

GRUPPO ITALIANO DI BIOLOGIA EVOLUZIONISTICA

**IL FUTURO DELLA BIOSFERA:  
UNA SFIDA PER LA BIOLOGIA EVOLUTIVA**

10° INCONTRO ANNUALE DI STUDI

PISA, 26 - 28 febbraio 2002

**DOMUS GALILAEANA**

Via Santa Maria, 26 – 56126 PISA

PROGRAMMA DELL'INCONTRO

&

RIASSUNTI DEGLI INTERVENTI

Martedì 26 febbraio 2002 - ore 15.00 – 19.00

*Saluti di apertura*

- **Domus Galilaeana** – Pisa
- **CISSC - Centro Interdisciplinare per lo Studio dei Sistemi Complessi** - Università di Pisa
- **ASTISS - Asti Studi Superiori**

*Introduzione al convegno*

“Il futuro della Biosfera: una sfida per la biologia evolutiva” - **Lodovico Galleni** - Università di Pisa

*A seguire presentazione dei volumi:*

“Biologia”

“Scienza e Teologia, un nuovo campo di ricerca e insegnamento per antichi problemi”  
**di Lodovico Galleni**

*Sessione 1: Teorie evolutive ed implicazioni etiche e culturali*

- Un nuovo pensare biologico ed evolucionistico e il suo impatto culturale – **Michele Sarà**
- Darwinismo e *libero arbitrio* – **Pasquino Paoli**
- Implicazioni etiche della simbiosi biosfera noosfera – **Francesco Scalfari, Lodovico Galleni**
- Eva e l’evoluzionismo oggi – **Bianca Isolani**

*Discussione della sessione*

*A seguire presentazione del libro:*

“Il fantasma nella macchina. Origine, natura e evoluzione della coscienza”  
**di Pasquino Paoli**

Mercoledì 27 febbraio 2002 - ore 9.00 – 13.00

**Sessione 2: Biodiversità e stabilità della biosfera**

- Energia disponibile per la vita extraterrestre – **Luigi Sertorio, Giovanna Tinetti**
- I livelli della biodiversità e la loro misura – **Felicità Scapini**
- Un meccanismo basato sull'incompatibilità per il mantenimento della biodiversità nelle popolazioni di animali superiori – **Giuseppe Damiani**
- Biodiversità e conservazione dei primati neotropici – **Cecilia Veracini**

*Discussione della sessione*

*A seguire:*

**Materiali per la storia dell'evoluzionismo in Italia**

*Presentazione del volume:*

“Un secolo di evoluzionismo in Italia: Bibliografia 1859 – 1959”  
**di Paolo Coccia**

Mercoledì 27 febbraio 2002 - ore 15.00 – 19.00

**Sessione 3: Paleontologia e Antropologia evoluzionistica**

- Comportamento e innovazioni evolutive: riflessioni di un paleontologo – **Federico Masini**
- La megafauna del Pleistocene Sudamericano: una paleoecologia non omologa – **Giuseppe Tito**
- La specie umana dovrebbe chiamarsi *Pongo sapiens* – **Martino Rizzotti**
- Generi o Gradi nell'evoluzione dell'uomo – **Luca Sineo**
- Nati per correre? – **Giandonato Tartarelli**
- Encefalizzazione e meccanismi di sviluppo negli Ominidi fossili – **Jacopo Moggi-Cecchi, Silvia Boccone**
- Evoluzione e valore adattivo dei tratti di personalità: aspetti di Psicologia Evoluzionistica - **Andrea Camperio Ciani, Federica Ceccarini**
- La scomparsa di piccoli gruppi umani dovuta allo squilibrio dei sessi: una verifica per simulazione di questa ipotesi di Gini – **Patrizio Frederic, Giuseppe D'Amore, Mario Di Bacco**
- Intervento (*titolo non ancora pervenuto*) – **Gianfranco Biondi**

*Discussione della sessione*

*A seguire riunione su aspetti organizzativi e sede relativi a  
11° incontro di Biologia evoluzionistica*

*Sessione 4: Evoluzione biologica e biotecnologie*

- Sul rapporto tra teorie evolutive e (bio)tecnologie – **Erasmus Marrè**
- Origine ed evoluzione delle vie metaboliche: l'evoluzione guidata *in vivo* – **Renato Fani, Francesca Salvianti, Matteo Brilli, Laura Cioni**
- Biosintesi dell'istidina e fissazione dell'azoto: due modelli di studio delle vie metaboliche – **Matteo Brilli, Laura Cioni, Renato Fani**
- Xenosomi, organelli e origine delle specie nei ciliati – **Giovanna Rosati**
- Il rilascio di OGM nell'ambiente ed il loro impatto sull'evoluzione biologica – **Manuela Giovannetti**

*Discussione della sessione*

*Sessione 5: Esiste un concetto di specie valido per tutti i viventi?*

- Il concetto di specie alla luce della definizione stessa di individuo/popolazione – **Ettore Ruberti**
- La specie batterica tra mito e realtà – **Pier Luigi Manachini, Carlo Parini**

*Discussione della sessione*

*Conclusione dei lavori*

*Introduzione al convegno*  
**Il futuro della Biosfera: una sfida per la biologia evolutiva**

*Lodovico Galleni - Università di Pisa*

*Riassunto non ancora pervenuto*

*Presentazione dei volumi:*  
**“Biologia”**  
**“Scienza e Teologia, un nuovo campo di ricerca e insegnamento per antichi problemi”**  
*di Lodovico Galleni*

*Riassunto non ancora pervenuto*

## Un nuovo pensare biologico ed evolucionistico e il suo impatto culturale

Michele Sarà - Università di Genova

La rivoluzione biologica a cui assistiamo e che sembra voler alterare radicalmente la natura della biologia e lo stesso futuro dell'umanità ha il suo aspetto più evidente nei rapidi sviluppi della biologia molecolare con le applicazioni biotecnologiche legate alla manipolazione del programma genetico degli organismi. Così la biologia mostra all'informazione di massa risvolti inquietanti sul futuro della natura e dell'uomo. Ma su di un piano sottostante, trascurato dall'informazione di massa e spesso ignorato dagli stessi addetti ai lavori nonostante che da esso dipenda il progresso e soprattutto l'orientamento della nuova ricerca sperimentale, sta una profonda modificazione della biologia nei suoi concetti portanti e quindi nel modo d'intendere il funzionamento dei viventi e la loro evoluzione. Esso apre orizzonti inattesi e promettenti per una nuova visuale della natura e dell'uomo, soprattutto dei rapporti dell'uomo con la natura, e ha importanti implicazioni etico-culturali.

L'aspetto fondamentale della nuova biologia è quello olistico, in contrapposizione al riduzionismo che ha contrassegnato la biologia di gran parte del Novecento. Complessità, livelli gerarchici, emergenza, regolazione, interazione, cooperazione, epigenetica, reti d'informazione, ricerca multidisciplinare sono alcune delle parole chiave. Ciò ha un'importante ricaduta sulla teoria dell'evoluzione. Il paradigma neo-darwiniano basato su mutazioni casuali e selezione naturale è messo in crisi perché la nuova visuale sottolinea il valore costruttivo ed evolutivo delle attività degli organismi a tutti i livelli da quello molecolare a quello dell'ecosistema. Aspetti come la stocasticità delle mutazioni, la stretta dipendenza del fenotipo dal genotipo, l'ereditarietà di tipo mendeliano non hanno più valore dogmatico ma vanno riesaminati. L'importanza data ai vincoli strutturali, filogenetici, comportamentali, ecologici, epigenetici, ecc. e il fatto che gli organismi nell'espressione e regolazione dei geni e quindi nella costruzione dei caratteri siano aperti a un'informazione ambientale diretta, toglie alla selezione naturale il ruolo egemone di *deus ex machina* dei processi evolutivi.

Le conseguenze etico-culturali della nuova visuale olistica della biologia possono schematizzarsi in tre punti. Un primo punto è che l'enorme complessità di organizzazione, funzionamento e dinamismo dei fenomeni del vivente, in cui caos e determinismo si affiancano, catastrofi ed emergenze sono all'ordine del giorno ed una memoria biologica, che consente stabilità ed evoluzione, crea una storia degli organismi, mostra la necessità di produrre nuove e più fluide forme di pensiero e di linguaggio che superino quelle ancora in auge e note sotto l'etichetta di meccanicismo ma adeguate solo ai meccanismi lineari, deterministici e astorici della "non vita". Un secondo punto, che deriva dal primo, è che i fenomeni biologici sono in gran parte imprevedibili, non si basano su leggi rigide ma uniscono alla regolarità una notevole dose di relativismo, di spontaneismo, di autopoiesi. Ciò invita ad una visione della natura e dell'uomo non basata su certezze e dialettiche contrapposizioni o su utilitarismi di tipo economico ma multilaterale ed interattiva. Un terzo punto è che singole particolarità, eventi puntiformi ma legati alle circostanze, alle condizioni al contorno e quindi di tempo e di luogo possono provocare o modificare i processi più vari e più ampi da quelli del differenziamento a quelli dell'evoluzione. E' questa modulazione qualitativa e non il caso a spiegare l'enorme libertà e plasticità dei sistemi biologici e quindi la straordinaria biodiversità dei viventi. Ciò induce ad un accresciuto senso di responsabilità, cautela ed affinamento delle conoscenze per ogni intervento sulla natura e sull'uomo.

## Darwinismo e libero arbitrio

Pasquino Paoli – Consiglio Nazionale delle Ricerche di Firenze

Si potrebbe pensare che il termine “libero arbitrio” sia adeguato più a un dibattito filosofico che a una discussione scientifica sui grandi temi del darwinismo e dell’evoluzione biologica. Il tema del libero arbitrio è però un aspetto cruciale della questione coscienza, che è a sua volta uno dei grandi e più dibattuti temi della biologia contemporanea. Se c’è una tendenza a evitare di discutere di libero arbitrio è soprattutto perché quest’argomento è inscindibilmente legato alla risoluzione del problema coscienza.

Libet è il neuroscienziato che ha riproposto, suo malgrado, il tema del libero arbitrio in ambito sperimentale. Alcuni risultati dei suoi trentennali studi indicano, in breve, che quando un individuo compie un gesto intenzionale come prendere un oggetto, puntare l’indice contro qualcosa, ecc., in realtà l’elaborazione del gesto ha un inizio meccanico che non coinvolge l’intenzione cosciente del soggetto (1). Quindi secondo questi studi l’atto intenzionale e volontario non nasce intenzionale ma neutro, meccanico, non cosciente. Sarebbe la macchina nervosa a iniziare per prima a rispondere e a operare, con un anticipo sull’io cosciente di circa 350 msec.

Il messaggio che si ricava dalle ricerche di Libet è questo: le nostre azioni volontarie e pertanto la nostra libera capacità di agire si trovano al seguito di decisioni preliminarmente prese da meccanismi cerebrali operanti al di fuori della coscienza.

Ma che cos’ha a che fare, in particolare, la questione del libero arbitrio con il paradigma darwiniano dell’evoluzione?

Nel 1971 Skinner, famoso psicologo sperimentale, fra i più noti del comportamentismo, pubblicava un libro sul libero arbitrio dal titolo “*Beyond Freedom and Dignity*” (2). Nel libro, Skinner afferma che non è l’“io” ma l’ambiente ad avere l’effettivo controllo sulla forma del nostro comportamento, per cui solo riconoscendo ciò saremo anche in grado di difenderci da manipolatori sociali e politici senza scrupoli. Come tutti i comportamentisti, Skinner credeva nell’influenza onnipotente dell’ambiente e pertanto nell’apprendimento in quanto forza di modellamento del comportamento animale e umano. Rispetto all’etologia “classica” e al suo rigido concetto di istinto, il comportamentismo sembrava porsi a ideologia della libertà, rappresentata dalla cultura e dall’ambiente rispetto al determinismo genetico. Un tema, questo, che è parte della diatriba a ampio raggio, propria soprattutto del secolo scorso, fra seguaci dell’influsso culturale e ambientale, e seguaci dell’influenza dei fattori ereditari e biologici (diatriba *nature/nurture*).

Nella sua proposta, Skinner in realtà svalutava la questione del libero arbitrio sopravvalutando la cultura e i condizionamenti sociali. Per lo psicologo il potere della cultura sull’individuo è tale che dovremmo preoccuparci essenzialmente di capire come questo potere si espliciti per riuscire a controllarne gli effetti e a difendersi dalle manipolazioni sociali. Ma un potere così assoluto della cultura è piuttosto fantascientifico, mentre il problema del libero arbitrio, ossia della capacità del singolo di produrre pensieri e comportamenti indipendentemente non solo dal determinismo genetico ma anche da quello ambientale, resta aperto.

Contrapposta al comportamentismo, l’etologia darwinista dell’epoca di Lorenz e di Tinbergen ha rappresentato, con la nozione di *istinto*, la posizione del determinismo ereditario e biologico nel comportamento animale e di conseguenza umano. L’istinto, in quanto comportamento specie-specifico cioè comune ai membri di una specie e quindi ereditario, può essere definito un programma comportamentale essenzialmente stabilito da fattori genetici. Così definito, l’istinto non dipende dalla libera volontà del soggetto: stimoli interni e esterni (*stimoli scatenanti*) avviano e controllano, nel suo decorso, il programma istintivo. Un classico esempio è rappresentato dal corteggiamento e accoppiamento del pesce spinarello analizzato da Tinbergen (3), in cui l’intero programma si sviluppa per fasi e richiede per avanzare un preciso scambio di stimoli fra i partner.

Gli etologi classici si concentrarono nello studio dei comportamenti animali che avevano caratteristiche “programmatiche” come le esibizioni di corteggiamento, le cure parentali o gli scontri ritualizzati per l’accesso alle femmine, il possesso del territorio o la posizione gerarchica nel

gruppo. Si trattava di comportamenti in ogni caso facilmente riconoscibili proprio per le loro caratteristiche di costanza e stereotipia.

L'estensione dell'approccio darwinista a ogni possibile comportamento animale compresi quelli più anomali o "meno" specie-specifici, fu compiuta dai sociobiologi (4) e dagli ecologi comportamentali con i concetti di adattamento ottimale all'ambiente, selezione individuale, gene egoista e altruismo come espressione di egoismo genetico. La "nuova" etologia mentre ha notevolmente ampliato l'orizzonte dello studio darwinistico del comportamento animale rispetto all'etologia classica, sulla questione della libera volontà del soggetto, animale o umano che sia, non ha aggiunto molto. In compenso però, tanto l'etologia classica che quella nuova consentono di evidenziare su questo punto i limiti dello stesso paradigma darwinista.

Per comprendere meglio il passaggio dall'una all'altra etologia, nell'etologia classica il concetto di selezione naturale era piuttosto generico ma sufficiente a identificare i comportamenti specie-specifici, quei comportamenti cioè che per la loro forma relativamente rigida ricordano i caratteri anatomici e fisiologici. Al concetto di selezione si collega poi strettamente quello di utilità dei caratteri fenotipici, per cui i comportamenti istintivi, trattandosi di caratteri selezionati nel corso di generazioni, hanno una loro funzione utilitaristica nell'economia della sopravvivenza e quindi anche un loro significato adattativo (5). Ma da questa visione restavano esclusi o mal compresi fenomeni come l'altruismo, tra l'altro alquanto frequente negli animali, e numerosi comportamenti anomali o perfino aberranti come l'infanticidio, lo stupro e l'omosessualità, che parrebbero violare le leggi dell'economia utilitaristica darwinista.

Tutti questi interrogativi furono risolti dalla nuova etologia senza fuorviare dai principi del darwinismo. Fu meglio specificato innanzitutto il concetto di selezione come processo che opera non sulla specie, ma sull'individuo o selezione individuale. In effetti, il darwinismo prospetta una lotta per la sopravvivenza egoisticamente condotta dall'individuo per se stesso, cioè per la propria fitness o sopravvivenza del proprio patrimonio biologico nella generazione successiva. Il passo concettuale necessario fu, per i nuovi etologi, la definizione dell'unità di selezione, vale a dire del bersaglio finale dell'azione selettiva sull'individuo attraverso i suoi fenotipi comportamentali. Ciò condusse a dover separare l'insieme dei caratteri fenotipici, che costituiscono l'individuo ma che muoiono con l'individuo, dall'insieme dei caratteri genetici, che invece non muoiono con l'individuo ma costituiscono ciò che sopravvive e ricompone una generazione nuova permettendo l'evoluzione biologica.

Dunque sono i geni il bersaglio ultimo della selezione, mentre l'individuo ne è il bersaglio primo. Da qui si giunge facilmente al concetto di "gene egoista" e di individuo inteso come "macchina fenotipica" al servizio della sopravvivenza dei suoi stessi geni (6). Solo, infatti, i caratteri fenotipici che avvantaggiano i geni sono quelli che avranno un futuro nell'evoluzione biologica: non importa a quale prezzo per l'individuo-macchina fenotipica. Così diventa possibile spiegare l'altruismo come un comportamento che se anche non apporta alcun vantaggio all'individuo lo apporta ai suoi geni (in termini di fitness), condivisi dai parenti a cui l'individuo si dedica a proprio personale discapito. Abbiamo dunque i concetti di fitness complessiva (*inclusive fitness*) e di selezione di parentela (*kin selection*). Fatto fondamentale, con questi concetti centrati sulla selezione individuale e di conseguenza sull'egoismo genetico, è possibile interpretare non solo l'altruismo, che altrimenti rimarrebbe un rompicapo per il paradigma darwinista, ma anche quei comportamenti anomali o aberranti che l'etologia classica aveva preferito rimuovere. Un notevole esempio è rappresentato dal fenomeno del "satellismo" maschile per cui maschi più deboli o troppo giovani, per poter competere con gli adulti normali, sfoggiano un tipo di approccio alla femmina rudimentale e spesso violento, assai diverso nella forma dal corteggiamento specie-specifico, ma che comunque consente loro di assicurarsi qualche successo riproduttivo.

Una particolare importanza è attribuita dalla "nuova" etologia all'adattamento. Più che discutere di ereditabilità e fondamenti genetici del comportamento animale sarebbe opportuno valutare se i comportamenti animali siano davvero adattati al loro ambiente, perché conseguenza dell'azione della selezione è l'adattamento. Ciò che non è adattato non può infatti sopravvivere ed è eliminato dalla selezione. Il metodo escogitato per valutare l'adattatività di un carattere comportamentale



consiste in una valutazione del guadagno energetico netto, tolto il costo dell'operazione comportamentale. In questo modo ogni comportamento animale, concepito in definitiva come un bilancio di costi e guadagni, è interpretato in termini rigorosamente utilitaristici e può essere messo in relazione con la fitness individuale. In parole diverse, sono adattativi tutti quei comportamenti che assicurano un vantaggio energetico, condizione preliminare per il successo riproduttivo, a sua volta condizione indispensabile per la sopravvivenza evolutiva. Di conseguenza, potremo assumere che i comportamenti animali attuali, essendo sopravvissuti all'azione della selezione nel corso delle generazioni, siano anche tutti adattativi e, quanto a bilancio energetico, ottimali (7).

Al di là delle polemiche che la visione adattamentista e sociobiologica ha scatenato soprattutto negli anni settanta e ottanta del secolo scorso, è un dato che questa visione ha rafforzato le opportunità di applicazione del darwinismo allo studio del comportamento animale. Possiamo affermare che a partire dall'etologia classica, attraverso la sociobiologia e l'ecologia comportamentale il darwinismo ha esplicato tutta la sua potenzialità di studio sui comportamenti degli animali, visto che dalla visuale darwinista non sembra restare fuori più alcuna forma di comportamento animale.

Quanto però alla questione della libera volontà del soggetto, la situazione non è cambiata molto, perché il libero arbitrio presume che il soggetto disponga di un suo potere di decisione non tanto *sic et simpliciter* autonomo, quanto indipendente dai fattori che lo determinano, i fattori genetici e selettivo-ambientali: gli stessi che hanno alimentato la diatriba *nature/nurture*. Questo è il punto che ha reso la questione del libero arbitrio un problema secolare apparentemente senza soluzione.

In termini di struttura logica del darwinismo, il libero arbitrio o appunto l'indipendenza della volontà del soggetto da qualsiasi condizionamento esterno, implicherebbe la presenza nell'individuo di una forza o di un ulteriore agente in aggiunta a quelli previsti dal paradigma darwinista, cioè in sostanza ai geni, all'ambiente e alla selezione. Il vantaggio di questi ultimi agenti è che non hanno aspetti viziati da psicologismo, vale a dire si tratta di forze che agiscono *sui* prodotti comportamentali, tramite processi di elaborazione nervosa, con influenze causali di varia entità e peso, modellandone *interamente* la forma dall'*esterno*.

Ma una forza aggiuntiva a queste, interna al soggetto, rievocherebbe lo spauracchio della forza vitale definitivamente messo a pensione. A uno spauracchio simile si riallaccia il tema dell'*homunculus*, altro concetto filosofico che avrebbe dovuto rispondere alla domanda del "chi" nell'individuo in definitiva ragiona, vuole, decide (8). C'è stato persino chi ha creduto di ravvisare l'*homunculus* nelle convenzionali rappresentazioni delle proiezioni nervose alla corteccia somatosensoriale.

La difficoltà dell'*homunculus* e di concetti analoghi - come perfino lo stesso scontato concetto di "io" o "sé" dell'individuo - è la *reductio ad infinitum*: il fatto di non riuscire a interrompere la serie di interrogativi innescati su "chi" alla fine sia capace di volere e decidere: l'omuncolo per l'individuo; ma per l'omuncolo un altro omuncolo più piccolo e per questo piccolo omuncolo, un altro ancora più piccolo e così via. Ora, se è sbagliata l'intera classe dei concetti omuncolo-simili, non è invece sbagliata la domanda che l'idea di omuncolo intendeva sciogliere, cioè quella del "chi" nell'organismo sia dotato di libero arbitrio, considerato che l'organismo stesso è il prodotto dell'interazione di geni, ambiente e selezione e, dunque, non liberamente autodeterministico. Il punto è, piuttosto, riuscire non solo a designare il "chi" libero e autodeterministico dell'individuo, ma soprattutto nel non cadere in una *reductio ad infinitum*.

Il darwinismo per la sua organizzazione logica permette di identificare con precisione l'individuo macchina, quello cioè determinato in ogni sua manifestazione fenotipica, sia anatomico-fisiologica sia comportamentale, dall'influenza di agenti genetici/ambientali/selettivi. Dall'insieme dei comportamenti, è possibile "scorporare" il blocco deterministico degli istinti e delle risposte automatiche in quanto prodotti controllati dall'influenza genica con scarse influenze ambientali. Ma possiamo anche scorporare, come prodotti deterministici, quei comportamenti che per la loro adattatività ottimale possono interpretarsi come il prodotto dell'azione di modellamento delle forze selettive e quindi dell'interazione di geni e ambiente nel corso delle generazioni. Anche l'apprendimento, ossia il fenomeno delle modifiche del comportamento per influenza ambientale, culturale, sociale, oggetto privilegiato dell'indagine comportamentista, individua un ambito di

comportamenti deterministici, che appunto non dipendono dalla volontà dell'individuo ma dalle forze ambientali. Con la ricucitura poi, agli inizi degli anni settanta del novecento, fra etologi e comportamentisti sulla questione del peso delle influenze relative dei geni e dell'ambiente sul prodotto comportamentale (9), è divenuto possibile interpretare tutti i comportamenti come miscele di influssi genici e ambientali in proporzioni diverse. Così i comportamenti animali e umani potevano essere ordinati in sequenze che andavano dai più rigidi ai più flessibili. In pratica, l'intero insieme dei prodotti comportamentali poteva essere concepito in una visuale "deterministica" in cui i determinanti del comportamento si collocano invariabilmente "fuori" dal volere del soggetto stesso, ossia nei suoi geni o nell'ambiente/selezione.

La visione ha, quindi, il merito di essere oggettivista, trattando i prodotti comportamentali non come risultato di principi soggettivi, ma di fattori determinanti oggettivi in quanto "esterni" alla dimensione soggettiva. D'altra parte però la visione lascia fuori, appunto, ogni principio psicologico di autodeterminazione. In questo modo è possibile separare nell'insieme dei prodotti comportamentali un dominio "deterministico" controllato da somme di influenze genetiche e ambientali in proporzioni differenti e sotto la supervisione della selezione naturale. Un universo di prodotti comportamentali in cui l'influenza del soggetto sulla forma del proprio comportamento non ha, concettualmente, rilevanza. E', questa, una buona definizione di organismo macchina: un individuo che si comporta in un dato modo, indipendentemente dal suo volere, secondo programmi stabiliti altrove.

Oggi, gli psicologi cognitivi parlano di un ampio dominio di prodotti della cognizione non controllati dal volere cosciente: *l'inconscio cognitivo* (10), che sembra compenetrare ogni prodotto dell'elaborazione cosciente e volontaria. Da tutto ciò emerge un dato interessante: partendo dall'approccio darwinista fino a raggiungere la psicologia cognitiva contemporanea, l'universo dei comportamenti animali e umani risulta fundamentalmente deterministico, dove la volontà libera e autodeterminante del soggetto, da tutti tacitamente riconosciuta, non sembra avere né uno spazio né una giustificazione. Il neuroscienziato americano Gazzaniga ha proposto la tesi dell'Interprete (11), un dispositivo neuronale che avrebbe sede nell'emisfero sinistro del cervello con funzioni che, sebbene ricordino quelle attribuite all'io, sono essenzialmente illusorie: quelle di far credere al soggetto di essere il gestore assoluto delle proprie attività, senza esserlo veramente non essendo l'individuo altro che un meccanismo dotato di funzioni adattative, modellate per selezione naturale. A questo punto si comprende meglio la scoperta di Libet, accennata all'inizio: anche gli atti volontari non sarebbero veramente volontari perché non avrebbero un inizio come tali ma come processi "deterministici" dell'individuo-macchina, eventualmente innescati da stimoli esterni. E questo spiega l'interesse suscitato dalle scoperte di Libet per la questione del libero arbitrio. Ma per comprendere meglio in tutta la sua ampiezza in cosa consista l'individuo-macchina e quindi il retroterra deterministico che soggiace agli studi di Libet e in generale alle ricerche sull'inconscio cognitivo, è fondamentale l'interpretazione ricavabile dall'approccio darwinista al comportamento.

In conclusione, l'intero universo dei comportamenti animali e umani sembra avere connotati deterministici, che se si prestano a chiare indagini oggettive non si prestano all'inquadramento dei fenomeni psicologici che implicano la libera elaborazione e gestione, del soggetto, dei propri atti, cioè il libero arbitrio, proprio come se questo non dovesse esistere. Eppure il fatto stesso che il senso del libero arbitrio sia fortemente radicato nell'uomo è in se stesso un indizio che il libero arbitrio esiste e che si tratti solo di capire in che modo. L'interpretazione "deterministica" dei comportamenti è allora utile perché traccia i confini di un dominio, quello appunto dei comportamenti deterministici e oggettivistici, che evidentemente non coincide con tutto l'universo delle produzioni comportamentali.

Si tratta di capire su quali principi potrebbe organizzarsi un dominio non-deterministico con proprietà non-oggettivistiche, cioè non dipendenti da determinanti esterni ma soggettivistiche e autodeterminanti, in cui troverebbe concettualmente spazio il libero arbitrio. A questo punto si tratterebbe solo di organizzare il dominio non deterministico e soggettivistico su basi che non implicino una *reductio ad infinitum*.

## **Bibliografia**

- (1) Libet B., Wright E.W. e Gleason C.A., 1982. *Readiness-Potentials Preceding Unrestricted "Spontaneous" vs. Pre-Planned Voluntary Acts*. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 54, pp. 322-335.
- (2) Skinner B.F., 1971. *Beyond Freedom and Dignity*. Knopf, New York.
- (3) Tinbergen N., 1957. *The Study of an Instinct*. Oxford University Press, Oxford.
- (4) Wilson E.O., 1975. *Sociobiology: The New Synthesis*. Harvard University Press, Cambridge (MA).
- (5) Tinbergen N., 1955. *On Aims and Methods of Ethology*. *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 20, 4, pp. 410-433.
- (6) Dawkins, R., 1982. *The Extended Phenotype*. Freeman, Oxford.
- (7) Maynard Smith J., 1978. *Optimization theory in evolution*. *Annual review of Ecology and Systematics*, 9, pp. 31-56.
- (8) Dennet D.C., 1991. *Consciousness Explained*. Little Brown, Boston. (trad. it.: *Coscienza. Che cosa è* Rizzoli, Milano, 1993).
- (9) Mackintosh N.J., 1974. *The psychology of animal learning*. Academic Press, New York.
- (10) Kihlstrom J., 1987. *The cognitive unconscious*. *Science*, 237, pp. 1445-1452.
- (11) Gazzaniga M.S., 1987. *Cognitive and Neurologic Aspects of Hemispheric Disconnection in the Human brain*. *Discussions in Neurosciences, FESN*, pp. 1-68.

## Implicazioni etiche della simbiosi biosfera noosfera

*Francesco Scalfari - Asti Studi Superiori*

*Lodovico Galleni - Università di Pisa*

Le diverse prospettive proposte dall'etica ambientale e le loro conseguenze necessitano di essere ancora sviluppate. In particolare le relazioni tra etica e scienze naturali vanno studiate approfonditamente e devono essere ripensate, per quanto riguarda le teorie evoluzionistiche: ad esempio, uno dei punti principali della visione contemporanea dell'evoluzione è che la simbiosi, la cooperazione tra specie, è un meccanismo prezioso quanto la selezione naturale.

In una prospettiva più generale il concetto di simbiosi è fondamentale, perché può contribuire a risolvere il dibattito tra antropocentrismo e biosferocentrismo.

D'altro canto il contesto scientifico non è solo quello dell'evoluzione biologica, ma anche quello dell'approccio globale secondo la cosiddetta teoria biosferocentrica.

Tra i nuovi problemi che si pongono il principale è quello della stabilità della biosfera.

Infatti, se è vero che il contesto attuale della natura è quello della conservazione, l'etica ambientale non è più l'etica della conservazione delle singole specie minacciate, dei singoli ecosistemi o di aree particolari ma è l'etica del mantenimento della stabilità della biosfera, per cui il problema etico principale quando si passa da un approccio riduzionistico ad uno globale è che non si ha solamente un cambiamento quantitativo ma anche qualitativo.

In questa prospettiva anche i dibattiti relativi alle biotecnologie devono dare risposta alle domande se esse sono collegate alla stabilità o alla instabilità della biosfera e se si possiedono le tecniche per raccogliere informazioni circa l'impatto delle biotecnologie sulla stabilità globale.

Ma l'approccio biosferocentrico suggerisce ulteriori sviluppi. Attualmente la teoria biosferocentrica prende in considerazione l'evoluzione della biosfera come un unico oggetto complesso, le cui parti sono legate da relazioni che hanno la funzione di mantenere la stabilità dell'oggetto. In un sistema vivente complesso non c'è solo la funzione della sopravvivenza dell'individuo, assicurata dal metabolismo, ma anche la funzione della sopravvivenza della specie che viene realizzata tramite la riproduzione. Quando la vita è intesa in un senso più generale, così come espresso da Lovelock nella ipotesi di Gaia, il vivente ed il non vivente sono connessi a livello dell'intera biosfera, da relazioni che hanno la funzione di mantenere la stabilità dei parametri che permettono la sopravvivenza della stessa biosfera.

Dall'eredità intellettuale di Pierre Teilhard de Chardin possiamo dedurre che la natura, non soltanto gli esseri viventi ma l'intero universo, è caratterizzata dal fatto che l'evoluzione non solo non è reversibile, ma è anche dotata di un "movimento verso" generalmente considerato come attitudine dell'evoluzione stessa. Un movimento verso la complessità, ma, secondo Teilhard de Chardin, anche verso la cerebralizzazione e la coscienza. Questa interpretazione implica alcune considerazioni: prima di tutto l'umanità, qui intesa come la comunità pensante, la noosfera e non solo la specie biologica *Homo Sapiens*, origina dall'evoluzione di altri esseri viventi e della biosfera. Si può così ipotizzare un parallelismo: così come si afferma che *Homo Sapiens* si è evoluto da specie preesistenti, così pure la noosfera si è originata dall'evoluzione della biosfera.

Da questo punto di vista non solo la biosfera origina dalla noosfera, ma la noosfera è strettamente correlata alla biosfera tramite un relazione simbiotica; senza la biosfera non c'è possibilità di sopravvivenza per la noosfera.

Questa è una prima conseguenza importante per l'etica: la simbiosi noosfera-biosfera introduce la necessità della conservazione della natura perché senza biosfera l'umanità non può sopravvivere.

Non si tratta, quindi, di un'etica ambientale che riguarda il comportamento individuale bensì il comportamento di tutta la noosfera nei confronti dell'intera biosfera; un'etica che guarda alla natura, o meglio, ai risultati delle ricerche che la scienza sperimentale svolge circa la struttura della natura per ricavare nuovi suggerimenti per una migliore comprensione dell'agire umano.

## Eva e l'evoluzionismo oggi

*Bianca Isolani - Centro Interuniversitario di Biologia Marina e Ambientale di Livorno*

Su 6 miliardi di persone oggi presenti sulla Terra, oltre la metà (2 miliardi di cristiani, 1,3 miliardi di musulmani, 14 milioni di ebrei) hanno come base della loro educazione etica e, in modo più o meno chiaramente esplicitato (es. USA), anche scientifica, il mito di Adamo ed Eva, noto in ambito cristiano come «Peccato originale». Poiché, come si sa, era stato sempre sostenuto che tale mito si riferisse alle origini dell'umanità, fino al 1800 ritenute assai recenti, si ebbero forti resistenze ad accettare l'evoluzione come fatto, soprattutto nell'impostazione perentoria (ma scientificamente esatta) datale da Lamarck (1800) (1). Solo quando le prove del fatto evolutivo si sono dimostrate sempre più inoppugnabili, il mito è stato considerato dai teologi nei possibili rapporti con i dati scientifici provenienti dalle varie discipline. In particolare i teologi di formazione cattolica hanno evidenziato aspetti assai interessanti: non sembra possibile che Adamo ed Eva si riferiscano realmente all'origine dell'umanità, potrebbero persino appartenere a due culture diverse, maturate in Medio Oriente poche migliaia di anni fa, quando si sviluppò l'agricoltura. Il «peccato» avrebbe potuto addirittura essere compiuto da una o più popolazioni, emblematiche dell'umanità, in tempi e luoghi diversi (2). Ma soprattutto sostengono che dalla Bibbia non possono essere estrapolate concezioni scientifiche profetiche, non facenti parte della cultura del tempo (come aveva sostenuto Galileo nel 1630). L'odierna opera esegetica sulla Bibbia, lungi dall'essere rivoluzionaria, userebbe la «demitologizzazione» (cioè il tentativo di tradurre la cosa pensata nel nostro linguaggio, in modo da rendere il messaggio sempre nuovo e accettabile per il rispettivo tempo) non farebbe altro che seguire la stessa linea seguita dal cristianesimo primitivo nel suo sforzo di esprimere il messaggio di Cristo con l'aiuto di miti pagani (3).

Oggi, in una società scientificamente avanzata, in accordo con la moderna concezione evoluzionistica, poiché *nel divenire in genere si ha un incremento di essere* (Testa, pag.83) si potrebbe interpretare che l'atto creativo di Dio starebbe tuttora compendosi, come era stato sostenuto da Teilhard de Chardin già all'inizio del 1900, recentemente rivalutato da Galleni e Scalfari (10). Si esplicita quindi un principio di buon senso sancito dal Vaticano I (1869), che definì che la Fede supera la ragione, ma non ne può essere contraria. In conseguenza di ciò, persino l'operato della Chiesa, o almeno di molti suoi rappresentanti, è stato sottoposto a revisione: il 12 marzo 2001 rappresenta una data storica, il Papa Giovanni Paolo II ha chiesto scusa, a nome della Chiesa, a quanti sono stati nei secoli perseguitati per le loro diverse ideologie. Per estrapolazione si deve ammettere che anche oggi molti errori possano essere compiuti.....

Tutti questi nuovi modi di interpretare e questa encomiabile capacità critica e autocritica espressa dalla Chiesa restano spesso confinati agli specialisti: nella maggior parte dei casi non sono entrati realmente a far parte né della didattica religiosa nelle scuole, né vengono discussi dai mass media. E tuttavia molto si sta muovendo: per es. al corso di aggiornamento per Insegnanti di religione *Chi è l'uomo?* organizzato dalla Diocesi di Milano sono stati trattati tutti gli aspetti del problema, prospettati da docenti delle varie discipline anche dichiaratamente non religiosi (come la sottoscritta), senza alcuna forma di censura, né preventiva, né sulla pubblicazione (4).

Il problema più grosso dell'antropologia religiosa odierna, quello che può realmente influenzare il progresso dell'umanità e forse addirittura la sua stessa sopravvivenza, è quello relativo al significato del «peccato originale» (termine usato da S. Agostino solo nel IV secolo): esso anche oggi viene sempre considerato una gravissima colpa contro Dio, un non voler ammettere la propria sottomissione quale «creatura», un non accettare la parola divina come norma fondamentale della propria vita, quindi fundamentalmente si tratta di un peccato di orgoglio. Addirittura in molti casi esso viene associato alla lussuria, cioè ad atti sessuali inconsulti, la cui responsabilità ricadrebbe soprattutto su Eva (...da cui il detto «porca Eva»...). Anche il Concilio Vaticano II ha lasciato questa questione in sospeso, mentre i teologi continuano a domandarsi *quale può essere il significato dell'asserto, con cui si afferma che esiste qualcosa, senza sapere che cosa sia.....Oggi si riconosce come compito prioritario in tutta la ricerca sul dogma del peccato originale la soluzione di questo*

*problema* (3). Al momento, oltre la metà dell'umanità, i 3,3 miliardi di persone che credono, od in ogni caso sono state allevate, nella cultura di una delle tre religioni monoteiste, si sente gravata da una «colpa» originaria contro Dio, di cui gli sfugge l'essenza. Ne risulta comunque una visione molto negativa della natura umana, che sarebbe incapace di vera fraternità e di elaborare un'etica a prescindere dai principi religiosi.

Dato che l'umanità ha insito in sé «il seme della violenza», a molti non sembrano quindi «scandalose» le innumerevoli guerre di religione che, in varie parti della Terra e anche in altri contesti religiosi (che non vengono qui analizzati) hanno insanguinato il secolo XX appena trascorso e che continuano a insanguinare il nuovo millennio appena iniziato. Persino nella civilissima Italia, paese laico secondo la Costituzione, questa incapacità viene ancora «dimostrata» riferendosi al racconto di Caino e Abele, ascritto alle origini dell'umanità (!!!), come sostenuto addirittura in programmi teoricamente laici (Rai Educational, 10-01-2002, ore 01). L'umanità sembra ricercare una speranza di salvezza soprattutto o soltanto negli incontri tra i rappresentanti delle Religioni, come dimostra l'ampio spazio dato dai mass media e la partecipazione emotiva all'incontro ad Assisi organizzato dal Vaticano (24-01-02). Secondo questa concezione, l'etica deve avere una base religiosa, l'uomo lasciato a se stesso è incapace di un corretto agire. Eppure la maggior parte dei Paesi democratici hanno oggi una Costituzione laica!

Ci si potrebbe quindi aspettare che, dal versante opposto, quello scientifico-filosofico che molti ritengono così avanzato per le infinite nuove scoperte che vengono compiute raggiunte, si sia arrivati a prospettare un modo più realistico e più basato su dati concreti rispetto al problema, dibattuto nei secoli, circa la natura umana. Esisteva un tempo una interpretazione scientifica, basata sull'atomismo, che sosteneva che la violenza e le guerre sono frutto di passioni ed idee erronee, ma che nell'uomo, *si piccole son le tracce che in noi lascian gli istinti, che niente davvero impedisce che si conduca una vita degna di quella dei numi* (Lucrezio, *De rerum natura*, I sec. a. C.). Questa concezione, come poche altre simili, fu molto osteggiata in quanto atea, e non si diffuse.

Oggi la concezione scientifica più accreditata, il neodarwinismo, è estremamente pessimista. Secondo questa teoria, l'evoluzione è guidata dalle mutazioni «casuali» del Dna; l'ambiente (la necessità) «vaglia» le mutazioni, lasciando sopravvivere e riprodursi soltanto gli individui che presentano mutazioni utili per tali fini. La frase: *il Dna muta soltanto «a caso»* rappresenta la chiave di volta della teoria neodarwiniana ed è conosciuta come Dogma Centrale della Biologia (5). Ma può una teoria scientifica essere basata su un dogma? Secondo il neodarwinismo, sopravvivere allo scopo di riprodursi è la vera finalità del vivente, poiché *il vivente non è che un mezzo di cui il Dna si serve per riprodurre se stesso* (6). Pare che il concetto positivo di vivere sia estraneo a questa teoria. L'uomo non fa eccezione alla regola: anche se è utile e bello pensare che esista il libero arbitrio, non è che una marionetta sostenuta dai fili del Dna, il cui scopo è quello di sopravvivere e riprodursi il più largamente possibile. Il Dna sembra quindi acquisire lo *status* di una vera molecola vivente, padrona di quelli che vengono considerati viventi, ma sono in realtà degli automi. Persino caratteristiche considerate positive come il coraggio, la religiosità e l'altruismo vengono spiegate su queste basi: sarebbero solo forme mascherate dell'«egoismo» del Dna.

In *Il Dna di Eva* (7) e poi in un articolo su *Le Scienze* (8, con P. L. Manachini) avevo ampiamente criticato il neodarwinismo, che consideravo una forma molto spinta di concordismo, una specie di patto di non belligeranza tra la religione e la scienza, che a mio parere restava sottomessa e schiacciata, avendo praticamente acconsentito ad accettare tutti i punti sostenuti dalla religione tradizionale (es. il monofiletismo, esageratamente sostenuto nonostante evidenti prove contrarie, nonché la violenza insita in *Homo sapiens*, che avrebbe sterminato Neandertal, in una sorta di versione «antropologica» del mito di Caino e Abele). In particolare ne derivava l'incapacità dell'uomo di arrivare all'elaborazione di un'etica non ancorata a principi religiosi. Tale era stata a mio parere la motivazione della larghissima accettazione della teoria neodarwiniana, soprattutto nei paesi anglosassoni, dove la credenza in Dio è molto diffusa (98% in USA). Qui il darwinismo si era sviluppato già su queste basi per la diffusione operata dal teologo Asa Gray, amico di Darwin, che aveva studiato teologia.....e che accortamente suggerì modalità evolutive che potessero accordarsi col protestantesimo. Il «caso» può infatti ben essere la imperscrutabile volontà divina e toglie

qualsiasi fondamento alla scienza, che diventa solo una testimone a posteriori di avvenimenti non basati sul rapporto di causa ed effetto. Ritengo ancora che l'interpretazione esposta in (7) sia esatta. Non mi aspettavo pertanto che le critiche al neodarwinismo provocassero in molte sedi che ritenevo «laiche» una pioggia di proteste, molte delle quali, persino anonime, assai virulente. Pensai che fosse stato toccato un punto nevralgico: evidentemente la negativa interpretazione della natura umana, sostenuta dall'interpretazione religiosa tradizionale, piace - cosa per noi assolutamente inaspettata - anche a molti anti-religiosi, soprattutto tra i vecchi assertori più massimalisti del «materialismo dialettico», che pure ormai dovrebbe avere mostrato tutti i suoi limiti, teorici e politici. L'uomo, automa rispetto al suo Dna, viene in tal caso ridotto ad un ammasso di molecole. Forse si ritiene che questa riduzione rappresenti una vittoria sulla concezione religiosa di Adamo *fatto a immagine e somiglianza di Dio*. Recentemente invece l'articolo è stato ripreso e positivamente commentato nella sua valenza critica e didattica (9). Non sembrano comunque molto diffuse tra i neodarwiniani quelle capacità critiche che si manifestano tra i sostenitori di nuove teorie, es. Wallin (1920), e poi Margulis (dagli anni '70 a ora) e tra quanti discutono animatamente su teorie vecchie e nuove proponendo originali interpretazioni, come il Gruppo Italiano di Biologia Evoluzionistica....! (10).

Ritengo utile quindi proporre alla discussione del Gruppo una interpretazione completamente «laica» del mito di Adamo ed Eva che ho recentemente ulteriormente elaborato solo nelle linee generali, ma che intendo sviluppare confrontando il mito, come riportato nella Bibbia concordata tra le varie confessioni cristiane, anche con quanto viene riportato dalla Torah e dal Corano. Tale mito è sempre stato analizzato quasi esclusivamente dal punto di vista religioso: tuttavia è probabilmente assai più antico anche dell'ebraismo, che sembra averlo derivato dai Sumeri. Che cosa ci volevano tramandare, come fondamento sapienziale, i nostri antichissimi progenitori?

In *Il Dna di Eva* avevo già fatto notare che probabilmente Adamo era il prototipo di una cultura a fondamento patriarcale, nomade, basata sulla pastorizia, mentre Eva sembra inserirsi successivamente, e potrebbe rappresentare l'incontro con una cultura più evoluta, in cui già si è sviluppata o si sta sviluppando l'agricoltura. L'origine di tale cultura potrebbe essere stata matriarcale. Nella scena si inseriscono due personaggi, che vengono di solito interpretati come Dio, il Bene, e il Serpente (Satana), il Male. Oggi però, anche nell'esegesi religiosa, si sta molto attenti a definire come Dio e come Parole di Dio quelle che sono scritte in molti punti della Bibbia, es: *Distruggerai tutti i popoli che il Signore farà cadere nelle tue mani*, che un tempo sarebbero state interpretate come un incitamento divino alla guerra. Alcuni teologi sostengono che persino le parole che potevano spingere Abramo al sacrificio di Isacco erano state male interpretate: il sacrificio non era realmente voluto da Dio, che infatti ferma la mano di Abramo. Si spiega che in realtà è Abramo che riflette che Dio non poteva (ormai più) gradire sacrifici umani.

Perché non chiedersi allora che cosa in realtà potevano rappresentare in senso metaforico Dio e il serpente, che cosa voleva spiegare, tramite le loro parole, lo scrittore di questa parte della Bibbia??

Le parole di Dio potrebbero forse essere ritenute come rappresentative dell'etica di una società teocratica, dove occorre credere ai sacerdoti e ubbidire, senza sapere perché.

Le parole del serpente potrebbero invece essere ritenute emblematiche di una società in cui il potere è detenuto da uno o da pochi, apparentemente più «democratica» perché sembra che induca a ragionare, ma in sostanza fornisce elementi fallaci o equivoci. La spinta alla disobbedienza viene soprattutto fornita dallo svilimento dell'autorità delle parole dell'altro, indicate come menzognere.

Eva appare come un individuo o un gruppo di individui (o una nuova cultura in formazione) che decide di ragionare con la propria testa, mettendo alla prova, direi addirittura con metodo scientifico, quanto viene indicato dalle opposte autorità. *Eva vide che il frutto era 1) bello a vedere, 2) buono a mangiare 3) e desiderabile per avere conoscenza.....* Questo terzo punto ci fa ritenere che il «peccato originare» consista nella libertà di coscienza ed abbia come base la riflessione sulle conoscenze scientifiche che si vanno man mano acquisendo. Alla riflessione segue l'azione, la prova sperimentale, come deve essere nella scienza: *Lo prese, lo mangiò e ne diede a suo marito, che ne mangiò*. Il punto 3) non si trovava nelle Bibbie pre-conciliari (e neanche in molte dopo...) e talvolta il punto 3) viene svilito così: desiderabile per avere successo (3). Come viene convinto

Adamo, non si evince dalle parole che egli dice a Dio, a cui comunque velatamente rimprovera di avergli posto accanto Eva. L'intero episodio è riportato in poche righe in varie edizioni del Corano. Sta di fatto che entrambe le autorità, rappresentate da Dio e dal serpente, non dicevano il vero. Eva ed Adamo, appena mangiato il frutto, si accorgono che non sono come Dio, ma sono nudi=indifesi, secondo la traduzione che mi sembra più attendibile. Colgono allora dei rami e se ne fanno delle cinture, il che rende risibile la spiegazione che ne è stata data per secoli che avessero vergogna dei propri attributi sessuali. Mi ha peraltro sempre stupito che nei bassorilievi della civiltà dei Sumeri si mostrino individui nudi, ma con cinture a cui sono appesi utensili o armi, il che sembrerebbe una conferma dell'ipotesi di molti teologi circa la derivazione del mito dalla civiltà dei Sumeri (Iraq). Naturalmente, come ammettono anche i teologi, Adamo ed Eva sarebbero stati comunque soggetti alla morte, ma forse la morte non sarebbe sembrata loro così terribile. Bisogna peraltro dire che nella Bibbia vi sono ben pochi accenni alla vita futura, a cui del resto molti ebrei non credono. L'autorità religiosa non aveva quindi detto il vero: Adamo ed Eva si rendono ben conto che non possiedono un'etica che abbia valore assoluto, non sono Onnipotenti. Scoprendosi nudi si accorgono che neppure la scienza può darla loro, come oggi sappiamo, dato che anche la scienza è in divenire..... Eppure Dio dice: *ecco che ora sono come noi, conoscitori del bene e del male*, sembra quindi dar ragione al serpente, che aveva detto proprio questo! Ma anche la teologia è in divenire, nel tentativo di spiegare in modo sempre aderente ai tempi non le parole letterali attribuite a Dio, ma il loro significato reale.

Rispetto alle traduzioni letterali, sappiamo anche che nelle lingua con cui è stata scritta la Bibbia vi erano ben pochi vocaboli (sembra circa 3000), molte parole perciò potevano essere tradotte in modo assai diverso e talora persino contrastante, come del resto si nota leggendo varie edizioni della Bibbia. Essa inoltre ci è stata tramandata come testo sacro, da una società patriarcale con un'etica a base religiosa e ciò ha evidentemente influenzato la traduzione, che a sua volta ha condizionato lo sviluppo sociale. Nelle religioni monoteiste e nei paesi in cui si sono sviluppate le donne, per es., hanno sempre avuto un ruolo rappresentativo marginale.

Concludendo: in un'ottica completamente laica, il mito di Adamo ed Eva avrebbe voluto significare proprio la nascita del senso dell'individuo in società complesse, a base autoritaristica, religiosa o «laica». Quando l'individuo (o il piccolo gruppo) si fa arbitro della giustizia del suo modo di agire si sente nudo, indifeso, e spesso si rifugia di nuovo nella nicchia dell'autoritarismo, addirittura fino ad annullare la propria individualità. Ciò è avvenuto ed avviene da un lato nelle guerre di religione e dall'altro nei regimi totalitari «laici» che si sono succeduti nei secoli. Recentemente si sono visti gli spaventosi risultati cui si può arrivare con gli omicidi-suicidi dei fondamentalisti islamici e con gli eccidi di massa perpetrati in URSS e in Cina, per eliminare chi aveva idee diverse.

L'importanza di una interpretazione del mito di Adamo ed Eva che sia più aderente ai nostri tempi è fondamentale nei paesi a costituzione democratica laica, dove nelle scuole si insegna come principio fondamentale quello della libertà di pensiero e di coscienza, uniti al rispetto per le opinioni diverse, e dove la psicologia infantile sembra aver dimostrato quanto sia devastante istillare profondi concetti di colpa senza che ne siano esplicitate chiaramente le motivazioni. I paesi democratici rappresentano oggi (pur coi loro innegabili difetti e gli indispensabili limiti) quanto di più vicino ci può essere rispetto al mitico Eden: tutte le opinioni possono essere liberamente espresse....senza conseguenze penali!

Per migliorare ulteriormente questa situazione, allo scopo di contribuire allo sviluppo della cultura e quindi della società, sarebbe pertanto indispensabile che il mito del «peccato originale» fosse riesaminato non solo dal punto di vista religioso, ma dal punto di vista laico, con l'aiuto di tutte le discipline scientifiche e umanistiche. Ricordo che i libri considerati sacri dalle tre religioni monoteiste, come i capolavori di tutti i tempi, sono un patrimonio dell'umanità e sono pressoché gli unici mezzi a nostra disposizione per cercare di comprendere appieno antichi modi di pensare che, in modo positivo o negativo, influenzano la scienza e la vita ancor oggi.



## **Bibliografia**

- 1) Isolani. 2000. *11 maggio 1800. Come cambiò il concetto di natura*. in Report. Pontecorboli. Firenze
- 2) Flick e Alszeghy. 1974. *Il peccato originale*. Queriniana. Brescia
- 3) Testa - Lampugnani. 1976. *Bibbia e antropologia*. Università degli Studi di Camerino
- 4) Giavini. 2001. *Chi è l'uomo?* in Informazioni dell'Ucd 4/2001
- 5) Monod. Il Caso e la Necessità
- 6) Mayr. 1970. *L'evoluzione delle specie animali*. Einaudi. Torino
- 7) Isolani. 1988. *Il Dna di Eva - Scienza e mito in biologia*. El Bagatt. Bergamo
- 8) Isolani - Manachini. 1995. *Il pensiero di Darwin tra eresia e superstizione* in Le Scienze n. 320
- 9) Baroncelli. 2000. *Didattica Interculturale delle Scienze*. Editrice Missionaria Italiana. Bologna
- 10) Gruppo Italiano di Biologia Evoluzionistica. Abstract degli Incontri da I a X (2002)

*Presentazione del libro*  
**“Il fantasma nella macchina”**  
*di Pasquino Paoli (prefazione di Erasmo Marrè)*

Per “coscienza” si intende oggi un ampio e variegato insieme di fenomeni, dal pensiero consapevole, ai vissuti emozionali, al sentimento, alle varie sensazioni soggettive come provare dolore o piacere o anche gustare, vedere, udire. Tutti fenomeni che sono vissuti dal soggetto in forma esclusiva e assoluta, cioè non trasferibile *in quanto tale* all’osservatore esterno. La coscienza è uno dei grandi interrogativi irrisolti. Le discipline attualmente coinvolte nella questione sono molte: filosofia della mente, intelligenza artificiale, psicologia umana e animale, psichiatria, neurologia.

Nel saggio “Il fantasma nella macchina”, i contributi di queste discipline vengono passati brevemente in rassegna per individuare gli aspetti e le tematiche che specificano il quadro della questione coscienza.

La tesi presentata è una proposta di risoluzione globale delle domande fondamentali sulla coscienza: “che cos’è”, “a che cosa serve”, “come funziona” e “qual è la sua origine” nell’evoluzione biologica.

I fenomeni coscienti, secondo questa tesi, sono il risultato di una forma di simbiosi apparentemente paradossale: una simbiosi “*gene*” - “*fenotipo*” interna all’organismo, con scambio di utili fra le unità simbiotiche, dove, in particolare, il “*fenotipo*” ricava in cambio di sue “prestazioni” nei processi dell’elaborazione comportamentale, dei *premi endogeni* (percepiti dall’individuo come stati soggettivi, ad esempio, di piacere, di dolore, di gusto, ecc.). Partendo da questo nucleo di concetti è possibile interpretare in modo nuovo le emozioni e il pensiero cosciente e stabilire con più chiarezza quale sia la differenza tra processi consci e processi inconsci e quale possa essere la loro reciproca interazione. E’ inoltre possibile definire l’“io”, inquadrandolo come il prodotto dell’evoluzione del “*fenotipo*” della simbiosi interna, e indicare infine quale possa essere l’origine e la natura del libero arbitrio, secolare questione irrisolta.

## **Energia disponibile per la vita extraterrestre**

*Luigi Sertorio - Università di Torino & Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

*Giovanna Tinetti - NASA/JPL, Pasadena & University of Southern California, Los Angeles*

Un insieme di molecole poste in un bagno termico a temperatura  $T$  e pressione  $P$  fisse, resta in una situazione di equilibrio termodinamico che obbedisce alla regola delle fasi di Gibbs. Invece una struttura chimica fuori dall'equilibrio - un organismo - per automantenersi deve ricevere ed emettere sia energia che massa. Un insieme di organismi può formare un web di specie viventi. Se alcuni membri del web imparano a utilizzare energia da fotoni esterni allora risulta energeticamente conveniente strutturare il web in maniera tale da formare un organismo globale chiuso alla massa e aperto all'energia, dove i flussi di energia sono fotoni entranti e fotoni uscenti. Sembra proprio che la vita terrestre sia organizzata così. Ogni sottoinsieme del web globale è descritto da scambi di materia e di energia complicatissimi, secondo uno schema dinamico aperto, ma il web globale invece è descritto da un ciclo che è chiuso alla massa e aperto solo all'energia. Tale ciclo è semplice da descrivere nelle coordinate temperatura ed entropia.

Il modello cosmologico standard dice che la comune origine termodinamica delle galassie, provenendo dall'era di radiazione, sia uniforme (su larga scala). Anche la struttura dei sistemi stellari deve dunque essere uniforme e così la distribuzione percentuale nucleare, tutte cose che hanno una comune origine termodinamica.

Resta una domanda: l'organizzazione energetica della vita basata su composti di idrogeno, carbonio, ossigeno, azoto, ecc., è l'unica pensabile? O è possibile pensare ad una diversa web che ha come atomi costituenti silicio, litio, zolfo, ecc.? La percentuale delle abbondanze dovuta alla nucleosintesi cosmologica dei vari elementi dice che la probabilità di vita da carbonio è enormemente più grande di quella da silicio; più precisamente, se si assume l'esistenza di un principio bio-cosmologico, che asserisce: "equiprobabilità di condizioni chimiche vuol dire equiprobabilità di presenza di vita", anche gli ingredienti costitutivi devono essere quelli ormai noti. A questo punto la domanda fondamentale diventa: il passaggio dall'alimentazione non di fotosintesi alla web di fotosintesi è probabile o improbabile? In base a quali principi si forma la struttura a ciclo?

### **Bibliografia**

L. Sertorio, G. Tinetti, Constraints in the coupling Star-Life, Nuovo Cimento in corso di stampa 2002.

## **I livelli della biodiversità e la loro misura**

*Felicita Scapini - Università di Firenze*

*Riassunto non ancora pervenuto*

## **Un meccanismo basato sull'incompatibilità per il mantenimento della biodiversità nelle popolazioni di animali superiori**

*Giuseppe Damiani & Paola Della Franca – Consiglio Nazionale delle Ricerche di Milano*

Sia le molecole che le cellule e gli organismi sono dotati di sistemi sensitivi che permettono la sincronizzazione dei processi metabolici a variazioni dell'ambiente interno ed esterno. Questi sistemi hanno raggiunto il loro massimo grado di complessità negli animali superiori con lo sviluppo della rete neuroendocrinoimmunitaria. I geni di classe I e II del complesso maggiore di istocompatibilità (MHC) dei vertebrati codificano per proteine di membrana molto polimorfiche che giocano un ruolo chiave nel controllo della risposta neuroendocrinoimmunitaria presentando peptidi antigenici ai linfociti T. Sono noti centinaia di alleli dei geni MHC e spesso alleli simili si sono evoluti indipendentemente in specie diverse. Ad esempio l'evoluzione convergente ha prodotto più volte le stesse sequenze amminoacidiche nel sito funzionale della molecola di classe II DRB. Le informazioni cliniche disponibili sull'associazione tra malattie e alleli MHC hanno permesso di stabilire una classificazione funzionale degli alleli DRB umani. E' stata osservata un'interessante relazione tra la carica della regione polimorfica della proteina, compresa tra l'amminoacido 70 e il 79, e la sua funzionalità. Alleli come il DR3, con la regione 70-79 carica positivamente, stimolano i processi catabolici come la risposta immunitaria umorale di tipo Th2, mentre alleli carichi negativamente, come il DR2, stimolano i processi anabolici come la risposta cellulare di tipo Th1. Le molecole MHC e le proteine heat shock controllano l'equilibrio tra anabolismo e catabolismo interagendo con particolari sequenze conservate delle principali molecole regolative neuroendocrine, dei loro recettori e degli enzimi coinvolti nella loro produzione. Eventi particolarmente stressanti e ripetuti possono alterare quest'equilibrio e portare ad una reazione autoimmune contro le proteine regolative espresse durante i processi adattativi. Quest'immunizzazione contro determinati autoantigeni può servire sia ad eliminare gli individui eccessivamente stressati, determinando la comparsa di patologie autoimmuni, che ad aumentare nella popolazione la frequenza d'individui portatori di particolari alleli MHC, mediante un processo di selezione materna dei gameti o degli embrioni denominato "immunotrofismo". Grazie a questa selezione endogena e al linkage tra particolari alleli MHC e polimorfismi delle proteine regolatrici, l'adattamento fisiologico può determinare un cambiamento genetico ereditario negli individui selezionati. Nella regione MHC sono, infatti, presenti numerosi geni polimorfici implicati in processi che hanno un chiaro significato adattativo come la proteina hsp70, la CYP21 e la RAGE. Lo scenario ipotizzato è stato confermato da un'analisi dei polimorfismi e delle frequenze dei diversi alleli DRB nel bovino e nell'uomo, dalla caratterizzazione di alcune associazioni con caratteristiche metaboliche e immunologiche e dall'analisi di alcune popolazioni di pesci della specie *Poecilia reticulata*. I nostri risultati confermano che l'immunità acquisita costituisce un sofisticato meccanismo epigenetico per un rapido adattamento delle popolazioni alle variazioni ambientali e per il mantenimento della biodiversità. I dati geologici e paleontologici indicano che le estinzioni hanno un andamento frattale, analogo sia all'andamento delle frequenze degli alleli MHC in una popolazione che alla distribuzione delle popolazioni negli ecosistemi. Considerando che l'incompatibilità è presente anche nelle Angiosperme ed è determinata da geni poliallelici simili a quelli MHC, i meccanismi ipotizzati potrebbero essere importanti per la sopravvivenza e l'evoluzione della maggior parte gli organismi superiori. Lo sviluppo di strategie evolutive basate sull'incompatibilità potrebbe essere la conseguenza delle instabilità cicliche delle condizioni ambientali del nostro pianeta che si sono verificate con maggiore frequenza a partire dal Cretaceo. I risultati ottenuti suggeriscono che la conoscenza dei genotipi al locus DRB, che sono strettamente legati agli aplotipi MHC, potrebbe essere di fondamentale importanza per la pianificazione dei programmi di conservazione delle specie selvatiche e zootecniche minacciate dall'estinzione.

## Biodiversità e conservazione dei primati neotropicali

Cecilia Veracini – Università di Firenze

I primati neotropicali, Infraordine Platyrrhini, sono distribuiti in Centroamerica, nei Caraibi e in America del Sud. In seguito alla loro radiazione evolutiva, cominciata probabilmente nel tardo Oligocene a partire da presunti antropoidi africani giunti nel continente sudamericano, osserviamo una notevole variazione morfologica con forme che presentano un'estrema riduzione corporea quali i callitrichini, forme notturne (genere *Aotus*) e forme di notevoli dimensioni corporee (fino a 10 kg) come il genere *Brachyteles*. Le specie attuali sono tutte arboricole ed occupano l'intera varietà delle foreste neotropicali, mostrando molteplici adattamenti ecologici e comportamentali. I processi evolutivi relativi ai primati neotropicali sono in generale poco compresi. Sussistono molti problemi in relazione alla tassonomia ed alle relazioni filogenetiche delle forme attuali, con l'aggravante di un record fossile poco rappresentativo. Dopo circa due decenni di controversie tassonomiche accompagnate da ampie revisioni morfologiche, molecolari e biogeografiche, oggi, in seguito all'ultimo convegno della IUCN/SSC (Primate Specialist Group) tenutosi ad Orlando (2000), le plattirrine vengono divise in 18 generi (*Cebuella*, *Mico*, *Callithrix*, *Saguinus*, *Leontopithecus*, *Callimico*, *Saimiri*, *Cebus*, *Aotus*, *Callicebus*, *Cacajao*, *Alouatta*, *Ateles*, *Lagothrix*, *Oreonax* e *Brachyteles*) con 110 specie e 205 sottospecie. Tuttavia non esiste ancora un accordo a livello di famiglia e sottofamiglia e la tassonomia a livello più basso del genere è ancora molto controversa con discrepanze generate intorno al concetto di specie e sottospecie. Dal 1987 ad oggi vi è stato un grande incremento nel numero di specie passato da 65 a 107. Questo si deve a revisioni tassonomiche, ma anche alla descrizione di nuove specie: negli ultimi 20 anni sono stati scoperti 22 nuovi taxa. Dal 1996 ad oggi in Brasile sono state descritte 10 nuove specie e con il 25% di tutte le specie conosciute questo paese detiene la maggiore diversità di primati al mondo. Se la scoperta di alcune specie è stata ritardata da oggettive difficoltà imposte da habitat densamente forestati ed isolati, altre, come *Cebus olivaceus kaapori*, sono state descritte in aree rimanenti di foresta in zone antropizzate. Dati come questi indicano quanto scarse siano ancora le conoscenze in merito ai primati neotropicali e se la tassonomia resta confusa, la biogeografia ed ecologia sono ovviamente molto carenti per la maggior parte dei taxa. Una buona valutazione e descrizione della biodiversità dei primati neotropicali è resa indispensabile dal crescente aumento di specie in pericolo e dal bisogno di identificare aree prioritarie di conservazione. In base ai dati della IUCN (Red List of Threatened Animals, 2000) 39 specie e 66 sottospecie sono in pericolo, a questi vanno aggiunti ulteriori 15 taxa per cui i dati disponibili non sono sufficienti per una corretta valutazione. La perdita degli habitat naturali è la principale (benché non unica) causa della riduzione delle popolazioni di primati. Nell'ultimo secolo e soprattutto negli ultimi decenni, le foreste neotropicali sono state assaltate dalle compagnie di legname, dall'agricoltura intensiva e di sussistenza, dall'apertura di strade, da nuove dighe ed estrazioni petrolifere e minerarie e da molto altro. Nell'America Centrale il tasso di deforestazione dal 1990 al 1995 è stato altissimo: 2.2%, ciò significa una perdita di più del 10% delle sue foreste in pochi anni; oggi 13 taxa di primati del Centroamerica sono in pericolo. La Foresta Atlantica, in Brasile, conserva solo il 5% della copertura originaria e si contano 9 specie ad estremo rischio d'estinzione. In Amazzonia il 16% della copertura originaria si è già persa, ed ogni anno si perdono 2 milioni di ettari. Nel 1999 ne è stata distrutta un'estensione pari a 200 campi di calcio per ora. Con questo tasso di deforestazione ed il veloce incremento di specie minacciate, si annulla rapidamente la possibilità di capire l'originale distribuzione delle forme attuali di plattirrine ed i complessi processi evolutivi ad essa sottesi. Attualmente in Amazzonia molte forme hanno *status* indeterminato e mancano i dati ecologici di base per la maggior parte dei taxa. A fronte di una quasi totale miopia dei governi locali e delle politiche internazionali, sono indispensabili interventi rapidi volti a limitare l'attuale degrado ambientale. La parte conclusiva di questa comunicazione presenterà alcune possibili soluzioni e alcuni dei progetti locali di conservazione in corso.

## **Materiali per la storia dell'evoluzionismo in Italia**

*Presentazione del volume*

**“Un secolo di evoluzionismo in Italia: Bibliografia 1859 – 1959”**

**Con l'elenco completo delle opere di Charles Darwin pubblicate in Italia**

*di Paolo Coccia (introduzione di Pietro Omodeo)*

Il volume riporta uno studio decennale fatto di consultazioni di repertori, libri, cataloghi e assidue visite a biblioteche e personaggi del mondo scientifico. Contiene 4322 citazioni riguardanti i seguenti argomenti:

*Elenco delle pubblicazioni naturalistiche antecedenti il 1859 e relative al periodo successivo 1859-1959.*

*Bibliografia annotata delle opere di Charles Darwin pubblicate in Italia (libri, lettere, frammenti autobiografici, taccuini).*

*Tavola sinottica che riporta in sequenza tutte le opere di Charles Darwin.*

*Tutte le biografie scritte o tradotte in italiano su Charles Darwin.*

*Un tentativo di compilazione di una bibliografia (articoli, saggi, libri) concernente la “storia” dell'evoluzionismo italiano tra Ottocento e Novecento.*

Il repertorio svela percorsi e itinerari riguardanti lo sviluppo e la diffusione delle idee evoluzionistiche in Italia, gli uomini che hanno tradotto, difeso appassionatamente e divulgato le concezioni darwiniane (Canestrini, Lessona, Morselli), i precursori italiani (Bonelli, De Filippi, Bonaparte), alcuni contributi originali alle teorie evoluzionistiche (Delpino e la pangenesi, Rosa e l'ologenesi), la lotta, i tentativi di conciliazione e lo scontro con il mondo cattolico italiano (Fogazzaro, Stoppani).

Come ha sottolineato efficacemente nella sua presentazione il prof. Omodeo il repertorio “*ha saputo dare una chiara idea del terreno culturale nel quale è germogliato l'evoluzionismo; per quanto è avvenuto in seguito, il solo succedersi dei titoli descrive quale rinnovamento del pensiero naturalistico è stato innescato dall'opera di Charles Darwin; infine, la dettagliata esposizione della bibliografia darwiniana ci indica in quante direzioni si è presto orientato l'evoluzionismo: origine delle modificazioni ereditarie di animali e piante, studio dell'evoluzione dell'uomo, coevoluzione di insetti e piante, evoluzione del comportamento*”.

## Comportamento e innovazioni evolutive: riflessioni di un paleontologo

Federico Masini - Università di Palermo

*The scientist does not study nature because it is useful, he studies it because he delights in it, and he delights in it because it is beautiful. If nature were not beautiful, it would not be worth knowing, and if nature were not worth knowing, life would not be worth living.*

Henri Poincaré

La considerazione che serve da scenario di fondo per la mia argomentazione è molto generale: il processo evolutivo avviene in uno spazio ecologico complesso, si verifica in un sistema aperto in cui c'è un continuo scambio di materia, energia e informazione fra le varie componenti. I protagonisti (le forme di vita) sono come attori che si muovono in un grande teatro planetario soggetti a continui stimoli e sfide e cambiamenti. Per usare il linguaggio di Stuart Kauffman, i sistemi evolutivi biologici sono descritti da un gran numero di variabili interagenti in modo non lineare e spesso conflittuale e si sviluppano in quella regione instabile, incerta e ricca di possibilità al confine fra ordine e caos. Non è realistico cercare di comprendere i meccanismi del processo evolutivo senza considerare che esso è il risultato di una lunghissima catena di interazioni fra individui, popolazioni, eventualmente specie, e "ambiente".

Il processo evolutivo a macro-scala non è necessariamente graduale, ma procede per "invenzioni" e innovazioni, cambiamenti importanti che si rivelano fruttuosi e gravidi di futuri sviluppi. In altre parole non tutti i cambiamenti evolutivi hanno lo stesso valore. Ve ne sono alcuni che, per vari motivi (semplicemente le contingenze o il "caso" per alcuni autori - es. S. J. Gould), sono più importanti di altri perché permettono ai loro possessori di "cambiare mestiere", di entrare in aree adattative (o potenziali macro-nicchie ecologiche) completamente nuove. Per fare alcuni esempi, l'insorgere della pluricellularità per gli organismi unicellulari, la comparsa di parti di sostegno mineralizzate per i metazoi, la vescica natatoria per i pesci ossei, l'uovo amniotico per i tetrapodi, il volo per i rettili, l'ecoscandaglio per i cetacei, ecc. Sono questi eventi che segnano, secondo il modo di vedere di alcuni, le tappe verso forme di vita sempre più complesse, capaci di intrattenere rapporti sempre più articolati con l'ambiente.

Forse più controversa è l'osservazione che un'**innovazione evolutiva** solitamente è legata ad una **variazione del comportamento**. Questa affermazione è solo apparentemente tautologica ma rivela un aspetto abbastanza sottile e sfuggente del processo evolutivo. Ci si può chiedere se la modificazione innovativa sia sempre conseguenza di una variazione ereditaria (a base genetica o epigenetica) del fenotipo, intendendo in questo caso la variazione di alcune delle caratteristiche "strutturali" (genetiche, anatomiche, morfologiche, fisiologiche, ecc.) degli organismi. Oppure se sia un cambiamento nel comportamento che inneschi le modificazioni strutturali con un meccanismo di retroazione a cascata. Come sempre succede per i problemi evolutivi, questa domanda non ha una risposta univoca, valida per ogni caso, e la realtà è probabilmente un miscuglio o un'interazione continua fra i due termini in contrapposizione. Cercherò comunque di mostrare (senza poterlo dimostrare) che i cambiamenti comportamentali possono avere un ruolo predominante nell'insorgere e nell'affermazione delle "invenzioni evolutive" e soprattutto di quelle che portano verso la complessità.

Un vantaggio evidente del comportamento risiede nel fatto che il repertorio comportamentale, anche se controllato geneticamente, ha una flessibilità ed una variabilità maggiore che non le altre caratteristiche "strutturali" degli individui. In altri termini, il comportamento non è deducibile in modo strettamente deterministico dalle caratteristiche di un organismo, ma è una sorta di "proprietà emergente", esso ha un maggior numero di "gradi di libertà" rispetto alle altre caratteristiche. Un altro aspetto è che, come minimo negli organismi "superiori", il comportamento può essere orientato anche attivamente dall'organismo.



Rifacendosi alla metafora evolutiva dei paesaggi genetici-adattativi o paesaggi di fitness (*Adaptive Landscapes*), l'insorgere di una innovazione evolutiva può essere assimilata alla comparsa di una combinazione genica che permette di esprimere caratteristiche nuove le quali, sottoposte a selezione, portano la popolazione verso una nuova "zona adattativa". I paesaggi adattativi, però, non devono essere pensati come statici bensì in perenne cambiamento, perché gli organismi, le popolazioni, le specie, interagiscono continuamente tra loro e con un ambiente che non è mai statico.

Per proseguire nel ragionamento, è utile riflettere brevemente sulle "modalità" con cui si verificano i cambiamenti evolutivi così come ci viene mostrato dalla lettura della documentazione paleontologica. I "pattern" evolutivi presentano due aspetti ricorrenti: il cambiamento si verifica come un mosaico spazio-temporale; i parallelismi e le convergenze sono molto frequenti, assai più di quello che si potrebbe attendere. Il cambiamento a mosaico (cioè la variazione semi-indipendente dei caratteri) garantisce la continuità e la flessibilità e permette la "costruzione" di sindromi adattative (insiemi di caratteri e comportamenti) estremamente sofisticate e apparentemente improbabili. D'altro lato, è molto probabile che l'aspetto parallelo dell'evoluzione sia così ricorrente perché è vantaggioso, in quanto permette alle popolazioni e alle specie una migliore esplorazione del paesaggio adattativo, e quindi la "scoperta" di possibili nicchie o macro-nicchie nuove.

In questo contesto è evidente il valore della flessibilità e dei cambiamenti comportamentali. Il cambiamento di comportamento è meno "dispendioso" di un cambiamento strutturale, il comportamento è più flessibile, reversibile e imprevedibile e può permettere una rapida esplorazione delle potenzialità di evoluzione del paesaggio. Questo vantaggio è ancora maggiore nel caso di un paesaggio che cambia di continuo perché il comportamento è estremamente rapido nel rispondere al mutare delle condizioni esterne. Non bisogna dimenticare che la nuova nicchia ecologica non è preesistente, ma viene ricavata (*intagliata*) durante il processo evolutivo in una continua interazione creativa fra caratteristiche degli organismi e delle specie e parametri ambientali mutevoli.

Seguendo questo ragionamento, una volta che in una popolazione viene adottato un comportamento nuovo, questo può essere trasmesso verticalmente e in molti casi anche "orizzontalmente" (tramite cure parentali, per imitazione, ecc.) e, se vantaggioso in quel contesto, può spostare il fuoco del processo di selezione naturale nella nuova direzione. La variazione di comportamento in risposta a sollecitazioni dell'ambiente, o semplicemente dovuta alla "iniziativa" di individui o gruppi di individui che esplorano nuove possibilità, favorisce la selezione di varianti "strutturali" più idonee per il nuovo stile di vita e così via in una serie di retroazioni. In altre parole il cambiamento comportamentale può servire da innesco per una serie di interazioni fra comportamento e caratteristiche strutturali che inducono e mantengono un cambiamento "orientato" che permette alla popolazione di ricavare l'accesso ad una nuova "zona" adattativa. Come già accennato, nei casi reali si può verificare anche il contrario, secondo una visione più tradizionale, ed essere la disponibilità di una nuova variante "fisica" a stimolare il cambiamento del comportamento: è comunque evidente che difficilmente una innovazione evolutiva può affermarsi se non interviene anche un variazione comportamentale.

In realtà, la storia della vita sul nostro pianeta può essere vista anche come evoluzione del comportamento: dai comportamenti relativamente "semplici" dei procarioti, essenzialmente impegnati in complesse reazioni di trasformazione chimica e chimico-fisica, ai comportamenti sofisticati, sottili e flessibili dei cosiddetti "organismi superiori" in cui si manifestano i comportamenti volontari, la capacità di scelta e di risolvere problemi che coinvolgono un grande numero di informazioni e necessitano valutazioni accurate, cioè quello che nel senso comune viene chiamato intelligenza.

## La megafauna del Pleistocene Sudamericano: una paleoecologia non omologa

Tito Giuseppe – Università di Firenze

Il continente sudamericano costituisce uno dei più importanti laboratori naturali per lo studio dell'evoluzione. Dalle note isole Galapagos all'Amazzonia, ai Tepuic del Venezuela e della Guyana agli imponenti altipiani andini, dal Rio delle Amazzoni al deserto di Atacama per citare solo alcuni dei più suggestivi ed interessanti ecosistemi attuali. Il passato del Sudamerica è però ancora più sorprendente se si considera che questo continente, a partire dall'Eocene inferiore, è rimasto, salvo brevi periodi nell'Oligocene medio-superiore e nel Miocene superiore, completamente isolato dal "resto del mondo" per circa 50 milioni di anni. L'evento di gran lunga più importante da un punto di vista biogeografico e paleoecologico è l'interscambio faunistico avvenuto alla fine del Pliocene con il sollevamento dell'Istmo di Panama ed il completo collegamento dei due continenti americani. In seguito a questo evento il rimescolamento faunistico ha generato un notevole e complicato arricchimento della biodiversità e delle relazioni ecologiche in entrambi i continenti. 17 generi provenienti dal Sudamerica e 29 dal Nordamerica parteciparono direttamente in tre principali riprese, durante il Pleistocene, all'interscambio faunistico incrementando reciprocamente la diversità delle faune dei due continenti (Stehli and Webb, 1985). Durante tutto il Pleistocene inoltre, complici la rapida alternanza di periodi glaciali ed interglaciali e le nuove relazioni ecologiche tra immigranti ed autoctoni, in entrambi i continenti è rimasto molto elevato il tasso di speciazione nonché quello relativo alla differenziazione di nuovi generi; gran parte di questi furono protagonisti in periodi successivi di eventi migratori in direzione opposta. Stranamente però, se da un lato gli ungulati autoctoni del Sud America, peraltro già in crisi biologica prima della fine del Pliocene, furono in gran parte soppiantati dagli ungulati provenienti dal Nord America (Webb, 1991), lo stesso non si può dire della rimanente fauna autoctona sudamericana rappresentata da roditori, marsupiali, ma soprattutto dagli xenartri.

Gran parte della fauna pleistocenica sudamericana si è però estinta improvvisamente al limite fra Pleistocene ed Olocene (circa 10.000 anni fa): nonostante fosse stata forgiata attraverso milioni di anni di evoluzione e, biologicamente parlando, consolidata in seguito al grande interscambio faunistico, solo pochi generi di mammiferi terrestri hanno attraversato questo limite. In particolare è da notare che nessun genere con peso superiore alla tonnellata, ovvero rappresentante della cosiddetta *megafauna*, è sopravvissuto alla fine del Pleistocene; mentre per quanto concerne i macromammiferi, ovvero con un peso superiore ai 100 kg, ne sono sopravvissute solo poche specie: pochi camelidi, un tapiro e alcuni cervidi.

Da un punto di vista paleoecologico le faune pleistoceniche sudamericane costituiscono una curiosa quanto rara eccezione nel panorama classico degli ecosistemi attuali e fossili, soprattutto per quanto concerne le relazioni trofiche in senso lato (Lessa e Farina, 1996); dal rapporto fra erbivori e carnivori, alla biomassa di erbivori per unità di superficie, alla biodiversità dei megaerbivori e alle loro caratteristiche morfo-funzionali.

Ad esempio nella tabella allegata viene elencata una tipica associazione faunistica del tardo Pleistocene della Pampa Argentina (Es. Santa Isabel + Arroyo Seco + Loberia; Età a mammiferi = Lujaniano) (Dati estratti da Tonni et al., 1992). Si può notare che la quasi totalità degli erbivori di grandi dimensioni è scomparso, mentre lo stesso non è avvenuto per le forme di medie e piccole dimensioni, nonché per i carnivori. È evidente inoltre l'elevato numero di macro e megaerbivori in rapporto ai carnivori: 25 generi contro 6; ma soprattutto il numero di specie di megaerbivori (13) contro una sola specie del genere *Smilodon*, più forse altre tre o quattro specie (*Felis*, *Panthera* e *canis*) di carnivori in grado di cacciarli. In realtà pare che le ultime specie non fossero diretti cacciatori di queste forme dato che sono tuttora viventi e sembra non abbiano sofferto, al contrario di *Smilodon*, quasi per niente l'estinzione della megafauna; ma soprattutto perché sono alquanto rari nelle associazioni fossili.

Dalle ricostruzioni paleoambientali ricavate principalmente dallo studio dei pollini, dei sedimenti e dei roditori è emerso che l'ambiente tipico relativo alla fauna menzionata e a gran parte del

Sudamerica fosse principalmente una savana alberata più simile a quella indiana che africana, ovvero leggermente più umida e variegata (Webb, 1978). Non vi sono grossi carnivori corridori, fatta eccezione per una o al più due specie di canidi, ma solo carnivori “d’agguato” come *Smilodon* (probabilmente gregario), e soprattutto solitari come il giaguaro e il puma. La dieta di *Arctodus*, l’unico urside presente, pare fosse più onnivora che strettamente carnivora. I forusracidi, uccelli carnivori non volatori originari del Sudamerica, si estinguono precocemente alla fine del Pliocene; l’unico genere *Titanis* che sopravvive nel Pleistocene, si ritrova solo in pochi siti del Nordamerica. Per quanto concerne i rettili, è noto che i cocodrilli occupano un posto importante ai vertici della piramide alimentare di molti ecosistemi come ad esempio in Africa; ma in Sudamerica sono estremamente rari e relegati ai grandi bacini fluviali. Per giunta, sempre tra i rettili, sono molto diffuse le tartarughe giganti terrestri che sono notoriamente erbivore e che si aggiungono quindi al gruppo dei consumatori primari. La nicchia dei necrofagi, dal canto suo, risulta apparentemente vuota, eppure la biomassa animale era lungi dall’essere interamente consumata dai carnivori di cui sopra.

Una simile associazione faunistica è riscontrabile anche in altre aree del Sudamerica, dal Nordest del Brasile al Venezuela, dalla Colombia alle aree costiere dell’Ecuador che si affacciano sul Pacifico. Molte specie ed anche alcuni generi di megaerbivori elencati in tabella sono sostituiti da vicarianti tropico-equatoriali, tutti generi estinti al confine Pleistocene-Olocene. Altri generi di macro (15) e megaerbivori (5) si vanno ad aggiungere a quelli elencati in tabella nelle faune più tropicali, arricchendole ulteriormente rispetto a quelle temperate. Per quanto concerne invece i carnivori, fatta eccezione per qualche specie vicariante di canide e per l’estrema rarità del puma, non c’è nessuna variazione.

Un altro aspetto ecologico molto interessante, che distingue queste faune sudamericane dagli analoghi attuali e fossili degli altri continenti, è il fatto che la quasi totalità delle popolazioni di macro e mega mammiferi erano letteralmente sedentarie. Alcune forme erano ecologicamente vincolate a certi ambienti ristretti, come alvei fluviali, zone forestate, acquitrini ecc.; altre, in particolare gli xenartri che costituivano in genere i tre quarti della biomassa, erano caratterizzati da brevi spostamenti a causa della loro locomozione estremamente lenta. In base a queste considerazioni, alcuni autori (cfr. Guthrie, 1984; Botkin et al., 1981) hanno ipotizzato che in territori molto ristretti (anche poche decine di km<sup>2</sup>) permanesse a lungo una enorme biomassa di consumatori primari. Ancora più stridente è il fatto che coesistevano brucatori fogliatori, come megateridi, tapiridi, alcuni cervidi e gomfoteridi, con pascolatori di ambiente aperto come equidi camelidi e gliptodontidi, con erbivori misti come macrauchenidi, alcuni cervidi e milodontidi. Le analisi polliniche confermano che, a quel tempo, le associazioni floristiche erano molto diverse e generalmente più ricche di quelle attuali in cui coesistevano in modo equilibrato conifere, latifoglie e graminacee, anche di diversa provenienza latitudinale (Owen Smith, 1987). Attualmente un ambiente simile, seppure più freddo ma altrettanto vario, si riscontra solo in alcune aree dell’Asia nord-orientale.

E’ un dato di fatto però che gran parte delle anomalie ecologiche evidenziate in precedenza hanno un elemento in comune riconducibile proprio allo strano gruppo degli xenartri. Ed è proprio nella paleobiologia di queste forme che si possono trovare alcune importanti spiegazioni alla straordinaria ecologia del Pleistocene sudamericano.

Lo studio dell’ecologia degli xenartri viventi evidenzia un quadro davvero sorprendente all’interno del vasto gruppo dei mammiferi, ancor più se i dati attuali vengono in qualche modo estesi alle forme fossili. Un primo dato interessante, che accomuna tutte le forme viventi, è il bassissimo tasso metabolico (McNab, 1985), in particolare nei tardigradi, dove si può registrare una sorta di eterotermia. Le temperature corporee oscillano durante il giorno tra estremi lontani anche più di 15°C. Questo dato si associa bene al fatto che anche le forme gigantesche di tardigradi fossili (ad esempio *Eremotherium* e *Megatherium* che superavano le 4 tonnellate di peso), seppure vivessero in ambienti tropico-equatoriali, fossero ricoperte da una folta pelliccia, come testimoniato da ritrovamenti di frammenti di pelle mummificati.

Non è escluso che alcune forme, in particolare di Cingolati (Armadilli e affini) (Hoffstetter, 1982), ma anche di Tardigradi giganti come *Megatherium* (Farina, 1993), avessero abitudini alimentari necrofaghe o al più onnivore miste. È noto infatti che alcuni bradipi arboricoli viventi (*Choloepus*), seppure in cattività, non disdegnano la carne in alternativa ai vegetali. Al di là di ogni ulteriore speculazione, per quanto concerne soprattutto i tardigradi fossili, la caratteristica morfologia dentaria, l'assenza di eterodonzia e di denti utilizzabili per una dieta carnivora, la presenza di una lingua prensile, la locomozione estremamente lenta lasciano supporre una dieta esclusivamente erbivora, seppure largamente variata per i diversi generi (foglie, germogli, erba, frutti, tuberi, semi, radici ecc.). A queste considerazioni si aggiunge il fatto che i due generi di bradipi viventi, filogeneticamente molto distanti, hanno evoluto parallelamente un complesso ed enorme apparato digerente con un complicato stomaco concamerato, strutturalmente e funzionalmente adatto ad una dieta erbivora.

Un altro aspetto interessante riguarda le strutture di difesa che vanno da vere e proprie corazze e scudi cefalici di ossa dermiche fuse a formare un unico blocco (gliptodontidi), a fasce articolate (dasipodidi), oppure ossificazioni intradermiche sotto forma di ossiculi tondeggianti di uno o pochi centimetri di diametro (tardigradi). Per quanto concerne i meccanismi di difesa attiva abbiamo nei gliptodontidi una trasformazione della coda in una sorta di tubo osseo compatto, variamente armato di spine e corni; mentre nei tardigradi abbiamo enormi unghioni, anche più lunghi di 30 cm nell'arto anteriore. Una tale varietà di "armamenti" sembra confermare ancora una volta la sedentarietà di queste forme e la loro incapacità di sottrarsi agli eventuali attacchi dei carnivori con il classico mezzo della fuga.

Altra importante considerazione riguarda la possibilità che, in particolare i tardigradi fossili compresi quelli di taglia gigantesca, fossero in qualche modo gregari, come testimoniato dalla presenza di veri e propri cimiteri fossili. È possibile che si tratti del risultato di eventi catastrofici, di accumuli fossili differenziali, o di luoghi preferenziali prescelti per la morte o semplicemente di accumuli progressivi nel tempo, o ancora di depositi artificiali ad opera dell'uomo. In realtà la pressione venatoria dell'uomo pare sia stata molto esigua e limitata alle ultime forme sopravvissute, dato che nelle rappresentazioni rupestri compaiono come oggetto di caccia quasi esclusivamente animali classici quali camelidi, cavalli, cervi, tapiri e qualche xenartro di medie e piccole dimensioni.

Degni di nota, per concludere, sono inoltre i recenti ritrovamenti effettuati in Argentina che hanno portato alla luce imponenti gallerie sotterranee, lunghe anche diversi metri e con una sezione ellittica di oltre 2 x 1,5 m, opera pressoché indiscussa di alcuni tardigradi giganti fossori (milodontidi) (Zarate et al., 1998). Questi ritrovamenti rendono nuovamente attuale l'ipotesi di una dieta insettivora, ricca di nutrienti e poco dispendiosa in termini di reperibilità, di questo gruppo come suggerito in passato da alcuni studiosi (Coombs, 1983) sulla base della presenza degli enormi unghioni interpretati come indicativi di un'attitudine fossoria, della presenza di una lingua prensile e della riduzione estrema della dentatura (4 o addirittura 3 denti funzionali per semiarcata).

In conclusione lo squilibrio evidente nelle relazioni trofiche delle faune pleistoceniche del Sudamerica, in particolare a carico della megafauna, può trovare delle spiegazioni più esaurienti solo attraverso lo studio più approfondito della paleobiologia degli xenartri. È comunque evidente che la paleoecologia relativa a questo periodo è lungi dall'essere comparabile nelle sue espressioni a quanto si osserva in altri continenti, sia nello stesso periodo che attualmente o in epoche più remote. In definitiva restano irrisolti una serie di interrogativi che rendono la ricostruzione paleoecologica molto complicata e soggetta a variazioni più o meno ampie. Ritenerne un animale insettivoro piuttosto che erbivoro, fossorio piuttosto che brucatore, sedentario piuttosto che migratore, gregario piuttosto che solitario, può cambiare molte cose, soprattutto se questi animali sono la maggior parte delle specie di un'associazione faunistica.

	<10 kg	> 10 kg < 100 kg	> 100 kg < 1000 kg	> 1000 kg
<b>Erbivori</b>		X- <i>Eutatus</i> (2)	X- <i>Pampatherium</i>	X- <i>Glyptodon</i> (3)
		X- <i>Propraopus</i>	X- <i>Sclerocalyptus</i>	X- <i>Panochtus</i> (2)
		Ozotoceros	X- <i>Lomaphorus</i>	X- <i>Doedicurus</i>
		<i>Morenelaphus</i>	X- <i>Plaxhaplous</i>	X- <i>Megatherium</i>
			X- <i>Neuryurus</i>	X- <i>Glossotherium</i>
			<i>Nechoerus</i>	X- <i>Scelidotherium</i>
			<i>Macrauchenia</i>	X- <i>Lestodon</i>
			Lama	X- <i>Mylodon</i>
			<i>Hemiauchenia</i>	<i>Toxodon</i>
			<i>Equus</i>	<i>Stegomastodon</i>
		<i>Hippidion</i>		
<b>Onnivori, insettivori ed altri non carnivori</b>				
	Miocastoridi (1)	X- <i>Dasypus</i>		
	Caviidi (4) (1)	<i>Homo</i>		
	Cincillidi (1)			
	Cricetidi (9)			
	Octodontidi (1)			
	X- Dasipodidi (3)			
	Didelfidi (3) (1)			
<b>Carnivori</b>	<i>Canidi</i> (1)	<i>Procyon</i>	<i>Arctodus</i>	
	Mustelidi (3)	<i>Canis</i>	<i>Smilodon</i>	
		<i>Felis</i>		
		<i>Panthera</i>		
Note: - In corsivo i generi e le specie estinti; per i generi > 1000 kg fra parentesi è il numero di specie; per le famiglie < 10 kg fra parentesi è il numero di generi; la X che precede il nome indica l'appartenenza all'ordine degli Xenartri.				

## Bibliografia

- Botkin D.B., Mellilo J.M. and Wu S.Y.L. 1981. How ecosystem processes are linked to large mammal population dynamics; pp. 373-388. In: Fowler C.W. and Smith T.D. (eds.). Dynamics of large mammal populations. Wiley, New York.
- Coombs M.C. 1983. Large mammalian clawed herbivores: a comparative study; Transactions of the american philosophical society, 73(7); pp. 1-96.
- Guthrie R.D. 1984. Mosaics, allelochemics and nutrients: an ecological theory of Late Pleistocene megafaunal extinctions; pp. 259-298. In: Martin P.S. and Klein R.G. (eds.). Quaternary Extinctions. University of Arizona Press; Tucson, Arizona.
- Hoffstetter R. 1982. Les Edentes xenartres, un groupe singulier de la faune neotropical; pp. 385-443. In: E. Montanari Gallitelli (ed.). Paleontology, essential of historical geology. Modena, Italy.
- Lessa E.P., Farina R.A. 1996. Reassessment of extinction patterns among the late Pleistocene mammals of South America; Palaeontology, 39(3); pp. 651-662.
- McNab B.K. 1985. Energetics, population biology, and distribution of xenarthrans, living and extinct; pp. 219-232. In: Montgomery G.G. (ed.). Ecology of armadillos, sloths and vermilings. Smithsonian Institution Press, Washington D.C.
- Owen-Smith N. 1987. Pleistocene extinctions: the pivotal role of megaherbivores; Paleobiology, 13(3); pp. 351-362.
- Stehli F.G. and Webb S.D. 1985. The Great American Biotic Interchange. Series Editor: F.G. Stehli, Topics in Geobiology Vol. IV.
- Tonni E.P., Alberdi M.T., Prado J.L., Bargo M.S., Cione A.L. 1992. Changes of mammal assemblages in the Pampean region (Argentina) and their relation with the Plio-Pleistocene boundary; Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 95; pp. 179-194.
- Webb S.D. 1978. A history of savanna vertebrates in the new world II: South America and the great interchange; Annual review of ecology and systematics, 9; pp. 393-426.
- Webb S.D. 1991. Ecogeography and the great American interchange; Paleobiology, 17(3); pp. 266-280.
- Zarate M.A., Bargo M.S., Vizcaino S.F., Dondas A., Scaglia O. 1998. Estructuras biogenicas en el Cenozoico tardio de Mar del Plata (Argentina) atribuibles a grandes mamiferos; Revista de la Asociacion Argentina de Sedimentologia, 5(2); pp. 95-103.

## **La specie umana dovrebbe chiamarsi *Pongo sapiens***

*Martino Rizzotti - Università di Padova*

In realtà sarebbe più conforme ai comuni riferimenti morfologici chiamarla *Pongo nudus*, come suggeriva implicitamente il famoso libro di Desmond Morris “La scimmia nuda”, ma per non intervenire troppo pesantemente nella nomenclatura è accettabile anche *Pongo sapiens*. Quello che è ormai inaccettabile, sia dal punto di vista organico in senso più stretto, sia dal punto di vista culturale, è considerarla l'unica specie di un genere *Homo* a se stante. Forse si può considerare decisivo, per la collocazione filogenetica della specie umana, il convegno tenuto a Detroit nel 1995 in onore di Morris Goodman nel corso del quale fu definitivamente sancito sotto ogni profilo che la nostra specie è più affine agli scimpanzé che ai gorilla, e che la prima dicotomia in seno agli scimmioni fu quella fra Ilobatini (siamango e gibboni) e Pongini (orango, gorilla, scimpanzé, uomo). Questi ultimi, secondo criteri correntemente applicati ad altri gruppi, dovrebbero appartenere tutti al genere *Pongo*.

## **Generi o Gradi nell'evoluzione dell'uomo**

*Luca Sineo – Università di Palermo*

Un numero crescente di reperti fossili fornisce concrete informazioni sull'evoluzione dell'uomo. Ci sono prove che un complesso processo evolutivo sia iniziato circa sette milioni di anni fa e, tramite l'insorgenza di un notevole numero di "mosaici scheletrici" a diverso grado di specializzazione e con diverso successo adattativo, abbia portato a *Homo sapiens* anatomicamente moderno.

L'analisi di alcune caratteristiche morfologiche dei generi *Pan*, *Orrorin*, *Ardipithecus*, *Australopithecus*, *Paranthropus*, *Kenyanthropus* e *Homo*, consente di individuare "gradi di evoluzione" nei quali possono essere inseriti generi diversi ed evidenzia altresì che i vari fossili assegnati al genere *Homo* non formano un gruppo coerente come questa posizione gerarchica richiederebbe.

**Nati per correre?**

*Giandonato Tartarelli - Università di Firenze*

*Riassunto non ancora pervenuto*



## **Encefalizzazione e meccanismi di sviluppo negli Ominidi fossili**

*Jacopo Moggi Cecchi - Università di Firenze*

*Silvia Boccone - Università di Torino*

*Riassunto non ancora pervenuto*

## **Evoluzione e valore adattivo dei tratti di personalità: aspetti di Psicologia Evoluzionistica**

*Andrea Camperio Ciani & Federica Ceccarini - Università di Padova*

Dal 1996 ad oggi abbiamo studiato il valore adattivo delle differenze di personalità tra popolazioni che vivono in ambienti diversi. Utilizzando i criteri della genetica delle popolazioni, abbiamo analizzato le differenze di personalità tra popolazioni misurando i tratti di personalità come espressione stabile del fenotipo. La personalità è stata misurata tramite un questionario di auto-valutazione ad aggettivi, basato sul Five Factor Model (Personal Development Profile©) per confrontare i tratti di personalità in quattro popolazioni: 1) isolani sedentari, 2) abitanti di terraferma, 3) immigrati sull'isola, 4) emigranti dall'isola.

E' emerso, dal nostro campionamento, che gli individui che vivono nelle piccole isole del mar Tirreno (n=931) confrontati con le popolazioni che vivono in paesi di terraferma antistante l'isola (n=598) mostrano una serie di differenze misurabili nei tratti di personalità. Abbiamo prima cercato le differenze nelle risposte medie trovando che gli isolani sono più Introversi, Coscienziosi, Stabili emotivamente e meno Aperti mentalmente rispetto agli abitanti di terraferma. E' emerso inoltre che gli isolani sedentari, che vivono sull'isola da circa 20 generazioni, sono più Introversi e meno Aperti rispetto agli isolani recentemente immigrati sull'isola. Coloro che emigrano dall'isola sono significativamente più Estroversi e Aperti rispetto a coloro che decidono di rimanere. Questi dati ci permettono di verificare ipotesi genetiche o ambientali per spiegare le differenze di personalità. I risultati suggeriscono che le differenze tra popolazioni in Estroversione e Apertura dipendano dalle differenze genetiche, originatesi da un gene-flow tuttora in corso prodotto da una forte emigrazione selettiva piuttosto che da un lento processo di mortalità selettiva.

Riteniamo che gli alleli che influenzano le differenze di personalità siano abili a mantenersi nella popolazione ed a sfuggire il processo selettivo inducendo negli individui ora emigrazioni fino a trovare ambienti idonei, ora inducendo trasformazioni dell'ambiente per ridurre gli effetti avversi. Il gene-flow sembra avere un importante ruolo anche nel mantenere nella popolazione una grossa variabilità genetica nell'espressione fenotipica della personalità. Questo studio suggerisce infine che la popolazione che vive in piccole isole ha evoluto generazione dopo generazione uno specifico profilo di personalità che lo rende particolarmente adatto al proprio ambiente e che questa ricchezza dovrebbe essere considerata quando si difende la biodiversità umana.

## **La scomparsa di piccoli gruppi umani dovuta allo squilibrio dei sessi: una verifica per simulazione di questa ipotesi di Gini**

*Patrizio Frederic - Università di Bologna*

*Giuseppe D'Amore - Università di Firenze*

*Mario Di Bacco - Università di Bologna*

In uno dei suoi saggi raccolti nel suo “Corso di Sociologia” Corrado Gini discute sulle cause della scomparsa delle due colonie normanne insediate in Groenlandia intorno all’anno mille e che si estinsero tre secoli dopo l’una e cinque l’altra. Gini conclude – i suoi argomenti sono piuttosto convincenti, ci sembra – che la più plausibile tra le cause d’estinzione sia stata lo squilibrio dei sessi “dipendente da variazioni ortogeniche progressive oppure da variazioni passeggere o anche puramente accidentali”. L’eccesso di nascite femminili avrebbe comportato per forza di cose che “le donne normanne mettessero su famiglia con gli Eschimesi”, provocando alla lunga la scomparsa appunto dei normanni sull’isola.

Qui vogliamo riconsiderare la suggestiva ipotesi di Gini, formulandola però più generalmente. Ci chiediamo dunque: è verosimile che insediamenti umani numericamente esigui e fortemente isolati si estinguono – o quasi si estinguono – per effetto dello squilibrio dei sessi nelle età riproduttive, conseguente ad alterazioni accidentali nel rapporto sessuale delle nascite e delle morti?

L’aggettivo “accidentale” è di significato alquanto incerto sia attribuendolo a fatti empirici (quando un evento è accidentale?) sia attribuendolo a categorie filosofiche (che cos’è l’“accidente”, che cos’è il “caso”?). Allora poniamo la questione in quest’altro modo: descriviamo la dinamica riproduttiva di un gruppo umano poco numeroso come se per ciascuna delle sue coppie in età riproduttiva, la sopravvivenza di ciascuna, l’intervallo tra successive gravidanze, il sesso dei suoi nati e la sopravvivenza di questi nelle età riproduttive, ecc., fossero realizzazioni di eventi aleatori governati da ben precise assegnazioni di probabilità. Le coppie che tale processo aleatorio produce formano la seconda generazione e per ognuna di tali coppie la sequenza di eventi aleatori è ripetuta e la sua realizzazione forma la terza generazione; e così si continua creando molte generazioni successive. Naturalmente – come si è avvertito – le assegnazioni di probabilità debbono essere precisate: esse conseguono alla precisazione di un “habitat” sufficientemente realistico e per il quale siano generalmente accettate valutazioni sull’intervallo intergenetico, i livelli di sopravvivenza, ... sulle quali basare l’elicitazione delle distribuzioni di probabilità. Poniamo allora nuovamente la domanda: quanto è probabile che un piccolo gruppo umano – la cui evoluzione numerica è assimilata alla successione di eventi aleatori appena descritta – tenda all’estinzione (drastica diminuzione delle coppie riproduttive)? E’ immediato rendersi conto che le valutazioni di probabilità – che permettono di rispondere al quesito – sono pressoché irraggiungibili per via analitica. Si è allora ricorso a valutazioni empiriche ottenute per simulazione “alla Montecarlo”. Riferiremo i risultati nella comunicazione.

**Intervento** (*titolo non ancora pervenuto*)

*Gianfranco Biondi – Università di L'Aquila*

*Riassunto non ancora pervenuto*

## Sul rapporto tra teorie evolutive e (bio)tecnologie

*Erasmus Marrè - Università di Milano*

Due dei temi proposti (“Evoluzione biologica e biotecnologie” e “Teorie evolutive e implicazioni etiche e culturali”) sono così strettamente connessi che non sembrano suscettibili di trattazione distinta. Per entrambi infatti è centrale una discussione intesa a definire prospettive, regole e preferenze a cui sarebbe auspicabile si conformasse il comportamento umano. Il termine (bio)tecnologie implica una definizione degli strumenti intesi a ottenere determinati obiettivi. Il problema sollevato da entrambi questi temi sembra quindi il seguente: *Le attuali teorie evolutive propongono alle (bio)tecnologie obiettivi auspicabili da un punto di vista biologico? Quanto può essere condizionata la scelta di tali obiettivi dalle due opposte concezioni evolucionistiche, che oppongono rispettivamente da un lato il cieco caso, e dall'altro un determinismo causale, quindi una direzionalità, alla base dell'evoluzione?*

Sembra che l'affrontare dal punto di vista (strettamente scientifico) del biologo il problema del valore dell'intervento tecnologico sulla vita umana implichi necessariamente il riesame dell'obiettivo di fondo della biologia in quanto scienza e delle sue conclusioni; in particolare, della più importante tra queste conclusioni, cioè quella dell'unità del processo di evoluzione che ha condotto dalla natura prebiologica alla comparsa di organismi dotati di coscienza.

Con riferimento a concetti già espressi, vengono brevemente presentate alcune considerazioni intese a collegare natura e significato dell'evoluzione con una valutazione delle attività (bio)tecnologiche. Viene riaffermata la conclusione di una dimostrabilità oggettiva di alcune tendenze generali (direzioni), dell'evoluzione, quando l'evoluzione, sia cosmica sia biologica, viene considerata come un processo unitario causalmente determinato, fin dall'inizio, dalle caratteristiche intrinseche (naturali) del nostro universo, e caratterizzato dalla capacità di crescita per autoorganizzazione di sistemi da più semplici a sistemi sempre più complessi e dotati di sempre nuove proprietà emergenti. Ove diventa predominante, se si considera l'interesse per la qualità della vita dell'uomo, l'emergere e lo svilupparsi della proprietà di conoscenza, e del suo sbocco nella coscienza e nei diversi aspetti della solidarietà tra organismi dotati di coscienza.

Alla luce di questa impostazione, un'analisi del significato di qualsivoglia aspetto, tecnico come etico, delle tecnologie dovrebbe considerare la necessità di armonizzare una scelta degli obiettivi delle tecnologie con quelle che la scienza seppur confusamente già fin d'ora intuisce come direzioni del divenire cosmico. Ciò che ovviamente comporta un'analisi critica del significato, in questa prospettiva, degli indirizzi (bio)tecnologici oggi dominanti.

## Origine ed evoluzione delle vie metaboliche: l'evoluzione guidata *in vivo*

*Renato Fani, Francesca Salvianti, Matteo Brilli & Laura Cioni - Università di Firenze*

L'origine della Terra si fa risalire a circa 4,5 miliardi d'anni fa; all'inizio il pianeta fu un luogo senza vita ed inospitale, ma poche centinaia di milioni d'anni dopo la sua nascita pullulava di forme di vita microscopiche. Si pensa che la vita sulla Terra si sia evoluta in modo molto veloce e che si sia originata dopo un periodo di sintesi chimica abiotica dei composti organici. In questo lasso di tempo, in cui l'atmosfera primitiva conteneva, secondo alcune ipotesi, grandi quantità di metano, le scariche elettriche, la luce, le radiazioni ultraviolette ed i raggi cosmici non filtrati da uno strato di ozono, allora assente per la mancanza di ossigeno libero, avrebbero fornito l'energia necessaria per la sintesi di composti organici, permettendo l'accumulo negli oceani di aminoacidi, lipidi, purine, pirimidine ed altre molecole organiche, a formare quello che Oparin chiamò il "*brodo primordiale*". In questo ambiente si sarebbero originate circa 3,8 miliardi di anni fa le prime forme di vita che, secondo questa ipotesi, dovevano essere eterotrofe e ricavare le sostanze necessarie alla propria sopravvivenza direttamente dall'ambiente esterno. Tuttavia, una volta che il pool di composti organici che si era precedentemente formato diminuì per incorporazione nei polimeri delle creature viventi, alcuni composti particolarmente richiesti dalle prime cellule sarebbero risultati in una concentrazione così scarsa da limitare la crescita cellulare. Ci sarebbe quindi stata una forte pressione selettiva per l'acquisizione di nuova informazione genetica per costruire le vie metaboliche necessarie alla sintesi di quelle molecole originariamente presenti in grande quantità nel brodo primordiale e che via via venivano a mancare.

La comparsa delle vie metaboliche di base deve essere stata perciò uno dei principali eventi dell'evoluzione precoce della vita, poiché potrebbe aver permesso agli organismi primordiali eterotrofi di divenire sempre meno dipendenti dalle sorgenti esogene di aminoacidi, di purine e di altri composti vitali, che si erano accumulati nell'ambiente primordiale per sintesi prebiotica.

Si suppone che la costruzione di nuove e complesse vie metaboliche sia avvenuta nel **mondo a DNA** quando, cioè, le cellule primordiali potevano avere già acquisito un certo grado di complessità e l'informazione genetica doveva essere già immagazzinata in molecole di DNA a doppia elica. In questa fase dell'evoluzione biologica dovevano aver già visto la luce sia il codice genetico sia la sintesi proteica. Lo scenario che si poteva presentare ad un virtuale osservatore circa quattro miliardi di anni fa doveva essere quello di una popolazione estremamente eterogenea di proto-cellule che potevano in qualche modo "comunicare" tra loro scambiandosi del materiale genetico, ed il cui genoma era presumibilmente di dimensioni limitate, con pochi e semplici geni, e soggetto a forte pressione mutazionale ed a frequenti riarrangiamenti molecolari. Grazie a questi le cellule primordiali poterono acquisire nuova informazione genetica, necessaria per la costruzione di nuove vie metaboliche.

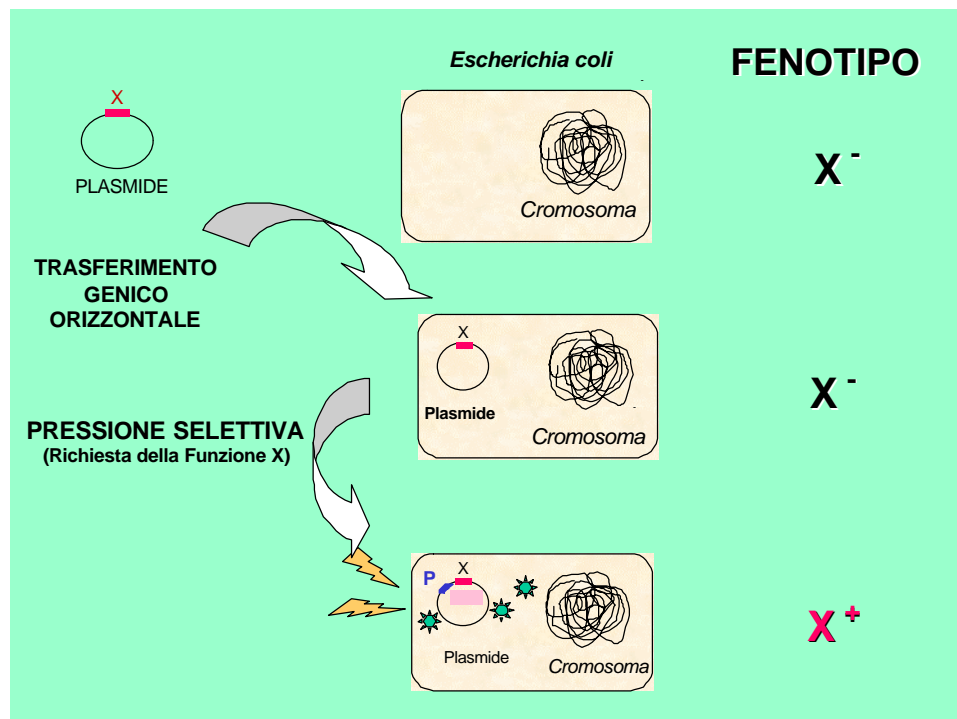
Nelle fasi precoci dell'evoluzione biologica i meccanismi che possono aver giocato un ruolo importante per l'acquisizione di nuove attività enzimatiche, e quindi di nuove abilità metaboliche, da parte dei primi organismi viventi possono essere grossolanamente distinti in due classi: **(1) Meccanismi di acquisizione interni**, tramite i quali si verificano riarrangiamenti genetici all'interno del genoma della cellula che possono portare alla modificazione della informazione genetica preesistente oppure all'acquisizione di nuova informazione genetica, come la duplicazione genica; **(2) Meccanismi di acquisizione esterni**, tramite i quali una cellula riceve materiale genetico dall'esterno: (a) trasferimento orizzontale di materiale genetico (xenologia) in cui si ha il passaggio di porzioni genomiche da un (micro)organismo donatore ad uno ricevente e (b) fusione cellulare (sinologia) quando cioè due cellule mettono in compartecipazione la loro informazione genetica, unendosi a formare un unico organismo.

La ricostruzione della storia evolutiva di una via metabolica e la comprensione dei meccanismi che ne hanno guidato l'assemblaggio può essere effettuata attraverso due diversi approcci: (1) teorico, che si basa essenzialmente sull'analisi della struttura, dell'organizzazione e della localizzazione

genomica di geni coinvolti nella stessa via metabolica in organismi appartenenti ai tre domini cellulari, e (2) sperimentale, attraverso i cosiddetti esperimenti di **evoluzione guidata in vivo**.

Il primo tipo di approccio ha permesso di stabilire, come era già stato ipotizzato all'inizio degli anni '50, che la **duplicazione genica** o, più in generale, la duplicazione di segmenti di DNA rappresenta uno dei meccanismi più importanti per l'origine di nuovi geni e quindi per la costruzione di intere vie metaboliche.

Il secondo tipo di approccio si basa invece sugli *esperimenti di evoluzione guidata*; in genere questi esperimenti vengono eseguiti esponendo popolazioni microbiche, generalmente batteriche, a nuove fonti di carbonio, azoto o energia, in assenza delle loro normali sorgenti nutrizionali, per verificare la loro abilità di evolvere la capacità di metabolizzare nuovi composti. I dati disponibili in letteratura dimostrano che i microrganismi possono sviluppare la capacità di utilizzare nuove fonti di carbonio grazie a mutazioni all'interno di geni strutturali che codificano enzimi coinvolti nella degradazione di **altri substrati** o grazie alla perdita dei controlli repressivi in seguito a singole mutazioni in un gene regolatore. Inoltre questo tipo di esperimenti ha permesso di spiegare come geni acquisiti mediante xenologia, potenzialmente funzionali ma non espressi nelle cellule riceventi, a causa della diversità dei segnali trascrizionali, possano essere attivati grazie all'insorgenza di eventi mutazionali che generano delle sequenze regolative (promotori).



Infatti, se il trasferimento genetico orizzontale (TGO) ha giocato un ruolo determinante nell'evoluzione dei sistemi biologici, ci troviamo di fronte ad un'apparente contraddizione; infatti, affinché un evento di trasferimento genetico orizzontale abbia successo, è necessario che i geni trasferiti siano fissati nell'organismo ospite e per essere fissati devono essere espressi, quindi trascritti e tradotti. Se ciò non avviene l'evento di TGO è con molta probabilità destinato a fallire. Tuttavia la presenza di barriere al TGO, soprattutto tra organismi filogeneticamente molto distanti, impediscono spesso ai geni inserirsi in un organismo di essere attivati, ma d'altra parte l'intenso TGO che si è verificato nel corso dell'evoluzione dimostra inequivocabilmente che queste barriere possono essere superate. Attraverso esperimenti di evoluzione guidata *in vivo* è possibile capire con quali meccanismi ciò possa avvenire.

E' evidente, infatti, che il materiale genetico ricevuto da una cellula ospite potrà dare a questa un vantaggio selettivo solamente se i geni trasferiti possono essere espressi nell'ospite. Non sempre questo è possibile, soprattutto quando il DNA viene scambiato tra organismi filogeneticamente

distanti. Ciò è dovuto all'esistenza di barriere all'espressione genica eterologa, ad esempio all'impossibilità dei sistemi trascrizionali della cellula ospite di riconoscere i segnali regolativi dei geni trasferiti. Conseguentemente questi geni verranno fissati solo nel caso in cui, in una qualche condizione, si generino dei promotori riconoscibili dalle RNA polimerasi della cellula ospite.

Il modello sperimentale si basa sul presupposto che, quando una cellula batterica, incapace di svolgere una determinata funzione X (poiché priva del gene corrispondente X), acquisisce per xenologia del materiale genomico di un organismo appartenente ad una specie diversa e contenente un gene X potenzialmente funzionante, ma inattivo o contenente un promotore non efficientemente riconosciuto dai sistemi trascrizionali della cellula ospite (in quanto privo di promotore), tale cellula continuerà a manifestare un fenotipo X<sup>-</sup>. Tuttavia, qualora la stessa popolazione cellulare venga sottoposta ad una forte pressione selettiva per la funzione X, si suppone che una frazione di individui acquisisca delle mutazioni a monte del gene X eterologo capaci di generarvi un promotore attivabile, che permetta, con la trascrizione del gene, la sopravvivenza di una frazione della popolazione cellulare.

Utilizzando due diversi sistemi sperimentali è stato possibile dimostrare come, in condizioni di pressione selettiva, le popolazioni microbiche possano attivare geni eterologhi attraverso la comparsa di mutazioni puntiformi capaci di "aggiustare" un promotore preesistente rendendolo efficientemente riconoscibile dai sistemi trascrizionali dell'organismo ospite o attraverso riarrangiamenti più complessi, quali lo spostamento di elementi mobili (trasposoni) che, inserendosi a monte del gene X, ne possano permettere l'efficiente trascrizione a partire da uno dei propri promotori, nel caso in cui il gene X non contenga alcuna sequenza riconoscibile come "promotore".



## Biosintesi dell'istidina e fissazione dell'azoto: due modelli di studio delle vie metaboliche

Matteo Brilli, Laura Cioni & Renato Fani - Università di Firenze

Lo studio delle origini e della successiva evoluzione delle vie metaboliche nelle popolazioni ancestrali rappresenta uno dei campi più affascinanti per chi si occupa di Biologia Evoluzionistica. Come già Darwin e Wallace avevano intuito, precorrendo notevolmente i tempi, tutte le forme di Vita attuali devono essere necessariamente derivate da un'unica popolazione ancestrale. Oggi sappiamo che le capacità metaboliche di questi antenati universali erano limitate, e possiamo dedurre le caratteristiche solo ed esclusivamente da quelle dei loro discendenti attuali. Dato che i fossili più antichi scoperti finora risalgono a circa 3.5 miliardi di anni fa, e sono costituiti da forme di vita piuttosto complesse, allora, dobbiamo cercare di inferire le caratteristiche delle vie metaboliche ancestrali sulla base dei discendenti di queste ultime, che hanno avuto circa quattro miliardi di anni di tempo per evolvere rispetto a quelle originali. In alcuni casi ritroviamo delle vie metaboliche molto simili, se non identiche in tutti e tre i domini cellulari (Archei, Batteri, Eucarioti), e queste vie sono quelle che risultano per noi le più informative. Una universale distribuzione nei tre domini cellulari implica, infatti, che tale via era presente anche prima che questi si separassero e quindi l'origine della via evolutiva può essere considerata antecedente alla comparsa dell'ultimo progenitore comune (Last Universal Common Ancestor, LUCA). Una via con questa caratteristica è quella per la biosintesi dell'istidina, che, infatti, è considerata dai ricercatori che si occupano delle forme di vita ancestrali e della loro evoluzione come molto antica. Dato che questa via metabolica è praticamente identica nei tre domini, e visto anche il fatto che una via metabolica così complessa necessita di lunghi tempi per la messa a punto, si può affermare che essa ha fatto la sua comparsa in cellule che temporalmente hanno preceduto di molto LUCA. Un'altra via che possiede caratteristiche analoghe, anche se meno evidenti, è quella di fissazione dell'azoto. In questo caso la sua presenza negli Archei e nei Batteri ci indica che essa esisteva prima della separazione di questi due gruppi, anche se successivamente deve essersi verificata la perdita dell'intera via metabolica in molte linee cellulari.

La costruzione di un'intera via metabolica richiede riarrangiamenti molecolari molto estesi e, soprattutto, la costruzione di nuovi geni; in questo senso la **duplicazione genica** o, più in generale, la duplicazione di segmenti di DNA rappresenta uno dei meccanismi più importanti per l'origine di nuovi geni. Come è stato ampiamente dimostrato per almeno due vie metaboliche (biosintesi dell'istidina e fissazione biologica dell'azoto) la duplicazione paraloga (in tandem e non) ha avuto un ruolo decisivo nel loro assemblaggio. Lo studio di queste due vie ha inoltre contribuito a fare un po' di chiarezza sulle teorie proposte per spiegare l'origine ed il successivo perfezionamento delle vie metaboliche, grazie all'acquisizione di nuova informazione genetica mediante i meccanismi descritti, ed in particolare: a) l'ipotesi retrograda e b) ipotesi del mosaico (patchwork).

**Ipotesi retrograda.** Questa ipotesi, elaborata per la prima volta nel 1945 da Horowitz, si basa sulle teorie "un gene - un enzima" di Beadle e Tatum e sull'idea del "brodo primordiale" di Oparin e Haldane. Secondo Horowitz la costruzione di una via metabolica per la sintesi di un composto A, si sarebbe resa necessaria nel momento in cui la sua concentrazione nell'ambiente esterno fosse progressivamente diminuita. In queste mutate condizioni ambientali sarebbero stati selezionati favorevolmente quei microrganismi capaci di sintetizzare autonomamente il composto A a partire da un substrato B, presente in grande concentrazione nell'ambiente esterno, grazie all'azione di un enzima codificato dal gene *a*. Successivamente, nel momento in cui la concentrazione di B fosse a sua volta progressivamente diminuita, sarebbero state favorite quelle "cellule" capaci di ottenere B a partire da un substrato C (anch'esso presente in alte concentrazioni nell'ambiente esterno), grazie all'azione di un enzima codificato dal gene *b*, originatosi per duplicazione e successiva divergenza dal gene *a*. In questo modo la via metabolica sarebbe stata costruita come una scala, per acquisizione successiva e sequenziale di enzimi in ordine inverso a quello in cui si trovano nelle vie metaboliche attuali, perciò l'ultimo enzima del pathway è il primo ad essere apparso e viceversa (da qui il termine *retrograda*).

Venti anni dopo Horowitz (1965) refinò la sua teoria ipotizzando che i gruppi di geni codificanti enzimi coinvolti nella stessa via metabolica fossero il risultato di eventi primitivi di duplicazione genica e divergenza. Secondo questa ipotesi quindi tutti i geni di un operone si sarebbero originati per duplicazione successiva di un unico gene ancestrale comune.

**Ipotesi del mosaico.** La seconda teoria (*patchwork*), elaborata indipendentemente da Ycas (1974) e Jensen (1976), si basa sull'assunzione che gli enzimi primitivi, per quanto poco veloci ed efficienti, fossero dotati di una bassa specificità di substrato che li rendeva perciò capaci di catalizzare più di una reazione enzimatica, interagendo con un vasto numero di substrati chimicamente correlati. Tali enzimi primordiali, relativamente aspecifici, potrebbero aver aiutato le cellule primitive, dotate di piccoli genomi, a sopperire alle loro limitate capacità codificanti. Secondo questa ipotesi, un enzima (E1) sarebbe stato capace di interagire con substrati diversi (S1, S2, S3). Successivamente, attraverso successive duplicazioni del gene codificante l'enzima E1, si sarebbero evoluti enzimi con aumentata specificità di substrato che sarebbero entrati poi a far parte di vie metaboliche diverse, catalizzando in queste lo stesso tipo di reazione. In tal modo enzimi appartenenti a vie metaboliche differenti sarebbero stati *reclutati* per costruirne una nuova. Questa ipotesi è compatibile anche con l'idea che una via metabolica ancestrale possa aver avuto origine da un enzima primitivo capace di catalizzare due o più reazioni e la cui specificità di substrato sarebbe stata rifinita come risultato di eventi di duplicazione genica e successiva divergenza.

### **Biosintesi dell'istidina**

Il nostro lavoro ha riguardato diversi aspetti nell'evoluzione della via biosintetica dell'istidina, che saranno trattati separatamente per approfondire in modo adeguato tutte le problematiche da noi rilevate, e poi saranno riassembleati in conclusione per permettere una comprensione adeguata del cammino evolutivo della via nella sua totalità.

Questi aspetti sono:

- esame delle sequenze disponibili in banca dati per analizzare l'organizzazione dei geni deputati alla biosintesi dell'istidina nei tre domini cellulari. Questa analisi ha permesso di stabilire che l'organizzazione a operone completo come la si ritrova in *E. coli* non è una caratteristica generale nei procarioti, bensì un'eccezione, e come tale ristretta ad un piccolo numero di generi procariotici.
- Importanza del Gene Recruitment e delle duplicazioni geniche in tandem nella creazione e nell'ottimizzazione della via, come anche delle sue proteine:
  1. Paralogia dei geni *hisA* e *hisF*, geni che codificano due proteine a botte TIM che catalizzano passaggi sequenziali nella via;
  2. Reclutamento di *hisH*, codificante una aminotransferasi molto somigliante ad altri enzimi con identico meccanismo catalitico, ma coinvolti in altre vie.
- La fissazione di eventi di fusione genica in alcuni rami dell'albero della Vita: *hisB* e *hisIED*
- Evoluzione del gene *hisA*, mediante ripetute duplicazioni in tandem di minigeni ancestrali.

### **Fissazione dell'azoto**

L'azoto, letteralmente "senza vita", fu così chiamato da Lavoisier per il fatto che esso differiva dall'altro principale costituente dell'atmosfera, l'ossigeno, per non essere in grado di mantenere in vita gli organismi. Il nome di azoto si è rivelato poi piuttosto inadatto poiché si riferisce ad un elemento di straordinaria importanza e che è essenziale per tutte le forme di vita. Ma se l'azoto è l'elemento più abbondante dell'atmosfera di cui costituisce, sotto forma di molecole biatomiche, circa il 78%, esso rappresenta al tempo stesso il principale fattore limitante per la crescita delle piante. La spiegazione di questo apparente paradosso sta nel fatto che l'azoto, nella forma molecolare in cui si trova nell'atmosfera, è talmente inerte dal punto di vista chimico da non poter essere utilizzato direttamente dalla maggior parte degli organismi. Solo una frazione limitata di questi, detti diazotrofi, sono capaci di trasformare l'azoto atmosferico (N<sub>2</sub>) in una forma ridotta (NH<sub>3</sub>) più facilmente metabolizzabile dagli organismi. Questo processo, che richiede un notevole apporto di energia per la rottura dei tre legami covalenti della molecola di azoto, viene detto

fissazione biologica dell'azoto e viene effettuato da un numero limitato di specie viventi, appartenenti esclusivamente al mondo dei procarioti: archei e batteri.

La fissazione dell'azoto viene catalizzata da enzima, la **nitrogenasi**, un eterodimero formato da quattro subunità a due a due uguali codificate dai geni *nifD* e *nifK*, la cui funzione è quella di legare l'azoto molecolare e trasformarlo in ammoniaca. Per far questo la nitrogenasi richiede la presenza di un cofattore ferro-molibdeno, per la cui sintesi sono necessari i prodotti di alcuni geni, tra cui *nifE* e *nifN*.

### **Ipotesi sull'origine della fissazione dell'azoto**

Il fatto che le nitrogenasi isolate da organismi filogeneticamente molto diversi mostrino un elevato grado di similarità di sequenza, ha suggerito che i geni codificanti per la nitrogenasi siano comparsi precocemente sulla Terra e che quindi la capacità di fissare l'azoto sia un carattere ancestrale, già presente nei primi organismi. Questo possibile scenario dell'*origine ed evoluzione* del processo di *fissazione dell'azoto* potrebbe essere in accordo con l'idea di una atmosfera primitiva neutra, ricca di azoto molecolare e povera di ammonio. Ciò avrebbe creato la pressione selettiva tale da favorire quelle cellule primordiali che avessero posseduto la capacità di trasformare l'azoto atmosferico in ammoniaca.

Paradossalmente questo stesso scenario potrebbe essere anche in accordo con l'esistenza di una atmosfera primitiva riducente, contenente perciò grandi quantità di ammoniaca. In quelle ipotetiche condizioni ambientali le prime cellule non avrebbero avuto la necessità di sviluppare un processo di fissazione, avendo a disposizione l'ammonio di origine abiotica. Tuttavia, questa via metabolica sarebbe divenuta necessaria nel momento in cui la concentrazione di ammonio fosse diminuita nell'ambiente. Inoltre la nitrogenasi è capace di ridurre, oltre che l'azoto atmosferico, anche altri substrati, alcuni dei quali potenzialmente nocivi per la cellula come l'acido cianidrico presumibilmente presente nell'atmosfera primordiale. La comparsa della nitrogenasi sulla Terra si sarebbe resa perciò necessaria non tanto per fissare l'azoto, quanto piuttosto per detossificare le cellule primordiali dalla presenza di sostanze nocive. Secondo questa ipotesi, perciò, la capacità di fissare l'azoto sarebbe stata perduta da alcune linee filetiche nel momento in cui le condizioni ambientali sulla Terra sono cambiate.

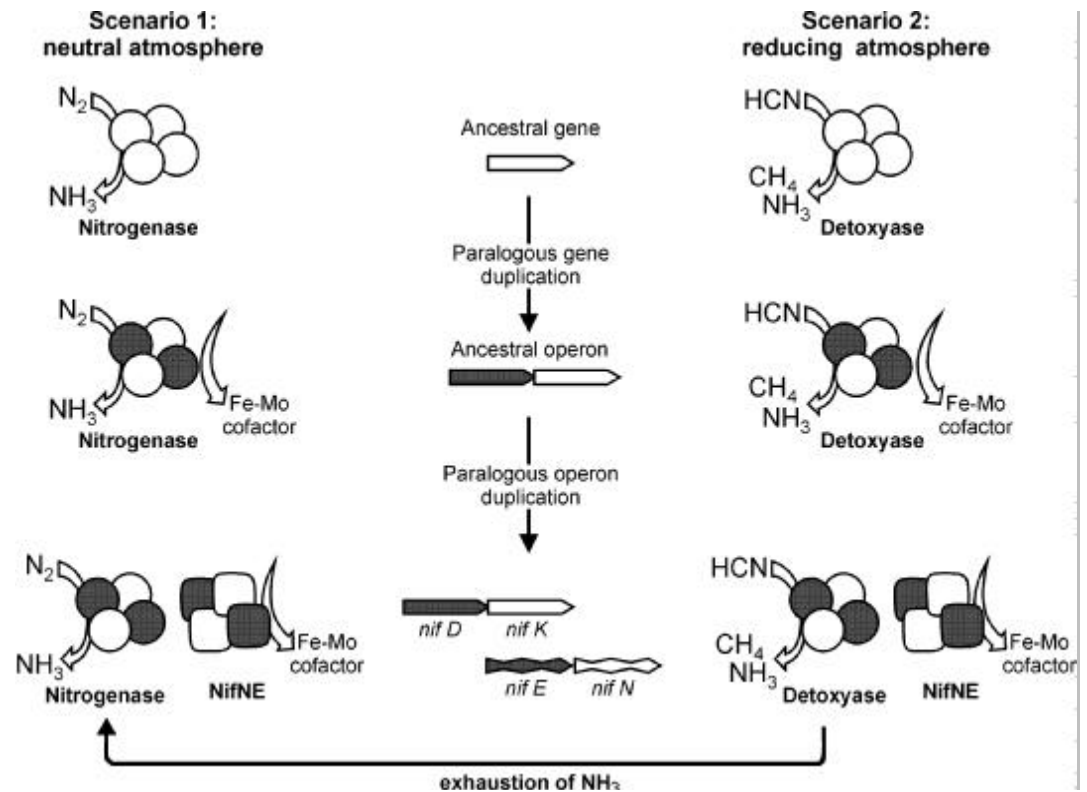
### **Origine ed evoluzione dei geni *nifDK* e *nifEN***

L'analisi comparativa dei quattro geni *nifD*, *nifK*, *nifE* e *nifN* dimostra che essi appartengono ad una *famiglia di geni paraloghi*, e tutti sarebbero i discendenti di un unico gene ancestrale comune. Secondo l'ipotesi (vedi Figura) un gene ancestrale avrebbe codificato un polipeptide capace di autoassemblarsi in un complesso enzimatico capace di svolgere due differenti funzioni: 1) fissare l'azoto atmosferico, o interagire con dei substrati presenti nell'atmosfera primordiale, 2) sintetizzare un cofattore FeMo o un suo progenitore, in accordo con l'ipotesi del mosaico, secondo la quale gli enzimi ancestrali avevano una ambiguità di substrato e funzione. Successivamente, in seguito ad una duplicazione paralogica di questo gene e successiva divergenza, i due geni avrebbero codificato le due differenti subunità del complesso enzimatico che avrebbero mantenuto le due abilità metaboliche. In un momento successivo, l'operone bicistronico ancestrale sarebbe andato incontro ad una duplicazione paralogica e i due operoni avrebbero evoluto funzioni diverse, uno avrebbe codificato le due subunità della nitrogenasi e l'altro le subunità del complesso NifEN.

Un'analisi ancora più dettagliata delle sequenze contenute nelle banche dati ha permesso inoltre di stabilire un collegamento fra Fissazione dell'Azoto e biosintesi della (Batterio)clorofilla, esso è ad uno stadio precoce rispetto a quello appena visto, ma si sono potute trarre comunque interessanti informazioni, sia da parte nostra sia di altri ricercatori. Queste informazioni ci hanno permesso di ipotizzare il cammino evolutivo di alcuni enzimi di queste due vie, che si è dimostrato piuttosto interessante, anche se difficile al momento da avvalorare, dato che mostra ancora una volta come siano fondamentali i fenomeni della duplicazione genica.

A differenza della fissazione dell'azoto, un processo presente sia negli archei sia nei batteri, la fotosintesi invece sembra essere comparsa soltanto nella linea dei batteri, per poi essere affinata ed infine, tramite i cianobatteri, essere conquistata anche dagli Eucarioti. La fotosintesi è presente anche in alcuni Alobatteri, ma mai negli Archei si ritrovano meccanismi di cattura delle radiazioni luminose

mediante anelli pirrolici contenenti Magnesio, come è invece la norma in tutti gli altri organismi fotosintetici. Questo indica che la fotosintesi basata su batterioclorofilla e molecole affini è ristretta ai batteri, comprendendo in essi i Cloroplasti.



La scoperta che alcuni enzimi per la biosintesi della (batterio)clorofilla sono molto simili per sequenza aminoacidica e funzione ad altri deputati alla fissazione dell'azoto ci ha permesso di elaborare un modello che prevede una serie di duplicazioni (geniche e/o operoniche), avvenute soltanto nei batteri dopo la separazione dei tre domini, che hanno permesso la creazione e la messa a punto, prima della batterioclorofilla e della fotosintesi anossigenica, poi della clorofilla e quindi della fotosintesi ossigenica. In definitiva questo collegamento è estremamente importante per la Vita e per l'Evoluzione della Vita sulla Terra in ogni sua forma, perché, da un enzima coinvolto nella detossificazione dei cianati non solo si è evoluto un sistema che ha permesso un ciclo dell'azoto biologico, ma anche un sistema per catturare la luce, che ad un certo punto ha iniziato a produrre ossigeno, permettendo l'incredibile diversificazione di forme di vita aerobie che a tutt'oggi conosciamo.

## **Xenosomi, organelli e origine delle specie nei ciliati**

*Giovanna Rosati - Università di Pisa*

E' possibile che alcune associazioni simbiotiche attualmente presenti nei protisti, cioè in organismi eucariotici unicellulari, possano dare indicazioni sui vari stadi del processo di evoluzione della cellula eucariotica. Il termine xenosomi (dal greco: corpi estranei), originariamente coniato per simbionti batterici non identificati, è stato poi esteso agli organuli cellulari di riconosciuta origine simbiotica. Nei protozoi ciliati si trovano molti esempi di come le associazioni con "xenosomi" abbiano contribuito, e ancora contribuiscano, alla diversificazione delle nicchie ecologiche e quindi alla loro speciazione. Ad esempio, anche se la maggioranza dei ciliati sono aerobici, molte specie possono vivere in habitat privi di ossigeno grazie a simbiosi antiche e simbiosi attuali con organismi procariotici. Infatti quasi tutti i ciliati anaerobici possiedono idrogenosomi, organuli cellulari la cui origine simbiotica è stata dimostrata, ed ospitano ecto o endosimbionti capaci di usare idrogeno come substrato. Altri ciliati non sono in grado di riprodursi se privati dei loro endosimbionti batterici. I batteri a loro volta non crescono al di fuori dell'ospite ed hanno un genoma molto ridotto come molti batteri simbionti obbligati. Questi simbionti stanno diventando degli organelli cellulari! Le associazioni ectosimbiotiche, originate come strumento adattativo nei confronti di difficoltà ambientali, potrebbero rappresentare uno stadio iniziale di alcuni processi evolutivi. Così organismi simili agli "epixenosomi", batteri Verrucomicrobiales, che vivono sulla superficie dorsale del ciliato *Euplotidium* e che difendono il loro ospite dalla predazione, potrebbero, una volta internalizzati e geneticamente integrati con l'ospite, aver dato origine ad alcuni tipi di estrusomi. Questi batteri hanno una struttura molto complessa e peculiare: in particolare contengono dei tubuli con molte caratteristiche in comune con i microtubuli di tubulina. Finora la presenza di tubulina in procarioti non è mai stata dimostrata. Di particolare interesse il fatto che in due specie batteriche; dello stesso gruppo degli epixenosomi, sono stati ritrovati geni per questa proteina.

## **Il rilascio di OGM nell'ambiente ed il loro impatto sull'evoluzione biologica**

*Manuela Giovannetti - Università di Pisa*

Il tema del rilascio nell'ambiente di organismi geneticamente modificati (OGM) è stato a lungo dibattuto, tuttavia poche sono ancora le evidenze scientifiche, frutto di sperimentazioni in laboratorio ed in campo. Recenti lavori sperimentali hanno riportato "rischi non previsti", sottolineando la necessità di ulteriori ricerche per raccogliere un maggior numero di dati riguardanti i rischi ambientali delle coltivazioni di OGM. La rivista scientifica *Nature* ha pubblicato una serie di articoli sull'argomento, riportando in copertina una frase significativa "Coltivazioni GM: quanto innocuo è l'innocuo?" (Butler and Reichardt, 1999). Poiché la letteratura scientifica finora disponibile riporta risultati a volte contrastanti, e comunque dipendenti dal tipo di pianta e di trasformazione genetica, l'atteggiamento della comunità scientifica è stato quello di evitare generalizzazioni e dare giudizi caso per caso (Wolfenbarger and Phifer, 2000).

Alcuni dei dati su "eventi imprevisti" riguardano la diffusione del polline e delle tossine prodotti da piante transgeniche sugli organismi "non-target" ed il trasferimento genetico orizzontale di geni dalle piante geneticamente modificate (GM) ai microrganismi e tra microrganismi. Tali evidenze scientifiche costituiscono la base per una valutazione *ex-ante* dei rischi associati alla coltivazione di piante transgeniche ottenute mediante modificazioni genetiche che utilizzano geni potenzialmente pericolosi, che interferiscono con la fertilità e la vita stessa, come "Terminator", per i quali qualunque rischio di eventi genetici irreversibili ed ingovernabili dovrebbe essere escluso prima del loro rilascio nell'ambiente.

## **Il concetto di specie alla luce della definizione stessa di individuo/popolazione**

*Ettore Ruberti - ENEA Centro Ricerche Ambiente Marino S. Teresa*

Quando, nel 1735, Carl von Linné propose il suo sistema di classificazione, tuttora adottato, le specie erano considerate come fisse ed immutabili. Si ritenevano appartenenti alla stessa specie organismi che condividevano le stesse caratteristiche morfologiche. Questa prima definizione è stata successivamente affinata, per confluire nella definizione data dagli estensori della nuova sintesi. Per questi il criterio di distinzione è l'isolamento riproduttivo. In pratica appartengono alla stessa specie gli individui che condividono lo stesso patrimonio genetico e, quindi, sono isolati riproduttivamente. Il concetto di isolamento riproduttivo non sottende necessariamente la sterilità fra specie diverse, ma l'esistenza di meccanismi isolanti che rendono pressoché impossibile l'accoppiamento. Questa definizione appare già più soddisfacente della precedente, ma non del tutto. Il problema cruciale, ben messo in evidenza da Eigen per i virus e successivamente esteso da Dawkins a tutti i viventi, è che il concetto di specie è un artificio dei Naturalisti. Se abbiamo a che fare con due organismi che rispondono alle definizioni più sopra esposte, lo studioso li ascriverà alla stessa specie, ma ciò non significa che effettivamente condividano interamente il loro patrimonio genetico. L'opera incessante della selezione naturale sulle mutazioni interspecifiche e sulla variabilità presente nelle popolazioni, produrrà continuamente delle differenze che, per quanto impercettibili, differenzieranno maggiormente le diverse popolazioni che ascriviamo ad una stessa specie. Mentre queste variazioni saranno continuamente rimescolate fra i membri di una stessa popolazione, aumenteranno continuamente le differenze fra popolazioni isolate tra loro.

## La specie batterica tra mito e realtà

Pier Luigi Manachini & Carlo Parini – Università di Milano

Uno dei più intriganti problemi che deve affrontare il microbiologo è quello di stilare una accettabile definizione di specie batterica. Raggiungere questo traguardo significherebbe poter disporre di adeguati strumenti culturali ed operativi che consentano di acquisire maggiori conoscenze sulle correlazioni filogenetiche, e quindi sulle linee ed i rapporti evolutivi, che intercorrono tra differenti generi e specie batteriche. Le nuove informazioni possono poi contribuire a meglio definire e comprendere l'evoluzione, quale elemento dinamico che coinvolge tutti i viventi.

Stante quanto sopra esposto da qualche anno abbiamo rivolto una particolare attenzione a queste problematiche utilizzando come modello la specie *Bacillus licheniformis*.

Nelle ricerche effettuate sono stati impiegati 206 isolati, ottenuti da 96 differenti campioni di suolo provenienti da varie località dei 5 continenti. In base ai criteri di isolamento, all'origine, alle caratteristiche fenotipiche tradizionali è stato possibile ascrivere alla specie *B. licheniformis* 182 differenti ceppi dei 206 isolati. Anche la composizione in basi del DNA, dal 45,6 al 49,3 %GC, confermava che i suddetti ceppi potevano essere ascritti a *B. licheniformis*. Si è così potuto concludere che: i) non sempre con le attuali prove preliminari si isolano soltanto ceppi di *B. licheniformis*; ii) questa specie mostra un consistente grado di biodiversità stante la riscontrata presenza di numerosi e differenti biotipi.

Lo studio del grado di similarità delle sequenze polinucleotidiche (o riassociazione molecolare DNA/DNA od omologia genetica = %OG) ha in parte confermato i precedenti risultati. Infatti è stato possibile riunire tutti i ceppi in due differenti gruppi o cluster. Nel I gruppo è stato riunito il 91% dei ceppi, con OG tra il 100 ed il 67%. Il II gruppo era costituito dal restante 9% dei ceppi, con OG dal 37 al 4%, valori decisamente lontani da quel 70% di OG che viene universalmente considerato come valore limite della specie.

Questo restante 9% dei ceppi quindi non poteva essere ascritto alla specie *B. licheniformis*. Successive ricerche sul grado di OG hanno poi dimostrato che questi ceppi potevano essere separati in due distinti cluster i cui componenti mostravano tra di loro un elevato valore di OG (>80%). Inoltre è stato rilevato che i componenti di questi cluster erano filogeneticamente distanti non solo da *B. licheniformis*, ma pure da altre specie, come *B. subtilis*, strettamente affini geneticamente a *B. licheniformis*.

Alla luce di questi fatti si poteva soltanto supporre che si era in presenza di due nuove specie di *Bacillus*. A questa logica soluzione si opponevano motivazioni razionali ma essenzialmente di eminente ordine pratico. L'impasse è stato superato creando, accanto alle biovar, un nuovo ed arbitrario gruppo, quello delle **genomovar**, dove riunire quei ceppi che sono differenti, dal ceppo type, soltanto geneticamente, ma non fenotipicamente in rapporto alle caratteristiche che attualmente vengono indagate. Questa soluzione, che è accettata a livello internazionale, non risolve però il problema che è stato segnalato anche da altri ricercatori.

In conclusione le nostre ricerche hanno evidenziato come: i) in una specie batterica può coesistere un concreto e significativo grado di biodiversità sia fenotipica che genotipica; ii) non sempre si dispone di idonei strumenti culturali ed operativi per mettere in evidenza i caratteri di reale valore discriminante a livello di specie.

Attualmente si ritiene che per ottenere valide conoscenze tassonomiche e filogenetiche di un gruppo batterico è necessario adottare un approccio polifasico, cioè disporre di una procedura che consenta di ottenere un adeguato ed integrato complesso di differenti informazioni. In quest'ottica oggi per specie batterica si intende: un insieme di isolati che hanno origine da una comune popolazione progenitrice nella quale, un certo grado di ricombinazione ha dato luogo a cloni, che mostrano un certo grado di diversità genetica, pur essendo caratterizzati da un elevato grado di similarità delle sequenze polinucleotidiche (%OG non <70%) e da un adeguato valore di omologia di sequenza del DNA codificante per rRNA 16S (pari almeno al 97%).



Purtroppo anche questa definizione non sempre regge. Infatti con ricerche in atto, riguardanti un gruppo di ceppi di *Bacillus* termofili, l'applicazione dell'approccio polifasico non ha consentito, per il momento, di giungere ad un elaborare un soddisfacente quadro tassonomico. Al momento abbiamo proposto la creazione di un "gruppo-specie" nel quale riunire differenti specie, oggi riconosciute come tali, più o meno strettamente correlate filogeneticamente tra di loro.

I nostri risultati e le considerazioni espone rendono più che mai attuale e valido il vincolo che la specie deve essere rappresentata da un ceppo di riferimento o ceppo type e da un adeguato numero di altri isolati per poter valutare il grado di biodiversità che è pure una caratteristica della specie e proprio di alcune proprietà fenotipiche e/o genotipiche.

A questo punto possiamo chiederci: oggi la specie batterica è un mito, una realtà oppure una semplice.....**necessità**?

### **Bibliografia**

- Manachini P.L., Fortina Maria G., Levati Laura and Parini C. (1998) Contribution to phenotypic and genotypic characterization of *Bacillus* licheniformis and description of new genomovars. *System. Appl. Microbiol.* 21: 520-529.
- Fortina Maria G., Parini C., Mora D. and Manachini P. L. (1999) Taxonomic note on *Bacillus thermoleovorans* and *B. stearothermophilus* groups. *Abstr. 6° Symp. Bacterial Genetics and Ecology.* pg 46
- Manachini P.L., Mora D., Nicastrò G., Stackebrandt E., Pukall R. and Fortina Maria G. (2000) *Bacillus thermodenitrificans* sp. nov., nom. rev. *Int. J. System. Evolut. Microbiol* 50:1331-1337.
- Fortina Maria G., Pukall R., Schumann P., Mora D., Parini C., Manachini P. L. and Stackebrandt E. (2001) *Ureibacillus* gen. nov., a new genus to accommodate *Bacillus thermosphaericus* (Andersson et al. 1995), emendation of *Ureibacillus thermosphaericus* and description of *Ureibacillus terrenus* sp. nov. *Int. J. System. Evolut. Microbiol.* 51:447-455.
- Fortina Maria G., Mora D., Schumann P., Parini C. and Manachini P.L. (2001) Reclassification of *Saccharococcus caldxylosilyticus* as *Geobacillus caldxyloislyticus* (Ahmad et al., 2000) comb. nov. *Int. J. System. Evolut. Microbiol.* 51: 2063-2071.
- Rossellò-Mora R. and Amann R. (2001) The species concept for prokaryotes. *FEMS Microbiol. Rev.* 25: 39-67.
- Vandamme P., Pot B., Gillis M., De Vos P., Kersters K. And Swings J. (1996) Polyphasic taxonomy, a consensus approach to bacterial systematics. *FEMS Microbiol. Rev.* 60: 407-438.
- Stackebrandt E. and Goebel B. M. (1994) Taxonomic note: a place for DNA/DNA reassociation and 16S rRNA sequence analysis in the present species definition in bacteriology. *Int. J. System. Bacteriol.* 44: 846-849.