifica convivenza con l'uomo.

Grazie quindi alla comparsa di quel che potremmo ridefinire scherzosamente come «*Homo geneticus*» varie specie vegetali ed animali hanno iniziato a seguire nuove tracce evolutive cambiando di forma, dimensione, colore, sapore, attitudini etologiche, e dipendendo sempre più dall'uomo per la loro sopravvivenza. La naturalità degli ambienti e dei prodotti della terra a cui erano abituati i cacciatori-raccoglitori è stata stravolta lentamente negli ultimi 10.000 anni da una tecnocrazia in rapida crescita ed affermazione: la selezione artificiale di varietà/razze e l'addomesticazione sia di vegetali che animali. Il poter sfamare un numero maggiore di persone sfruttando al massimo le risorse disponibili ha portato alla crescita demografica che abbiamo osservato negli ultimi millenni, e che continua oggi a ritmo serrato. L'uomo ha addomesticato una serie di specie animali, alcune più prone per etologia a vivere insieme alle comunità umane preistoriche, altre opportuniste che in periodi di magra (glaciazioni) erano frequentatrici occasionali delle periferie degli accampamenti temporanei o semi-stabili umani.

Dal cavallo addomesticato a partire da 5000 anni fa sono state ottenute almeno 300 razze equine e sono quasi estinti i cavalli allo stato selvatico (cavallo di *Przewalski* in Russia). È interessante notare come sia stato possibile ottenere razze equine che presentano comportamenti istintivi alterati, quali ad esempio la mancanza di paura per i falchi utile ai falconieri (razza murgese) o l'andatura ad «ambio» in cui si verifica il movimento simultaneo degli arti di un lato verso avanti, naturale in altri mammiferi come elefanti, cammelli ed orsi. Il miliardo e 300 milioni di bovini attualmente allevati sul nostro pianeta sono classificabili in 800 razze bovine derivate da due sub-specie: la *Bos taurus* e la *Bos indicus*. Da queste due sub specie è possibile ottenere ibridi fertili. Incroci tra bovini e lo yak (*Bos grunniensis*) danno origine ad ibridi con maschi sterili e femmine fertili, detti rispettivamente *dzo* e *dzomo* ed usati in Tibet e Nepal per il trasporto.

Nelle zone del Mediterraneo il mulo, ibrido sterile tra asino e cavalla, è conosciuto ed è stato usato da almeno 2500 anni, come si sa da racconti di Erodoto. L'accoppiamento tra specie animali differenti è chiaramente un evento non del tutto naturale o spontaneo, e l'ottenimento intenzionale di ibridi sterili da parte dell'uomo, può avere risvolti discutibili dal punto di vista etico. Ma per secoli ci si è abituati a ritenere naturale, ciò che l'uomo otteneva in realtà forzatamente. Dal cane lupo, che è stato addomesticato in Europa da gruppi di cacciatori-raccoglitori 20-30.000 anni fa, sono state ottenute infatti una miriade di razza canine che poco assomigliano alla for-

ma originaria (Thalmann *et al.*, 2013). Basti pensare al *Chihuahua*, la razza più piccola al mondo ed ottenuta dai Toltechi oltre 2000 anni fa in Messico, e il *Mastiff*, mastino inglese, la razza più pesante al mondo, discendente da molossi portati dai Fenici in Britannia oltre 2500 anni fa e originari di razze canine molosse selezionate in Asia Centrale (Wayne and von Holdt, 2012). Molte razze canine soffrono di vari tipi di malattie genetiche proprio a causa della forte spinta della selezione artificiale che ha portato in omozigosi alleli deleteri (Summers *et al.*, 2010). Attualmente è in corso un programma di riproduzione selezionata eugenetica per il controllo di malattie scheletriche canine, quali la displasia dell'anca, del gomito, la lussazione della rotula, la spondilo artrosi e la necrosi asettica della testa del femore, al fine di eliminare la presenza dei corrispondenti alleli dannosi. Oggi si cerca di impedire in varie parti del mondo che le varie razze canine abbandonate per strada, ritornino alla vita dei boschi e si accoppino con il lupo in nome di una difesa della «purezza genetica» del lupo stesso. Neanche gli animalisti si sono ancora accorti che sarebbe forse giusto proteggere questo sacrosanto diritto canino, sia addomesticato che selvatico, di esercitare il proprio istinto a sentirsi attratto da membri della medesima specie ed agire di conseguenza.

3. Dopo la «scoperta» dell'America da parte di Cristoforo Colombo (in realtà già scoperta millenni prima dai gruppi umani migranti attraverso lo stretto di *Bering*), si è innescato il cosiddetto scambio colombiano che ha portato dal Nuovo al Vecchio Mondo, e viceversa, nuove specie coltivate o allevate da millenni, determinando una introduzione di specie aliene che nei secoli sono state poi accettate, assorbite culturalmente ed infine dimenticate essere state aliene.

In Europa sono arrivati ad esempio pomodori, patate, mais, cacao, fagioli, zucche, zucchine, tacchini, fichi d'india, mentre in America sono stati portati cavalli, maiali, pecore, capre, galline, grano, riso (che è arrivato in Europa dalla Cina e dall'India). Ormai da secoli mangiamo in modo globalizzato, coltiviamo piante originarie di altre zone del mondo, ed alleviamo specie animali che dipendono dalle nostre cure e le cui forme anche selvatiche vivevano in altre parti del mondo. Ciò che quindi percepiamo come «naturale» e «biologico» è qualcosa di nettamente differente dal «quasi spontaneamente generato dalla natura». L'idea piuttosto fiabesca che si ha del «biologico» e di ciò che meglio rappresenterebbe un cibo compatibile con i ritmi ed i dettami della natura in realtà è ben lungi dall'approssimarsi alla realtà che emerge dalle analisi genetico-molecolari per le specie coltivate o allevate dall'uomo.

Negli ultimi decenni le conoscenze biologiche della natura si sono spinte fino al livello molecolare ed è stato scoperto che la cellula, per funzionare, usa dei moduli e processi reiterativi che possono essere isolati e riprodotti *in vitro*. Il fatto che la natura abbia una organizzazione molecolare di tipo modulare, come DNA e proteine composti da mattoncini chimici in combinazioni differenti che possono essere smontati e rimontati *in vitro*, ha permesso che l'approccio riduttivo allo studio della vita fosse vincente per iniziare a comprendere una parte dei fenomeni biologici e tentare di modificarli per vari fini. Se oggi possiamo ottenere organismi geneticamente modificati introducendo segmenti di DNA ricomposti nel genoma di una specie ospite, ciò è stato reso possibile solo dalla medesima Natura. È da essa che abbiamo derivato i processi per ricomporre *in vitro* molecole di DNA derivate da varie fonti e per re-introdurre in cellule viventi in modo stabile il DNA ottenuto. Questi fenomeni e processi sono mediati da elementi naturali, quali ad esempio i trasposoni (per integrare il DNA nel genoma di una cellula vivente) e gli enzimi di restrizione (per tagliare in punti specifici il DNA *in vitro*). I trasposoni sono stati scoperti nel mais dal Nobel Barbara McClintock e probabilmente sono coinvolti nella grande plasticità di questa specie modificata con tanto successo nel corso dei millenni dall'uomo amerindo (Nobel, 1983).

La stessa clonazione di animali di cui tanto si è parlato nell'ultimo decennio, è dovuto alla capacità della cellula uovo di forzare, in modi che solo parzialmente conosciamo, il nucleo diploide somatico in essa trapiantato, a iniziare il programma di nuove mitosi ed infine di costruzione di un organismo cellulare. È una forza insita nell'uovo stesso e nel nucleo della cellula somatica adulta che in esso viene trapiantato. L'uomo non fa altro che spostare un nucleo di una cellula somatica in un uovo denucleato ed attendere che succeda qualcosa. Lo stesso Craig Venter, l'uomo che dichiara di aver creato il primo batterio artificiale, in realtà ha semplicemente copiato *in vitro*, sintetizzandolo *ex novo*, un piccolo genoma dal batterio *Mycoplasma mycoides* ed introducendolo in un secondo batterio svuotato del suo genoma. Si tratta di operazioni di copiatura e spostamento, come per la clonazione. La parte più difficile nel «creare» la vita artificiale sarebbe la programmazione di nuove funzioni genetiche ed enzimatiche: ad oggi i biologi non sanno produrre una proteina totalmente *ex novo* che sia in grado di svolgere specifiche funzioni, ma sanno ottenere delle proteine chimeriche che abbiano proprietà in parte nuove. In fin dei conti, come studiavamo tempo fa alle medie, in Natura, dice Lavoisier, *nulla si crea, nulla si distrugge ma tutto si trasforma*. Quel che possiamo fare oggi è in fin dei conti imitare piccolissimi pezzetti dei processi e parte dei materiali che sono stati «inventati/ottenuti» dalla natura nel corso dei miliardi di

anni, grazie ai meccanismi darwiniani quali le mutazioni casuali di funzioni geniche e selezioni naturali delle varianti con più successo riproduttivo.

Oggi possiamo operare mutazioni *ad hoc* e condurre esperimenti di selezione artificiale cercando di imitare questi meccanismi di evoluzione molecolare ed accelerarli. Ma alla Natura dobbiamo sempre ricorrere per ottenere «nuove forme» vegetali o animali, che in genere assomigliano tantissimo all'originale. È solo grazie ai secoli e ai millenni di selezione artificiale dell'uomo che si è potuto davvero cambiare la forma del cane o quella del teosinte, o del cavolo, o il colore della carota, o la grandezza ed il sapore del pomodoro. Le modifiche genetiche molecolari moderne poco possono sulla forma, rispetto a quanto ottenuto dai nostri predecessori, almeno con la genetica molecolare di oggi.

4. È stato così possibile iniziare ad ottenere piante transgeniche che portano nel loro genoma brevi segmenti di DNA rimaneggiato e ricomposto *in vitro*, al fine di conferire nuove qualità, quali resistenza a *virus*, insetti patogeni, erbicidi e migliorare la resa e la produzione agro-industriale.

La possibilità di utilizzare insetti transgenici al fine di controllare specie dannose all'agricoltura, alla salute umana o animale, rappresenta la nuova frontiera della transgenesi derivata dagli studi nella specie modello *Drosophila melanogaster* (Ashburner, 1995; Loukeris *et al.*, 1995; Rubin and Spradling, 1982; Zwiebel *et al.*, 1995). Si può quindi pianificare ad esempio la selezione di insetti di solo sesso maschile in un allevamento massivo industriale di una specie dannosa, usando trucchi genetici che permettano di eliminare le femmine in modo efficiente a stadi embrionali (Morrison *et al.*, 2010). I maschi allevati fino a stadio adulto vengono poi sterilizzati e rilasciati nelle zone infestate. Andranno alla ricerca di partner femmine, competeranno con i selvatici per la riproduzione, si accoppieranno ma non faranno figli. Questa tecnica detta del maschio sterile, permette di sopprimere localmente e temporaneamente una popolazione infestante; inoltre risulta essere «*eco-friendly*» perché evita l'uso dei pesticidi che colpirebbero tanti altre specie di insetti e risulta essere specie-specifica perché i maschi sterili si accoppiano con femmine della medesima specie. La necessità di usare insetti transgenici consiste nel riuscire a conferire un fenotipo sesso-specifico (ad esempio, fluorescenza delle larve maschili; Catteruccia *et al.*, 2005) oppure una letalità condizionale, cioè controllabile dall'esterno dell'organismo in modo artificiale, femmina-specifica (Harris *et al.*, 2012). Un'altra strategia prevede invece il controllo di insetti ematofagi, quali alcune specie di zanzare, che tra-

smettono all'uomo malattie, come la malaria o la febbre emorragica *dengue*, mediante sostituzione della popolazione locale con una transgenica che sia refrattaria al patogeno e ne impedisca il realizzare parte del suo ciclo vitale nel corpo della zanzara stessa.

Le zanzare transgeniche portano nel loro genoma modifiche genetiche, che ad esempio bloccano il passaggio del patogeno dal sangue succhiato ed ingoiato, al corpo della zanzara attraverso le pareti intestinali. In tal caso, un transgene produce una proteina nelle cellule dell'intestino che blocca l'interazione delle proteina di superficie del patogeno con quelle dell'epitelio della zanzara. Altre strategie prevedono l'uso di transgenici che producono proteine «tossiche» per l'insetto, attivate sono in assenza di antidoto che invece viene aggiunto alla dieta durante l'allevamento delle larve in biofattoria. Gli adulti liberati si accoppiano e trasmettono alla progenie il transgene letale che in assenza dell'antidoto determinerà la morte degli embrioni e delle larve. Queste biotecnologie mirano in ultima analisi a ridurre l'uso dei pesticidi chimici che inquinano l'ambiente e quindi l'acqua e il cibo (Alphey, 2009; Catteruccia *et al.*, 2009).

5. L'economia mondiale dell'agricoltura inizia a dipendere anche dall'uso di organismi geneticamente modificati, come testimoniato dal successo di mais e soia transgenici commercializzati da alcune grandi multinazionali, con oltre 170 milioni di ettari coltivati, ed un crescendo dal 1996 al 2012 di 100 volte (in buona parte in US, Brasile, Argentina, Canada, India e Cina). In oltre 20 nazioni in via di sviluppo, l'uso di queste colture transgeniche si sta diffondendo e sono oltre 17 milioni gli agricoltori che stanno beneficiando delle biotecnologie vegetali (ISAAA Brief 44-2012). L'uso delle biotecnologie vegetali per migliorare il futuro dell'umanità è sostenuta da ben 25 scienziati premiati con il Nobel (*AgBioWorld*).

Nonostante le forti opposizioni di una parte della opinione pubblica e di gruppi di scienziati più prudenti, non sono ancora emersi dati indicanti pericoli concreti delle piante transgeniche per la salute umana, che invece sono disponibili sia per i pesticidi che per moltissime molecole chimiche neo-sintetizzate dall'uomo ed immesse nell'ambiente. In pratica, ogni nuovo prodotto transgenico ha bisogno di una indagine preventiva prima di essere immesso nel mercato, ma simili protocolli di sicurezza vengono usati anche per nuovi farmaci. In fin dei conti, la quarta causa di morte all'anno negli Stati Uniti è quella da reazione avverse al farmaco ed anziani e bambini sono molto esposti. FederAnziani ha stimato che sulla base di studi statunitensi anche in Italia ci potrebbe essere ben 40.000 morti annuali tra

le persone anziane (Federanziani, 2011). Altro esempio è lo smog che in Europa provoca 400.000 morti premature all'anno, e due milioni nel mondo (Le Scienze, 2013). Ma il rischio più concreto per la nostra sopravvivenza addirittura come specie è il cambiamento climatico causato, secondo molti esperti, dalle attività umane (Gore, 2008; Gleick *et al.*, 2010).

È importante quindi impegnarsi come scienziati, come filosofi, come uomini di studio, o meglio ancora come cittadini per comprendere bene i vantaggi ed i rischi di ciascuna delle tecnologie disponibili oggi e del loro uso nel mondo, ma soprattutto stilare in modo realistico un'agenda per educare al futuro le nuove generazioni più che metterlo a rischio, evitando di farsi distrarre da eventuali problemi secondari e concentrarsi invece sui seri rischi ben documentati dalla ricerca. Prevenire è meglio che curare, ma la prevenzione non porta grandi guadagni alle case farmaceutiche. Tocca quindi alla società, agli Stati, alle organizzazioni no-profit internazionali promuovere una cultura ed un'azione di prevenzione nei confronti però di rischi concreti, più pericolosi e a vasto impatto, quali alcuni di quelli appena citati.

Si auspica quindi un'apertura reale di discussione tra il mondo economico, il mondo scientifico e quello politico affinché ci possa essere un rinnovato rispetto reciproco ed un nuovo incontro e collaborazione per affrontare queste grandi sfide, che stiamo già vivendo.

Ringraziamenti

L'autore ringrazia i Prof. C. Polito, G. Aliotta, M. Salvemini (della Univ. Federico II) e A. Manco (della Unior), per i loro preziosi suggerimenti.

Bibliografia

- AGBIOWORLD: <http://www.agbioworld.org/declaration/nobelwinners.html>.
 L. ALPHEY, 2009. *Natural and engineered mosquito immunity*. J Biol. 8(4):40. doi: 10.1186/jbiol1143. Epub 2009 May 1.
 M. ASHBURNER, *Medfly transformed—official!* 1995 Science. Dec 22;270(5244):1941-2.
 E. BIRNEY, JK. PRITCHARD, 2014. *Archaic humans: Four makes a party*. Nature. Jan 2;505(7481):32-4. doi: 10.1038/nature12847.
 E. BONCINELLI, 2012. *Il mistero genetico del frumento*.
http://www.corriere.it/scienze/12_novembre_30/genoma-grano_65f4c70e-3ade-11e2-b4fa-74f27e512bd0.shtml.

- L. CAVALLI SFORZA, T. PIEVANI, 2011. *Homo Sapiens. La grande storia della diversità umana*. Catalogo della mostra (Roma, 11 novembre 2011-12 febbraio 2012).
- B. CAREY, 2013. *Stanford-led research pushes back origins of agriculture in China by 12,000 years*. Stanford Report, May 2, <http://news.stanford.edu/news/2013/may/china-agriculture-origins-050213.html>.
- F. CATTERUCCIA, JP. BENTON, A. CRISANTI, 2005. *Anopheles transgenic sexing strain for vector control*. *Nat Biotechnol.* Nov; 23(11):1414-7.
- F. CATTERUCCIA, A. CRISANTI, EA. WIMMER, 2009. *Transgenic technologies to induce sterility*. *Malar J.* Nov 16;8 Suppl 2:S7. doi: 10.1186/1475-2875-8-S2-S7.
- G. CHELAZZI, *L'impronta originale*, Torino, 2013.
- E. COLOMBO, P. TIRELLI, 2006. *Il mercato delle banane e il commercio equo e solidale*. Università Cattolica del Sacro Cuore, Centro di Ricerche sulla cooperazione (Università degli Studi di Milano-Bicocca).
- MW. DAVEY, R. GUDIMELLA, JA. HARIKRISHNA, LW. SIN, N. KHALID, J. KEULEMANS, 2013. *A draft Musa balbisiana genome sequence for molecular genetics in polyploid, inter- and intra-specific Musa hybrids* *BMC Genomics.* Oct 5;14: 683. doi: 10.1186/1471-2164-14-683.
- TP. DENHAM, SG. HABERLE, C. LENTFER, R. FULLAGAR, J. FIELD, M. THERIN, N. PORCH, B. WINSBOROUGH, 2003. *Origins of agriculture at Kuk Swamp in the highlands of New Guinea*. *Science.* Jul 11;301(5630):189-93.
- J. DIAMOND, *Armi, acciaio, malattie*, Torino, 2006.
- JF. DOEBLEY, BS. GAUT, BD. SMITH, 2006. *The molecular genetics of crop domestication*. *Cell.* Dec 29;127(7):1309-21.
- FEDERANZIANI, 2011: <http://www.informasalus.it/it/articoli/reazioni-avverse-farmaci-federanziani.php>.
- M. FELDMAN, AA. LEVY, 2012. *Genome evolution due to allopolyploidization in wheat*. *Genetics.* Nov;192(3):763-74. doi: 10.1534/genetics.112.
- F. FERNANDEZ-ARMESTO, 2008. *Esploratori: Dai popoli cacciatori alla civiltà globale*, Milano/Torino.
- AL GORE, 2008. *Una scomoda verità. La crisi del riscaldamento globale* (<http://climateralityproject.org/the-climate-crisis/>).
- GLEICK, ADAMS, ET AL., 2010. *Climate change and the integrity of science*. *Science,* May 7; 328 (5979): 689-90. doi: 10.1126/science.328.5979.689.
- JS. HESLOP-HARRISON, T. SCHWARZACHER, 2007. *Domestication, genomics and the future for banana*. *Ann Bot.* Nov;100(5):1073-84. Epub 2007 Aug 31.
- K.K. HIRST, 2013. *Banana History: Domestication and Dispersal of the Banana* (<http://archaeology.about.com/od/baterms/qt/Banana-History.htm>).
- AF. HARRIS, AR. MCKEMEY, D. NIMMO, Z. CURTIS, I. BLACK, SA. MORGAN, MN. OVIEDO, R. LACROIX, N. NAISH, NI. MORRISON, A. COLLADO, J. STEVENSON, S. SCAIFE, T. DAFAL'ALLA, G. FU, C. PHILLIPS, A. MILES, N. RADUAN, N. KELLY, C. BEECH, CA. DONNELLY, WD. PETRIE, L. ALPHEY, 2012. *Successful suppression of a field mosquito population by sustained release of engineered male mosquitoes*. *Nat Biotechnol.* Sep;30(9):828-30. doi: 10.1038/nbt.2350.
- D.M. KINGSLEY, 2013, Ph.D., HHMI, US, *A video lesson on Evolution: Constant Change and Common Threads*, Selection in Action. <http://learn.genetics.utah.edu/content/selection/corn/>

- M. IORIZZO, DA. SENALIK, SL. ELLISON, D. GRZEBELUS, PF. CAVAGNARO, C. ALLENDER, J. BRUNET, DM. SPOONER, A. VAN DEYNZE, PW. SIMON, 2013. *Genetic structure and domestication of carrot (Daucus carota subsp. sativus) (Apiaceae)*. Am J Bot. May;100(5):930-8. doi: 10.3732/ajb.1300055. (vedi anche <http://www.carrotmuseum.co.uk/history.html>).
- ISAAA, *International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Solutions*, Brief 44-2012, Executive Summary: <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/44/executivesummary/>
- ISPRA, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, <http://www.isprambiente.gov.it/temi/biodiversita/argomenti/status/risorse-genetiche>.
- LE SCIENZE, 2013. *Inquinamento atmosferico: due milioni di morti all'anno* (http://www.lescienze.it/news/2013/07/13/news/inquinamento_atmosferico_tumori_polmonari-1739707/).
- L. LIU, S. BESTEL, J. SHI, Y. SONG, X. CHEN Proc Natl Acad Sci U. S. A., 2013. *Palaeolithic human exploitation of plant foods during the last glacial maximum in North China*. Apr 2;110(14):5380-5. doi: 10.1073/pnas.1217864110.
- TG. LOUKERIS, I. LIVADARAS, B. ARCÀ, S. ZABALOU, C. SAVAKIS, 1995. *Gene transfer into the medfly, Ceratitis capitata, with a Drosophila hydei transposable element*. Science. Dec 22;270(5244):2002-5.
- CHARLES C. MANN, (2013) 1493. *Pomodori, tabacco e batteri. Come Colombo ha creato il mondo in cui viviamo*. Milano.
- N. MORRISON, G. FRANZ, M. KOUKIDOU, T.A. MILLER, G. SACCONI, L.S. ALPHEY, V. BEECH, J. NAGARAJU, G. SIMMONS, C. POLITO, 2010. *Genetic Improvements to the Sterile Insect Technique for Agricultural Pests*. Asia-Pacific Journal of Molecular Biology and Biotechnology, 275-295, ISS: 0128-7451.
- NOBEL, 1983: http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/1983/
- VR. PEREZ, LR. GODFREY, M. NOWAK-KEMP, DA. BURNEY, J. RATSIMBAZAFY, N. VASEY, 2005. *Evidence of early butchery of giant lemurs in Madagascar*. J Hum Evol. Dec;49(6):722-42. Epub 2005 Oct 12.
- GM. RUBIN, AC. SPRADLING, 1982. *Genetic transformation of Drosophila with transposable element vectors*. Science. Oct 22;218(4570):348-53.
- JF. SUMMERS, G. DIESEL, L. ASHER, PD. MCGREEVY, LM. COLLINS, 2010. *Inherited defects in pedigree dogs. Part 2: Disorders that are not related to breed standards*. Vet J. Jan;183(1):39-45. doi: 10.1016/j.tvjl.2009.11.002.
- O. THALMANN ET AL., 2013. *Complete mitochondrial genomes of ancient canids suggest a European origin of domestic dogs*. Science. Nov 15;342(6160):871-4. doi: 10.1126/science.1243650.
- RK. WAYNE, BM. VONHOLDT, 2012. *Evolutionary genomics of dog domestication*. Mamm Genome. Feb;23(1-2):3-18. doi: 10.1007/s00335-011-9386-7.
- LJ. ZWIEBEL, G. SACCONI, A. ZACHAROPOULOU, NJ. BESANSKY, G. FAVIA, FH. COLLINS, C. LOUIS, FC. KAFATOS, 1995. *The white gene of Ceratitis capitata: a phenotypic marker for germline transformation*. Science. Dec 22;270(5244):2005-8. Vincenzo Russo