

“IL NOSTRO PERCORSO DIDATTICO SULLE BIOTECNOLOGIE”

Liceo scientifico “M. Grigoletti”

Classe V G

Indirizzo scientifico-tecnologico

MOTIVAZIONE

- Ci è parso utile raccontare l'esperienza maturata in un'attività didattica sul tema delle biotecnologie, nell'ambito di un Progetto dell'IRRE FVG "Tecnologia e scienza", perché rappresentativa di un possibile percorso culturale che altri potrebbero fare per acquisire, come è accaduto a noi, maggiore consapevolezza e conseguente autonomia di giudizio su diversi aspetti del dibattito corrente sul tema.

LA SITUAZIONE DI PARTENZA

- Innanzi tutto dobbiamo confessare che quando abbiamo iniziato a discutere in classe di biotecnologie, nonostante si trattasse di un argomento di cui la stampa si occupa frequentemente, avevamo informazioni piuttosto settoriali che viziavano inevitabilmente i nostri giudizi.
- Il percorso ci ha poi mostrato una realtà nel mondo della ricerca molto più ricca e diversificata di quanto non immaginassimo.

RISULTATI CONSEGUITI

- I risultati, non tutti facilmente comunicabili, possono ritenersi conseguiti su due principali piani:
 - quello delle conoscenze acquisite;
 - quello delle opinioni maturate.
- Alcuni risultati sono ricavabili dal confronto delle risposte rispettivamente ad un questionario iniziale e ad uno finale simile, i cui risultati sono elaborati in un file apposito (link).
- Da tale confronto risalta che, oltre ad un innegabile avanzamento nelle conoscenze, alla fine del percorso si è registrata un'ampia convergenza nelle valutazioni, e, per i pochi aspetti controversi residui, una condivisione nella interpretazione della loro natura, anche attraverso una riflessione di tipo epistemico relativa alla biologia.

QUALCHE PRECONCETTO

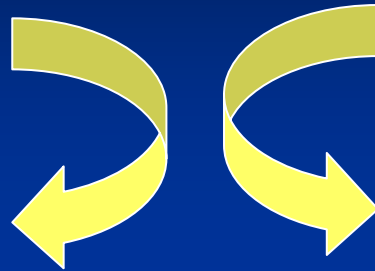
- Riguardo all'aspetto culturale, molti di noi, dall'informazione ricevuta dai mezzi di comunicazione, avevano impropriamente dedotto le seguenti equazioni:
 1. biotecnologie = modificazioni genetiche;
 2. modificazioni genetiche = manipolazioni ottenibili esclusivamente per intervento dell'uomo.

LE BIOTECNOLOGIE COME CONCETTO

- Abbiamo invece capito che le biotecnologie (termine da considerare in un'accezione molto più vasta di quanto non credessimo!) consistono da sempre nell'utilizzo di organismi viventi o di loro parti in processi di produzione industriale di sostanze (enzimi, antibiotici, ormoni, ecc.) e, solo più recentemente, sono utilizzate per interventi mirati di modificazione del patrimonio genetico di batteri, piante e animali.

SUDDIVISIONE DELLE BIOTECNOLOGIE IN

tradizionali



innovative

fermentazioni (vino, birra)
selezione artificiale
produzione di antibiotici
vaccinazioni
ecc.

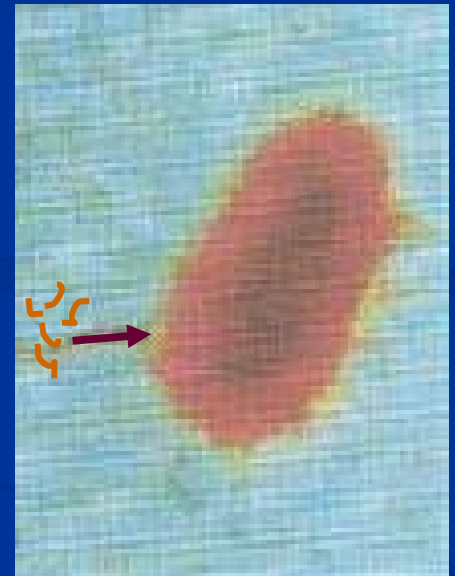
clonazione
tecniche di analisi del DNA
carta d'identità dei tumori
Progetto Genoma
profilo genetico degli individui
tecniche del DNA ricombinante
vaccini
cellule staminali
ecc.

LE MODIFICAZIONI GENETICHE IN NATURA

- A differenza di quanto ritenevamo inizialmente, abbiamo scoperto che l'uomo, nel modificare il patrimonio genetico degli organismi, non ha fatto che imitare processi che interessano forme di vita più semplici, in grado di indurre modificazioni genetiche in individui di specie diverse come
 - la trasformazione (ad opera di batteri),
 - il trasferimento di plasmidi (ad opera di batteri),
 - la coniugazione (ad opera di batteri),
 - la transduzione generale o specializzata (ad opera di virus),
- a cui riteniamo utile accennare perché risulti chiaro un aspetto che ci è apparso interessante, e cioè le conquiste del pensiero in questo campo.

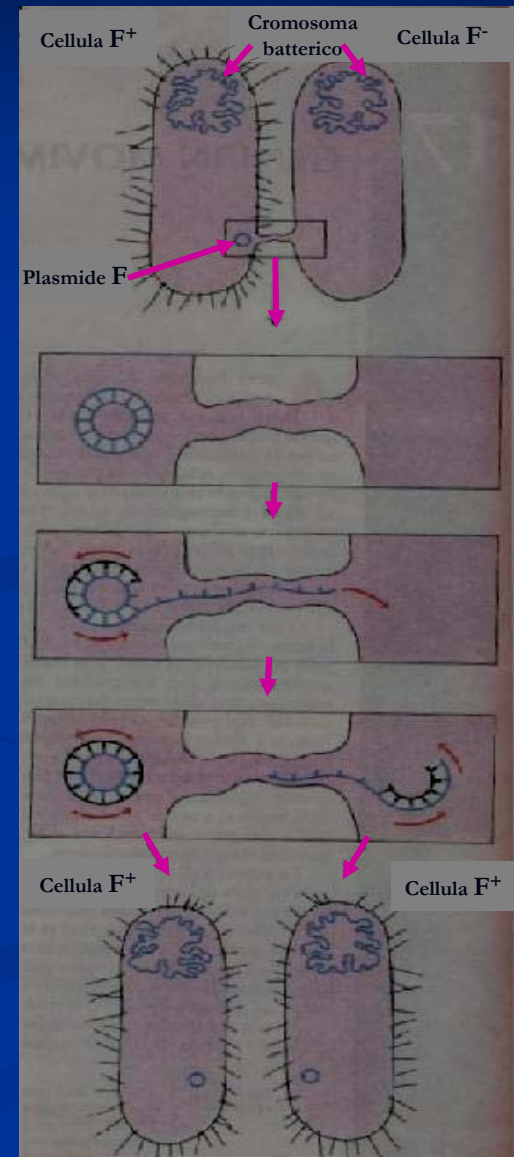
LA TRASFORMAZIONE BATTERICA

- Questo processo, scoperto per caso da Griffith nel 1930-32, consiste nella incorporazione da parte dei batteri di frammenti di DNA presenti nell'ambiente, provenienti anche da individui morti, capaci di inserirsi stabilmente nei loro cromosomi inducendo una modificazione genetica.



PLASMIDI E LORO REPLICAZIONE

■ Brevi sequenze geniche, denominate **plasmidi**, spesso in grado di replicarsi con frequenza più elevata rispetto al cromosoma batterico, possono essere trasferite da un batterio all'altro, come il **plasmide F**, che induce la formazione di “pili” nelle cellule in cui è trasferito, che diventano così cellule maschio o F^+ , o il **plasmide R** che induce resistenza a farmaci.



LA CONIUGAZIONE

- Grazie alla coniugazione avviene un processo di ricombinazione genica, analogo a ciò che avviene nelle specie a riproduzione sessuale, in seguito al quale il patrimonio genetico di individui unicellulari, quali sono i batteri, può parzialmente rinnovarsi per trasferimento “bidirezionale” di geni da un individuo ad un altro attraverso un ponte citoplasmatico. Al trasferimento, nella cellula ricevente, può seguire, per “crossing over”, l’eliminazione della sequenza di alleli corrispondenti e quindi una modificazione genetica.

LA TRANSDUZIONE

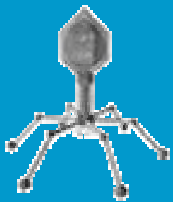
- Questo è un processo operato da virus e inizialmente scoperto per quelli che infettano batteri (batteriofagi o fagi), che sono in grado di portar via con sé alcuni geni delle cellule infettate e trasferirle in altri batteri inducendo in questi ultimi una modificazione genetica. In particolare i fagi cosiddetti “temperati”, che rimangono a lungo quiescenti, integrati nel cromosoma batterico, operano una “transduzione specializzata” dei geni ad essi prossimali nel punto di inserzione.

I PRIMI MATERIALI USATI NELLE BIOTECNOLOGIE

- Negli anni '70 nei batteri è stata scoperta la presenza di diversi enzimi, chiamati “enzimi di restrizione” capaci di frammentare un filamento di DNA (è grazie ad essi che probabilmente i batteri si difendono da un'infezione virale).
- Tali enzimi, lì dove agiscono, creano estremità fra loro coesive, e si sono pertanto rivelati preziosi per operazioni di “taglia” e “cuci”, utilizzate dall'uomo o per analisi, o per trasferimento di specifici geni nella tecnica del DNA ricombinante.

CLONI E VETTORI “NATURALI”

- Per le proprietà che presentano, l'uomo ha imparato a utilizzare, con un chiaro risparmio energetico, plasmidi e virus come macchine capaci di “clonare” singoli geni o sequenze geniche. Sono state così create delle “librerie genomiche” con geni inseriti in plasmidi e virus, a cui attingere in caso di bisogno.
- Inoltre l'uomo ha imparato a usare plasmidi e virus come vettori per il trasferimento degli stessi geni nei cromosomi di batteri, piante o animali.



virus manipolati geneticamente in modo da non risultare pericolosi, ma in grado di integrare il loro DNA all'interno dei cromosomi delle cellule bersaglio

LA TRANSCRIPTASI INVERSA

- L'enzima transcriptasi inversa, presente nei retrovirus, consente la sintesi di DNA da RNA.
- Tale processo, inverso a quello che si verifica di solito nelle cellule, è anche l'unica eccezione al “dogma centrale” di Crick che afferma che il DNA determina l'RNA che, a sua volta, determina le proteine.
- Estrahendo questo enzima dai retrovirus l'uomo è riuscito a ottenere, a partire dall'm-RNA che codifica per una specifica proteina, estratto da cellule che lo producono in grandi quantità, il “DNA copia” in vitro, col vantaggio di avere come prodotto, un DNA “essenziale”, da cui, quando sarà trascritto in m-RNA, non si otterranno parti inutili come gli “introni” e che potrà essere clonato anche da batteri.

LE SONDE MOLECOLARI

- In vitro possono essere prodotte brevi sequenze, marcate radioattivamente, di nucleotidi (= unità costitutive) di RNA, corrispondenti a sequenze di nucleotidi di DNA riconosciute come caratteristiche di un dato gene, per estrarre il gene giusto da una libreria genomica.

ELETTROFORESI SU GEL

- I frammenti di DNA ottenuti con enzimi di restrizione, caricati negativamente nei loro gruppi fosfato, possono essere separati dopo averli inseriti a un'estremità di una lastra di gel e sottoposti a una differenza di potenziale in modo che “corrano” verso l'elettrodo positivo.
- Dopo un certo tempo, se è presente una sostanza che viene incorporata con regolarità nell'elica del DNA, come l'etidibromuro, che produce fluorescenza in luce UV, sarà possibile ottenere un'immagine delle varie bande in ordine in base a valori crescenti della loro massa molecolare a partire dall'elettrodo positivo.
- Si vedano in proposito le immagini ottenute al **Life Learning Center** a Trieste nell'ambito di due esperienze di laboratorio condotte personalmente da noi, una relativa alla **PCR** e un'altra relativa al **DNA fingerprinting** ([link](#)).
- Di ambedue le esperienze ci ha colpito la “semplicità” con cui si possono “trattare” in vitro **campioni di DNA**.

LA PCR

- La tecnica della PCR (polymerase chaine reaction) ha ridotto da qualche settimana a poche ore i processi di clonazione, fatte avvenire in un termociclatore, di singole porzioni di DNA (a decidere quali porzioni sono molecole specifiche chiamate “primer” che dovranno ogni volta essere scelte opportunamente), grazie all’utilizzo di una DNA-polimerasi (enzima per la duplicazione del DNA) estratto da un batterio, il *Thermus aquaticus*, che resiste ad alte temperature.
- Si vedano in proposito le immagini che documentano la nostra esperienza, molto formativa, al laboratorio Life Learning Center a Trieste ([link](#)).

APPLICAZIONI DELLE BIOTECNOLOGIE

- Fra le diverse applicazioni, tutti noi abbiamo ritenuto particolarmente significative perché interessanti e utili, quelle in campo medico, farmacologico e ambientale.
- Delle applicazioni di cui abbiamo avuto notizia attraverso letture forniamo un rapido elenco, ma ci pare interessante riferire in un altro file (link) il contributo della dott.ssa *Chiara Conti*, ricercatrice presso l'Istituto Pasteur a Parigi, da noi visitato nel nostro viaggio di istruzione, sul tema dell'instabilità genomica per stabilire la carta d'identità dei tumori.

APPLICAZIONI IN CAMPO MEDICO E FARMACOLOGICO

■ Applicazioni in atto

- Produzione di **insulina** per diabetici (da batteri gm).
- Produzione di **ormone della crescita** per forme di nanismo (da batteri gm).
- Produzione di **enzimi essenziali** alla sopravvivenza in caso di anomalie genetiche (da piante gm).
- Diagnosi di malattie genetiche su popolazioni (elettroforesi di frammenti di restrizione del DNA e confronto fra individui diversi).
- Determinazione del profilo genetico di individui (medicina forense).
- Produzione di **nuovi vaccini** (dai soli involucri proteici dei virus o da virus resi innocui o manipolati geneticamente per produrre contemporaneamente più vaccini).
- Produzione di **anticorpi monoclonali** specifici (da “ibridomi” ottenuti con cloni di linfociti B di topi già trattati con l’antigene e cellule tumorali che, accrescendosi rapidamente, consentono di ottenere quantità significative dell’anticorpo desiderato).
- Ricerca sulla instabilità genomica al fine di stabilire la **carta di identità dei tumori** ([link](#)).

APPLICAZIONI IN CAMPO MEDICO E FARMACOLOGICO

■ Applicazioni in prospettiva

- Terapia genica (inserimento di geni “corretti” in caso di anomalie genetiche).
- Xenotrapianti (con organi fatti sviluppare in animali gm per ridurre il problema del rigetto).
- Cellule staminali (per autotrapianti per eliminare il problema del rigetto).
- Diagnosi precoce e cura dei tumori (dopo un’analisi a livello molecolare).
- Bio-nanotecnologie (interventi a livello di macromolecole nelle cellule).

APPLICAZIONI NELL'AMBIENTE

- Applicazioni in prospettiva
- Smaltimento dei rifiuti (ad opera di batteri gm).
- Degradazione del petrolio (ad opera di batteri gm).
- Estrazione di minerali (ad opera di batteri gm).

APPLICAZIONI IN CAMPO AGRO-ALIMENTARE

- Sulle applicazioni in campo agro-alimentare la nostra posizione iniziale era di notevole diffidenza e anche alla fine del percorso in alcuni di noi sono rimasti dei dubbi, che riteniamo comunque legittimi, e di cui abbiamo cercato di analizzare la fondatezza e le motivazioni.
- Tuttavia l'atteggiamento prevalente alla fine del percorso è stato di una maggiore fiducia che i problemi su cui attualmente si dibatte possano essere risolti con strumenti adeguati di democrazia.

APPLICAZIONI IN CAMPO AGRARIO

- Applicazioni in atto o in prospettiva
- Piante resistenti a parassiti (piante gm, come il mais, per limitare l'uso dei pesticidi).
- Piante che vivono in condizioni climatiche difficili (piante gm, ad es. per aumentare la produttività in zone fredde).
- Piante con nuove proprietà (piante gm, come il cotone con fibre già colorate).
- Animali transgenici (nuove forme di selezione operata dall'uomo), anche per la cura di malattie come l'AIDS.
- ecc.

APPLICAZIONI IN CAMPO ALIMENTARE

■ Applicazioni in atto o in prospettiva

- Piante che producono cibi più nutrienti o con principi alimentari aggiunti (piante gm, come il golden rice, arricchito in beta-carotene o provitamina A).
- Cibi più sicuri per la salute: un esempio è dato dal mais gm che produce enzimi che inattivano le aflatossine, sostanze fortemente cancerogene, prodotte da funghi durante l'immagazzinamento del mais stesso (è per questo motivo che cancerologi come il prof. Veronesi hanno preso posizione a favore del mais gm).
- Piante che producono cibi più durevoli (es. pomodori gm).
- Piante che producono cibi senza allergeni (es. soia gm privata del gene che codifica per una proteina allergenica).
- ecc.

PROBLEMI ANCORA APERTI NELLE APPLICAZIONI IN CAMPO AGRO-ALIMENTARI

- La logica del profitto potrebbe prevalere su quella del benessere delle popolazioni impedendo un controllo accurato del possibile impatto ambientale prima di una introduzione su vasta scala di ogm.
- Non è prevedibile in tutti i suoi aspetti come ogni ecosistema potrà reagire all'introduzione di ogm.
- Con un'introduzione "selvaggia" di piante ogm c'è il serio rischio che venga ridotta la biodiversità, importantissima risorsa per l'adattamento di piante e animali alle variazioni ambientali.
- Con la introduzione nel mercato di nuovi alimenti potrebbero aumentare i casi di allergie.

MISURE CHE RITENIAMO NECESSARIE

- Nonostante l'atteggiamento prevalente in classe sia stato alla fine quello di una maggiore fiducia nelle prospettive future, ritenendo che potrebbero derivare molti vantaggi dalla introduzione di ogm, tutti abbiamo concordato sulla necessità che vengano adottate misure di prudenza rappresentate da
 - forme di controllo sugli istituti di ricerca perché non ci siano fini di lucro nelle proposte di applicazione sul piano sociale dei loro risultati (i più accreditati sembrano rappresentati dalle Università);
 - forme di controllo dell'impatto ambientale, essenzialmente da parte dello Stato, nell'ambito di accurate sperimentazioni prima della diffusione su vasta scala di ogm.

NATURA DEI PROBLEMI

- Una riflessione finale sulla natura dei problemi ci ha fatto capire che alcune divergenze di opinioni sono ineliminabili per due fondamentali motivi:
 - perché i problemi sono insiti nei fondamenti stessi del sapere in ambito biologico;
 - perché i problemi investono diverse sfere: non solo quella di una cultura scientifica (nella quale le condivisioni dei risultati sono più facili), ma della salute pubblica, dell'utilità sociale, ecc. nei quali l'unanimità dei consensi è impensabile.

RIFLESSIONE EPISTEMICA SULLA BIOLOGIA

- In biologia si distinguono fundamentalmente due tipi di approccio: **riduzionista** e **olista**.
 - L'approccio **riduzionista**, utile nelle indagini sperimentali, permette di studiare aspetti specifici, ma trova un limite nel fatto che non consente di comprendere il sistema nel suo complesso;
 - Per contro l'approccio **olista**, in grado di valutare gli equilibri all'interno di un sistema complesso, presta attenzione alle "emergenze", proprietà non del tutto deducibili dalle singole parti, ma non consente un controllo delle numerose variabili.

RIFLESSIONE EPISTEMICA SULLA BIOLOGIA

- Poiché l'approccio riduzionista non è in grado di spiegare la complessità, occorre un approccio globale in quanto alcune proprietà del tutto non sono insite nelle parti.
- È quindi importante considerare le interazioni di un organismo con altri organismi e con l'ambiente (processi metabolici che hanno un ruolo nel ciclo della materia).
- Pertanto i risultati delle ricerche di studiosi, anche emeriti, che analizzano singole relazioni di tipo causa-effetto, con un approccio inevitabilmente riduzionista, vanno vagliati su scale progressivamente più vaste con un approccio olistico prima di pervenire a delle generalizzazioni azzardate.

IL RUOLO DEI CITTADINI

- E questo tipo di controllo noi riteniamo che debba essere condotto nel modo più democratico possibile, chiedendo ai singoli Stati di organizzarsi per valutare caso per caso l'opportunità di certi interventi sul territorio.
- Per quelle questioni che implicano scelte personali, connotate affettivamente o eticamente, riconoscendo che in tal caso l'unanimità dei consensi non può essere ricercata, riteniamo che la logica da seguire nelle scelte sul piano sociale sia quella del rispetto dei diritti primari dell'uomo e delle regole democratiche.