

Mariagrazia Portera, Mauro Mandrioli
Chi sono io? Forme dell'individuo
tra filosofia e biologia

Non c'è nessun individuo. Quello di "individuo" è solo un nome convenzionale che diamo a un insieme di elementi (...).

Derek Parfit, *Ragioni e persone* (1984)

Il termine "individuo" deriva dall'aggettivo latino *individuus*, composto di *in-*, "non", e di *dividuus* (dal verbo *dividere*), "che può essere separato, diviso". Se ontologicamente il principio d'impossibile separazione è abbastanza pacifico, almeno nel caso in cui si tratti di un individuo vivente, sul versante logico-conoscitivo la questione è problematica: la distinzione di un'entità individua in parti è un limite anche per il pensiero? Sulle forme dell'individuo la filosofia occidentale si è esercitata a lungo, finendo per lo più col rigettare proprio quella supposta *integritas* e monoliticità "atomica" che il nome stesso di individuo esigerebbe.

I risultati recenti di alcune ricerche in biologia evolutivista mettono a fuoco il concetto di "individuo" sotto nuove angolature. Ci riferiamo in particolare alle acquisizioni di quel settore della biologia evolutivista che lavora attorno al problema delle interazioni simbiotiche,¹ cioè dei rapporti tra ospite e simbionte (ad esempio, le colonie di batteri che ospitiamo nel nostro tratto intestinale). Sembrerebbe che, restando alle indicazioni dei biologi, per l'individuo valga quanto Leibniz affermava per ogni porzione di materia: essa «può essere concepita come un giardino pieno di piante, o come uno stagno pieno di pesci. Ma ciascun ramo delle piante, ciascun

membro dell'animale, ciascuna goccia dei loro umori è a sua volta un tale giardino o un tale stagno». ² Così ciascuno di noi, in quanto individuo, cioè organismo animale che non può essere suddiviso senza perdere i propri caratteri specifici e che è caratterizzato da un proprio genoma, è il “giardino” entro cui i genomi di molteplici simbiotici interagiscono tra loro e con l'ospite, costituendo quel che si definisce un “olobioma”.

Accogliere questo punto di vista in biologia fa emergere questioni teoriche di non secondaria importanza: qual è l'esatto confine tra individuo ospite e simbiotici, tanto più che i simbiotici riescono ad agire – in base a quanto sappiamo dalla teoria dell'olobionte – sull'espressione del genoma dell'ospite e a “guidarne” l'evoluzione? Se è vero che ciascuno di noi è un individuo, dotato di una sua specifica determinatezza e autonomia, è pur vero che anche gli organismi che ospitiamo possiedono un loro genoma e dunque, in questo senso, risultano essi stessi entità individuali: qual è il tutto e quali le parti, in un contesto simile? Siamo *un* individuo o la somma di *più* individui diversi tra loro? Inoltre, i vari simbiotici presenti all'interno dell'organismo ospite variano costantemente in qualità e quantità, con effetti spesso fenotipicamente evidenti. L'olobionte che ne risulta è perciò un'entità dinamica, sempre impegnata nella ridefinizione dell'equilibrio vantaggioso tra le varie componenti in gioco: che cosa ci consente, in questo mutare, di asserire che quel che muta è *sempre lo stesso individuo*? Chi sono *io*, se *altri* mi popola e, a me pressoché sconosciuto, muta continuamente il mio paesaggio interiore ed esteriore? Si tratta di interrogativi che richiamano in campo alcuni dei concetti su cui si è maggiormente concentrato il pensiero occidentale, specie nell'età moderna: i concetti di “individuo”, “individualità umana”, “io”, “identità personale”, che ci si arrischierà a far interagire con le più recenti acquisizioni della contemporanea biologia evuzionistica.

Il presente contributo si snoderà dunque in tre parti: nella prima si ripercorreranno alcuni luoghi cruciali della riflessione filosofica occidentale sull'uomo come entità individuale; nella seconda si discuteranno le acquisizioni più recenti della biologia evuzionistica in merito ai concetti di “olobioma”, “olobionte”, “ologenoma”; nella terza, infine, si farà riferimento al contesto teorico più generale entro

cui si dispongono le teorie biologiche appena citate, cioè la cosiddetta “sintesi evuzionistica estesa”³ e si suggerirà come essa, con la nuova idea di evoluzione che mira a veicolare, consenta di muovere passi importanti verso una nuova e più feconda interazione tra sapere scientifico e sapere umanistico.

1. L'individuo “difficile”

Benché alcune suggestioni possano esser rinvenute già nel pensiero antico greco e latino,⁴ la problematizzazione filosofica del concetto di individuo si accende con la modernità e, se è vero che mette a tema in modo esplicito un concetto o un problema, in filosofia, equivale spesso a sanzionarne la crisi incipiente, l'individuo entra da protagonista sulla scena filosofica già vacillando.

Che cos'è l'individuo? Chi sono *io* in quanto individuo? Come faccio a essere sicuro di essere sempre lo stesso individuo, io, nonostante il continuo trascorrere del tempo e le inevitabili modificazioni che questo trascorrere comporta? Queste alcune delle domande cui tenta di rispondere John Locke nel suo *Saggio sull'intelletto umano* (prima edizione del 1691, seconda edizione tre anni dopo, nel 1694), l'opera con cui, per molti versi, si apre ufficialmente la complessa vicenda dell'individuo moderno.

Locke tratta del problema dell'individuo e dell'identità personale nel capitolo XXVII del libro II del *Saggio*, in poche dense pagine dedicate anzitutto alla messa a punto di strategie utili a cogliere l'io individuale, una volta incrinatasi l'equazione cartesiana tra io e *res cogitans*. La strategia lockiana si basa, in particolare, sulla memoria.

«Nel continuo fluire del tempo e nel mutare delle condizioni esterne e interne – scrive Locke – io posso essere sicuro di essere sempre lo stesso individuo se sono in grado di ricordare e di connettere insieme lungo un asse unitario i vari passaggi della mia esistenza, al punto che «se io avessi la stessa coscienza di aver visto l'arca e il diluvio di Noè, così come ho visto l'inverno scorso un'inondazione del Tamigi, o come ora vedo che sto scrivendo, non potrei dubitare ulteriormente del fatto che chi scrive ora queste righe e ha visto l'inondazione del Tamigi l'inverno scorso e ha visto l'inondazione del diluvio

universale sia propria la stessa persona (in qualunque sostanza vogliate collocare quell'io)». ⁵ La mossa teorica proposta da Locke consiste nel sostituire al criterio sostanzialista di matrice cartesiana un criterio funzionalista, in forza del quale ad assicurarci della nostra continuità individuale nel corso del tempo, come "io" uguali a noi stessi, non è la permanenza di una sostanza (spirituale o materiale che sia, ad esempio una certa massa di materia, la quale in effetti muta continuamente nel corso del tempo), bensì la capacità di riunire in un *continuum* di esperienza cosciente i vari episodi della nostra esistenza, manifestandoci così a noi stessi, nel trascorrere del tempo, sempre come gli stessi soggetti. L'io individuale, perciò, non è tale per il permanere di un *quid* sempre uguale a sé, ma per l'operare o il funzionare, attraverso il *medium* della memoria cosciente, come un *quid* uguale a sé, indipendentemente dal sostrato in cui tale *quid* si realizza.

Questo criterio psicologico e funzionalista si presta a implicazioni paradossali: ad esempio, chi in seguito a un trauma abbia riportato una grave amnesia, tale da cancellare del tutto dalla sua mente il ricordo della vita passata, non può più dirsi un io individuo, in base al criterio lockiano, bensì un corpo abitato da due io o personalità distinte. Allo stesso modo, se volessimo far interagire il criterio lockiano con alcune acquisizioni recenti della psicopatologia, il cosiddetto disturbo da personalità multipla o disturbo dissociativo dell'identità (caratterizzato dall'interruzione del flusso di esperienza cosciente, nel soggetto, e dall'emergere di una o più personalità distinte da quella dominante, che si impegnano in azioni e comportamenti dei quali la personalità dominante non ha pressoché ricordo), ci mette dinanzi al caso di due o più io individuali alloggiati nello stesso corpo. ⁶

Come è noto, la posizione lockiana è ripresa ed estremizzata, tra il 1739 e il 1740, da David Hume, che nel *Trattato sulla natura umana* (libro quarto, parte prima) rigetta esplicitamente l'ipotesi di una costanza individuale per mezzo della memoria. L'(io) individuo non c'è, neppure nella forma del ricordo; tutto ciò che c'è sono percezioni attuali, prive di permanenza, evanescenti, eterogenee l'una rispetto all'altra: con la famosa espressione, l'io individuo non è che «a bundle or collection of different perceptions, which succeed each other with an inconceivable rapidity, and are in a perpetual flux and movement». ⁷ Nello stesso passaggio Hume prosegue: «La nostra

mente è una sorta di teatro, in cui diverse percezioni appaiono in successione; passano, ripassano, scivolano via, combinandosi in un'infinita varietà di posizioni e situazioni. Non esiste propriamente in esso alcuna *semplicità* in un dato tempo, né *identità* in tempi differenti; qualunque sia la nostra propensione naturale per immaginare quella semplicità e identità». ⁸ Dell'io individuale, semplice e unitario come vorrebbe l'etimologia di *individuus*, non c'è traccia, e la convinzione propria di ciascuno di noi di permanere nel tempo non è nulla di più che un'illusione. Un'illusione intima e forte la cui genesi, invero, resta oscura allo stesso Hume, fatto tanto più inquietante se si considera che proprio sull'«impressione di noi stessi a noi sempre intimamente presente» si fonda la trattazione humeana nei libri II e III del *Trattato*, dedicati alle passioni e alla morale. ⁹

Se questo è l'esito, oscuro e tortuoso, cui giunge Hume, non può non sorprendere l'impresa in cui si cimentano, alla fine di quello stesso secolo diciottesimo, i filosofi dell'Idealismo in Germania: non solo essi riaffermano con forza i confini dell'io individuale, ma addirittura fanno di quest'io, che ciascuno di noi è, l'oggetto precipuo del pensare nella forma dell'autocoscienza, che è anche autoconoscenza. Senza addentrarci in questo problema, che meriterebbe ben altra trattazione, ¹⁰ ci limitiamo a segnalare come, nel giro di pochi decenni, l'«audace» impresa tentata dagli idealisti si risolve in fallimento. Così nota Remo Bodei, sottolineando inoltre che, «allorché si dimostra l'impossibilità di saldare completamente il circolo dell'identità della coscienza con se stessa e di legittimare in maniera inequivocabile una conoscenza sistematica chiusa (...), qualcosa rovina. Dal primato dell'identità personale si passa quindi a quello di una alterità insediatasi nell'io medesimo». ¹¹ È esattamente questo il punto che ci interessa: la pretesa di avvitarci su se stessi io e sé nella figura dell'autocoscienza, di rendere l'io individuale del tutto chiaro a se stesso nella sua splendente semplicità, trapassa nella scoperta di un'alterità che sempre, e costitutivamente, abita l'io individuo. Il tentativo idealista e l'insistenza, da parte di tutti o quasi i filosofi in quel giro d'anni, sul problema dell'autocoscienza hanno l'effetto di far emergere ancora più chiaramente l'«opaca» molteplicità dell'individuo. Lungi dall'essere *in-dividus*, non separabile, non scindibile, esso si ritrova franto, abitato al suo stesso interno da un *Altro*, da *al-*

tri, che ne minacciano l'integrità e dei quali, al contempo, non può fare a meno se intende essere se stesso.

Questo accade paradigmaticamente in Fichte, nel quadro di un'indagine sui fondamenti trascendentali del conoscere e dell'agire. Il *Fondamento della Dottrina della scienza* del 1794,¹² la prima delle numerose versioni della *Wissenschaftslehre* messe a punto da Fichte (dodici, a partire dal 1794 sino al 1814) espone in maniera esemplare l'irrisolvibile duplicità dell'io – riconosciuto da Fichte principio primo dell'intero sistema della scienza –, la sua inevitabile suscettibilità al *negativum*, al non-io, che esso stesso pone come opposto a sé nell'atto stesso di porre se stesso. E non può non porlo.

Come si ricorderà, al primo principio della scienza (posizione di assoluta realtà: «l'io pone originariamente in modo assoluto il suo proprio essere») si connette immediatamente il secondo (posizione di assoluta non realtà: «all'io è in assoluto contrapposto un non-io»). Entrambi scaturiscono dallo stesso atto posizionale, io e non-io, giacché è l'io stesso che, ponendosi assolutamente *in quanto* io, scava in se stesso il solco da cui emerge il *negativum*, il suo *non*. Posti l'uno contro l'altro assolutamente, ai due principi occorre un terzo che li componga, pena l'annullamento dell'uno e dell'altro, e la perdita dell'unità della coscienza. Ecco dunque il terzo principio, determinato dai due precedenti, condizionato quanto alla forma ma incondizionato quanto al contenuto: «io contrappongo a un io divisibile un non-io divisibile». E con il terzo principio entra in scena l'io finito, individuale, frutto della “negoiazione”, per dir così, tra due istanze assolutamente opposte che, in base alla figura fichtiana della *Wechselwirkung*, cioè dello scambio reciproco, si limitano a vicenda. La scissione dell'io finito è originaria, fa eco Hölderlin a Fichte (in *Giudizio e essere*, 1795):¹³ non c'è alcun individuo che stia monoliticamente in sé, poiché la frattura e l'opposizione all'altro sono *ab origine*.

Si può apprezzare, a questo punto, l'incisività dell'affermazione nietzscheana per cui la coscienza *unitaria* è «l'ultimo e più tardo sviluppo dell'organico e per conseguenza anche la parte più incompleta e svigorita»,¹⁴ svigorita anzitutto perché sempre memore del molteplice da cui si origina. Quale molteplice? Il corpo, nell'interpretazione di Nietzsche, e la sua “grande ragione”: «Tu dici “Io”, e sei orgoglioso di questa parola. Ma una cosa più grande, a cui tu non vuoi

credere, è il tuo corpo e la sua grande ragione: questa non dice “Io”, ma *fa* Io». ¹⁵ Anche per Nietzsche, dunque, l'identità coscienziale ha origine nel molteplice, cioè nell'emergere del sé dall'altro, secondo un processo che è privo di conclusività (“incompiuto”, “depotenziato”), poiché l'unità del sé, che nietzscheanamente precede l'io, resta sempre segnata dalla molteplicità da cui deriva. È qui in questione, a partire dalle sollecitazioni nietzscheane, la differenza tra *synesis* e *syneidesis* o, seguendo Fabrizio Desideri, tra coscienza estetica e coscienza intellettuale. Con una mossa teorica che consente di prendere le distanze, a un tempo, dal sostanzialismo cartesiano e dal funzionalismo lockiano, dalle spiegazioni internaliste e da quelle externaliste della coscienza, Fabrizio Desideri ha proposto di interpretare la coscienza come “soglia critica” tra interno ed esterno, distinguendo tra un primo strato coscienziale, che emerge dal basso, dal commercio percettivo che instauriamo col molteplice del mondo e che perciò può essere detto “coscienza estetica” (*synesis*), e un secondo strato, di tipo intellettuale e autoriflessivo (*syneidesis*). Sia nel primo che nel secondo strato risuona, nel *syn*, il molteplice che come un'ombra sempre accompagna la coscienza *unitaria*. ¹⁶

Ora, se per concludere questo breve *excursus* tra i filosofici “tra-vagli” dell'io individuo ci spingiamo sul versante empirico-naturalistico della neuroscienza contemporanea e della scienza cognitiva, i termini della questione – molteplicità, alterità, monoliticità solo apparente dell'io – si ripresentano tali e quali, se non addirittura estremizzati: Daniel Dennett e Derek Parfit, per citare due tra gli autori più rappresentativi nel dibattito contemporaneo su io e identità personale, sottolineano con dovizia di argomenti come l'io individuale, che il senso comune e l'esperienza quotidiana suppongono semplice e unitario, sia in verità un'illusione, un «nome convenzionale che diamo a un insieme di elementi» eterogenei, come precisa Parfit nel passaggio in *exergo* al nostro scritto. Nella prospettiva di Daniel Dennett, più in particolare, la mente umana è intesa notoriamente come un sistema di molteplici agenzie sub-personali che, operando in parallelo e in modo autonomo l'una dall'altra, assolvono ai differenti compiti decisionali e cognitivi. Un io unitario a dirigere e guidare questi processi non c'è, non c'è alcun nocchiero o pilota alla guida della nave della nostra mente: tutti noi siamo convinti della

sua esistenza nel nostro cervello poiché l'evoluzione, nel corso di migliaia di anni, ci ha indotto a pensare così, ma si tratta di una illusione. *Homo sapiens* si costruisce un io allo stesso modo in cui le api si costruiscono un favo o il castore la sua diga: con la differenza, però, che all'io di *sapiens*, per Dennett, non corrisponde alcunché di (neurobiologicamente) reale.¹⁷

Che fare, dunque, dell'io individuale? Etimologicamente unitario, indivisibile, semplice, esso si rivela all'occhio delle più diverse tradizioni filosofiche – continentali e analitiche, empiriste, transcendentali, così come alle scienze cognitive e alle neuroscienze – qualcosa di franto, diviso, una *x* abitata costitutivamente da alterità insopprimibili o, *tout-court*, una mera illusione evolutiva, ancorché adattativamente vantaggiosa. Oggi ulteriori indicazioni sul concetto di individuo e sulla sua complessità e pluralità ci vengono anche da alcune ricerche recenti in biologia evuzionistica, che gettano luce da un'angolazione inedita sulle questioni sin qui trattate. Di queste ricerche discuteremo nel prossimo paragrafo, muovendo anzitutto, per accostare il tema dell'individuo, dal concetto biologico di "organismo".

2. Dall'immunologia dell'io all'io come olobionte

La definizione del concetto di organismo è stata oggetto di numerose discussioni nel corso della storia delle scienze della vita e alla sua definizione hanno di volta in volta partecipato numerose discipline. Come ben descritto da Alfred Tauber,¹⁸ a partire dagli anni Sessanta del secolo scorso lo sviluppo delle ricerche immunogenetiche e cellulari ha portato alla formulazione dei concetti e delle teorie che spiegano come avviene la maturazione dell'individualità immunologica, processo in cui il nostro organismo apprende/definisce il *self* al fine di poter identificare il *non-self*. Questo processo diviene essenziale da un punto di vista immunitario per evitare di produrre risposte autoimmuni che possono portare all'insorgenza di gravi malattie degenerative. Il problema dell'auto-riconoscimento e dell'individualità immunologica (il *self* immunitario) ha fortemente influenzato la definizione di individuo, tanto che risulta frequente in letteratura l'utilizzo di *self* immunologico come sinonimo di "sé" e "io".¹⁹

A partire dagli anni Settanta, vi è stato un dibattito contribuito dalla genetica che trova in Richard Dawkins una delle forme più provocatorie, per cui l'organismo non sarebbe che un replicatore di geni, tanto che scrive Dawkins ne *Il gene egoista*:²⁰ «Noi siamo macchine da sopravvivenza, ma “noi” non significa solo le persone. Comprende tutti gli animali, le piante, i batteri, e i virus. (...) I vari tipi di macchine di sopravvivenza sono molto diversi tra di loro, sia nella parte esterna che negli organi interni. Un polipo è molto diverso da un topo, ed entrambi sono molto diversi da una quercia. Eppure nella loro chimica fondamentale sono piuttosto uniformi e, in particolare, i replicatori che hanno al loro interno, i geni, sono fondamentalmente lo stesso tipo di molecole in tutti noi – dai batteri agli elefanti. Siamo tutti macchine di sopravvivenza per lo stesso tipo di replicatore – molecole chiamate DNA – ma ci sono molti modi diversi di sopravvivere nel mondo, e i replicatori hanno costruito una vasta gamma di macchine per sfruttarli». Questa definizione è volutamente provocatoria, ma è indubbiamente parziale perché non è in grado di ricomprendere dei sé interattivi. Sebbene infatti i geni possano fissare i confini dell'identità, la realizzazione dell'organismo inizia dal gene, ma non si limita ai soli geni.

In contrasto al riduzionismo genetico di Dawkins, James Lovelock e Lynn Margulis²¹ proposero una visione decisamente più olistica che considerava l'organismo come un sistema cooperativo, tanto che l'ipotesi Gaia vede l'intera biosfera come un'entità onnicomprensiva assimilabile a un organismo. L'organismo è quindi visto da un punto di vista più ecologico e gli esseri viventi vengono a essere inesorabilmente collegati in una unica entità funzionale, un organismo collettivo.

La teoria di Gaia ha generato vivaci discussioni tra biologi, geofisici e geochimici e subito dure critiche ma, a distanza di oltre quarant'anni dalla sua formulazione, continua ad affascinare l'idea che l'uomo sia parte di un sistema globale in cui tutti i viventi sono tra loro connessi. Questa visione dei viventi era già molto apprezzata dai biologi dell'inizio del XIX secolo, che in alcuni casi riprendevano alcuni scritti in cui Goethe²² suggeriva eloquentemente che «ogni creatura vivente è un insieme, non un'unità; anche quando sembra essere un individuo, rimane tuttavia una aggregazione di parti viventi e indipendenti».

Con l'avvento della genomica (intesa come possibilità di sequenziare interi genomi) e la pubblicazione della prima versione del genoma umano, si è assistito a un marcato ritorno al riduzionismo genetico e all'identificazione dell'individuo sulla base del proprio genoma. Grazie infatti alla progressiva riduzione dei costi di sequenziamento è divenuto possibile proporre una genomica individuale tramite cui spiegare ciò che fa di noi ciò che siamo. Disporre della sequenza di tutti i nostri geni potrebbe aiutarci a capire verso quali malattie siamo predisposti, quali farmaci possiamo usare e, anche, come possiamo/dobbiamo alimentarci, tanto che nell'ultimo decennio abbiamo assistito alla nascita della medicina genomica, della nutrigenomica e della medicina personalizzata. Sebbene la genomica individuale rappresenti un importante passo in avanti per meglio definire un organismo, questa visione presenta ancora numerosi limiti, legati non solo alla natura riduzionista di questo approccio, ma anche alla sua inadeguatezza nello spiegare, ad esempio, le discrepanze che possono esistere tra gemelli identici, che (sebbene condividano lo stesso DNA) possono differire nell'aspetto fisico o nella suscettibilità alle malattie. Molto intenso è indubbiamente il dibattito sulle basi biologiche di tali differenze (basi epigenetiche? differenze nel microbioma?),²³ ma rimane inequivocabilmente dimostrato che nella definizione di un individuo la sola sequenza di basi che formano i nostri geni, non sia l'unico fattore coinvolto.

Ben esemplifica i limiti di questo approccio il lungo articolo pubblicato nel gennaio del 2009 da Steven Pinker su *The New York Times*.²⁴ Indubbiamente «i nostri genomi sono parte di noi. Sono ciò che ci rende umani, inclusa la nostra abilità di apprendere e fare cultura. Ai nostri genomi dobbiamo imputare almeno la metà delle differenze che abbiamo rispetto ai nostri parenti e sebbene noi possiamo modificare sia i tratti ereditati che quelli acquisiti, cambiare quelli ereditati è sicuramente più complesso». Il problema non è quindi definire se il genoma influenza ciò che siamo, ma piuttosto se esclusivamente il nostro genoma definisca ciò che ciascuno di noi è.

Nel corso dell'ultimo decennio, numerosi gruppi di ricerca hanno percorso una strada diversa andando a studiare le simbiosi, ovvero quelle forme di interazioni tra viventi che possono vedere collaborare organismi tra loro filogeneticamente molto distanti (quali ad

esempio uomo e microorganismi). Per moltissimi anni l'interazione tra batteri e ospiti è stata studiata a livello patologico considerando i meccanismi di difesa dell'ospite contro i batteri e le modalità di infezione usate dai batteri per colpire i propri ospiti. Si è invece oggi consolidato un nuovo approccio legato allo studio delle interazioni tra i batteri e l'ospite in termini di cooperazione. Sebbene l'evoluzione sia spesso descritta come teatro di sanguinosi scontri, le potenzialità evolutive che derivano dalle simbiosi sono enormemente maggiori, poiché tramite le interazioni simbiotiche intere nuove vie metaboliche/funzioni possono essere acquisite. Gli effetti di tale processo sono facilmente comprensibili se si pensa all'importanza dei mitocondri nelle nostre cellule, la cui acquisizione deriva da un processo di endosimbiosi. La stessa origine della cellula eucariotica è dovuta a una simbiosi, a dimostrare come alcuni processi non siano stati affatto gradualisti, ma caratterizzati dalla comparsa di nuove strutture senza alcuna forma di transizione.

Lo studio delle simbiosi, sebbene iniziato prevalentemente in invertebrati, ha oggi una grande rilevanza nella comprensione del funzionamento del nostro corpo e ci ha mostrato che il numero totale di cellule microbiche presenti in un organismo umano può superare di dieci volte il numero di cellule dell'organismo stesso, tanto che i batteri costituiscono circa il 3% della massa totale del nostro corpo. In quest'ottica, un essere umano va concepito come composto da cellule umane e microbiche (tra cui batteri e lieviti) appartenenti a numerosissime specie diverse presenti in regioni differenti del nostro corpo. Ciascuno di noi possiede quindi il proprio microbioma, inteso come insieme dei batteri che abitano una data regione del nostro corpo e che varia se si mettono, ad esempio, a confronto narici, bocca, pelle e tratti gastro-intestinale e uro-genitale.

I batteri che vivono nel tratto intestinale permettono di digerire il cibo e assorbire sostanze nutritive, scomponendo gran parte delle proteine, dei lipidi e dei carboidrati nella nostra dieta, che altrimenti non potremmo assimilare. Studi condotti su donne in gravidanza e su neonati allattati al seno hanno dimostrato che le colonie batteriche variano di zona in zona e di età in età, a seconda delle condizioni che si sviluppano nell'organismo ospite.²⁵ Nelle donne prossime a partorire, per esempio, un batterio, normalmente presente nel tratto

gastro-intestinale, che produce enzimi per la digestione del latte, è risultato presente nella vagina, permettendo di ipotizzare che il contatto del neonato con questo batterio al momento della nascita possa predisporlo a una buona digestione del latte. Lo studio sui bambini allattati al seno dimostra, invece, che il latte materno contiene uno zucchero che facilita la proliferazione di batteri che hanno un effetto protettivo sul bambino durante la crescita.

L'importanza attribuita al microbioma nel regolare diverse funzioni del nostro organismo è attestata dal fatto che negli Stati Uniti d'America i *National institutes of health* hanno investito ingenti finanziamenti per assicurare la realizzazione del "Progetto microbioma umano" (progetto HMP dall'acronimo inglese *Human Microbiome Project*)²⁶ con lo scopo di identificare e caratterizzare i batteri presenti nel nostro organismo e verificarne il loro rapporto con il nostro stato di salute e malattia.

Il progetto HMP ha campionato e identificato oltre diecimila specie diverse di microrganismi residenti in diverse zone del nostro corpo portando all'identificazione di centinaia di migliaia di geni batterici. Per valutare correttamente la portata di questo risultato si deve tenere in considerazione che il nostro genoma contiene circa ventiduemila geni, ma se consideriamo la moltitudine di batteri che ospitiamo nel nostro organismo, per ogni gene "umano" si possono contare in media quasi quattrocento geni batterici, a indicare che dentro di noi c'è un altro genoma oltre a quello contenuto nel nucleo delle nostre cellule. Inoltre, così come il sequenziamento del genoma umano ci aiuta a capire come i geni di una persona possono metterla a rischio o la proteggono da alcune malattie, così conoscere i geni dell'intero microbioma ci può fornire informazioni sui benefici per la nostra salute o sui rischi alla presenza di un microbioma alterato.

L'idea che va prendendo sempre più corpo è che la crescente diffusione di alcune patologie potrebbe essere attribuita a una insufficiente presenza di simbionti benefici o a squilibri e disfunzioni nelle popolazioni batteriche con cui normalmente formiamo un ecosistema naturale. Alterazioni del microbioma potrebbero essere alla base di patologie infiammatorie croniche, allergie, diabete e obesità. Numerose patologie potrebbero quindi dipendere non da "cattivi geni", ma da cattivi simbionti o dall'assenza di particolari

specie batteriche la cui nicchia rimane disponibile per l'infezione da parte di batteri patogeni, a indicare un ruolo di particolare rilevanza del microbioma nelle coadiuvare le difese immunitarie normalmente presenti nel nostro corpo.²⁷

La mappatura ottenuta negli studi del “Progetto microbioma umano” potrebbe contenere la chiave per ripristinare il normale equilibrio della flora microbica danneggiata da cure antibiotiche o da disfunzioni naturali dell'organismo. Potrebbe consentire, per esempio, di mettere a punto sostanze probiotiche che stimolino la crescita di specifici batteri benefici, o di ricorrere a trattamenti come i trapianti fecali. Una conferma di tale ruolo deriva da sperimentazioni condotti su topi di laboratorio manipolati al fine di nascere senza microbioma. Nei polmoni e nell'intestino di questi topi si sono rilevate numerose risposte autoimmunitarie, come infiammazioni intestinali e asma. Se gli stessi topi vengono esposti durante la crescita al contatto con ceppi batterici normalmente presenti in topi sani, acquistano il microbioma e da adulti corrono un minor rischio di ammalarsi. Una dinamica autoimmunitaria molto simile è stata verificata in precedenti studi su bambini che assumono grandi quantità di antibiotici a indicare che prolungati trattamenti antibiotici possono alterare il microbioma favorendo l'infezione da parte di batteri patogeni.

Importanti passi in questo senso sono già stati fatti dai primi studi pilota, riguardanti un'ampia gamma di patologie (dalla psoriasi ad alcune forme di tumore del tratto gastrointestinale), che sembrano essere associate a una variazione delle specie di microorganismi residenti nell'ospite. Vi sono inoltre alcune evidenze secondo cui un buon invecchiamento potrebbe dipendere più dalla presenza di “buoni” batteri che di geni “buoni”, poiché la presenza di una data comunità batterica potrebbe sfavorire l'accumulo di patobionti migliorando le *performances* del nostro sistema immunitario.²⁸ Così come si può affermare che un microbioma squilibrato rappresenti un carico per la salute.²⁹ Inoculando topi non obesi con un campione batterico estratto da topi obesi, infatti, è stato osservato che i primi sono ingrassati, nonostante la dieta regolata e non ipercalorica; anche tratti complessi del nostro organismo, quali il metabolismo lipidico, possono quindi dipendere dal microbioma.

A questo si deve aggiungere che, sebbene vi siano batteri comuni a tutti gli individui, la popolazione di microorganismi che vive in noi può essere tipica di ciascuno, quasi fosse un'impronta digitale. Una sorta di personale ecosistema interno, che può variare nel corso del tempo, tanto che la composizione delle comunità microbiche che vivono nel nostro corpo è influenzata dal genotipo, dal sesso, dall'età, dallo stato di maturazione immunitaria e da vari fattori ambientali e di conseguenza è molto variabile nella nostra umana. Questo dato acquista ancor più rilevanza se si considera che il patrimonio genetico dei batteri è mutevole, e una sorprendente serie di scoperte, recentemente, ha dimostrato che i batteri "umani" possono scambiarsi numerosi geni. Tanto più i microrganismi sono vicini, tanto maggiori sono gli scambi e la rete è talmente estesa che persino batteri che vivono su ospiti diversi sono in grado di passarsi materiale genetico. Ad esempio potrebbe esservi un trasferimento di DNA da batteri che vivono in animali allevati ad alcuni alimenti da essi derivati, e poi tra i batteri delle derrate alimentari e l'uomo. I microbi, insomma, possono funzionare da vettori per gli scambi di geni tra specie diverse e questo *network* garantisce loro possibilità evolutive più ampie del previsto. Proprio gli esseri umani rappresentano un ambiente ideale per l'evoluzione batterica: alcuni ricercatori hanno dimostrato che il traffico di geni è venticinque volte più intenso per i germi che vivono nel nostro corpo rispetto ai batteri non-umani identificati in ambienti terrestri e acquatici.

Grazie al ricorso alle tecnologie genomiche più avanzate (metagenomica) possiamo quindi cambiare il modo in cui ciascun individuo può essere non solo identificato, ma anche definito. Infatti, a dispetto della visione comune che ha visto l'organismo umano come oggetto strutturato al suo interno in modo indipendente e autonomo, ciascuno di noi, così come in realtà accade per molti altri organismi, vive in una relazione strettissima con un insieme estremamente variegato e mutevole di organismi simbiotici.³⁰ Parafrasando Thomas Merton³¹ quindi «nessun uomo è un'isola», non soltanto sul piano sociale, ma ancor più su quello biologico. L'essere umano, dunque, è tutt'altro che autonomo e indipendente: l'organismo umano è un ecosistema dinamico composto da cellule umane e microbiche, le cui attività interagiscono reciprocamente e con quelle dei mi-

crorganismi del mondo esterno, motivo per cui l'io individuo smette di coincidere con il singolo organismo per riflettere quello che Rosenberg e Zilber-Rosenberg³² hanno chiamato l'olobionte. Come infatti suggerito da questi autori, vedere l'uomo interagire con tanti batteri che ne definiscono, ad esempio, le possibilità metaboliche non può che portarci a non limitare le analisi molecolari al genoma individuale, ma a guardare con interesse anche ai singoli genomi presenti nelle diverse specie microbiche che colonizzano il nostro corpo. Questo genoma esteso (l'ologenoma) meglio definisce le nostre capacità reali rispetto ai soli genomi nucleari e mitocondriali presenti in ciascuna delle nostre cellule. Se però accettiamo la definizione di ologenoma, inteso come la somma di tutte le informazioni genetiche presenti in un organismo, non possiamo che vedere anche l'organismo stesso come la somma delle diverse funzioni definite dall'ologenoma. Qual è quindi l'oggetto su cui la selezione naturale ha agito? Non certo il solo organismo *Homo sapiens*, ma più in generale il nostro organismo inteso come olobionte.

Il concetto di olobionte ha inoltre il vantaggio di spiegare in modo più efficace l'evoluzione della nostra specie, perché legata non più al solo genoma individuale in grado di evolvere lentamente, ma all'ologenoma, una realtà dinamica che può cambiare non solo nel corso dell'evoluzione dei viventi, ma anche nel corso della vita del singolo individuo. A questo aspetto si deve poi aggiungere che la variabilità genetica necessaria all'evoluzione dei viventi non viene più a essere obbligatoriamente presente nel genoma individuale, ma può trovarsi (e in parte si trova) nei diversi genomi microbici che il nostro corpo contiene, rendendo l'evoluzione non un confronto limitato tra individuo e natura, ma il risultato di mutevoli interazioni tra simbiotici. Secondo la moderna teoria dell'evoluzione, l'unità di selezione deve avere due proprietà ovvero consistere in un replicatore che varia (il genoma) e un effetto (il fenotipo) che interagisce con l'ambiente. Il concetto di olobionte risponde a entrambe queste proprietà e meglio spiega i tempi dell'evoluzione rispetto a un'evoluzione strettamente legata a rare mutazioni avvenute nel solo genoma nucleare.

L'olobionte sembrerebbe infine avere una componente darwiniana e una che richiama alla mente il lamarckismo, poiché se da un lato l'olobionte evolve in modo strettamente darwiniano (tramite sele-

zione naturale), dall'altro vi è la possibilità che diverse specie batteriche vengano acquisite dall'ambiente per poi essere trasmesse alla prole, quasi fosse una forma di ereditarietà di un carattere acquisito. Questo aspetto è molto controverso non solo perché ci sono precisi limiti al modo in cui il nostro microbioma può variare, ma anche perché non tutti i simbionti possono (o sono!) necessariamente trasmessi alla prole, motivo per cui sicuramente i batteri acquisiti influenzano le proprietà dell'olobionte che li ospita, mentre tutt'altro che scontata è la possibilità che questi microorganismi vengano trasmessi verticalmente dai genitori ai figli.

In considerazione del fatto che sia piante che animali vivono in stretta associazione con batteri e lieviti, lo studio della simbiosi ha fortemente modificato il modo in cui oggi possiamo vedere non solo l'uomo, ma ciascun organismo.³³ Risultano però di straordinaria attualità le parole dell'entomologo statunitense William Morton Wheeler,³⁴ scritte nel saggio presentato nel 1910 a Woods Hole con il titolo *The ant-colony as an organism*: «un individuo non è né una cosa, né un concetto, ma un continuo flusso di processi in continuo cambiamento e pertanto mai definitivamente completato. Un organismo è quindi un complesso coordinato e individualizzato di attività che sono primariamente dirette a ottenere e assimilare sostanze dall'ambiente per produrre altri sistemi simili (la prole) e proteggere il sistema stesso da eventuali alterazioni dovute all'ambiente». Nel complesso appare quindi evidente come la moderna biologia evoluzionistica non rappresenti, come talvolta propongono alcuni autori, un salto rispetto alla "sintesi moderna", quanto piuttosto un ampliamento e consolidamento di elementi già presenti, sebbene talvolta solo abbozzati, nello strumentario concettuale evoluzionistico. Sembrerebbe quindi giunto il momento, come già suggeriscono numerosi biologi evoluzionisti, di fare qualche aggiornamento alla luce delle nuove conoscenze e proporre una "sintesi estesa" o "sintesi moderna estesa", che integri anche alcuni concetti divenuti parte irrinunciabile della biologia evoluzionistica moderna, tra cui quelli di evolubilità, plasticità fenotipica, eredità epigenetica, teoria della complessità e, come evidenziato in questo saggio, la teoria dell'ologenoma.

3. La “sintesi evoluzionistica estesa”

Oltre che rappresentare una sempre più pressante esigenza per l'intera biologia evoluzionistica contemporanea, l'estensione della “sintesi moderna” nella forma di una “sintesi evoluzionistica estesa” è anche il riferimento che giustifica, per gli scopi del presente scritto, l'interazione tentata sin qui tra alcuni luoghi classici della filosofia occidentale e le recenti ricerche di indirizzo biologico. È infatti alla luce dell'estensione della “sintesi”, con il suo portato di nuovi campi di ricerca e un ampliato e innovativo strumentario concettuale, esso stesso in continua evoluzione (i concetti di “olobioma”, “olobionte”, “ologenoma” ne sono un ottimo esempio), che riteniamo possa legittimarsi il nostro accostamento di prospettive filosofiche classiche e prospettive biologiche: due orizzonti di pensiero senz'altro eterogenei, ma che, tra le pieghe dell'estensione della “sintesi”, possono trovare un loro punto di interazione, di confronto, di sollecitazione reciproca. Come infatti affermato di recente da un giovane commentatore, «la Sintesi Evoluzionistica Estesa è la multidisciplinarietà nel suo nascere o, meglio, nel suo crescere»,³⁵ e anche la filosofia è chiamata a svolgere un ruolo all'interno di questo campo multidisciplinare. Per approfondire questo punto, è utile chiarire anzitutto che cosa si intende per “sintesi evoluzionistica estesa” e quali rapporti essa intrattiene con la cosiddetta “sintesi moderna”.

Nel luglio del 2008 un gruppo di sedici biologi e filosofi della scienza, riuniti al “Konrad Lorenz Institute for evolution and cognition research” di Altenberg (Austria), discutono potenzialità e limiti di una nuova “sintesi evoluzionistica estesa”, tesa ad ampliare e aggiornare la cosiddetta “sintesi moderna”, il “volto” ufficiale del darwinismo almeno a partire dagli anni Quaranta del Novecento. Promotori dell'incontro, che si guadagna l'attenzione dei media di tutto il mondo, sono Massimo Pigliucci e Gerd Müller, che già l'anno prima (nel 2007, rispettivamente sulle riviste *Evolution* e *Nature*)³⁶ avevano cominciato a sostenere indipendentemente l'uno dall'altro l'idea di una estensione della “sintesi moderna”, in forza delle nuove scoperte scientifiche e dei nuovi campi di studio dischiusi dalla recente biologia evoluzionistica.

«Evolutionary theory, as practiced today, includes a considerable number of concepts that were not part of the foundational structure of the Modern Synthesis»: così Massimo Pigliucci, nell'*Introduzione* al volume *Evolution: the extended synthesis*,³⁷ che raccoglie gli atti dell'incontro di Altenberg. A partire dalla nuova biologia evuzionistica dello sviluppo, o *evo-devo*, per passare all'eredità epigenetica sino alla teoria della costruzione delle nicchie, alla plasticità fenotipica, all'evolubilità e alla teoria dell'ologenoma, sono numerosi i concetti e i campi di ricerca che chiedono, oggi, di essere passati al vaglio per il loro eventuale inserimento all'interno di una cornice evuzionistica coerente.

Estendere e aggiornare la “sintesi moderna” non costituisce, tuttavia, una sfida dall'esito ovvio. Frutto della fusione dei principi dell'evoluzione darwiniana con la genetica mendeliana e volto “ufficiale” della biologia evuzionistica, come accennato, per decenni, la “sintesi moderna” si caratterizza sin dall'inizio per un certo irrigidimento teorico, poco propenso ad ampliamenti e revisioni. Scrive Telmo Pievani:³⁸ «Il potere unificante della Sintesi fu (...) duraturo», e «acquistato al prezzo di un irrigidimento teorico attorno ad alcuni postulati forti», che sono, in breve, il postulato per cui la selezione naturale è il meccanismo fondamentale dell'evoluzione; la legge del gradualismo filetico, secondo cui l'evoluzione agisce gradualmente operando su piccole differenze individuali; il postulato dell'estrapolazioneismo, per cui esiste un *continuum* tra la microevoluzione (cioè l'evoluzione a livello sub-specifico) e la macroevoluzione (cioè l'evoluzione a livello sovra-specifico). «Il risultato di questo indurimento epistemologico e metodologico – continua Pievani – fu che alcuni campi non meno importanti – come l'ecologia, l'embriologia, l'evoluzione della mente – non furono valorizzati adeguatamente nella nuova cornice di riferimento e rimasero in secondo piano per un lungo periodo». È dunque da qui che prendono le mosse i sedici di Altenberg, facendosi interpreti di un'istanza diffusa di estensione, revisione, allargamento dei confini della “sintesi”.

Da un punto di vista epistemologico, occorre precisare che l'aggiornamento della “sintesi moderna” nella forma di una nuova “sintesi evuzionistica estesa” non costituisce un cambio di paradigma à la Kuhn. Ancora Telmo Pievani, in un recente contributo, propone

di interpretare il passaggio da “sintesi moderna” (SM) a “sintesi estesa” (SE) attraverso la “metodologia dei programmi di ricerca scientifici” dell’epistemologo Imre Lakatos. Un programma di ricerca scientifico, secondo Lakatos, è un insieme di modelli, concetti e ipotesi esplicative che una comunità di scienziati elegge a proprio riferimento. Un programma di ricerca si compone di un nucleo o parte centrale (*core*), cioè un *set* di postulati fondamentali che la comunità scientifica ritiene sufficientemente affidabili da poter essere sottratti alle procedure di falsificazione, e una cosiddetta “cintura protettiva” (*protective belt*) costituita di ipotesi ausiliarie, provvisorie e revocabili. La falsificazione di una o più ipotesi ausiliarie non attende direttamente alla validità del *core*; tuttavia, proprio dalla modifica e dall’aggiustamento della *protective belt* scaturisce, nel corso del tempo, la lenta evoluzione del nucleo del programma, in senso progressivo o regressivo. Il passaggio da “sintesi moderna” a “sintesi evolutzionistica estesa” è esattamente un caso di *shift* progressivo da una versione precedente a una più aggiornata del programma di ricerca darwiniano, attraverso la revisione di varie ipotesi ausiliarie nella *protective belt*, con conseguente evoluzione (ma non sostituzione né revoca) del *core* del programma. Così, scrive Pievani che il passaggio da SM a SE «is neither a superficial maquillage on marginal points of a hardened structure, nor a radical break with complete substitution of RP [programma di ricerca]: rather, a steady and irreversible transformation of the architecture of the previous RP». ³⁹

Interpretare la “sintesi evolutzionistica estesa” e i suoi rapporti con la “sintesi moderna” nei termini della “metodologia dei programmi di ricerca scientifici” lakatosiana consente di apprezzare il carattere aperto e “vivo” del programma darwiniano, in continua evoluzione; inoltre, consente di riconoscere e “contestualizzare” le fasi di irrigidimento teorico: ogni versione del programma ha il suo momento “kuhniano” di infalsificabilità, almeno metodologica, ma tale infalsificabilità non impedisce di principio che il *core* possa evolvere, sulla scia della trasformazione delle ipotesi nella sua *protective belt*. In particolare la “sintesi estesa”, per la forte spinta alla multidisciplinarietà che la caratterizza, l’attenzione alle implicazioni extra-biologiche del darwinismo e il rinnovato interesse per le sinergie tra evoluzione biologica ed evoluzione culturale, appare la cornice teori-

ca più adatta per (ri)tentare interazioni tra il versante delle scienze umane e filosofiche e quello delle scienze biologiche, come si è cercato di fare anche qui rileggendo alcuni luoghi paradigmatici del pensiero occidentale moderno e contemporaneo sul concetto di individuo e di identità personale alla luce delle teorie dell'ologenoma e dell'olobionte. Di certo, la "sintesi estesa" fornisce una cornice più duttile di quella che poteva fornire la "sintesi moderna": l'irrigidimento su genocentrismo, gradualismo, adattazionismo della "sintesi moderna" creava infatti un "muro" teorico assai difficile da superare per chi volesse tentare un approccio alla teoria dell'evoluzione muovendo da un territorio extra-biologico. La stessa ricerca sull'uomo, nonostante le migliori intenzioni programmatiche, ha faticato a trovare il suo spazio all'interno della "sintesi moderna": l'antropologia ne è stata a lungo esclusa⁴⁰ e, quando si è trattato di applicare i principi evuzionistici alle scienze umane e sociali, come la sociologia e la psicologia, si è finito per farlo con una versione ancora più "integralista" e semplificata della "sintesi moderna", ottenendo spesso risultati controversi.⁴¹ Di contro, il pluralismo metodologico ed esplicativo che costituisce uno dei tratti caratteristici e dei punti di forza della "sintesi estesa"⁴² si mostra promettente in vista di un'interazione con l'orizzonte di ricerca umanistico.

Per concludere, la "sintesi estesa" offre strumenti e spunti interessanti per una rinnovata sinergia tra sapere umanistico e sapere scientifico-biologico: ci si aspetta che il mondo del vivente possa venire scandagliato da punti di vista diversificati eppure convergenti, in grado di arricchirsi l'un l'altro nella rispettiva autonomia e specificità. Questo scritto, nella sua limitatezza, vuol essere un primo passo in tale direzione.

Note

- ¹ I. Zilber-Rosenberg, E. Rosenberg, "Role of microorganisms in the evolution of animals and plants: the hologenome theory of evolution", in «FEMS Microbiology Letters», 32, 2008, pp. 723-735.
- ² G.W. Leibniz, *Monadologia* (1720), trad. it. Bompiani, Milano 2001, p. 89.
- ³ M. Pigliucci, G.B. Müller, *Evolution. The extended synthesis*, MIT Press, Cambridge 2010.

- 4 R.B. Onians, *Le origini del pensiero europeo intorno al corpo, la mente, l'anima, il mondo, il tempo e il destino* (1951), trad. it. Adelphi, Milano 1998, soprattutto pp. 121 e segg.
- 5 J. Locke, *Saggio sull'intelletto umano* (1691), trad. it. Bompiani, Milano 2004, p. 617.
- 6 M. Di Francesco, *L'io e i suoi sé. Identità personale e scienza della mente*, Raffaello Cortina, Milano 1998, p. 95.
- 7 D. Hume, *Trattato sulla natura umana* (1739-1740), trad. it. Bompiani, Milano 2001, p. 507.
- 8 Ibidem.
- 9 Per questo punto, cfr. E. Lecaldano, *Hume e la nascita dell'etica contemporanea*, Laterza, Roma-Bari 1991.
- 10 Per approfondire: R. Bodei, *Scomposizioni. Forme dell'individuo moderno*, Einaudi, Torino 1987, Id., *Destini personali. L'età della colonizzazione delle coscienze*, Feltrinelli, Milano 2002, Id., "Natura e decentramento della coscienza in Hölderlin", in AA.VV., *La persona e i nomi dell'essere. Scritti in onore di Virgilio Melchiorre*, Vita e Pensiero, Milano 2002, pp. 767-779; F. Desideri, "La fuga in sé. Variazioni sul tema della coscienza", in «Atque», 1994, 9, pp. 47-67, Id., *L'ascolto della coscienza. Una ricerca filosofica*, Feltrinelli, Milano 1998.
- 11 R. Bodei, "Natura e decentramento della coscienza in Hölderlin", in AA.VV., *La persona e i nomi dell'essere*, cit., p. 769.
- 12 J.G. Fichte, *Fondamento dell'intera dottrina della scienza* (1794-1795), trad. it. Bompiani, Milano 2003.
- 13 F. Hölderlin, "Giudizio e essere", in Id., *Scritti di estetica*, Mondadori, Milano 1996, pp. 52-53.
- 14 F. W. Nietzsche, "La gaia scienza" (1882), in Id., *Opere filosofiche*, vol. 1, UTET, Torino 2002, p. 121.
- 15 F.W. Nietzsche, "Così parlò Zarathustra" (1883-1885), in Id., *Opere filosofiche*, vol. I, UTET, Torino 2002, p. 431, corsivo nostro.
- 16 F. Desideri, *L'ascolto della coscienza. Una ricerca filosofica*, Feltrinelli, Milano 1998.
- 17 Cfr. D. Dennett, *Coscienza* (1991), trad. it. Rizzoli, Milano 1993; e Id., *L'idea pericolosa di Darwin: l'evoluzione e i significati della vita* (1995), trad. it. Einaudi, Torino 2004.
- 18 A. Tauber, *L'immunologia dell'io* (1997), trad. it. McGraw-Hill, Milano 1997, pp. 27-43.
- 19 F. Celada, "Il sé immunologico", in M. Ammaniti, *La nascita del sé*, Laterza, Roma-Bari 1994, pp. 91-92.

- 20 R. Dawkins, *Il gene egoista* (1976), trad. it. Arnoldo Mondadori Editore, Milano 1992.
- 21 L. Margulis, *Symbiotic planet: a new look at evolution*, Weidenfeld & Nicolson, London 1998.
- 22 J.W. von Goethe, "On morphology" (1790), in Id., *Goethe's botanical writings*, University Press of Hawaii, Honolulu 1952 (rist. Oxbow Press, Woodbridge CT, 1989).
- 23 Su questo punto, cfr. M.F. Fraga, E. Ballestar, M.F. Paz, S. Roper, F. Setien, M.L. Ballestar, D. Heine-Suñer, J.C. Cigudosa, M. Urioste, J. Benitez, M. Boix-Chornet, A. Sanchez-Aguilera, C. Ling, E. Carlsson, P. Poulsen, A. Vaag, Z. Stephan, T.D. Spector, Y.Z. Wu, C. Plass, M. Esteller, "Epigenetic differences arise during the lifetime of monozygotic twins", in «Proceedings of the National Academy of Sciences», 30, 2005, pp. 10604-609.
- 24 S. Pinker, *My genome, my self*, in «The New York Times» 2009, www.nytimes.com/2009/01/11/magazine/11Genome-t.html?_r=1
- 25 M.G. Dominguez-Bello, E.K. Costello, M. Contreras, M. Magris, G. Hidalgo, N. Fierer, R. Knight, "Delivery modes shapes the acquisition and structure of the initial microbiota across multiple body habitats in Newborns", in «Proceedings of the National academy of sciences», 107, 2010, pp. 11971-976.
- 26 P.J. Turnbaugh, R.E. Ley, M. Hamady, C.M. Fraser-Liggett, R. Knight, J.I. Gordon, "The human microbiome project", in «Nature», 449, 2007, pp. 804-810.
- 27 K.P. Lemon, G.C. Armitage, D.A. Relman, M.A. Fischbach, "Microbiota-targeted therapies: an ecological perspective", in «Science Translational Medicine», 4, 2012, pp. 137-142.
- 28 E. Ottaviani, N. Ventura, M. Mandrioli, M. Candela, A. Franchini, C. Franceschi, "Gut microbiota as a candidate for lifespan extension: an ecological/evolutionary perspective targeted on living organisms as metaorganisms", in «Biogerontology», 12, 2011, pp. 599-609.
- 29 M. Hviistendahl, *My microbiome and me*, in «Science», 8, 2012, pp. 1248-250.
- 30 E.K. Costello, K. Stagaman, L. Dethlefsen, B. J. Bohannan, D.A. Relman, "The application of ecological theory toward an understanding of the human microbiome", in «Science», 336, 2012, pp. 1255-262.
- 31 T. Merton, *Nessun uomo è un'isola* (1955), trad. it. Garzanti, Milano, 1995.
- 32 E. Rosenberg, I. Zilber-Rosenberg, "From bacterial bleaching to the hologenome theory of evolution", in «Proceedings of the 11th International Coral Reef Symposium», Florida, 2008, pp. 269-272.
- 33 J.W. Pepper, S. Rosenfeld, "The emerging medical ecology of the human gut microbiome", in «Trends in Ecology and Evolution», 27, 2012, pp. 381-384.

- ³⁴ W.M. Wheeler, "The ant-colony as an organism", in «Journal of Morphology», 22, 1911, pp. 307-325.
- ³⁵ E. Serrelli, "La multidisciplinarietà dell'evoluzione: filosofia, biologia e sintesi", in «Reti, Saperi, Linguaggi», 4, 2012, pp. 47-53.
- ³⁶ Si tratta rispettivamente di M. Pigliucci, "Do we need an extended evolutionary synthesis?", in «Evolution», 61(12), 2007, pp. 2743-749; e di G.B. Müller, "EvoDevo: extending the evolutionary synthesis", in «Nature», 8, 2007, pp. 943-949.
- ³⁷ M. Pigliucci, G.B. Müller, *Evolution: the extended synthesis*, The MIT Press, Cambridge 2010.
- ³⁸ T. Pievani, *Introduzione a Darwin*, Laterza, Roma-Bari 2012, p. 157.
- ³⁹ T. Pievani, "An evolving research programme: the structure of evolutionary theory from a lakatosian perspective", in AA.VV., *The theory of evolution and its impact*, Springer-Verlag, Berlin, pp. 211-228.
- ⁴⁰ Su questo punto cfr. B. Smocovitis, "Humanizing evolution. Anthropology, the evolutionary synthesis, and the prehistory of biological anthropology, 1927-1962", in «Current Anthropology», 53, Supplement 5, 2012, pp. 108-125.
- ⁴¹ Cfr., per una panoramica generale, L. Cosmides, J. Tooby, J. Barkow, "Evolutionary psychology and conceptual integration", in J. Barkow, L. Cosmides, J. Tooby (a cura di), *The adapted mind: evolutionary psychology and the generation of culture*, Oxford university press, New York 1992; e, recentissimo, il volume di D. Buss, *Psicologia evoluzionistica* (2012), trad. it. Pearson, Milano 2012. Un approccio critico alla psicologia evoluzionistica è in D.J. Buller, *Adapting minds: evolutionary psychology and the persistent quest for human nature*, The MIT Press, Cambridge 2005.
- ⁴² Cfr. su questo tema S.J. Gould, "Evolution: the pleasures of pluralism", in «The New York review of books», June 26, 1997, pp. 47-52; e T. Pievani, "Rhapsodic evolution: essay on exaptation and evolutionary pluralism", in «World Futures», 59, 2003, pp. 63-81.