

CARLO JUCCI

Eredità ed Evoluzione

*Magnifico Rettore, Illustri Colleghi, studenti carissimi,
Signore, Signori (1).*

Chiamato dalla benevolenza della Facoltà di scienze a far parte di questo preclaro Ateneo, così ricco di antiche e nobili tradizioni, vengo nella vostra bella città con un sentimento di confidenza affettuosa come di chi torni a casa d'un amico d'infanzia.

Il mio pensiero batte le ali, con insistenza direi nostalgica, verso un giorno ormai tanto lontano, quando la Scuola Militare mi accoglieva per maturare precocemente la mia giovinezza e, ripercossi con mistica armonia sotto le volte della Ghirlandina, mi scendevano nel cuore gl'inni pieni di fede di un popolo palpitante nella aspettazione ansiosa della Vittoria.

Oggi, sedici anni dopo, sorretto dalla fiducia dei colleghi, ai quali esprimo con tutto il cuore la mia vivissima gratitudine, io salgo trepidante la cattedra illustrata da un Maestro tra i più insigni della Zoologia Italiana: dalle sue mani io ricevo, con profonda commozione, la fiaccola dell'Apostolato scientifico.

Daniele Rosa è veramente un apostolo: un apostolo ardente che ha già visto la sua dottrina diffondersi oltre i confini della Sua Scuola nel mondo scientifico; che non ha sentito bisogno di un più grande pulpito per una più efficace predicazione, anzi ha voluto modestamente raccogliersi nel piccolo centro luminoso di questa Università a Lui così cara, come nel luogo più adatto ad una meditazione profonda.

(1) Prolusione al corso di Zoologia e Anatomia comparata della R. Università di Modena, letta il 10 dicembre 1932.

Certo ha pensato, come il divino Leonardo, che le stanze piccole ravviano l'ingegno e le grandi lo sviano.

Alla mia mente commossa si affaccia ora l'immagine d'un modesto laboratorio, piccola stanza in grande città, dove, guidato per mano da Battista Grassi, mossi i miei primi passi verso la ricerca scientifica. La vera influenza che l'uomo di genio esercita non è immediata come non è transitoria. Io sento dentro di me, di anno in anno più grande, svilupparsi, come germe affidato al terreno, l'influenza del mio Venerato Maestro, onore e vanto della Biologia Italiana.

Il mio pensiero riconoscente si rivolge in questo momento affettuosamente agli infaticabili e geniali ricercatori vicino ai quali ho avuto la singolare fortuna di completare la mia educazione scientifica. A Filippo Silvestri e a Filippo Bottazzi va il mio sentimento di vivissima gratitudine e di profonda devozione.

Mi è grato dovere altresì tributare con sentita riconoscenza il mio omaggio di vecchio scolaro ad Anna Foà, Direttrice dell'Istituto di Bachicoltura nel quale ho lavorato più anni aprendomi la strada, su di un materiale che riunisce l'interesse teorico al pratico, alla scienza genetica. Desidero infine inviare un saluto di simpatia e un augurio di prosperità alla bella isola di Sardegna, forte e generosa, e alla nobile Università Turritana che ho lasciato con un senso di commozione, dopo quattro anni di appassionato lavoro.

E poichè ho seguito la gentile usanza di assolvere ai debiti di omaggio e di gratitudine, permettetemi che io rivolga un pensiero ai miei Genitori, ai quali debbo, per eredità e per educazione, i due fattori essenziali per la vita scientifica: la passione del lavoro e l'amore alla verità; specialmente a mia Madre, che, stimolandomi a seguire dopo gli studi di Scienze Naturali gli studi di Medicina, sollecitò nella mia mente l'espansione degli orizzonti biologici.

Accennavo che la Genetica è il mio ramo prediletto.

E' uno dei rami più giovani, spuntato da pochi decenni appena sul vecchio tronco delle scienze biologiche, eppure già vestito di fiori e di frutti, tanto rapido è stato il suo rigoglioso sviluppo. In un campo com'è quello dell'eredità infinitamente complesso e dove non regnavano che l'empirismo e le affermazioni puramente teoriche, la genetica ha introdotto l'osservazione metodica e la sperimentazione più rigorosa; ed è riuscita così a mettere in evidenza leggi semplici e generalissime in quei fenomeni che per secoli si erano

presentati agli occhi dell'uomo sotto un'aspetto capriccioso ed imprevedibile, quasi manifestazioni di una potenza misteriosa che distribuisse alla cieca somiglianze e dissomiglianze.

Grazie a queste leggi, siamo ormai in grado di prevedere a colpo sicuro i risultati qualitativi e quantitativi degli incroci più diversi; e, come il chimico nei suoi processi di analisi e di sintesi maneggia gli atomi, così noi sappiamo oggi, e meglio sapremo domani, maneggiare i geni o fattori ereditari, separandoli e combinandoli nelle nostre esperienze d'ibridazione.

Per questo la Genetica ormai costituisce uno degli strumenti essenziali del progresso zootecnico e fitotecnico e, dopo aver messo profonde radici nel terreno delle applicazioni agricole, va protendendo i suoi rami verso il campo umano. La medicina moderna tende a divenire sempre più preventiva che curativa, e l'Eugenica che si propone di liberare l'umanità dalle sue tare ereditarie applicando i portati della Genetica, è destinata a rigoglioso sviluppo.

Le leggi di Mendel hanno portato nella biologia un rinnovamento paragonabile a quello portato nella chimica dalle leggi di Dalton e la teoria del gene come la teoria atomica è tra le pietre angolari della scienza moderna.

I caratteri ereditari dell'individuo dipendono dalla presenza, nella sostanza germinale, di coppie di elementi (geni) riuniti in un determinato numero di gruppi o associazioni. Quando le cellule germinali maturano i membri di ciascun paio di geni si separano, giusta la prima legge di Mendel, sicchè ogni gamete viene a contenerne un corredo semplice. I membri appartenenti a differenti gruppi o associazioni si distribuiscono a caso, per disgiunzione indipendente delle loro coppie, giusta la seconda legge di Mendel. Talvolta un ordinato scambio reciproco si verifica tra gli elementi associati in uno stesso gruppo; la frequenza dello scambio mette in evidenza l'ordine lineare degli elementi in ciascuno dei gruppi e la loro relativa posizione reciproca secondo i principii del Morgan.

E' innegabile che Morgan e i suoi collaboratori hanno completato nel modo migliore la costruzione, fondata da Mendel su basi granitiche, di una teoria che, se non spiega alla nostra mente il meccanismo della eredità, spiega però adeguatamente il meccanismo della distribuzione dei caratteri ereditari. Le ricerche della scuola americana hanno fornito le prove definitive ed incontrovertibili che i cromosomi sono i portatori dei fattori mendeliani, che ciascun fat-

tore trova posto in un determinato cromosoma, che a qualunque anomalia cromosomica corrispondono le anomalie genetiche prevedibili in base alla conoscenza della localizzazione dei geni.

Costituito com'è di questi geni, sorta di atomi biologici che per quante nuove combinazioni contraggano possono sempre scindersene inalterati, il patrimonio ereditario ci si rivela caratteristicamente stabile. Può presentare variazioni, ma solo eccezionalmente. Non dimostra affatto quella straordinaria plasticità, quella variabilità incessante, fluttuante, la cui ammissione indiscussa ha servito per tanto tempo di base alle teorie dell'evoluzione.

Malgrado i nostri tentativi di armonizzare i dati sperimentali della genetica colle conclusioni generali cui la Zoologia e la Paleontologia ci avevano condotti a riguardo della filogenesi, certo oggi la soluzione del problema della evoluzione organica ci appare assai più lontana di quel che non lo credessimo 60 anni fa.

Uno dei più brillanti campioni dei concetti evoluzionistici, Julian Huxley, nipote di Thomas Huxley, uno dei giganti che tentarono la scalata al Cielo innestando l'uno sull'altro alberi filogenetici, afferma che « ancora oggi la teoria del gene sta appena bussando alla porta della teoria evoluzionistica ».

L'immagine è pittoresca ed efficace. Può venir fatto però di pensare se non riuscirebbe più fedele scambiando le parti, rappresentando cioè la teoria evoluzionistica che bussa alle porte della teoria genetica. Perchè, in fondo, è questa che sta a casa sua, in un dominio legittimo di osservazioni positive e di fatti sperimentalmente accertati.

Tutto quel che ci ha rivelato la nuova scienza genetica nata colla riscoperta della legge di Mendel e sviluppatasi con tanto rigoglio, in un trentennio di lavoro straordinariamente intenso e fecondo, per ora ci mette più in grado di apprezzare l'ingenuità e la fragilità delle teorie classiche dell'evoluzione che di formularne nuove più soddisfacenti.

Sentite le parole che Bateson pronunciava dinanzi agli zoologi inglesi nel 1904, quattro anni dopo la riscoperta di Mendel: « Per la prima volta nella storia del pensiero evoluzionistico la scoperta di Mendel ci mette in grado di rappresentarci il processo che conduce alla variazione genetica. Non è che la segregazione di una nuova sorta di gameti che porta uno o più caratteri diversi da quelli del tipo. Possiamo finalmente risolvere un millenario problema filo-

sofico. All'antica domanda popolare possiamo finalmente rispondere che l'uovo di gallina è esistito prima della gallina ». Si sente in queste parole l'entusiasmo di colui che era sul punto di scoprire l'esistenza dei fattori unitari quando tornò alla luce la memoria dell'abate di Brünn; e che si fece banditore del verbo mendeliano, promuovendo l'estensione della legge ad ogni sorta di organismi e ogni sorta di caratteri organici, senza mai neanche lontanamente accennare ad una rivendicazione di scoperta indipendente.

Cinque anni dopo, con una visione più serena delle formidabili difficoltà che qualunque tentativo di spiegare il meccanismo dell'evoluzione inevitabilmente incontra e solleva, Bateson scrive: « Noi guardiamo sempre di sott'occhio il problema dell'evoluzione; noi sappiamo che i fatti che stiamo raccogliendo ci daranno elementi utili per la sua soluzione; ma per un certo tempo faremo meglio, forse, a indirizzare le nostre ricerche più specialmente verso i problemi immediati della fisiologia dello sviluppo, delle leggi dell'eredità, della natura delle variazioni, del significato del sesso e delle altre manifestazioni di dimorfismo, contentandoci di rimandare l'applicazione dei risultati ai problemi più generali come un compito meglio adatto ad uno stadio più maturo ».

Non mi pare eccessiva prudenza associarsi ancor oggi alle parole di Bateson.

* * *

Richiamiamo alla mente i concetti basali delle due classiche teorie dell'evoluzione, quella di Lamarck e quella di Darwin.

Il fatto che nel mondo dei viventi, animali e piante, si passa per una lunga graduale serie di complicazioni strutturali dalle forme più basse alle più elevate con tutti i termini di passaggio, dimostra, secondo Lamarck, che la Natura ha gradualmente completato, per un processo evolutivo lento e continuo, la sua organizzazione.

Fattore essenziale dell'evoluzione è l'adattamento all'ambiente. Le condizioni ambientali (clima, fattori geografici ecc.) variabili nel tempo e nello spazio esercitano la loro azione sulle piante direttamente modellandone la struttura, sugli animali per via indiretta sollecitando, col bisogno di nuove funzioni, la reazione di adattamento. Il bisogno crea l'organo; l'uso lo perfeziona: il disuso lo indebolisce e lo atrofizza; il cambiamento di abitudini e di bisogni

funzionali lo trasforma. Ogni variazione acquisita dall'organismo nel corso della sua vita individuale, per adattamento passivo o attivo all'ambiente, si trasmette ai discendenti sicchè, accumulandosi i risultati nel corso delle generazioni, gli adattamenti si perfezionano. Così con l'andare del tempo gli organismi si trasformano.

Un esempio : « L'uccello che il bisogno richiama sull'acqua per trovarvi la preda che gli occorre per vivere, divarica le dita dei piedi quando vuole battere l'acqua e muoversi alla sua superficie. La pelle che unisce queste dita alla loro base, in seguito a questi divaricamenti delle dita continuamente ripetuti, contrae l'abitudine di stendersi.

Così coll'andare del tempo si sono formate, quali noi le vediamo, le larghe membrane interdigitali delle anatre, delle oche ecc. ».

Geniale nel suo semplicismo, la teoria di Lamarck non solo rende conto della comparsa delle variazioni ereditarie come origine di nuovi tipi organici, ma spiega nello stesso tempo l'adattamento dell'organismo alle sue condizioni di vita. L'adattamento si confonde con la variazione stessa ; la variazione, risposta attiva ai bisogni, è direttamente adattativa. L'adattamento ci si manifesta come un fenomeno primario della evoluzione.

Il meccanismo evolutivo è concepito ben diversamente nella teoria di Darwin.

La distribuzione geografica delle forme viventi, quale si presenta ai suoi occhi di giovane naturalista nei cinque anni di viaggio attorno al mondo, desta nel nipote di Erasmo Darwin l'idea d'una evoluzione dei tipi faunistici. La successione geologica degli organismi, messa in rapporto alla dottrina di Lyell sulla formazione lenta e graduale degli strati nella crosta terrestre, gli fornisce le prove del processo evolutivo.

La considerazione delle relazioni sistematiche tra i vari gruppi di esseri vivi e del piano di organizzazione comune e delle singolari concordanze nello sviluppo embrionale, gli presenta ulteriori conferme dei fatti che emergono dalla distribuzione delle forme nel tempo e nello spazio.

Le sue conoscenze sulla formazione delle razze nelle specie domestiche gli dimostrano l'efficacia della selezione ; e la lettura dei saggi sociologici di Malthus gl'ispira l'idea che la selezione in natura sorga come risultato della lotta per l'esistenza cui la sovrappopolazione necessariamente conduce.

Giacchè in questa lotta sopravvivono i più adatti, cioè gli individui che presentano una variazione favorevole rispetto alle loro condizioni di vita; sopravvivono e trasmettono ai discendenti il carattere che andrà poi sempre accentuandosi nel corso delle generazioni.

Così sorgono nuove specie.

Darwin come Lamarck pone l'origine delle nuove forme nella variabilità naturale della specie. Ammette però che le variazioni avvengano a caso, in tutti i sensi, senza alcuna tendenza adattiva: è la selezione che, conservando le variazioni utili e sopprimendo le nocive, realizza, in un secondo tempo, l'adattamento degli organismi alle loro condizioni di vita.

Ambedue le teorie si presentano come un sistema geniale, coerente, nel quale, ammessi certi principi, rampollano logicamente le conseguenze e dànno l'impressione d'una spiegazione soddisfacente. Tante sono le obiezioni possibili, ma poichè si rimane nel campo teorico, non è difficile immaginare quel che è necessario per risolvere le difficoltà che si presentano. E' bastato invece saggiare al fuoco dell'esperimento genetico le premesse implicitamente ammesse, quasi come assiomatiche, nelle due teorie, perchè le illusioni cadessero e tutto l'edificio crollasse come un castello di carta.

Daremo uno sguardo, alla luce della nuova scienza genetica, a queste fondamenta smosse sulle quali inutilmente neolamarckisti e neodarwiniani hanno cercato di costruire nuove teorie più solide.

* * *

Consideriamo anzitutto il principio dell'eredità delle proprietà acquisite. Ammessa senza discussione da Lamarck fu accettata anche da Darwin quando considerò come sorgenti sussidiarie di variazione nella specie l'uso e il disuso degli organi. Col meccanismo della pangenesi egli spiegava la registrazione nelle cellule sessuali e dei caratteri acquisiti e delle variazioni causali.

Weismann fu il primo a impostare correttamente il problema, mettendo in evidenza le ragioni anatomiche e fisiologiche che rendono già a priori improbabile l'eredità delle proprietà acquisite.

Se il germe deriva direttamente dalla cellula uovo fecondata, isolandosi precocemente dal soma che rappresenta un germoglio

laterale rispetto alla continuità del plasma germinativo, non è concepibile che le modificazioni del soma possano trasmettersi al germe.

La vivace polemica che s'iniziò con Weismann (curioso che nel secolo v avanti Cristo una polemica tutta analoga si era svolta in India tra i medici Sucruta e Caraka) può dirsi oggi quasi definitivamente chiusa.

Anche se non escludono in modo assoluto la possibilità d'una eredità delle proprietà acquisite, oggi quasi tutti riconoscono che ne mancano affatto le prove.

Oggi l'analisi critica di tutto il materiale di esperimenti accumulato dai Lamarckisti non ci rivela di positivo che casi nei quali la condizione estrinseca esercita la sua influenza diretta sulle cellule germinali: sono mutazioni provocate, non specifiche e neppure nuove, che non hanno niente a che fare con le variazioni Lamarckiane di adattamento all'ambiente: variazioni somatiche che diverrebbero a poco a poco ereditarie.

* * *

Passiamo a considerare il problema della eredità delle variazioni continue.

Darwin non si era gran che preoccupato di stabilire l'origine delle variazioni che la specie presenta e che dando presa al meccanismo della selezione naturale divengono l'origine di nuove forme. Tuttavia egli tendeva ad attribuire le variazioni alle condizioni ambientali l'effetto delle quali distingueva in definito, quello che si esprime in tutti i discendenti degli individui, per molto tempo esposti alle stesse condizioni, in una data modificazione; e indefinito quello che dà luogo alle innumerevoli piccole differenze individuali che si riscontrano tra gli individui della stessa specie e persino tra la prole dei medesimi genitori. Alle variazioni brusche, gli *sports*, egli finì col negare l'importanza che in un primo tempo gli aveva attribuito.

Sono essenzialmente le piccole variazioni indefinite che secondo Darwin forniscono elementi all'accumulo per selezione naturale.

Gli studi statistici di Galton, il cugino di Darwin, sembrarono fornire la dimostrazione matematica degli effetti della selezione.

Galton seguendo l'indirizzo biometrico instaurato da Quetelet, cercava di determinare, nel modo più preciso possibile, il valore

quantitativo della variazione in due generazioni successive e, paragonandoli tra loro, dedurre in che direzione l'evoluzione si svolgesse e con quale velocità. Così, studiando le variazioni della statura in popolazioni umane, vide che la variazione è in certa misura ereditaria, giacchè in media i figli dei genitori più bassi sono più bassi dei figli dei genitori più alti; ma solo in una certa misura, perchè v'è tendenza nei figli a ritornare al tipo medio della popolazione. Il valore della regressione è di $1/3$, cioè la deviazione dei genitori dalla media del carattere si conserva solo per $2/3$ nei figli.

S'intende che se i principi espressi da Galton fossero esatti, la selezione, partendo ad ogni generazione da un punto più avanzato perchè la regressione verso la media è soltanto parziale, avrebbe veramente quel valore illimitato, quella onnipotenza della quale Darwin fece il cardine della sua teoria.

Ma le classiche ricerche di Johannsen dimostrarono che le conclusioni di Galton, se sono statisticamente esatte, sono però biologicamente false; e questo perchè basate sullo studio di un materiale eterogeneo.

Da una popolazione di fagioli Johannsen isolò la discendenza di ciascun individuo riproducentesi per auto-fecondazione; in ciascuna linea pura studiò la trasmissione ereditaria delle variazioni e vide che la legge di Galton non si verificava. La regressione era totale: in ciascuna linea pura dai fagioli più grandi come dai più piccoli veniva una prole oscillante attorno ad uno stesso valore medio caratteristico della linea. Dunque in una linea pura la selezione non può dare alcun risultato. Applicata ad una popolazione sì, perchè isola a poco a poco quelle linee pure che presentano i valori estremi nel senso desiderato. Ma una volta isolate le linee pure la selezione diviene inefficace, perchè è indifferente prendere come riproduttori gli individui delle classi estreme o delle medie; la discendenza presenta sempre la stessa curva di variabilità.

Questa variabilità inerente al genotipo, oscillante attorno ad un valore medio fisso, è l'espressione della influenza fluttuante dei fattori estrinseci, ambientali sui processi dello sviluppo. Accavallandosi le curve dei vari genotipi, ne risulta una curva di variabilità della popolazione apparentemente continua.

Il concetto delle linee pure sembra ormai definitivamente confermato e generalizzato per le piante ed esteso anche al campo animale.

Sicchè, riassumendo: quando si sottopone a rigorosa analisi biometrica e al controllo sperimentale della selezione, quella variabilità della specie che si presenta in natura con tutte le apparenze di un fenomeno perfettamente continuo, come secondo la teoria Darwiniana, si scopre dietro il fluttuare dei fenotipi la discontinuità stabile delle costituzioni genetiche. I risultati che la selezione praticata in massa, sulle popolazioni, permette di raggiungere dipendono dal fatto che vengono ad isolarsi a poco a poco quelle linee pure che presentano gli estremi valori nel senso in cui si opera la selezione.

Lo stesso risultato viene raggiunto, ma molto più rapidamente e sicuramente, dalla selezione individuale che tenendo separate le discendenze dei vari individui, praticando l'autogamia o l'endogamia (consanguineità), ben presto isola le forme omozigote. E' quasi superfluo insistere sull'importanza enorme, dal punto di vista pratico, di questi concetti l'applicazione dei quali ha portato inestimabili vantaggi soprattutto nel campo fitotecnico. Ma in una linea pura la selezione non ha più risultato; la forma è omozigote e non presenta che una variazione fluttuante, in dipendenza dei fattori ambientali, attorno a un valore medio costante.

Anche dunque a voler considerare la selezione naturale altrettanto efficace che la selezione artificiale, operata dall'uomo sulle piante e sugli animali domestici; anche a non considerare l'intima contraddizione che c'è tra il carattere spietato attribuito alla selezione naturale e il grado estremamente debole di vantaggio o meno che può derivare all'individuo, nella lotta per l'esistenza, da una minuscola variazione di un carattere; risulta ben chiaro che dalla selezione non può sorgere niente di nuovo.

Così il controllo dell'esperienza scuote nelle sue stesse fondamenta la teoria Darwiniana.

* * *

Riconosciuto che le variazioni dovute all'ambiente sono puramente individuali e non trasmissibili, che le modificazioni fenotipiche non possono influire sul genotipo, troveremmo difficile immaginarci un altro meccanismo di evoluzione se la Genetica stessa non ci offrisse una nuova base con il concetto delle mutazioni.

Darwin sapeva bene che in parecchi casi l'origine delle nostre razze domestiche è da riportare a variazioni brusche e spiccate; ma

non credette di poter accordare importanza a questi *sports*, per l'origine della specie, tanto profonda era la sua convinzione che l'evoluzione non si sia potuta svolgere se non con progressione lenta e continua. Galton invece attribuiva valore evolutivo anche alle variazioni discontinue; e più tardi De Vries le considerava come fattore fondamentale dell'evoluzione con la sua teoria delle mutazioni che si è dimostrata più solida della base sperimentale su cui poggiava: la variabilità della *Oenothera*.

Oggi sappiamo che le mutazioni, nel senso di brusche variazioni ereditarie che rappresentano dei cambiamenti discontinui del patrimonio fattoriale, sono un fenomeno frequente, nel mondo animale come nel vegetale.

Basta pensare al moscerino delle frutta, la *Drosophila* della quale Morgan e la sua scuola hanno isolato parecchie centinaia di mutanti. E questo non è un caso particolare: qualunque specie allevata in condizioni sperimentali rivela mutazioni con frequenza varia in proporzione all'estensione degli allevamenti e alla attenzione con la quale vengono seguiti. Pare che la frequenza delle mutazioni vari anche fortemente da specie a specie; ma in ogni caso sarebbe sempre abbastanza alta da polverizzare la specie stessa se l'enorme maggioranza delle mutazioni non scomparissero appena prodotte.

Le mutazioni possono prodursi a qualunque stadio della vita dell'organismo. Non solo nelle cellule germinali e persino nei gameti, ma anche nelle cellule somatiche o durante lo sviluppo embrionale.

Si producono indipendentemente dalle condizioni ambientali. E' vero che l'azione di agenti estrinseci, come le radiazioni penetranti, può utilizzarsi a provocare mutazioni; ma questi agenti non fanno che favorire la comparsa frequente delle stesse mutazioni che possono prodursi spontaneamente. La natura delle variazioni dipende, dunque, dall'intima costituzione del patrimonio ereditario.

Di più: la mutazione appare sempre allo stato eterozigote, per cambiamento di uno solo dei due geni identici che la cellula contiene. Dunque non si può dire neanche, pare, che trovi il suo principio causale nelle condizioni del citoplasma, ma nel gene stesso. Il gene ha in sè come il principio della propria continuità così anche la causa della propria variabilità. Se, tanto per farci un'idea provvisoria del gene, lo consideriamo come un auto-catalizzatore, la sua mutazione ci appare come un accidente casuale (cioè a determinismo troppo complicato perchè sia possibile analizzarlo) che modifica la

sua costituzione determinando, poniamo, una variazione d'ordine molecolare che, cangiando il sistema di reazioni, porta ad una nuova autosintesi e, col versamento nel citoplasma di prodotti differenti, le condizioni di un nuovo funzionamento cellulare (Guyenot).

Si direbbe che stavolta la teoria dell'evoluzione sia impiantata su di una base solida, sperimentale: le leggi della Genetica.

I risultati di un trentennio di studi genetici ci mettono in grado di rappresentarci in modo abbastanza concreto il meccanismo, o qualche elemento del meccanismo per il quale i gruppi specifici possono conservarsi, variare, dissociarsi o combinarsi, e, sino ad un certo punto, evolversi. Il complesso di caratteristiche strutturali comuni che uniscono in un gruppo naturale a confini più o meno evidenti, gl'individui di una specie, differenziandoli da quelli di altri gruppi, è legato ad una comune base genetica rappresentata da un complesso cromosomico specifico: un dato numero di cromosomi ciascuno dei quali porta, in ordine determinato, un certo gruppo di fattori associati. La variabilità degli individui in seno al gruppo dipende da variazioni del patrimonio genetico, variazioni insorte bruscamente (mutazioni) in un gene, in parecchi e talvolta in tutto un gruppo di geni. Ma i vari genotipi si reincrociano continuamente fra loro e ne risulta una apparenza di variabilità continua insieme a relativa stabilità della specie. La selezione artificiale può isolare dalla popolazione le linee pure, le forme omozigote; così può decomporsi una specie in una infinità di genotipi.

Qualche cosa di simile può avvenire anche in natura: l'esistenza di gruppi subspecifici, spesso collegati tra loro da forme intermedie, di solito occupanti differenti aree geografiche (ecotipi) rappresenta l'effetto combinato della variabilità genetica, delle influenze ambientali, dell'isolamento e della selezione.

La stabilità della specie dipende dalla perfetta fecondità dei vari genotipi fra loro. Questa è in relazione al fatto che la mutazione di uno o parecchi, anche molti, geni non turba la costituzione del corredo cromosomico, ognuno degli elementi del quale si mantiene omologo al corrispondente elemento della forma originaria; onde fenomeni di maturazione dei gameti perfettamente normali nei prodotti d'incrocio. Ma per accumulo di mutazioni successivamente intervenute un individuo può differenziarsi così spiccatamente dal gruppo da divenire capo stipite, potenziale, di un nuovo tipo specifico. Se, dopo che il nuovo tipo si è discretamente diffuso, ulteriori

mutazioni intervengono, può arrivare il momento che il corredo cromosomico di questa forma sia eterologo, onde l'incrociarsi colle altre forme del gruppo riesca poco fecondo o addirittura sterile.

Abbiamo ragione per ritenere che bastino, senza arrivare ad alterazioni del numero di cromosomi, modificazioni della distribuzione dei geni entro i cromosomi e traslocazioni di segmenti cromatici, oltrechè s'intende, mutazioni multiple di singoli geni, perchè il corredo cromosomico di una forma diventi eterologo e, coi disturbi dei fenomeni di maturazione conseguenti al mancato abbinamento dei cromosomi, l'ibrido diventi sterile e la forma sia così fisiologicamente isolata.

Una volta isolata la forma può differenziarsi sempre più per mutazioni successive geniche o cromosomiche: inattivazione o perdita di qualche segmento cromosomico, aumento o riduzione della grandezza dei cromosomi, frammentazione ecc. Queste ipotetiche trasformazioni dovrebbero avvenire molto gradualmente, dato che una brusca e forte alterazione nell'equilibrio cromosomico ha effetto deleterio sull'organismo, secondo i risultati sperimentali. Grande influenza possono anche avere avuto, nel mondo vegetale, le moltiplicazioni di serie di cromosomi, onde forme poliploidi.

Insomma, le ricerche genetiche e citologiche ci permettono oggi di analizzare la variabilità della specie e di farci un'idea dell'andamento e sino ad un certo punto, del meccanismo, per mutazione e per incrocio, della evoluzione filogenetica di un gruppo determinato di specie. Ma più in là non è possibile andare. Già entro questi limiti noi trascendiamo molto considerevolmente il risultato delle nostre esperienze. Noi non abbiamo mai visto sorgere per mutazione delle specie distinte. Molti dei mutanti delle *Drosophile* di Morgan, per esempio quella ad ali rudimentali, differiscono dalla forma normale assai più spiccatamente di quanto non differiscano tra loro le varie specie naturali di *Drosophile*; eppure le affinità individuali che determinano il ravvicinamento sessuale sono conservate e la fecondità dell'incrocio tra i mutanti e lo stipite è perfetta, mentre non è possibile l'incrocio o non dà risultati tra le specie naturali appena distinguibili l'una dall'altra. Se sia il fattore « tempo » che ci impedisce di riunire nella serie delle nostre osservazioni sperimentali i due supposti stadi di differenziazione specifica, la variazione morfologica e l'isolamento fisiologico, è dubbio.

D'altra parte bisogna tenere presente che le mutazioni ci si presentano generalmente come modificazioni di geni già esistenti, anzi come degradazioni o perdite di essi geni. E' nota la teoria di Bateson, della presenza-assenza. Bateson considerava il carattere dominante come dovuto alla presenza di qualche cosa che è assente dal corrispondente recessivo. E siccome le mutazioni che egli conosceva erano quasi tutte recessive, egli le spiegava con la perdita di un gene. Applicando questo concetto alla evoluzione dovremmo pensare che essa si sia effettuata per una continua riduzione del corredo originario di geni. Purtroppo non abbiamo elementi sufficienti per pronunciarsi definitivamente sulla teoria della presenza-assenza e quindi in certo modo sulla natura e sul valore evolutivo della mutazione. Certo, se non altro, l'esistenza di allelomorfi multipli che rappresentano tutti una mutazione dello stesso *locus* cromosomico ci induce ad ammettere che la mutazione consista in una trasformazione del gene, piuttosto che in una perdita di esso. Ma non è possibile scartare l'idea di una degradazione quantitativa del gene stesso. Che anzi questa ultima ipotesi ci appare piuttosto probabile se, invece di figurarci il gene come un definitivo tipo di sostanza chimica, ce lo rappresentiamo come una definita quantità di un qualche cosa legato, come un catalizzatore, a tutta una catena di reazioni, con una velocità proporzionale alla sua quantità. E' l'idea di Goldschmidt.

Ma anche ammesso che le mutazioni non si riducano a perdite e neanche a degradazione di geni, resta sempre il gran punto oscuro: geni nuovi ne sorgono? Su tale questione fondamentale per l'apprezzamento del valore evolutivo attribuibile alle mutazioni, l'analisi genetica compiuta in questi 30 anni non ci permette ancora di dire un bel nulla. « Quel che sappiamo — dice Morgan — non dà fondamento veruno alla idea che nuovi geni possono sorgere indipendentemente dai vecchi. Però sarebbe estremamente difficile se non impossibile dimostrare che essi non sorgono. Agli antichi non sembrava incredibile che vermi e anguille nascessero dal fango dei fiumi e che ogni sorta d'insetti si formasse dalla polvere negli angoli oscuri. All'origine della vita batterica da sostanze in putrefazione ci si credeva ora è appena una generazione e riuscì estremamente difficile dar la prova che niente di simile avviene.

Può riuscire ugualmente difficile provare in modo convincente, ad uno che insista a credere il contrario, che i geni sorgano indipendentemente da altri geni ».

Del resto, sorgano o non sorgano nuovi geni, caratteri nuovi la mutazione ce li offre e possiamo considerarli materia prima per l'evoluzione. Ma le mutazioni appaiono a caso, in tutti i sensi, senza direzione, senza rapporto alcuno con le condizioni di vita.

Per spiegare come da queste variazioni disordinate possano sorgere non aggregati qualsiasi ma forme organizzate, sempre più complesse, armoniche in sè ed adattate all'ambiente, è d'uopo supporre un principio direttivo. Ora, a questo riguardo ci troviamo, come Darwin e come, ben prima di lui, gli antichi filosofi greci, a dover fare appello alla selezione, alla soppressione degli organismi che l'evoluzione ha cacciato in una falsa direzione.

Aristotile, dopo aver osservato che la pioggia non cade per far crescere il grano, come non cade per guastarlo quando venga trebbiato a cielo scoperto, applica lo stesso ragionamento agli organismi e soggiunge: « Che cosa impedisce che anche le parti del corpo in natura si comportino a caso nella stessa guisa, che per esempio i denti crescano per necessità come sono, e cioè gli anteriori taglienti ed atti a fendere, al contrario i molari larghi e atti a triturare il nutrimento, poichè non diventano tali a siffatto scopo, ma questo si raggiunge in modo accidentale? Altrettanto avviene nelle altre parti nelle quali sembra sussistere un adattamento allo scopo. Ora, le cose nelle quali ogni singola parte si forma come se fosse stata fatta per uno scopo speciale, mentre si sono costituite spontaneamente in modo adatto, si conservano; e quelle invece perirono e periscono in cui la stessa cosa non successe ».

Citando nella prefazione storica alla *Origine delle specie* questo passo di Aristotile, Darwin commenta: « Troviamo qui un oscuro cenno al principio della selezione naturale; ma quanto Aristotile fosse lontano dal comprenderlo pienamente ce lo insegnano i suoi asserti sulla formazione dei denti ». A dir la verità, parecchio del semplicismo ingenuo che traluce in questo ragionamento dello Stagirita si ritrova, assai meno grossolanamente espresso, ma sostanzialmente analogo, in fondo ad ogni tentativo di spiegazione che la teoria della selezione naturale dà dei fenomeni di adattamento.

Basti pensare ai numerosissimi organi nei quali « la funzione, cioè la finalità, non si concepisce che quando essi hanno raggiunto la perfezione, come una macchina umana deve essere completamente rifinita prima di poter servire allo scopo per il quale la si costruisce ». Come potrebbero dar presa alla selezione gli stadi iniziali nella

formazione di tali organi? « A che servirebbe un organo elettrico di Torpedine che non dia scosse sufficienti per stordire la preda, una ventosa che non aderisca, un bottone a pressione che non si chiuda bene, ghiandole mammarie che diano solo qualche goccia di latte? ». « Niente o quasi » conclude Cuénot, « resta dei tentativi fatti per spiegare con le cause efficienti naturali la finalità organica. Manca qualche cosa alle nostre concezioni dell'evoluzione e dei suoi fattori... Un fattore nuovo, interno od esterno all'organismo, regolatore delle variazioni e capace di dirigerle verso un fine ».

Dirigerle verso un fine : questo è il punto essenziale. Bisognerebbe chiudere gli occhi per non vedere la finalità nei fenomeni della vita. Essa è tanto evidente che conferisce all'ordine del mondo organico l'aspetto caratteristico di un « Superordine ». « L'essere vivo » concludeva Battista Grassi « è caratterizzato dallo psichico sovrapposto al fisico, cioè da una inesplicabile, complicatissima costante qual'è necessariamente la formazione di ciò che è adatto agli scopi. Contrariamente a quel che altri asseriva questa distinzione di fisico e di psichico per quanto difettosa non è una vaga e chimerica sottigliezza dei puri metafisici, nè ci taglia i nervi per l'osservazione sincera e libera, nè guasta le conclusioni sperimentali ; al contrario serve mirabilmente a sceverare il vero dal falso sapere ».

Anche Guyénot, che pure è ben deciso a farla finita con ogni finalismo e che trova grandioso lo sforzo della teoria mutazionista « la più meccanista tra le teorie dell'evoluzione, per far sorgere, col solo giuoco delle forze naturali, da una somma di accidenti fortuiti, questo mondo organizzato che eravamo abituati a considerare come il risultato di una finalità immanente », anche Guyénot dubita se sia veramente possibile far nascere tutto dal caso, e spiegare con una serie di casi fortunati la formazione di un occhio funzionale e di un cervello con tutte le sue innumerevoli connessioni.

* * *

Tutto sommato, le difficoltà di spiegare l'evoluzione degli organismi semplicemente con cause estrinseche risultano addirittura insormontabili e spingono necessariamente a riconoscere l'esistenza di cause interne.

Già Lamarck ammetteva una causa che tende senza posa a comporre l'organizzazione e vedeva in questa tendenza il prodotto di una

legge costante della natura che agisce sempre con uniformità. La direzione ascendente della evoluzione sarebbe dovuta a questa tendenza interna mentre le ramificazioni dell'albero filogenetico sarebbero determinate dalla varietà dei mezzi ambientali. Ma una vera teoria delle cause interne, secondo la quale le specie hanno tendenza ad evolversi come l'uovo ha tendenza a svilupparsi nell'individuo adulto, fu formulata dal Naëgeli; e da questa è partito il nostro Daniele Rosa per la costruzione della sua ologenesi.

Rosa ammette che, indipendentemente dalla variazione di fattori estrinseci, la sostanza germinale, l'idioplasma, presenti, per una lenta reazione reciproca fra le sue parti costituenti, una serie filogenetica di trasformazioni progressive. L'idioplasma di una data specie, dopo un più o meno lungo periodo filogenetico di evoluzione nel corso del quale la costituzione chimica delle sue particelle costituenti (determinanti) si sarebbe progressivamente modificata, arriverebbe ad una costituzione tale che la forza a sdoppiarsi (d'un colpo o per gradi, cioè per divisione simultanea o successiva dei suoi determinanti) in due idioplasmi specificamente diversi, conducendo così alla formazione di due specie. In virtù di queste divisioni differenziali che si producono nelle cellule germinali si ramifica, per successive dicotomie, l'albero filogenetico. Ne consegue che l'evoluzione è necessariamente progressiva, che ha una prospettiva determinata indipendentemente dalla varietà dei fattori esteriori e che questa prospettiva a ciascuna biforcazione delle linee filetiche si restringe sempre più, sinchè si arriva alla fissità per costituzione ormai stabile dell'idioplasma.

Al momento stesso in cui una specie si scinde sono già determinati i caratteri che saranno comuni a tutto il *phylum* o complesso di forme cui ciascuna delle specie figlie darà origine. Ma sono determinati in potenza e solo a lunga scadenza essi si manifesteranno come caratteri visibili nel soma. Gli sdoppiamenti filetici, susseguendosi secondo un ritmo progressivamente rallentato, non avrebbero interessato che un periodo per così dire embrionale della evoluzione filogenetica, dopo i quali l'evoluzione non avrebbe proceduto che lungo linee non ramificate.

Il filomero terminale (la serie di forme che segue l'ultimo sdoppiamento filetico) è il solo che sia parzialmente accessibile alla nostra osservazione, costituito da una serie lineare di forme sempre più elevate. Questa batisinfilia, o sistema di connessioni profonde,

necessariamente legata all'ologenesi, conduce dunque ad un polifiletismo apparente nel quale le linee dell'evoluzione ci sembrano indipendenti. Ma ci conduce a questo polifiletismo attraverso un monofiletismo reale ma nascosto; accordando così le constatazioni dei paleontologi (lunghe serie di evoluzione rettilinea senza vere forme di passaggio) con quella ramificazione endogena che, fornendo materiale sovrabbondante alla selezione, spiega l'adattamento all'ambiente.

Per spiegare l'adattamento generico degli organismi, cioè l'armonia intima fra le loro strutture e le loro funzioni, Rosa ammette che l'aumento della varietà dei determinanti nell'idioplasma segua una legge di divisione del lavoro fisiologico secondo la quale i nuovi determinanti sono fisiologicamente complementari e si ripartiscono fra loro le proprietà del determinante da cui sono usciti. L'armonia che così si stabilisce automaticamente fra i determinanti non cessa quando una specie si sdoppia perchè i determinanti complementari fra loro sono rappresentati in ciascuna delle due specie; sicchè, ciascun determinante che si trova in una specie non differisce dal suo omologo (cioè da quello che lo rappresenta nella specie sorella), che per un differente grado di potenzialità filogenetica, per la differente capacità che ha di suddividersi nel corso ulteriore della filogenesi, in nuovi determinanti sempre più specializzati.

Essendo la direzione nella quale l'evoluzione si compie indipendente dalla varietà dei fattori esteriori, tutti gli individui di una specie contemporaneamente si evolvono; e anche nelle biforcazioni filetiche l'evoluzione rimane ologenetica, cioè globale, perchè le medesime specie figlie debbono formarsi su tutta l'area abitata a quel momento dalla specie madre. Se questa area non era già discontinua, può benissimo risultare discontinua l'area delle specie figlie che, mentre si conservano nell'ambiente favorevole, vengono sopresse, dove mancano le condizioni adatte, dalla selezione naturale. Ne deriva che forme identiche o affini che si trovino in luoghi isolati e lontani possono esservi autoctone; e la loro presenza resta spiegata senza dover sempre ricorrere alla teoria dell'emigrazione coi suoi ponti continentali e sprofondamenti.

Così l'ologenesi arriva ad una interpretazione dei fenomeni generali della biogeografia originale e diametralmente opposta a quella che ne dà la teoria monogenetica secondo la quale ciascun gruppo appare con un piccolo numero di individui su di uno spazio assai

limitato donde la specie si è sparsa, per migrazioni attive e passive, su tutta la sua area attuale di distribuzione.

Purtroppo non posso fermarmi a mettere in luce le originali interpretazioni che i principii della ologenesi dànno dei fatti più svariati nei campi della paleontologia e della tassonomia.

Certo la teoria del Rosa ci offre una rappresentazione geniale del modo col quale può concepirsi una evoluzione filogenetica determinata non da cause contingenti ma da una necessità intrinseca proprio come per l'evoluzione individuale.

Non è possibile, checchè ne dicano i meccanisti ad oltranza, negare l'esistenza di queste necessità intrinseche o cause interne dell'evoluzione. I documenti paleontologici ci rivelano una evoluzione continua, che segue direzioni determinate (serie ortogenetiche); testimoniano che le trasformazioni evolutive si sono prodotte per ciascun gruppo ad una determinata epoca, nella maggior parte dei casi estremamente remota. Ciascun gruppo ha avuto la sua fase di differenziazione più o meno estesa dopo la quale si è fissato nelle forme acquisite. Mi par che ci si debba domandare con il Caullery se alla fase attuale della storia della terra l'evoluzione non si sia interamente compiuta e se gli organismi di cui la stabilità e la fissità ci vengono messi in piena evidenza dalla genetica, non abbiano perduto l'attitudine misteriosa a trasformarsi per lo meno in grado considerevole. Caullery tende a credere che allora, nelle epoche lontane nelle quali la paleontologia ci mostra l'evoluzione organica in atto, il fenotipo influisse sul genotipo sicchè l'ambiente contribuisse a trasformare gli organismi; l'evoluzione dei quali del resto avveniva, egli aggiunge, per larga parte indipendentemente dal mezzo ambiente, conformemente alle correlazioni risultanti dalla loro struttura intrinseca. Anche nella sua ipotesi dunque le cause interne non sono escluse, come non lo erano del resto nella teoria di Lamarck. Ma naturalmente il concetto che le proprietà attuali degli organismi non possono darci ragione dell'evoluzione storica, quale i documenti paleontologici sembrano rivelarcela, se costituisce un ripiego per le teorie che pongono nelle cause esterne i fattori fondamentali della evoluzione, rappresenta invece una conseguenza ineluttabile e logica di teorie come l'ologenesi.

A voler cercare di raccordare la teoria del Rosa ai risultati recenti della genetica, si potrebbe ammettere che le mutazioni attuali delle specie, le variazioni ereditarie che vediamo succedersi sotto i

nostri occhi, rappresentino l'ultimo residuo della capacità evolutiva insita nella sostanza vivente e in virtù della quale nel corso dei tempi la costituzione della sostanza germinale, l'idioplasma, si è andata sempre più complicando pur specializzando nelle diverse ramificazioni filetiche la direzione nella quale procede questa più grande complicazione.

Il degradare delle capacità evolutive, correlato alla riduzione progressiva della prospettiva filogenetica, avrebbe man mano nel corso della filogenesi rallentato il ritmo del processo di complicazione dell'idioplasma, distanziando le scissioni specifiche e forse più ancora dissociandole: nel senso che, mentre alla base dell'albero avvenivano tipiche dicotomie per bipartizione completa della prospettiva filogenetica, poi ad ogni nuova biforcazione la scissione dei determinanti prendeva luogo a gruppi successivi sempre meno numerosi; finchè negli ultimi rami si è giunti alla polverizzazione del processo con la scissione eterocronica, indipendente dei singoli determinanti.

Stadio ulteriore sarebbe quello attuale (della enorme maggioranza delle specie viventi), nel quale le particelle dell'idioplasma, i geni, esaurita ormai la loro capacità evolutiva, non riescono più a sdoppiarsi in geni nuovi, ma oscillano attorno ad una costituzione ormai stabile: dando origine a variazioni ereditarie, le mutazioni che si potrebbero anche considerare, forse, come fluttuazioni genotipiche destituite di valore evolutivo tanto quanto le fluttuazioni fenotipiche indotte dalle cause ambientali.

Questa interpretazione da me appena appena abbozzata non ha la menoma pretesa: ci indica soltanto che una teoria come quella della ologenesi può armonizzarsi anche con le conclusioni sperimentali della scienza genetica.

All'ordine di idee rappresentato dalla teoria del Rosa porta un contributo importante l'Enriques, mettendo in evidenza la legge della indipendenza delle variazioni: che è l'applicazione alle variazioni della legge di Mendel sulla indipendenza dei caratteri. Secondo la legge di Mendel le varie coppie di caratteri allelomorfi si trasmettono indipendentemente. Ora, come i geni sono indipendenti, così anche le loro variazioni; onde si produce quell'intreccio di affinità nei gruppi sistematici piccoli e grandi, che la zoologia e la botanica dimostrano. Nei piccoli gruppi questo intreccio di caratteri potrebbe anche spiegarsi come risultato di processi d'incrocio tra mutanti

mendeliani poi differenziatisi in specie distinte; ma nei grandi gruppi, (come nei mammiferi, placentali e marsupiali) non può interpretarsi che quale espressione di una evoluzione parallela di carattere ortogenetico.

« La teoria della ortogenesi » nota l'Enriques « è stata accusata da alcuni vivacemente come quella dottrina molto comoda che toglie le difficoltà di spiegazione della evoluzione attribuendo questa ad una meravigliosa forza interna.

Tale accusa è ridicola: non si tratta infatti di fare uno sport esplicativo, nel quale debba guadagnare la palma colui che supera più complicate difficoltà. Si tratta di avvicinarsi alla verità per quanto è possibile e se in questo avvicinamento ci troviamo di fronte a forze interne evolutive, queste ammetteremo pur senza conoscerne l'intima natura. Ma non conosciamo neppure l'intima natura di qualunque altro oggetto, fenomeno o legge limitandosi sempre la nostra conoscenza a riferire un fatto ad altri fatti più elementari o precedenti ».

Signori, certo non vi attendete ch'io vi distilli delle conclusioni ben definite e cerchi di presentarvele cristallizzate in una formula. Problemi generali come quelli dell'eredità e dell'evoluzione il progresso scientifico li presenta sotto nuovi aspetti, li imposta su basi sempre più solide, ma non li risolve mai completamente.

Sarebbe risolto con essi il mistero della vita.

Permettetemi piuttosto che io vi legga le considerazioni che il problema dell'evoluzione mi ispirava sedici anni or sono, qui in questa vostra, in questa nostra bella Città, alla Scuola Militare, quando tra una lezione di Tattica ed una di Logistica riposavo la mente nella meditazione e comprendevo meglio il valore della vita e mi sentivo più preparato ad una dedizione serena, volenterosa e cosciente.

Scrivevo allora nel mio taccuino:

« Ad ogni adattamento biologico corrisponde una disposizione funzionale condizionata da una particolare struttura istologica.

Ora, che cosa preesiste, l'adattamento biologico o la base istofisiologica? è l'adattamento biologico che induce una nuova disposizione funzionale che acquista poi la sua espressione morfologica, determinando una nuova struttura? Ovvero è una particolare strut-

tura istologica che, permettendo certe modalità funzionali, favorisce lo stabilirsi di un dato adattamento biologico?

E' l'eterna questione della funzione e la forma. Che cosa preesiste, la funzione o la forma? Problema altrettanto filosofico quanto quello del dovere e potere: devi, dunque puoi; puoi, dunque devi.

Preesiste la funzione ed è essa che sollecita la forma? E' il bisogno che crea l'organo; è l'essere vivo e perciò senziente che si adatta all'ambiente. Preesiste la forma ed è essa che suscita la funzione? E' la variazione naturale che privilegia l'individuo nella lotta per l'esistenza e gli assicura il posto nella selezione.

Lamarck e Darwin nel campo biologico ripeterono una controversia dibattuta già tra Fichte ed Hegel nel campo morale. Come si rilevi alla mente prima l'idea del dovere o quella della libertà, esse ambedue innate coesistono nell'anima umana; così, si manifesti nell'evoluzione prima la funzione o la forma, esse ambedue insite coesistono nella sostanza vivente.

Per conto mio, propenderei più verso le idee di Lamarck che verso quelle di Darwin. Non ch'io creda che gli stimoli ambientali possano avere quel valore creativo che nego alle variazioni fluttuanti. Non cause li considero, ma mezzi. Come mezzi, come agenti liberatori gli stimoli esterni agiscono e sviluppano dall'essere vivo col bisogno delle nuove funzioni le nuove forme: il bisogno crea l'organo e questo funzionando si perfeziona. Sotto questo punto di vista la funzione preesiste alla forma. Ma se gli stimoli ambientali sono mezzi, non cause, agenti liberatori non creatori, non è men vero che la forma preesiste alla funzione: lo stesso carattere ortogenetico dell'evoluzione biologica mostra che le cause interne sono le vere cause.

Forma e funzione si rincorrono sulla strada dell'evoluzione organica e noi che le guardiamo da lontano non riusciamo a distinguere quale delle due vada avanti; e neanche siamo sicuri se veramente una delle due vada avanti o non corrano proprio affiancate. Forse a poterle seguir da vicino ci accorgeremmo che una delle due spesso rallenta e si ferma restando indietro all'altra che prosegue con passo uniforme; ma poi spiccando la corsa rimette in pari e raggiunge la compagna ».