

Università degli Studi di Padova
Facoltà di Lettere e Filosofia
DIPARTIMENTO DI FILOSOFIA

TESI DI LAUREA IN FILOSOFIA DELLA SCIENZA

RELATORE: Professor Giovanni Boniolo

LA SOLA MATERIA

Un percorso filosofico fra le definizioni scientifiche di Vita nel XX° secolo

Maria Joana Tribolet de Abreu
Matr. 465189

A.A. 2001/2002, Marzo 2003

À minha mãe,
que escolheu a carreira da maternidade.

INDICE

INTRODUZIONE	vii
CAPITOLO PRIMO: <u>PER UNA DEFINIZIONE</u>	1
1.1. CRITERI PER LA DEFINIZIONE E CRITERI PER LA VITA STESSA	2
1.2. REGOLE PER UNA BUONA DEFINIZIONE	3
1.2.1. <u>UN DIBATTITO PLURISECOLARE</u>	4
TRADIZIONE REALISTA	5
TRADIZIONE COSTRUTTIVISTA	6
TRADIZIONE NOMINALISTA	7
GLI INDEFINIBILI	8
1.2.2. <u>ALCUNI CRITERI</u>	9
PRIMO ESEMPIO: Aristotele	9
SECONDO ESEMPIO: Pascal	9
TERZO ESEMPIO: Kant	10
QUARTO ESEMPIO: Frege	11
a) Principio dell'incompletezza	
b) Principio della semplicità dell'espressione spiegata	
QUINTO ESEMPIO: Peano	13
1.2.3. <u>ALCUNE POSSIBILITÀ DI CLASSIFICAZIONE</u>	13
1) A SECONDA DELLO SCOPO	14
2) A SECONDA DELLA FORMA	15
3) A SECONDA DELLA MODALITÀ	16
4) A SECONDA DELLA STRATEGIA	17
1.2.4. <u>IL PUNTO DELLA SITUAZIONE</u>	18
PRIMO PUNTO	19
SECONDO PUNTO	19
TERZO PUNTO	19
QUARTO PUNTO	20
QUINTO PUNTO	21
SESTO PUNTO	22
SETTIMO PUNTO	23
1.3. STRATEGIE PER UNA BUONA DEFINIZIONE DI VITA	24
1.3.1. <u>ORIGINE DELLA VITA O VITA IN PROVETTA ?</u>	24
LA VITA NEL TEMPO	24
LA VITA IN LABORATORIO	25
1.3.2. <u>BOTTOM-UP O TOP-DOWN ?</u>	26
LA COMPLESSIFICAZIONE	27
LA SEMPLIFICAZIONE	27
1.3.3. <u>DALLE CATEGORIE AGLI INDIVIDUI O DAGLI INDIVIDUI</u> <u>ALLE CATEGORIE ?</u>	27
IL VIVENTE INTEGRATO NELLA STRUTTURA SOTTOSTANTE	28
IL VIVENTE COME INDIVIDUALITÀ AUTONOMA (ESIGENTE UNA CATEGORIA A SÉ)	28
1.3.4. <u>RIDUZIONISMO O OLISMO ?</u>	29
LA VITA IN UNA LETTURA RIDUZIONISTICA	29
LA VITA SECONDO UNA LETTURA OLISTICA	30

CAPITOLO SECONDO: <u>DEFINIZIONI DI VITA</u>	33
2.1. LETTURA CONVENZIONALE	33
2.1.1. <u>VISIONE MANUALISTICA</u>	34
STRYER	34
DARNELL	36
CAMPBELL	37
2.1.2. <u>DIVULGAZIONE SCIENTIFICA</u>	39
BONCINELLI	39
MAYR	43
2.2. I GRANDI CLASSICI TEORICI	58
2.2.1. <u>SCHRÖDINGER</u>	58
2.2.2. <u>MONOD</u>	63
2.2.3. <u>DAWKINS</u>	68
2.2.4. <u>DE DUVE</u>	74
2.3. I CLASSICI DELLA RICERCA	82
2.3.1. <u>ALLA RICERCA DELLE ORIGINI IN LABORATORIO</u>	83
L'IPOTESI DI OPARIN E HALDANE	84
L'ATMOSFERA DI UREY E L'ESPERIMENTO DI MILLER	87
IL "RNA WORLD": ORGEL	90
CRITICA AL MONDO A RNA	94
IL "CLAY WORLD": CAIRNS-SMITH E WÄCHERSHÄUSER	99
LA MICROSFERE DI FOX	102
LA VITA SECONDO OPARIN	105
LA VITA SECONDO FOX	113
2.3.2. <u>LA PROSPETTIVA DELLA TERMODINAMICA: PRIGOGINE</u>	116
2.4. LA RICERCA DI OGGI	123
2.4.1. <u>L'APPROCCIO DELLA BIOFISICA</u>	123
AGENO	125
2.4.2. <u>LA RICERCA SULLE ORIGINI</u>	132
RIZZOTTI	133
MAYNARD SMITH E SZATHMÁRY	140
2.4.3. <u>LA PRODUZIONE DI VITA IN LABORATORIO</u>	144
LA DIFESA DELL'AUTOPOIESI: LUIGI E VARELA	147
2.4.4. <u>ALTRE PROSPETTIVE</u>	153
GÁNTI	153
NAKAMURA	157
GAETA	158
COLOMBO	160
HARTMAN	163
CELA-CONDE	164
OMODEO	166
DEAMER	168
FLEISCHAKER	169
BRACK	172
KORZENIEWSKI	174

CAPITOLO TERZO:	
<u>UNA NOSTRA DEFINIZIONE DI VITA</u>	179
3.1. LA PROPOSTA SCIENTIFICA	180
3.1.1 <u>CHE COSA NE DICONO GLI SCIENZIATI</u>	180
3.1.2 <u>UNA CHIAVE DI LETTURA</u>	186
3.1.3 <u>CHE COSA NE DICE LA SCIENZA</u>	198
3.2. LA NOSTRA PROPOSTA	200
3.2.1 <u>CHE COSA NE DICIAMO NOI</u>	200
FRA LE QUATTRO CATEGORIE	201
LE PROPRIETÀ DEFINITORIE DEL VIVENTE	203
3.2.2 <u>QUALCOSA RIMANE DELLA VITA ?</u>	210
LA REALTÀ DIETRO AL TERMINE	213
CHE COS'È LA "VITA" ?	218
3.2.3 <u>CONCLUSIONE: IL PERSISTENTE BISOGNO DI SENSO</u>	221
LO STUPORE: SCIENZA, ARTE E RELIGIONE COSMICA	223
L' IN-CREDULITÀ: UN <i>ÉLAN VITAL</i> , TENUTO VIVO DALL'UOMO	230
BIBLIOGRAFIA	237
RINGRAZIAMENTI	251

INTRODUZIONE

Le pagine che troviamo per prime, all'inizio di un lavoro scritto, sono generalmente quelle scritte per ultime. Come conclusione del lavoro appena compiuto, lo scrittore rivede il tragitto attraversato e ne traccia una mappa che possa servire da guida ai lettori futuri. Anche noi, pur non essendo degli scrittori e pur non prevedendo un gran numero di lettori, vogliamo trasmettere comunque la soddisfazione di chi ha raggiunto la meta a chi sta per intraprendere il primo passo nel rifacimento dello stesso percorso. Il percorso che, con la nostra ricerca, abbiamo tracciato in queste pagine.

Lo spunto iniziale per il presente lavoro riguardava gli studi sulla prima comparsa della Vita sulla Terra e contava sull'orientamento di M. Rizzotti, rinomato biologo delle origini, ricercatore a Padova, purtroppo precocemente deceduto. Il suo aiuto fu comunque prezioso, anche se la tematica di questa tesi finì per concentrarsi sull'identificazione della transizione dalla non-vita alla Vita, ovunque essa si dia.

Dobbiamo ammettere che il problema della transizione, il mistero di quel *click* (come a volte vi ci siamo riferiti lungo questo testo) che conferisce la Vita a costruzioni di "Lego" fatte di pezzi di pura plastica inerte, è da sempre stato nei nostri pensieri, affascinandoci già dall'infanzia. Ed è stato veramente un enorme piacere potere affrontare quest'argomento in un modo il più possibile approfondito e rigoroso, alla conclusione della nostra storia accademica come studenti.

Anche la scienza in generale, con le sue leggi e le sue rivelazioni sul mondo, ci ha sempre appassionati. Purtroppo, a causa delle esigenze del sistema scolastico portoghese, dopo il nono anno di scuola abbiamo dovuto scegliere definitivamente l'ambito dei nostri studi futuri. Avendo deciso di proseguire nell'indirizzo umanistico, non ci è stato più possibile apprendere niente che riguardasse le scienze esatte e nemmeno le scienze della natura. Il che vuol dire che dopo i quindici anni di età, e lungo i successivi otto anni di studio, non abbiamo mai più studiato nulla rispetto a numeri ed equazioni, forze o leggi della fisica, particelle, atomi o molecole, cellule e DNA. È evidente che questo ci è dispiaciuto assai, visto che l'ambito della conoscenza umana è vastissimo, e converrebbe a

tutti potere arrivare all'università con un'idea minimamente accettabile sui diversi suoi campi di ricerca - come succede in alcuni paesi, purtroppo non in tutti.

Dopo il nostro ingresso all'università, ci siamo inoltre scontrati con la ridotta apertura della filosofia alla conoscenza scientifica contemporanea. Questo ci ha davvero sorpresi, viste le origini comuni di tutti gli ambiti del sapere e visto, soprattutto, l'enorme vantaggio che, a nostro avviso, tutto il patrimonio della conoscenza umana attuale trarrebbe da una maggiore disponibilità intellettuale.

La filosofia, se vuole pensare la realtà del mondo e dell'uomo, deve farsi carico non solo di tutta la storia del pensiero filosofico occidentale, ma anche di quello che del mondo e dell'uomo ha scoperto la scienza fino ad oggi. Difatti, quello che la scienza contemporanea ha da dire sulla realtà può trasformare del tutto le nostre conclusioni filosofiche, visto che spesso ne capovolge del tutto le premesse. Non ha senso continuare a guardare la realtà *soltanto* con gli occhi di Aristotele se il mondo non è più quello che ai tempi di Aristotele si pensava che fosse. Anzi, come già diceva Galileo Galilei, attraverso le parole del suo Salviati, **“non dubito punto che, se Aristotile fusse all'età nostra, muterebbe opinione. Il che manifestamente se raccoglie dal suo stesso modo di filosofare”**¹.

SALVIATI. Aristotile non dic'egli che delle cose del cielo, mediante la gran lontananza, non se ne può molto risolutamente trattare?

SIMPLICIO. Dicelo apertamente.

SALVIATI. Il medesimo non afferm'egli che quello che l'esperienza e il senso ci dimostra, si deve anteporre ad ogni discorso, ancorché ne paresse assai ben fondato? [...]

SIMPLICIO. Dicelo.

SALVIATI. [...] Più aristotelicamente filosofereate dicendo: “il cielo è alterabile, perché così mi mostra il senso”, che se direte: “il cielo è inalterabile, perché così persuade il discorso ad Aristotile”. [...] Ora noi, mercé del telescopio, ce lo siam fatto vicino trenta e quaranta volte più che vicino non era ad Aristotile, sì che possiamo scorgere in esso cento cose che egli non potette vedere, e tra le altre queste macchie nel Sole, che assolutamente ad esso furono invisibili: adunque del cielo e del Sole più sicuramente possiamo noi trattare che Aristotile.²

¹ GALILEI [1632], p. 63.

² Ivi, pp. 70-71.

Oltre al vantaggio che un tale dialogo interdisciplinare porterebbe alla filosofia, è innegabile anche il bisogno straordinario che, di una forte riflessione filosofica, si avverte proprio nell'ambito scientifico e *per* l'ambito scientifico. La scienza scava nella realtà del mondo, la invade, la sveste, la sventra, la scopre. Ma non ha gli strumenti teorici per riflettere sui risultati che ha raggiunto e spesso non pretende nemmeno di doverlo fare. Pensare i "perché", i "per cosa", e "verso dove", i "fino a quando", non è il suo mestiere. E a questo punto, dovrebbe rientrare in scena la filosofia.

Scienza e filosofia sono discipline così difficili che è praticamente impossibile per una persona avere una buona preparazione in entrambe [...]. Eppure scienziati e filosofi dovrebbero dialogare fra loro. Se la filosofia non vuole essere un semplice esercizio di pensiero puro, deve tener conto della scienza. E gli scienziati si pongono domande metafisiche, come chiunque altro, ma cercano le risposte dal punto di vista della loro preparazione scientifica.³

Solo la filosofia potrà riunire le conclusioni dei vari campi del pensiero umano e del pensiero scientifico in particolare, e ricominciare a disegnare il tentativo umano di comprensione della realtà. Altrimenti la conoscenza rimarrà divisa fra la teorizzazione astratta e la specializzazione riduttiva.

Questo lavoro di tesi non pretende assolutamente di realizzare questo incontro e riunificazione. Siamo molto incompetenti in ambito scientifico e troppo immaturi in ambito filosofico, per poterlo fare. Abbiamo semplicemente cercato di inserirci in uno dei tanti spazi vuoti di dialogo, approfittando della mancata riflessione filosofica sui risultati della moderna biologia molecolare, per provare, in qualche modo, ad impegnarci noi, con una nostra impronta, ad abbozzare qualche parola.

Con l'aiuto della Filosofia della Scienza, disciplina che a Padova abbiamo trovato molto più sviluppata che non a Lisbona, abbiamo finalmente potuto affrontare alcune tematiche scientifiche riguardanti il mistero della Vita, affacciandoci ad esse, ormai, con gli occhi nuovi che ci hanno dato questi ultimi cinque anni di studi in filosofia.

³ DE DUVE [1994], p. 476.

Il ponte fra i due ambiti del sapere, l'abbiamo preso in prestito dal problema epistemologico della **definizione** - in particolare, il problema della **definizione di Vita**, tratta dall'ambito scientifico, e ripresa e rianalizzata da noi, in ambito filosofico.

Abbiamo voluto, infatti, non solo presentare le definizioni scientifiche di Vita dell'ultimo secolo che siamo riusciti a raccogliere, ma anche sistematizzarle in un quadro coerente da cui, poi, provare a trarre un senso compiuto che ci portasse verso una nostra definizione della Vita. Speriamo di essere riusciti a non mancare il nostro obiettivo di rigore nella rassegna e capacità analitica nella riflessione critica.

Questa tesi è divisa in tre parti:

Il PRIMO CAPITOLO tratta brevemente del problema della definizione in quanto tale, provando a riassumere la sua storia e le correnti varie in cui si è suddiviso. Con la consapevolezza della vastità di questa tematica, abbiamo soltanto presentato alcune delle più importanti teorie della definizione, e alcune proposte diverse di classificazione e di criteri di correttezza per la medesima. Abbiamo, in seguito, presentato le considerazioni fondamentali, riguardanti il problema della definizione, che abbiamo assunto come nostre nella stesura della tesi, e che ci hanno anche indirizzati verso una particolare strada di ricerca: la ricerca di una definizione **reale** di Vita. Abbiamo concluso il capitolo con una breve rassegna degli approcci possibili assunti dagli scienziati nell'affrontare il problema della definizione di Vita.

Il SECONDO CAPITOLO è stato quello più sviluppato. In esso abbiamo intrapreso una rassegna delle definizioni scientifiche di Vita proposte da diversi autori, in periodi distinti nella storia della ricerca biochimica dell'ultimo secolo. Abbiamo sistemato gli autori in quattro gruppi: 1) quelli di impronta manualistica o divulgativa; 2) quelli ormai classici della riflessione scientifica teorica; 3) quelli responsabili dei passi da gigante che la scienza ha compiuto nel ventesimo secolo, e per questo considerati i classici della ricerca; 4) e infine, quelli che si occupano dell'odierna ricerca scientifica e che si sono dedicati anche ad una riflessione sui risultati del proprio lavoro.

Il TERZO e ultimo CAPITOLO è stato dedicato all'analisi e sistematizzazione degli autori studiati lungo il secondo capitolo della tesi. È stato suddiviso in due parti, nella prima delle quali, con l'aiuto di due contrapposizioni e di quattro concetti, su cui ci è sembrato gli autori si soffermassero ripetutamente nei loro approcci al problema della

definizione della Vita, abbiamo provato ad organizzare le differenti proposte in alcune schede semplici e chiare. Questo ci ha permesso, alla fine, di ricondurre la prospettiva di tutta la scienza a soltanto quattro possibilità diverse e a poche righe riassuntive delle premesse comuni e ritenute indiscutibili da chi assume una impostazione scientifica.

Sulla base di queste proposizioni abbiamo, infine, steso le nostre personali considerazioni sul tema, facendo ritorno agli obiettivi che ci eravamo proposti dall'inizio. In questo modo, abbiamo individuato le proprietà da noi ritenute definitorie della Vita e, con queste, abbiamo presentato la nostra definizione di Vita. Questa, curiosamente, non è rientrata nel tipo che ci immaginavamo di trovare. Difatti, alla conclusione del nostro percorso, abbiamo dovuto ammettere una mancata “vittoria”, per quello che riguarda alcuni aspetti della nostra meta prefissata – ma non vogliamo ancora anticipare le nostre conclusioni.

Passiamo ora alla lettura della tesi, che sicuramente potrà giustificare meglio di qualsiasi riassunto introduttivo il nostro percorso e le nostre conclusioni.

Vogliamo soltanto aggiungere due chiarimenti tecnici:

- lungo tutto il testo, ogniqualvolta vi sarà una citazione in lingua originale, la rispettiva traduzione in nota è di nostra intera responsabilità.
- il termine “Vita” compare quasi sempre in maiuscolo, nella misura in cui rimanda al concetto stesso che è l'oggetto di questa tesi. Comparirà, invece, fra virgolette quando inteso metalinguisticamente, come termine da definire.

CAPITOLO PRIMO

PER UNA DEFINIZIONE

«Conoscere implica definire»¹. E se con questo lavoro ci proponiamo di tentare una definizione di Vita, è evidente che dobbiamo innanzitutto chiarire quali siano i criteri necessari per poterla formulare.

Difatti, il problema con cui ci siamo confrontati e che ci ha spinti all'indagine su questo tema è stato proprio la mancanza di una riflessione che precedesse le multiple e sparse definizioni di Vita che ci si presentano nei più diversi campi di riflessione, soprattutto in ambito scientifico. Non solo è estremamente rada la ricerca teorica di un consenso sul concetto di Vita, sui limiti del suo significato e della sua definizione, come nemmeno ci sembra vi sia una consistente preoccupazione sulla metodologia con cui questo concetto viene (o non) esplorato.

La Vita è intuita e vissuta quotidianamente da ognuno di noi, e viene poi osservata, compresa e manipolata dalla ricerca scientifica. Questo continuo trattamento e continua “presenza” della Vita (prima di lavorare con batteri o liposomi, lo scienziato è soprattutto egli stesso un essere vivente) avviene quasi sempre senza che, accanto all'azione che su di essa (e grazie ad essa) è intrapresa, vi sia anche una riflessione filosofica. E quando questa riflessione comunque s'impone e viene portata avanti da alcuni studiosi, essa non è tuttavia accompagnata da una consapevolezza metodologica che garantisca un approccio corretto, non ingenuo, coerente.

Non pretendiamo certo noi di poter colmare questa lacuna. Sia la nostra formazione filosofica, sia soprattutto la nostra insufficiente preparazione in ambito scientifico non ci permettono di sviluppare un'analisi esaustiva delle definizioni finora proposte. Inoltre, l'indagine sulla “**definizione**” in quanto tale è di tal forma problematica che per riuscire a trarne un senso in modo conclusivo non basterebbe certo una tesi di laurea, anche se dedicata esclusivamente a quella tematica. Dunque, per questioni di interesse personale, non abbiamo scelto come nostro obiettivo lo studio esclusivo del metodo, della forma.

¹ PERUZZI [1997], p.20.

Abbiamo invece cercato di prendere il dibattito in corso soltanto come un mezzo e non come un fine in sé, provando a capirne i diversi fronti in modo da non muoverci poi troppo ingenuamente nell'approccio diretto al tema che davvero ci interessa, quello dell'indagine sulla "definizione **di Vita**".

1.1. CRITERI PER LA DEFINIZIONE E CRITERI PER LA VITA STESSA

Consideriamo dunque che vi sia un primo livello di approccio, quello che possiamo chiamare il livello **ontologico**, in cui la Vita è semplicemente il vissuto di un soggetto, il suo sfondo esistenziale, ciò su cui mai egli rivolge lo sguardo. Il secondo livello di approccio è invece quello **gnoseologico**, per cui la Vita diventa essa stessa oggetto di un'indagine che la racchiude in un concetto, mentre il terzo è il livello **epistemologico**, il quale ha come oggetto proprio la riflessione che prima aveva come suo oggetto la Vita stessa.

A somiglianza di un gioco di specchi o come una successione di quadri in cui viene ritrattato il famoso motivo del pittore che dipinge se stesso, abbiamo qui un secondo livello rivolto verso il primo, di cui determina le frontiere, e infine la terza *matrioska*, l'ultimo livello di approccio che è come una finestra aperta su un'altra finestra, aperta su un'altra ancora². E siccome dobbiamo andare a ritroso dalla cornice più esterna, attraverso tutte le altre, fino ad arrivare al paesaggio reale, è proprio l'ultimo livello (quello epistemologico) il settore che per primo ci interessa.

² Evidentemente, nulla ci impedisce di continuare lungo la serie delle "meta" conoscenze. Dietro la Vita, c'è la definizione di Vita e dietro questa la teoria della definizione. Quest'ultima è quella che, in qualche misura, proveremo a realizzare in questo primo capitolo. E andando indietro ancora possiamo trovare una "teoria della teoria della definizione", che è quello che fa, per esempio, Peruzzi (Ivi, pp. 13-14) quando scrive: «Una soddisfacente teoria della definizione **dovrà essere** comprensiva ed articolata (e non è facile conciliare ampiezza e finezza): dovrà essere tanto comprensiva da poter catalogare i più diversi tipi di definizione e tanto articolata da poter caratterizzare ciascuno di questi tipi in base a criteri rigorosi» (grassetto nostro).

Non parleremo quindi, ancora, della Vita, ma vogliamo prima cercare i criteri che ci permetteranno di parlarne. **I criteri definitivi della Vita.** Siamo al terzo livello e incominciamo da qui.

Ma nonostante l'apparente semplicità della nostra richiesta, s'impone dall'inizio la necessità di un ulteriore chiarimento: questi criteri che vogliamo fornire, ci mostreranno certamente che cosa intendiamo per "Vita"; ma che cosa intendiamo invece, e prima di tutto, per "criteri definitivi"? Ancora un passo indietro.

Il fatto è che, senza rendercene conto, corriamo ancora il rischio di muoverci su due piani diversi, **linguaggio** e **meta-linguaggio**, i quali possono essere fatti coincidere, secondo la divisione prima delineata, rispettivamente con il livello gnoseologico e quello epistemologico. Da una parte, quindi, le frontiere (se ce ne sono) che delimitano la Vita: i **criteri qualificativi** che accolgono ciò che è vivo e scartano ciò che non lo è. E dall'altra, quelle che racchiudono invece la buona definizione: i **criteri metodologici** che accettano la definizione corretta e rifiutano quella scorretta.

Trovare i giusti criteri è quindi tanto il punto di partenza quanto il punto di arrivo di questo lavoro. In quanto criteri-proprietà, essi sono l'obiettivo dell'indagine. Mentre nella loro accezione di criteri-norme, sia per formulare una "buona definizione" in generale, sia per trovare la migliore "definizione di Vita" in particolare, essi sono invece la condizione necessaria per incominciare³.

1.2. REGOLE PER UNA BUONA DEFINIZIONE

Non è assolutamente consensuale quale sia la giusta definizione di "definizione". Che cosa essa sia, che limiti abbia, quanti tipi diversi vi possano essere, quale sia il suo scopo, che rapporto vi sia tra essa e la realtà a cui si rivolge, se sia o meno mera

³ Secondo la nostra classificazione, il livello epistemologico, ossia la "teoria della definizione", affronta sia la definizione di Vita (in questo lavoro: 1.3.) sia la definizione in generale (in questo lavoro: 1.2.). Non consideriamo che dietro la definizione di Vita [secondo livello] ci sia una definizione in sé [terzo livello] e soltanto dopo di essa una teoria della definizione [quarto livello]. Questo perché non consideriamo che esista una definizione in sé, vuota di contenuto, oltre le innumerevoli definizioni di qualcosa, di Vita, di specie naturale, di massa, di triangolo, di gatto.

convenzione, che cosa la contraddistingua dalla dimostrazione o dalla spiegazione, sono, tra tante altre, delle questioni tuttora in discussione.

Quello su cui tutti (o quasi tutti⁴) sono comunque d'accordo è che le definizioni **non sono** semplicemente degli enunciati chiari e indiscutibili, che fissano su un dizionario il significato (*definiens*) di una parola (*definiendum*). Oggigiorno siamo sempre più convinti che né le parole sono definitive, né la loro definizione è determinata una volta per sempre, anche perché il mondo stesso è in continuo cambiamento. Non vi è quindi niente di fisso in una definizione, e niente di banale. La rete di interdipendenze tra le parole, il loro valore conoscitivo e le cose a cui rimandano, la possiamo forse catturare per un attimo in una frase, il cui uso provocherà però subito l'erosione di quella che fu soltanto una breve cristallizzazione. Il rapporto tra il mondo, il pensiero e il linguaggio è qualcosa di dinamico e dialettico che nelle definizioni si rispecchia ma anche si ricrea: «le convenzioni definitorie hanno conseguenze tutt'altro che convenzionali»⁵.

1.2.1. UN DIBATTITO PLURISECOLARE

La questione della struttura del discorso giustificativo è una delle problematiche filosofiche centrali già dai tempi di Socrate e Platone. E come garanzia fondamentale della validità di questa struttura, il collegamento, per ogni ragionamento, fra la verità della conclusione e la verità delle premesse, ci porta presto alla questione dell'affermazione indubitabile di queste ultime, in quanto primi principi da cui necessariamente iniziare. Ma anche alle premesse bisogna pur arrivare, come dal più complesso al più semplice, dal noto all'ignoto. E questo è possibile grazie ad una catena di definizioni che correttamente spogliano ogni cosa dalla scorza contingente che adorna ciò che in essa è necessario, ovvero l'essenza sostanziale che si vuole appunto determinare.

⁴ C'è anche chi, come Popper, difende esplicitamente la non importanza della questione della definizione, visto che i problemi concernenti il linguaggio sono soltanto dei "pseudoproblemi" e che tutto ciò che sappiamo è comunque rivedibile: «Le domande-*'cos'è?'*, come *'cos'è la giustizia?'* o *'cos'è il grado di corroborazione?'* sono sempre futili, prive di interesse filosofico o scientifico, e altrettanto futili e prive di interesse sono tutte le *risposte* a domande-*'cos'è?'*, come le *definizioni*. [...] Di conseguenza il fine della filosofia (o di qualunque altra attività razionale o critica) *non può* essere quello di chiarire, o di definire idee, o concetti, o nozioni, o significati, o di sostituire idee o concetti o significati dati con altri più esatti» (POPPER [1956], 275-6).

⁵ PERUZZI [1997], p. 177.

Con Aristotele la definizione fu per la prima volta trattata in modo sistematico e, lungo i successivi venticinque secoli di storia della conoscenza umana, non venne mai più dimenticata, anche se in alcuni periodi l'interesse su di essa non fu particolarmente intenso. Essendo impossibile (e poco utile) riportare dettagliatamente in questa sede lo sviluppo storico di questo dibattito, proveremo a riassumerne soltanto alcune linee principali che, secondo la nostra lettura, possono illustrare le direzioni lungo le quali la ricerca si è sviluppata.

TRADIZIONE REALISTICA

Con la formalizzazione, da parte di Aristotele, del procedere logico, si fissarono anche le regole della struttura del ragionamento argomentativo. Furono allora introdotte le prime tre figure del sillogismo, delle quali, in particolare, la prima, garantiva la “perfezione” sintattica del discorso⁶.

Questa prima figura, di forma Universale Affermativa, venne ad imporre dei limiti normativi anche alla definizione. Difatti, per lo stagirita, quest'ultima deve essere rigorosamente intesa come **reale**, ossia, coincidente con l'essenza della realtà, la quale è manifestata appunto dalla correttezza formale del sillogismo.

In realtà, pare che l'espressione definitoria debba riguardare l'essenza, e che ogni essenza venga espressa in forma universale e affermativa.⁷

La definizione è sempre una “determinazione immanente dell'essenza”⁸ e solo in quanto tale è considerata “vera”. Le espressioni definitorie a cui, invece, non corrisponde un'essenza individuale oggettiva (ossia, quelle meramente convenzionali) semplicemente non hanno alcun senso. Esse sono considerate “assurde” oppure, se non rispettanti la suddetta struttura sintattica, addirittura “false”, senza che vi sia tra queste definizioni e quelle valide una via intermedia⁹.

⁶ «Quando tre termini stanno tra di essi in rapporti tali, che il minore sia contenuto nella totalità del medio, ed il medio sia contenuto nella totalità del primo, è necessario che tra gli estremi sussista un sillogismo perfetto» (ARISTOTELE, *Analitici Primi*, I, 25 b).

⁷ ARISTOTELE, *Analitici Secondi*, II, 90b.

⁸ Ivi, 91a.

⁹ Si noti che, anche se la vera definizione implica un'essenza sottostante al *definiendum*, non per questo ne implica anche l'esistenza: «[...]qualcuno, sapendo mediante l'espressione definitoria che cos'è un oggetto,

Queste furono le origini del realismo o **essenzialismo**, ripreso successivamente in modi sempre diversi e nuovi, in risposta a teorie anch'esse sempre diverse, nate in contesti storici che favorivano polemiche sempre rinnovate. Secondo questa concezione, che accomunò autori quali Leibniz o Frege, definire qualcosa significa determinarne l'essenza. Ecco allora che ricercare una buona definizione comporta ricercare l'essenza del *definiendum*, inteso come un qualcosa che c'è, e mai semplicemente come un termine. Da questo punto di vista, il definibile è solo il reale (o almeno l'empiricamente possibile), per cui la logica e l'ontologia si sovrappongono, entro i **limiti** imposti dalla struttura della realtà stessa e dalle regole formali.

TRADIZIONE COSTRUTTIVISTA

Ma anche se Aristotele è il precursore dell'essenzialismo, la sua eredità non si è esaurita in una sola corrente di pensiero. Secondo la concezione aristotelica, infatti, la definizione deve identificare l'essenza sostanziale del *definiendum*, la quale è espressa dal termine medio del sillogismo: “Tutti i pianeti sono corpi celesti, qualche corpo celeste cambia posizione; quindi, qualche pianeta cambia posizione”. Il termine medio, però, coincide anche con la ragione di essere della cosa, il “perché” essa è quello che è:

In effetti, il medio è la causa, ed è proprio questa che viene cercata in ogni indagine.¹⁰

Questa è la concezione **genetico-causale** dello stagirita, secondo cui cogliamo l'essenza della cosa da definire, quando ne cogliamo la causa, sia interna che esterna¹¹.

Possiamo considerare che questa idea di base abbia seminato le radici del costruttivismo, subito dopo portato avanti in modo definitivo dalla geometria euclidea. I celebri *Elementi* di Euclide, infatti, consacrano il metodo deduttivo con cui dagli assiomi (es. “Il tutto è maggiore della parte”) e nozioni primitive (es. “punto”, “retta”) sono dimostrati i postulati

non saprà se tale oggetto è. [...] Le definizioni, invero, non rivelano che l'oggetto da esse indicato possa sussistere» (Ivi, 92b).

¹⁰ Ivi, 90a.

¹¹ Aristotele ammette che la definizione può, infatti, essere intesa in più di una maniera: «L'espressione definitoria può essere dunque, in un primo senso, un discorso indimostrabile che spiega che cos'è l'oggetto, in un secondo senso, un sillogismo che deduce l'essenza, [...], ed in un terzo senso, la conclusione cui **giunge** la dimostrazione dell'essenza» (Ivi, 94a). È importante sottolineare, però, che, in ogni caso, la definizione si riferisce sempre all'essenza dell'oggetto definito, per cui le diverse forme in cui può apparire sono, sempre e comunque, espressione di un'unitaria lettura realistica.

(es. “Due punti determinano una e sola retta”) e così fondati i teoremi¹². Pensatori come Spinoza, Leibniz e Kant svilupparono poi questa concezione, sempre tenendo come presupposto fondamentale il fatto che una buona definizione sia tale in quanto riporta il *modus generandi* della nozione definita. La definizione di un termine è quindi il risultato del processo formale attraverso il quale si costruisce mentalmente ciò per cui il termine sta. In questo senso, il “definire” può addirittura confondersi con il “**dimostrare**”¹³.

TRADIZIONE NOMINALISTA

Subito dopo Aristotele, la scuola scettica riprese l’atteggiamento della sofistica e mise radicalmente in questione la possibilità di qualsiasi definizione. Furono le prime manifestazioni di una terza linea di pensiero, profondamente opposta alle prime due, che ebbe straordinario successo non solo nei secoli che seguirono il Rinascimento e la rivoluzione scientifica, ma anche e soprattutto lungo il ventesimo secolo, con il neoempirismo. Si tratta del nominalismo¹⁴, corrente che difende il carattere esclusivamente **convenzionale** delle definizioni – considerate soltanto puri “nomi”, appunto - e che accomuna da Hobbes, tra gli empiristi, Mill, nella tradizione analitica, e Mach, figura di determinante influenza per il Circolo di Vienna, a Popper, Quine, Hilbert, Russell e

¹² Con Euclide si è stabilita una alleanza definitiva tra l’uso e l’indagine sulla definizione e la geometria, alleanza che con Kant arrivò ad essere considerata esclusiva, per cui solo la matematica può “definire” un concetto, mentre la filosofia può soltanto “spiegarlo” o “chiarirlo”. La geometria e la matematica, infatti, rimasero la sede principale della discussione sulla definizione, e quindi di tutti i problemi e dissensi che nacquero intorno ad essa: per esempio, il famoso problema del quinto postulato di Euclide (per cui dalla definizione di due rette parallele come “rette che, se infinitamente prolungate, non si incontrano mai”, non segue la loro esistenza), che rimane fino ad oggi il paradigma più emblematico del delicato rapporto tra definire e dimostrare.

¹³ Per Aristotele, però, non esiste questo rischio. Infatti, egli ribadisce sempre la distinzione fra il definire ed il dimostrare per cui, anche quando la definizione viene intesa come frutto di un processo di costruzione e rivela dunque la **causa** del *definiendum*, essa rimane, comunque, soltanto la **premessa** oppure il **risultato** della dimostrazione, senza che si sovrapponga a quest’ultima: «Ciò cui si applica l’espressione definitoria non è oggetto di dimostrazione. L’espressione definitoria tende infatti all’essenza e alla sostanza; per contro, pare che tutte le dimostrazioni pongano come ipotesi ed assumano l’essenza. [...] Da un lato, l’espressione definitoria rivela che cos’è un oggetto; d’altro lato, la dimostrazione prova che un qualcosa si riferisce o non si riferisce ad un oggetto» (Ivi, 90b-91a).

¹⁴ È importante mantenere distinte la **concezione nominalista della definizione** (per cui le definizioni non sono reali bensì convenzionali) ed il **nominalismo** così come si è sviluppato, dal medioevo in poi, nel pensiero filosofico europeo (il quale postula la non esistenza degli universali né in sé né nelle cose singole, essendo queste ultime le sole propriamente esistenti). È evidente che, essendo la definizione una generalizzazione, nel momento stesso in cui la prima corrente proclama la non realtà di tutte definizioni essa presuppone anche la non realtà degli universali. Ed è chiaro anche che il nominalismo stretto postula indubbiamente la convenzionalità delle definizioni, dal momento in cui la reclama in generale di tutte le nostre leggi e teorie. Tuttavia, quando parliamo, in questa sede, della teoria nominalista della definizione, la intendiamo precisamente nel primo senso, ovverosia, in quanto concezione “convenzionalista” della definizione.

Carnap, forti esponenti del neopositivismo logico, fino infine a Poincaré, sostenitore in prima linea del convenzionalismo. Secondo la posizione nominalista, i concetti sono definiti in base ad un accordo o convenzione, secondo criteri di coerenza e non contraddittorietà, comodità o semplicità, non avendo bisogno di alcun riscontro nei fatti dell'esperienza. Questo implica che tutto sia definibile. Tale concezione concesse una enorme libertà ma anche un inevitabile **arbitrarietà** all'atto di definire.

GLI INDEFINIBILI

La logica che, secondo Aristotele, era indissociabile dalla sua concezione realista del linguaggio, divenne invece, lungo la *querelle* tra razionalisti e empiristi, sempre più associata alla concezione convenzionalista della definizione. Della semplice esigenza di coerenza interna del sillogismo, il nominalismo logico si approfittava per poter tutto dire, opponendosi così alla geometria costruttivista che aveva invece come punto di partenza l'imprescindibile intuizione geometrica.

Infatti, una delle strategie usate contro l'arbitrarietà delle definizioni e della definibilità fu il ricorso ad un qualche tipo di **idee primitive** e semplicissime oltre le quali non si potesse indietreggiare ulteriormente. Descartes, Pascal, Newton, Locke, Leibniz, Kant, tra altri, hanno in questo senso ribadito l'esistenza di intuizioni primarie chiare ma indefinibili di cui ogni uomo ha una idea simile. Siano esse considerate delle traduzioni linguistiche di intuizioni sensibili immediate o di evidenze mentali innate, dei termini puramente nominali o degli oggetti reali esistenti, degli assiomi primari o dei numeri, il fatto indiscutibile è che provare a scomporre ulteriormente queste intuizioni implicherebbe la caduta in un circolo vizioso, ossia nella trappola dello scetticismo¹⁵.

¹⁵ Sullo statuto di questi principi non scomponibili (assiomi), sorse una polemica anche relativamente recente tra due gruppi di filosofi della scienza:

- da una parte, Hilbert e Poincaré ribadivano la convenzionalità degli assiomi, considerati da loro delle "definizioni implicite" (vedi, nel presente lavoro, p. 16) il cui significato dipendeva dal contesto;
- dall'altra, Frege e Russell difendevano invece che, secondo il "principio di composizionalità" fregeano, il significato dei principi-base proviene dall'ostensione ed è su di esso, e non inversamente, che si fonda il significato della proposizione.

1.2.2. ALCUNI CRITERI

Come è evidente, a seconda della tradizione in cui ci si inserisce, anche i criteri usati per giudicare o formulare le definizioni saranno costretti a variare. Sottolineeremo ancora¹⁶ questo rapporto di interdipendenza fra definibilità e contesto teorico. Ma vogliamo comunque subito accennarci, illustrandolo attraverso gli esempi fornitici dai diversi criteri che pensatori sorti in tempi diversi della storia e che difendevano, come abbiamo visto, visioni fundamentalmente opposte quali l'essenzialismo e il nominalismo, scelsero come limiti per la corretta definizione.

PRIMO ESEMPIO

Innanzitutto, **Aristotele** stabilì che ogni definizione deve essere per *genus et differentiam* (per genere prossimo e differenza specifica), cioè che il *definiens* deve fornire sia il minimo genere in cui rientra il *definiendum*, sia la caratteristica specifica che, all'interno di tale genere, lo contraddistingue. Il *definiens* deve inoltre essere una proprietà non accidentale bensì essenziale del *definiendum*, in modo che entrambi siano reciprocamente convertibili. E poiché le definizioni devono avere utilità conoscitiva, bisogna che il *definiens* sia più noto del *definiendum*. Aristotele elencò infine quattro regole che rimasero insuperate per molti secoli:

- i) la definizione deve fornire l'essenza di ciò che viene definito;
- ii) la definizione deve essere non-circolare;
- iii) la definizione non deve essere negativa quando può essere positiva;
- iv) la definizione non deve essere in linguaggio oscuro o metaforico.

SECONDO ESEMPIO

B. Pascal considerava che l'ordine geometrico fosse «[...]l'ordine più perfetto tra gli uomini, [il quale] consiste non nel definire o nel dimostrare tutto, e neppure nel non

¹⁶ Vedi, nel presente lavoro, p. 17.

definire nulla o nel non dimostrare nulla, ma nel tenersi nel giusto mezzo di non definire le cose chiare e intese da tutti, e di definire tutte le altre; e di non dimostrare tutte le cose conosciute dagli uomini e di provare tutte le altre»¹⁷. In accordo con questo ideale supremo di razionalità e con la fiducia nei vincoli naturali che, educati dalla matematica, ci orientano meglio di qualsiasi schema sillogistico proposto dai logici contro i quali argomentava, Pascal riassunse in tre regole i criteri fondamentali per la correttezza delle definizioni:

- i) Non mettersi a definire cose talmente note di per se stesse da non esserci termini più chiari per spiegarle;
- ii) Non omettere alcun termine un po' oscuro od equivoco lasciandolo senza definizione;
- iii) Usare nella definizione dei termini soltanto parole note oppure già spiegate.

TERZO ESEMPIO

Per **I. Kant**, come sappiamo, la definizione filosofica di concetti empirici, punto di arrivo di un'analisi discorsiva basata su concetti, non può essere considerata una vera definizione. Essa è semmai una "spiegazione" - che può essere di tipo "designativo", "espositivo", o "dichiarativo". La vera definizione è invece e soltanto quella sintetica e *a priori*, ossia quella matematica, punto di partenza di un tipo di conoscenza intuitivo, fondato non più su concetti, bensì sulla costruzione di concetti. Certo è che questa distinzione fra la "definizione", propria della matematica, e la "spiegazione", propria della filosofia, può essere solamente un aspetto terminologico trascurabile, sminuito inoltre dal fatto, rilevato da Kant stesso, che in lingua tedesca i diversi concetti si confondano nella nozione di *Erklärung*. Nonostante questo, ciò che invece è rilevante è che Kant ci dia comunque i criteri fondamentali per una buona definizione:

Definire, come dice il termine stesso, non significa altro, propriamente, che presentare in modo originario il concetto dettagliatamente completo di una cosa entro i suoi limiti. Data questa esigenza, un concetto empirico non può certo essere definito, ma soltanto spiegato.¹⁸

¹⁷ PASCAL [1658], pp. 336-337.

¹⁸ KANT [1781], p. 724 (sottolineato nostro).

E poi, in nota, il chiarimento approfondito di questi criteri:

Completezza dettagliata significa chiarezza e sufficienza di predicati; limiti, significa la precisione, ossia che, oltre ai predicati appartenenti al concetto dettagliatamente completo, non ve ne sono altri; in modo originario, poi, significa che questa determinazione dei limiti non deriva da null'altro, e non richiede quindi un'ulteriore dimostrazione, che renderebbe la presunta definizione incapace di stare al vertice di tutti i giudizi riguardanti un oggetto.¹⁹

QUARTO ESEMPIO

Anche **G. Frege**, nel primo volume del 1893 dei suoi *Grundgesetze der Arithmetik* in cui espone l'impianto del suo sistema logicista, elenca una serie di requisiti che la definizione di ogni nuovo simbolo, a livello ideografico, dovrebbe rispettare, e che riassumiamo in cinque punti:

- i) ogni simbolo introdotto deve riferirsi a qualcosa, cioè, deve avere una denotazione;
- ii) uno stesso simbolo non deve essere introdotto da più di una definizione;
- iii) ciascuna definizione deve essere semplice, ovverosia, non può introdurre più di *un* nuovo simbolo né contenere termini ignoti non ancora definiti;
- iv) *definiens* e *definiendum* devono essere reciprocamente sostituibili in ogni contesto;
- v) una relazione in n variabili (libere) può essere definita soltanto da una formula con lo stesso numero di variabili (ciò si applica in particolare al caso di una funzione)²⁰.

Ribadendo sempre una visione realista della definizione - per cui ad ogni 'concetto' corrisponde un 'oggetto' reale da esso distinto - egli ripropone, già nel secondo volume dell'opera (pubblicato dieci anni dopo), i due principi fondamentali che, anche nell'ambito del linguaggio comune, non possono venire trascurati. Difatti, secondo Frege, «senza definizioni complete e definitive non si ha un terreno stabile come base, non si è sicuri della validità dei nostri teoremi, non si possono applicare a ragion veduta le leggi logiche, le quali hanno appunto come presupposto la rigorosa delimitazione dei concetti e quindi anche delle relazioni»²¹.

¹⁹ Ivi, p. 725 (sottolineato nostro).

²⁰ FREGE [1893], pp. 90-91.

²¹ FREGE [1884], p.508.

Proviamo ora a presentare i suddetti principi, evidenziandone la continuità con i principali criteri ideografici di cui sopra:

a) PRINCIPIO DI COMPLETEZZA

Una definizione di un concetto (cioè, di un possibile predicato) deve essere completa, ossia deve determinare univocamente, per ogni oggetto, se esso cade sotto quel concetto (cioè se quel predicato può venire affermato con verità di tale oggetto) oppure no.²²

E aggiunge Frege, più avanti:

Nel primo volume abbiamo espresso questa esigenza affermando che ogni nome di funzione deve avere un significato. Di conseguenza, sono da rigettare tutte le definizioni condizionate e tutto il definire frammentario. Ogni segno deve essere spiegato completamente in un solo colpo, cosicché, come noi diciamo, esso riceva un significato.²³

Questo principio si avvicina chiaramente al primo (i) criterio dell'ideografia, la cui natura realista è ribadita più volte ancora nel primo volume dei *Principi dell'Aritmetica*:

Sembra che alcuni autori gli attribuiscono spesso [alla definizione] una forza creatrice, mentre in realtà essa non riesce a null'altro, se non a delimitare un oggetto e a denotarlo con un nome. **Come il geografo non crea il mare**, mentre ne traccia le coste e mentre dice, per esempio, “voglio chiamare Mar Giallo la porzione di superficie acquee limitata da queste linee”, **così anche il matematico non può, a rigor di termini, creare nulla con le sue definizioni**. Nemmeno è possibile, per mezzo di una pura definizione, conferire a un ente qualche proprietà che esso già non possieda, salva quella di portare un nome diverso da un altro. [...] Soltanto se si è dimostrato che esiste un oggetto, e uno solo, con le proprietà richieste, si è in grado di attribuire a quest'oggetto il nome di “zero”.²⁴

b) PRINCIPIO DELLA SEMPLICITÀ DELL'ESPRESSIONE SPIEGATA

Che il significato di un'espressione e quello di una parte non valgano sempre a determinare il significato della parte rimanente, è evidente. Non si può quindi spiegare un segno o una parola limitandosi a spiegare un'espressione nella quale esso o essa ricorrono, e in cui le parti rimanenti sono conosciute.

[...] La definizione deve piuttosto avere il carattere di un'equazione risolta rispetto all'incognita, a secondo membro della quale non figurino più niente di incognito. [...] In questo senso, quindi, si può dire: l'espressione

²² Ivi, p.501.

²³ Ivi, p. 513.

²⁴ Ivi, pp.484-485 (grassetto nostro).

spiegata – il segno spiegato – deve essere semplice. Altrimenti potrebbe accadere che le parti venissero spiegate anche singolarmente e che queste spiegazioni contraddicessero quella della totalità.²⁵

Questo principio è evidentemente relativo ai secondo e terzo criteri dell'ideografia, per cui ad ogni simbolo deve corrispondere una sola definizione (ii) e ad ogni definizione un solo simbolo (iii), in modo da ridurre il rischio di ambiguità.

QUINTO ESEMPIO

Infine un esempio italiano che ritrae già la precisa impronta matematica con cui l'analisi delle definizioni è stata intrapresa nel novecento. Indica **G. Peano** in un articolo del 1921, *Le definizioni in matematica*²⁶, seguendo proprio la direzione opposta a Frege:

- i) Ogni definizione è un'uguaglianza;
- ii) Tutte le definizioni (matematiche) sono nominali;
- iii) Non tutte le definizioni sono *per genus et differentiam*;
- iv) Una definizione qualsiasi non esige l'esistenza di qualcosa che la soddisfi;
- v) Non sono legittime definizioni circolari;
- vi) Mentre ciò che viene definito può essere ignoto, il *definiens* deve essere noto.

1.2.3. ALCUNE POSSIBILITÀ DI CLASSIFICAZIONE

Prima di proporre una visione unitaria di questa fecondissima pluralità di posizioni, e ribadendo ancora che non abbiamo l'intenzione di presentarne in questa sede una nostra compiuta teoria, proviamo ora a riassumere i diversi tipi di definizioni che troviamo, a seconda dei diversi modi con cui le possiamo classificare.

²⁵ Ivi, pp. 513-514.

²⁶ PEANO [1921], pp. 423-435.

1) A SECONDA DELLO SCOPO

i) definizione **contro l'ambiguità** (intesa come polisemia)²⁷ - in cui informiamo sul significato di un'espressione, distinguendone, se ce ne sono, i vari sensi;

ii) definizione **contro la vaghezza** (intesa come indeterminatezza delle frontiere semantiche)²⁸ - in cui determiniamo con precisione l'ambito di applicabilità di un'espressione;

iii) definizione **per l'economia espressiva** - in cui arricchiamo il lessico con un nuovo termine che riesce a comprendere in sé più proprietà, prima semanticamente sparse;

iv) definizione **per un adattamento al contesto** - in cui restringiamo o ampliamo l'uso di un'espressione preesistente, in modo da finalizzare la sua applicazione ad un determinato ambito teorico. Spesso quest'ultimo tipo di definizione finisce per retroagire sull'uso comune del termine in questione, modificandolo in conformità all'accezione tecnica. Questo è forse quello che succederà lungo questo lavoro con il concetto di Vita.

Per garantire la legittimità di questa nuova applicazione restrittiva o estensiva, possiamo adottare tre criteri per la definizione, ognuno dei quali prova ad apparire come risposta ai problemi sollevati dagli altri:

- a) criterio di sostituibilità. In tutti i casi, si deve poter sostituire *definiens* e *definiendum salva veritate*. Questo implica, però, che possiamo affermare la coestensività di entrambi gli enunciati soltanto per le circostanze di cui conosciamo la verità, o semmai per ogni possibile circostanza empirica.

²⁷ Nel *Cambridge Philosophical Dictionary*, troviamo la seguente definizione:

«AMBIGUITY: a phonological (or orthographic) form having multiple meanings (senses, characters, semantic representations) assigned by the language system»

(«AMBIGUITÀ: una forma fonologica [o ortografica] avente **multipli significati** [sensi, caratteri, rappresentazioni semantiche], assegnate dal sistema linguistico» [Grassetto nostro]).

²⁸ La definizione di "vaghezza" presente nel *Cambridge Philosophical Dictionary* è la seguente:

«VAGUENESS: a property of an expression in virtue of which it can give rise to a "borderline case". A "borderline case" is a situation in which the application of a particular expression to a (name of) a particular object does not generate an expression with a definite truth-value; i.e., the piece of language in question neither unequivocally applies to the object nor fails to apply»

(«VAGHEZZA: la proprietà di una espressione in virtù della quale vi possono essere dei '**casì di frontiera**'. Un 'caso di frontiera' è una situazione in cui l'applicazione di una particolare espressione ad (un nome di) un particolare oggetto, non genera un'espressione con un valore di verità definito; i.e., il pezzo di linguaggio in questione né si applica inequivocabilmente all'oggetto, né non vi si applica» [Grassetto nostro]).

- b) criterio di sinonimia. Il *definiens* e il *definiendum* devono avere esattamente lo stesso significato. Questo permette la coestensività in ogni circostanza concepibile, cioè in ogni mondo logicamente possibile. Però dobbiamo affrontare delle questioni filosoficamente impegnative, su che cosa s'intenda per "mondo possibile", come facciamo a riferirci a entità irreali ma possibili, o innanzitutto sul problema quineano del "significato".
- c) criterio di traducibilità. Mantenendo ben distinti i due linguaggi e le due teorie, il problema dell'adeguatezza della definizione è ricondotto al problema della correttezza della traduzione, per cui per ogni enunciato L, parte della teoria T, in cui il *definiendum* ha un determinato valore di verità, ci dovrà essere un enunciato L*, parte della teoria T*, in cui il *definiens* è ugualmente vero o falso.

2) A SECONDA DELLA FORMA

i) Definizioni **metalinguistiche**.

Es. "Uomo": animale razionale.

In questo caso, la definizione è formulata in un metalinguaggio L* che si rivolge verso il linguaggio-oggetto L, del quale "menziona" una determinata espressione e la equipara per definizione (mediante il simbolo =_{DF}) ad un'altra, di modo che, in ogni contesto enunciativo in cui compare l'una, al suo posto si possa sostituire l'altra. Il vantaggio delle definizioni metalinguistiche è che, a differenza di quelle linguistiche, sono sempre convenzionali e quindi non modificano sostanzialmente il linguaggio (né la teoria) in cui vengono aggiunte.

ii) Definizioni **linguistiche**.

Es. "L'uomo è un animale razionale".

Se il termine in questione (s) è espresso in un determinato linguaggio L di una teoria T (il linguaggio-oggetto), la sua definizione "userà" lo stesso linguaggio-oggetto per esplicitarne il significato attraverso uguaglianze (=) o equivalenze (□). La teoria, ora arricchita dalla nuova espressione del suo nuovo linguaggio L*, diventerà T*, cioè la "estensione definitoria" di T.

I cambiamenti avvenuti esigono dei criteri che garantiscano la correttezza dell'introduzione della definizione, in modo che né la teoria né il linguaggio perdano in coerenza interna:

- a) criterio di compatibilità. Se T è noncontraddittoria allora è tale anche T^* , cioè se è dimostrabile una contraddizione in T^* , allora essa è già dimostrabile in T . Questo criterio è assolutamente necessario.
- b) criterio di non-creatività. Per ogni enunciato A di L (non contenente il nuovo termine s), se A è dimostrabile in T^* allora A era già dimostrabile in T . Come quello anteriore, della cui osservanza dipende, anche questo criterio chiede che gli enunciati di L deducibili in T^* , lo siano già in T , aggiungendo però la garanzia che le definizioni non aggiungano informazioni su ciò di cui parla la teoria originaria. Una definizione creativa invece funziona come un nuovo assioma. Si dicono “predicative” le definizioni che soddisfano alla richiesta di non-creatività, e “impredicative” quelle che non la soddisfano.
- c) criterio di eliminabilità. Per ogni enunciato A^* di L^* , esiste un enunciato A che:
 - 1) non contiene s ; 2) è tale che in T^* si dimostra $A^* \rightarrow A$ e 3) se A^* è dimostrabile in T^* allora A è dimostrabile in T . Questa esigenza ha una risposta positiva se riusciamo a tradurre T^* in T (quindi implica i due primi criteri), il che non sempre avviene.

3) A SECONDA DELLA MODALITÀ

i) definire **implicitamente** s - quando, grazie ad un insieme di enunciati $T_{(s)}$ contenenti il simbolo s (come, per esempio, l’insieme degli assiomi di una data teoria), ogni interpretazione che renda veri tutti gli enunciati in T (cioè, ogni “modello” di T) determina univocamente il modo di interpretare s . Dunque, se, in ogni enunciato in cui esso compare, sostituiamo s con un altro nuovo simbolo x , allora, ogniqualevolta T sia vera, l’interpretazione di s e quella di x (qualunque esse siano) devono coincidere.

ii) oppure definire **esplicitamente** s - se e solo se, nel linguaggio dell’insieme di enunciati T , esiste una formula A che, senza contenere s , lo esprime. Una nozione definita in modo esplicito è ovviamente eliminabile. Questo è il tipo più comune di definizione, di cui quella *per genus et differentiam* è un caso particolare.

4) A SECONDA DELLA STRATEGIA

i) definizione **per distinzione dei casi** - specificando la nozione in questione, attraverso la distinzione di un numero finito di possibili alternative. Perché una definizione del genere sia corretta vi sono due fondamentali requisiti:

- a) i vari casi devono essere disgiunti l'uno dall'altro. Questo requisito mira ad escludere la possibilità di giustapposizione tra le clausole corrispondenti ai diversi casi. È irrinunciabile perché la sua violazione potrebbe facilmente comportare una contraddizione.
- b) devono essere esaustivi, cioè coprire tutta la gamma di possibili alternative²⁹. Da parte sua, questo requisito mira ad impedire lacune. La sua violazione implica soltanto l'incompletezza, problema in risposta al quale, possiamo ricorrere alla seconda strategia.

ii) definizione **condizionale** - una definizione esplicita, ma solo sotto un'opportuna ipotesi H, la quale restringe il campo di variazione del *definiendum* ("sostanza solubile": *se immersa in un liquido, si scioglie*). Questa possibilità, dal punto di vista logico, ha sempre l'inconveniente di essere banalmente considerata vera anche se l'ipotesi H è falsa.

Questa breve classificazione ci fa comprendere molto più concretamente la dipendenza, già sopra menzionata, che lega ogni teoria della definizione alla più ampia teoria costituente il suo contesto, e alle risorse del linguaggio entro il quale ogni nuovo simbolo è effettivamente introdotto (matematico, filosofico, geometrico, logico, di primo o secondo grado). Non vi è alcuna definizione in astratto, così come non vi può essere (almeno non a lungo) una definibilità soltanto potenziale.

²⁹ È evidente che qui comincia il problema fondamentale dei limiti intrinseci di ogni classificazione esprimibile in un linguaggio umano, "la quale non può che essere finita, mentre ci possono essere sempre nuovi casi da classificare e infiniti gradi intermedi tra una nozione e l'altra. Se occorre tracciare confini, bisogna anche riconoscere che la loro identificazione è, in qualche misura, convenzionale, per quanto la si possa motivare. [...] Potete immaginare quanti problemi s'incontrano allorché si tenti di definire **che cos'è la vita**, il medioevo, la matematica ecc. In casi del genere, però, siamo meno disposti a concedere che si possa far appello a elementi convenzionali: la definizione deve cogliere, per così dire, il 'nocciolo' del concetto e allo stesso tempo deve adattarsi a una variegata gamma di esemplificazioni, altrimenti è semplicemente *sbagliata*" (PERUZZI [1997], p.6. [grassetto nostro]).

Quindi, per concludere la presentazione di questo elenco di esempi, è importante ribadire con Peruzzi che:

[...] **il fatto che un concetto sia definibile (o meno) non è qualcosa di assoluto, bensì una proprietà relativa alla teoria che fa da sfondo.** Se un predicato P è eliminabile da una data teoria T - cosicché, per un qualsiasi enunciato A(P) che lo contenga, ce n'è un secondo, A*, che non lo contiene e si dimostra che A* è equivalente al primo -, possiamo soltanto dire che, *relativamente a un qualsiasi modello di T*, è vero il primo se e solo se è vero il secondo, non che l'equivalenza vale per ogni altra teoria e per ogni altro linguaggio in cui potremmo introdurre P.

Per questo la teoria contemporanea della definizione si discosta dall'essenzialismo aristotelico [...], in quanto la definibilità o meno di un concetto non è disgiunta da ciò che una teoria può dimostrare, e quindi, se è una teoria empirica, dal suo potere predittivo. [...] Ai vari problemi posti dalle definizioni **non c'è un'unica soluzione**, né una soluzione migliore sotto tutti i punti di vista. Quella che viene adottata deve fare i conti con le proprietà della teoria in cui viene a collocarsi [...].³⁰

1.2.4. IL PUNTO DELLA SITUAZIONE

Facilmente si capisce che la problematica in questione non può avere una soluzione semplice. Ma proveremo per lo meno a concludere con un riassunto di quello che, per noi, è comunque diventato chiaro. Ormai abbiamo visto che non possiamo assumere semplicemente un approccio ingenuo, ma sappiamo anche che, se vogliamo avanzare con la nostra indagine sulla “definizione di Vita”, dobbiamo porre dei freni, in qualche modo, all'indagine sulla “definizione”. Anche se per questo dovremo ammettere di non essere andati fino in fondo con le domande che ci si sono presentate.

In ciò che riguarda questo lavoro, quindi, prenderemo l'avvio dalle seguenti considerazioni:

³⁰ Ivi. pp. 112-13 e p. 117 (grassetto nostro).

PRIMO PUNTO

La definizione è fondamentalmente una **precisazione linguistica** attraverso la quale proviamo:

- a) a catturare il "vero significato" di un'espressione, in caso esso ci sia ignoto;
- b) oppure a determinare il senso (quando ce ne sono diversi) in cui, entro un determinato contesto, essa dovrà venire intesa.

Tranne che in un contesto matematico, la definizione è il risultato (e non il punto di partenza) di un'analisi.

SECONDO PUNTO

Il suo *definiendum* è sempre un'espressione linguistica – cioè, si riferisce non direttamente ad un "oggetto" (le cose stesse), bensì ad un "concetto" (le loro rappresentazioni, le loro immagini soggettive)³¹. A questo concetto può a sua volta corrispondere o meno qualcosa nel mondo dell'esperienza.

TERZO PUNTO

Conseguentemente, la definizione può essere sia **reale** (la definizione di pianeta), sia **nominale** (una definizione matematica³²), a seconda dello statuto ontologico (empiricamente possibile, o meno) della nozione definita. Oltre questi due tipi di definizione, che non sono in alcun modo incompatibili (si applicano semplicemente a dei casi distinti), vi è anche la definizione **ostensiva**, ovvero sia, la descrizione contingente di singoli oggetti esistenti, la quale può anche essere considerata un caso particolare della definizione reale. Infine, per qualsiasi *definiendum*, possiamo anche intraprendere una procedura costruttiva che ne riporti il *modus generandi*, per cui la definizione formulata sarà una definizione **causale**.

³¹ Si veda anche la distinzione evidenziata da Mill fra denotazione e connotazione (pp. 22-23 del presente lavoro).

³² Secondo la nostra concezione non platonica dei concetti matematici.

QUARTO PUNTO

A differenza di un concetto logico o di una chimera, un oggetto empiricamente possibile può essere descritto in tutti e quattro i modi, a seconda dello scopo a cui la definizione deve rispondere. Della Vita, ad esempio, possiamo avere:

i) **una definizione reale:** dovrà rispondere alla domanda "che cos'è la Vita?".

Per trovare la risposta possiamo partire da una distinzione dei casi esistenti (presupponendo evidentemente che tra essi e tutti gli altri, anche quelli sconosciuti, vi sia qualcosa di comune), e trovare tra tutti quella "rassomiglianza di famiglia" che ci permetterà poi di proporre una definizione *per genus et differentiam*. Essa esprimerà l'unità intrinseca alla classe di oggetti che abbiamo di fronte, come la "comprensione" di un concetto che conosciamo soltanto in "estensione". Come base per la ricerca di questo tipo di definizione abbiamo la "credenza" in una "realtà" della Vita che sottostia alla nostra esperienza particolare e alla capacità limitata del nostro linguaggio di afferrarla.

Questo è il tipo di definizione che cercheremo di trovare lungo la nostra indagine.

ii) **una definizione ostensiva:** "questo protozoo nasce, si alimenta, si riproduce e muore; questo protozoo è considerato vivo".

Per elaborare una definizione del genere ci basiamo solamente su un'osservazione concreta e applichiamo un termine -vivo- al caso particolare in esame. Può essere che esso sia l'unico caso esistente, o può essere che la manifestazione di Vita in quel protozoo non abbia niente in comune con le manifestazioni che si verificano negli altri esseri viventi. È evidente che, per quello che riguarda la forma definitoria, si potrebbe affermare con la stessa pertinenza che "questo protozoo possiede un nucleo; questo protozoo è vivo" o addirittura "questo sasso è rosso; questo sasso è vivo".

iii) **una definizione nominale:** "con la parola 'Vita' intendiamo la capacità che una cellula ha di riprodurre il proprio DNA (o RNA)".

Questo implica che, se in qualche altra galassia o in un qualche altro universo, vi fossero degli enti costituiti da qualche altro tipo di micelle che non le cellule, e la cui informazione biologica fosse trasmessa attraverso un'altra forma di

aggregazione molecolare che non gli acidi nucleici, essi non potrebbero mai essere considerati viventi, almeno fin quando la definizione non fosse sufficientemente allargata (e questo attraverso l'introduzione di qualche nuovo termine o di una nuova definizione, la quale, per essere legittima, dovrebbe fare i conti con i criteri di compatibilità, non-creatività ed eliminabilità di cui sopra). Come per la definizione ostensiva, è importante che ci rendiamo conto che, anche se questa definizione non ci sembra troppo esotica, essa è alla fine pressappoco equivalente alla considerazione secondo cui "la Vita è, per definizione, la proprietà di riproduzione sulla superficie di un pianeta che giri sulla terza orbita intorno ad una stella", oppure all'affermazione che "il triangolo è una figura geometrica formata da tre lati" o che "l'unicorno è un cavallo con un corno sulla fronte".

iv) **una definizione causale:** “la Vita è il prodotto di interazioni chimiche tra molecole reciprocamente compatibili”.

In questo caso, la definizione si propone di riportare la causa che hanno portato a quel determinato effetto che è il *definiendum* in questione. Questo implica una precisa coincidenza tra l'essenza della Vita ed il suo processo di generazione. Di conseguenza, se eventualmente, in un caso particolare, quel medesimo processo conducesse ad un prodotto totalmente inedito, uno strano oggetto chiuso in se stesso, che non interagisse con l'ambiente, non rinnovasse i propri elementi e non morisse, quest'ultimo dovrebbe essere comunque considerato vivo. Allo stesso modo, se vi fosse mai un essere fantastico che entrasse in interazione con il mondo circostante, che mangiasse, crescesse, si riproducesse e morisse, ma il cui funzionamento fosse basato su un qualche altro processo, che non il metabolismo chimico, quell'essere non potrebbe mai essere denominato una forma di “Vita”.

QUINTO PUNTO

Per difenderci dall'arbitrarietà che minaccia ogni definizione puramente convenzionale, sorsero tutti i criteri e le strategie che abbiamo menzionato prima.

Come già sollevava Aristotele, è prima di tutto fondamentale che le proprietà messe in evidenza dalla definizione siano quelle essenziali e non delle mere caratteristiche contingenti. È dunque imprescindibile che esse siano:

- **necessary** (condivise da tutti in casi in esame);
- **eshaustive** (che non ne manchi nessuna);
- tra loro **indipendenti** (che non vi sia un nesso causale per cui dalla presenza o assenza di una segua la presenza o assenza delle altre).

*Of course, only necessary and mutually independent properties should be considered essential or primitive and thus quoted in definitions.*³³

SESTO PUNTO

Ci sembra molto importante la distinzione operata da Mill tra **denotazione** e **connotazione** (con la quale egli voleva liberare la teoria della definizione da ogni rimando alle essenze). La connotazione è il concetto che mentalmente associamo ad un termine, mentre la denotazione è ciò per cui un termine sta, ovvero la cosa a cui si applica. A nostro avviso, così come le definizioni nominali e quelle reali non sono incompatibili, anche le nozioni di connotazione e denotazione non devono annullarsi a vicenda. Entrambe sono semplicemente utilizzate per scopi diversi o rispetto a riferimenti non ugualmente "reali" (la Vita o l'unicorno).

La definizione nominale si riferisce sempre e soltanto al concetto che intende chiarire. In esso consiste la sua connotazione, dietro la quale non vi è nient'altro. La definizione reale, invece, anche se ha sempre come connotazione l'insieme delle idee mentalmente associate ai termini utilizzati (perché siamo sempre esseri umani limitati e distinti dalle cose, il rapporto con le quali non è diretto, bensì mediato dal nostro linguaggio e dai nostri concetti), presuppone tuttavia l'esistenza di una denotazione che rimanga indipendente ed **invariante** rispetto all'incessante variare delle parole, teorie, definizioni³⁴.

Ed è questo il sottofondo che la scienza prova con perseveranza ad afferrare, anche se proprio per questo si deve mettere sistematicamente in questione, lasciando che nuove

³³ «Certamente, soltanto le proprietà necessarie e reciprocamente indipendenti dovrebbero essere considerate essenziali o primitive, e venire quindi citate nelle definizioni» (RIZZOTTI [1996], p.4).

³⁴ A questo rispetto, ci sembra molto interessante la teoria causale del riferimento di Kripke e Putnam, secondo la quale i nomi propri sono introdotti ostensivamente nel corso di una "cerimonia battesimale", dopo la quale, però, mantengono fisso il loro riferimento all'oggetto denominato (denotazione), benché le nostre conoscenze rispetto ad esso possano cambiare e quindi anche le nostre descrizioni e definizioni e, in fondo, il concetto che di esso abbiamo (connotazione). La Vita rimane la Vita. Ugual a se stessa e sempre associata al termine con cui l'abbiamo battezzata, ancora quando il concetto che ne avevamo era estremamente confuso, vago, pieno di mitologia e superstizione.

teorie si succedano sempre, che nessun dogma riesca a dichiararsi indiscutibile. Il progresso della conoscenza umana sembra spazzare via ogni certezza, ma invece esso si realizza non attraverso il cambiamento della realtà a cui si riferisce, bensì avvicinandosi (e avvicinandoci) sempre di più ad essa. La connotazione delle nostre definizioni è sempre meno lontana dalla loro denotazione.

SETTIMO PUNTO

Con il concetto di “Vita” il problema non è tanto la vaghezza o l'ambiguità, l'esigenza di "capirci sui termini". Non ci sembra che parlare della Vita crei confusione. Infatti, possiamo dire che questo è proprio uno di quei concetti (come il "tempo" di cui parlava Sant'Agostino) che tutti noi conosciamo e sappiamo applicare in modo consensuale³⁵.

Il nostro problema non è tanto quello di delimitare il concetto (che cosa intendiamo per), quanto piuttosto quello di provare ad afferrare proprio la **realtà** della Vita, dietro al termine e ai mille usi che ne facciamo, e dietro soprattutto al rapporto che la scienza ha stabilito con il mondo vivo negli ultimi decenni e che ne ha cambiato la/le definizioni/e. Vogliamo chiarire che cos'è la Vita, alla fine, dopo tutto quello che abbiamo scoperto sui suoi materiali di costruzione.

E come conseguenza della riscoperta della Vita agli occhi della scienza (attraverso proprio la definizione che la scienza ne dà oggi), proveremo a capire anche che cosa ci rimane della vecchia nozione che ne avevamo noi, in quanto porta-voci del senso comune. La rinnovata definizione potrà benissimo “retroagire” ed obbligarci a riformulare il concetto di Vita, ad associare al vecchio termine una nuova connotazione, anche se essa a sua volta avrà sempre come riferimento una tanto invariante quanto irraggiungibile (e sempre soltanto ipotizzata) denotazione.

In mezzo a tanti cambiamenti di convenzione, la nostra è proprio una ricerca anacronistica dell'essenza.

³⁵ I casi di frontiera tra il vivo e il non-vivo sono apparsi solo con gli sviluppi più recenti della biologia molecolare e rimangono comunque in un ambito estremamente specialistico, senza condizionare troppo il senso comune.

1.3. STRATEGIE PER UNA BUONA DEFINIZIONE DI VITA

Ormai possiamo quasi cominciare ad analizzare concretamente le definizioni scientifiche della Vita, intraprendendo finalmente il passaggio dal terzo al secondo livello di approccio. Ma prima proviamo soltanto a capire un'ultima questione metodologica: come fanno gli studiosi a rapportarsi alla Vita e alle sue innumerevoli manifestazioni, fissandole entro le frontiere di un concetto definito? Da dove partono, e come si muovono, fino ad arrivare poi ad una definizione?

1.3.1. ORIGINE DELLA VITA O VITA IN PROVETTA ?

Innanzitutto possiamo scegliere tra due prospettive alternative (ma complementari), due possibili approcci al passaggio fondamentale dall'inorganico all'organico, così come esso si è verificato e si verifica ogniqualvolta un nuovo essere vivente appare, ovunque sia, nell'Universo: il primo approccio prova a cogliere l'inizio di tutto, mentre il secondo vuole invece comprendere la possibilità di ogni nuovo inizio.

LA VITA NEL TEMPO

In questo modo, proviamo a cogliere il passaggio "cronologico" dalla non-vita alla Vita, così come ipotizziamo esso sia effettivamente avvenuto poco dopo la formazione del nostro pianeta. Evidentemente dobbiamo partire da un insieme di supposizioni che mettono in relazione più materie scientifiche, quali la geologia, l'astronomia, la fisica e la chimica, in modo da simulare poi l'apparizione spontanea della prima forma vivente a partire da un insieme di condizioni ipotetiche che riproduciamo sperimentalmente.

La prima grande questione della ricerca sulle origine è:

- chi comparve prima, gli enzimi peptidici (che sorgono spontaneamente, con una certa facilità) o l'RNA (la cui origine spontanea è meno concepibile, ma i cui ribozimi sono già autocatalitici)?

E la seconda grande domanda ci obbliga ancora ad un ulteriore passo indietro:

- entrambi questi tipi di macromolecole, sono veramente necessari alla Vita? O costituiscono soltanto una complessificazione che si aggiunse a qualcosa di ancora più primitivo?

LA VITA IN LABORATORIO

Con questo approccio, cerchiamo invece di identificare quel passaggio “qualitativo” che, per iniziativa dell'uomo, trasforma un oggetto inanimato in un essere vivente, tale come succede oggigiorno attraverso esperimenti sempre più sorprendenti. In questo caso, ci interessa la produzione “attuale” di una qualche forma di Vita, e non la riproduzione di un evento passato a cui ci vogliamo avvicinare.

Visto che l'origine della Vita è quasi consensualmente considerata come la transizione da un aggregato organico precellulare ad un aggregato organico cellulare, sono i modelli laboratoriali di questi aggregati quello su cui la ricerca oggi di più si rivolge. Vi sono tre grandi modelli, il cui diverso grado di plausibilità è ancora in discussione:

1. le **microsfere**: vescicole peptidiche (gli ingredienti sono aminoacidi);
2. i **liposomi**: micelle o vescicole lipidiche (gli ingredienti sono lipidi);
3. i **ribozimi**: catalizzatori fatti di RNA (gli ingredienti sono nucleotidi);

Non è garantito che quello che si verifica nell'ultimo caso (ricerca di laboratorio) si possa considerare vero anche per il primo (ricerca sulle origini), o vice-versa. La composizione dell'atmosfera primordiale e le reazioni in essa accadute sono soltanto oggetto di congetture e simulazioni, e così rimarranno, mentre gli esperimenti oggi

realizzati con liposomi, polipeptidi e polinucleotidi sono qualcosa di nuovo, qualcosa che ha un valore in sé ed è confutabile dall'esperienza.

Nonostante questo, in entrambe le possibilità vi è comunque un *click*... e fu la Vita. Un passaggio che non è però facile da sorprendere. Lungo il processo di evoluzione chimica, non vi sono "salti" evidenti che possiamo identificare. E dunque quel *click*, se davvero esiste, non lo si vede, anche perché gli ingredienti sono gli stessi prima e dopo di esso. Lo possiamo collocare dove vogliamo nell'evoluzione dell'Universo o nello svolgersi di un esperimento, a seconda dei criteri che adottiamo per definire la Vita:

- un insieme di macromolecole deve essere considerato vivente quando si replica e trasmette informazione?
- quando si riproduce?
- quando sviluppa qualche forma di metabolismo?

È quindi, alla fine, un mero passaggio convenzionale, che decidiamo noi quando sia da considerare avvenuto.

1.3.2. BOTTOM-UP O TOP-DOWN ?

P. L. Luisi, ricercatore italiano a Zurigo, da anni impegnato nella produzione in laboratorio di vescicole lipidiche di formazione spontanea, auto-catalitiche e auto-riproducenti, considera che una "buona" definizione della Vita dovrà soprattutto rispettare due criteri essenziali:

- 1) dovrà permettere la discriminazione tra viventi e non viventi;
- 2) dovrà restringersi alle forme di Vita minima, provando specificamente a trovare l'unità strutturale più semplice possibile che ancora riesca ad ospitare la Vita.

Avendo questi criteri come punti di partenza, gli scienziati, nella ricerca di laboratorio, potranno poi scegliere, a seconda dello scopo della loro ricerca, fra due possibili approcci:

LA COMPLESSIFICAZIONE

Il primo approccio, quello *bottom-up*, prova a simulare l'evoluzione molecolare dalle semplici molecole fino alla **cellula minima**, la quale “*can be defined as a system which fulfills the minimal anche sufficient conditions for being defined as living.*”³⁶. Partiamo, quindi, dal nulla per arrivare ad un qualcosa che può già essere considerato vivo (da un atomo ad una molecola, ad una macromolecola, ad un microsistema che si auto-riproduca, e così via).

Normalmente, si prende l'avvio da composti chimici e meccanismi estremamente semplici, non basati su delle molecole complesse come gli enzimi e gli acidi nucleici.

LA SEMPLIFICAZIONE

L'approccio *top-down*, invece, agisce riducendo la complessità dalla cellula vivente moderna fino a quel medesimo obiettivo, la cellula minima. In questo caso, però, prendiamo la strada inversa, partendo da ciò che già abbiamo tra le mani, una cellula procariota, ad esempio, e spogliandola da tutto quello di cui essa riesce ad abdicare, fino ad arrivare all'essere (ancora) vivente più essenziale possibile.

Nella ricerca di questo tipo, gli enzimi e gli acidi nucleici non solo sono utilizzati, come costituiscono la base per una delle domande fondamentali: “*What is the minimal and sufficient number of biological macromolecules which permit the life of a cell?*”³⁷

1.3.3. DALLE CATEGORIE AGLI INDIVIDUI O DAGLI INDIVIDUI ALLE CATEGORIE ?

Della Vita, come dell'energia, possiamo conoscere solo le manifestazioni. Le cose che hanno la Vita in sé esprimono determinati comportamenti che più o meno chiaramente li distinguono dagli altri oggetti esistenti. E così consideriamo che sono “viventi”.

³⁶ «... può essere definita come un sistema che rispetta le condizioni minime e fondamentali da essere definito come vivente» (LUISI [2001], p. 350).

³⁷ «Quali è il numero di macromolecole minimo e sufficiente alla Vita di una cellula?» (*Idem*).

Possiamo dire, forse, che la Vita coincide con le proprietà che di essa sono sintomo; oppure che coincide invece con la biosfera stessa. Comunque sia, oltre agli organismi, la Vita in sé non esiste.

Allora come studiarla, come parlarne? Anche qui vi sono due approcci possibili:

IL VIVENTE INTEGRATO NELLA STRUTTURA SOTTOSTANTE

In questo modo, si inseriscono gli organismi considerati viventi e le loro caratteristiche all'interno delle già solide classificazioni dei sistemi materiali (attraverso i parametri strettamente fisici di massa, temperatura, carica elettrica ecc.), comunque riuscendo a contraddistinguerli rispetto al resto del mondo fisico - "*as a special group of physical things*"³⁸.

Questo approccio è tradizionalmente quello meno seguito. Negli ultimi anni, però, si sta sviluppando sempre di più quella lettura a cui ha dato inizio Erwin Schrödinger quasi sessanta anni fa, secondo la quale la Vita è interpretata come un sistema fisico particolare, che esegue in un modo inedito le leggi della termodinamica (si vedano più avanti le proposte di I. Prigogine e M. Ageo).

IL VIVENTE COME INDIVIDUALITÀ AUTONOMA (ESIGENTE UNA CATEGORIA A SÉ)

Per questo tipo di analisi, partiamo dal selezionare delle proprietà empiriche specifiche degli esseri viventi, per poi costruire su di esse una categoria nuova. Il mondo della Vita non è, quindi, qualcosa di "diverso" soltanto nel senso in cui i suoi membri esprimono in un modo particolare le proprietà che comunque hanno in comune con tutto il resto dell'Universo delle cose esistenti. Essi possiedono invece delle proprietà del tutto inedite che insieme formano un nuovo spazio - come una nuova parola costruita, non a partire da una diversa configurazione delle lettere già disponibili, bensì creata con nuove lettere e nuovi suoni prima sconosciuti.

³⁸ «[...] come un gruppo speciale di oggetti fisici» (RIZZOTTI, *ivi*, p.2).

1.3.4. RIDUZIONISMO O OLISMO ?

Per la filosofia della matematica o per la logica, il riduzionismo difende la messa in atto di un'operazione di semplificazione semantica, per cui si può dire che una teoria T è interamente "riducibile" a T* quando:

- a) tutte le nozioni primitive di T risultano definibili in termini delle nozioni di T*;
- b) una volta date le definizioni, i principi (assiomi) che stanno a fondamento della teoria T siano deducibili da quelli di T*.

L'apparato di riduzione si accompagna solitamente a un'indagine fondazionale, la quale prova in modo legittimo a dedurre i principi più "complessi" di una teoria da quelli più "semplici" di un'altra, avendo come obiettivo «la ricostruzione di un determinato campo scientifico mediante il minimo numero di nozioni primitive e il minimo numero di assiomi concernenti tali nozioni»³⁹.

Per questo bisogna partire da un'incondizionata fiducia nell'analiticità, fiducia che fu spesso discussa - e addirittura messa a ridicolo da Quine come mero "dogma dell'empirismo". Infatti, la posizione olistica della filosofia della scienza difende invece la convinzione che non si diano «mai delle ipotesi isolate, ma sempre e solo sistemi più o meno complessi d'ipotesi interrelate»⁴⁰.

Lungo la storia del pensiero scientifico troviamo numerosi esempi della tendenza riduzionistica, tra i quali quello della riduzione della biologia alla fisica o alla chimica.

LA VITA IN UNA LETTURA RIDUZIONISTICA

Secondo questa teoria, «tutte le caratteristiche dei sistemi viventi complessi possono essere spiegate attraverso lo studio delle componenti non ulteriormente riducibili (molecole, geni o quant'altro)»⁴¹, ovverosia, la descrizione dell'attività cellulare in termini chimici e la descrizione delle reazioni chimiche in termini delle strutture atomiche.

³⁹ PERUZZI [1997], p. 64.

⁴⁰ BONIOLO [1999], p. 397.

⁴¹ MAYR [1998], p. XI.

Questo approccio estremamente pragmatico è quello più efficiente per quanto riguarda la ricerca concreta sulla manifestazione della Vita negli organismi. Difatti, «è il modo in cui le parti sono disposte assieme e interagiscono tra loro e non un qualche potere soprannaturale che fa emergere proprietà peculiari della materia organizzata. La vita non è alimentata da ‘forze vitali’ inspiegabili ma dai principi della fisica e della chimica estesi in un nuovo campo»⁴².

LA VITA SECONDO UNA LETTURA OLISTICA

L’approccio olistico, invece, si oppone alla suddetta semplificazione e ci ricorda che è innegabile che un sistema vivente disgregato smetta di essere un sistema vivente. Sappiamo bene che tanto la proteina, come la cellula, come l’organo o l’individuo, sono molto più della somma degli elementi da cui sono formati. I “pezzi” che insieme costituiscono un organismo non sono semplicemente messi lì, ma sono integrati funzionalmente in modo che ad ogni livello gerarchico di organizzazione sorgano nuove **proprietà emergenti** spesso imprevedibili e sempre irriducibili alle loro parti. Gli organismi viventi formano una **gerarchia di sistemi** sempre più complessi che parte dalle molecole e arriva fino alle popolazioni, specie ed ecosistemi. Anche se, a livello molecolare, i processi possono essere spiegati in modo esauriente da meccanismi fisico-chimici, ai più alti livelli di organizzazione questi meccanismi incidono in modo quasi trascurabile, e sono integrati o addirittura sostituiti da caratteristiche emergenti dei sistemi organizzati. La spiegazione di questi ultimi, dunque, non può mai limitarsi a rendere conto delle proprietà fisico-chimiche dei loro singoli componenti⁴³.

⁴² CAMPBELL [1995], p. 5.

⁴³ A qualcuno potrà sembrare che la prospettiva con cui l’olismo si rapporta alla Vita mantiene ancora “qualche sentore di vitalismo” (RIZZOTTI [2001], p.5), nella misura in cui si rifiuta sempre di ridurre semplicemente gli organismi ai più elementari fenomeni chimici e fisici. Tuttavia, secondo Mayr, questo non corrisponde alla verità. Egli non esita a difendersi da questo tipo di accuse e chiarisce che il dilemma MECCANICISMO / VITALISMO è ormai totalmente superato – ragione per cui anche noi, che siamo d’accordo con l’autore di *La storia del pensiero biologico*, non abbiamo fatto menzione a questa *querelle* in questo capitolo.

Leggiamo quello che Mayr ha da dire a questo proposito:

«Il rifiuto del vitalismo fu reso possibile dal contemporaneo rifiuto di una concettualizzazione rozza del tipo “gli animali non sono altro che macchine”. [...] **Molti biologi compresero che gli organismi sono diversi dalla materia inanimata e che la differenza deve essere spiegata non postulando l’esistenza di una forza vitale, ma modificando in modo assai drastico la teoria meccanicistica.** Il punto di partenza di tale teoria è l’assunzione che non vi sia nulla nei processi, nelle funzioni e nella attività degli organismi viventi che è in conflitto o al di là delle leggi della chimica e della fisica. **Tutti i biologi sono decisamente “materialisti”** nel senso che non riconoscono alcuna forza immateriale o soprannaturale, ma riconoscono solo le forze

Tra gli instancabili difensori di questa corrente - chiamata anche approccio “sistemico”, “organicista”, o “emergentista” - vi è Ernst Mayr, uno dei più grandi biologi del ventesimo secolo. Forse perché di formazione accademica ancora anteriore alle rivoluzionarie scoperte della biologia molecolare, Mayr ribadisce in tutte le sue opere una forte diffidenza nei confronti delle spiegazioni riduzionistiche.

Nel suo più recente *Il Modello Biologico*, egli afferma:

Le caratteristiche degli organismi viventi sono le sole che non si spiegano con la loro **composizione**, bensì con la loro **organizzazione**.

[...]A causa dell'interazione delle parti, una descrizione che le consideri separatamente non riesce a cogliere le proprietà del sistema come un tutto. È l'organizzazione di queste parti che esercita il **controllo** sull'intero sistema.⁴⁴

Il senso delle parti risiede nella loro integrazione in un tutto, che diventa poi una parte al livello superiore. Per questo, ogni componente ha un senso solo in quanto tutto relativamente alle sue parti e in quanto parte nei confronti di un altro tutto. Nel mondo dei viventi, niente è spiegabile isolatamente.

fisico-chimiche. Tuttavia, essi non accettano le ingenuità spiegazioni meccanicistiche del secolo XVII e dissentono dall'affermazione che gli animali non sono “altro che” macchine. I biologi pongono l'accento sul fatto che gli organismi hanno molte caratteristiche prive di un equivalente nel mondo degli oggetti inanimati. Gli strumenti esplicativi delle scienze fisiche sono insufficienti a spiegare i complessi sistemi viventi e in particolare l'interscambio tra l'informazione acquisita storicamente e le risposte di questi programmi genetici al mondo fisico. **I fenomeni della vita hanno una portata assai più ampia di quella dei fenomeni relativamente semplici di cui trattano la fisica e la chimica; questa è la ragione per cui è impossibile includere la biologia nella fisica così come è impossibile includere la fisica nella geometria**» (MAYR [1982], pp. 52-53, grassetto nostro).

Inoltre, dobbiamo anche tenere in conto l'evoluzione teorica che l'olismo ha subito lungo dalla sua comparsa negli anni Venti:

«È chiaro, a questo punto, che i due principali pilastri nella costruzione della biologia moderna erano del tutto assenti nelle prime formulazioni dell'olismo. Il primo pilastro, ossia il concetto di programma genetico, fu trascurato perché non ancora pienamente formulato. Il secondo era il concetto di emergenza, secondo cui in un sistema strutturato nuove proprietà emergono ai livelli superiori di integrazione; proprietà che non potevano essere dedotte dalla conoscenza delle componenti dei livelli inferiori. Questo concetto fu trascurato dall'olismo degli esordi, forse per disattenzione, oppure perché fu considerato un concetto metafisico e non scientifico. In seguito, l'organicismo assimilò i due concetti di programma genetico e di emergenza, divenendo così antiriduzionista e, tuttavia, conservando il suo carattere meccanicistico» (MAYR [1997], p. 15).

⁴⁴ MAYR [1997], pp. 13, 14 –15 (grassetto nostro).

CAPITOLO SECONDO

DEFINIZIONI DI VITA

Siamo finalmente giunti ad un punto di svolta. Abbiamo visto che le possibili forme di definizione sono molteplici, e che le teorie che le analizzano sono altrettanto numerose. Ora siamo arrivati al momento di cambiare livello di approccio, passando dalla teoria (terzo livello) alla concreta attività del definire (secondo livello). Lasciamo che, a questo punto, siano gli scienziati stessi a porre delle frontiere e a delimitare il concetto di Vita riducendolo, come diceva Peruzzi, al suo “nocciolo” essenziale⁴⁵. E la potenziale varietà delle formule definitorie si tradurrà nell’effettiva varietà delle proposte.

2.1. LETTURA CONVENZIONALE

Prendiamo il via dalle definizioni di Vita meno profonde: quelle presentateci nei manuali e libri di divulgazione scientifica. Non siamo più nell’ambito quotidiano del vissuto esistenziale e nemmeno ci stiamo rapportando alla Vita con il bagaglio soltanto del senso comune. Non vi è però, ancora, una ricerca specifica, direzionata in modo specialistico sul tema in questione. Non vi è neanche ancora quel delicato confronto con “i casi di frontiera” che sorprendono chi fa investigazione di laboratorio e che implicano poi un senso critico instancabile, uno scomodo “mettere in questione” di tutte le evidenze più scontate: atteggiamento polemico ma che spinge l’attività scientifica sempre oltre.

⁴⁵ Vedi, in questo lavoro, cit. Peruzzi, nota 29.

Nonostante questo, possiamo osservare, già in questo primo paragrafo, un netto “progresso” per quanto riguarda, almeno, la diligenza con cui il concetto di Vita è impiegato nei diversi testi: un progresso che ci conduce dai manuali meno “scrupolosi” - che citiamo in questa sede più come esempi illustrativi di una mancanza da denunciare che come possibili definizioni di Vita – fino alle monografie più critiche.

2.1.1. LA VISIONE MANUALISTICA

STRYER

La *Biochimica* di L. Stryer è indubbiamente uno dei “classici” più considerati tra i manuali di biologia molecolare. A maggior ragione, dunque, ci ha sorpreso la leggerezza con cui in quella sede l’autore si riferisce alla “Vita”, senza darne mai una minima definizione.

Certo che quello non è un saggio di filosofia, nemmeno una monografia di biologia teoretica. Si tratta invece di un testo didattico di biochimica, per cui la “Vita” è presentata soltanto sullo sfondo, come un presupposto. Non è assolutamente strano, quindi, che di essa non sia data una definizione ricercata, discussa e conclusiva, raggiunta dopo un’analisi critica. Non è la definizione “come punto di arrivo” che manca, se teniamo in conto lo scopo dell’opera, bensì una più basilare definizione “come punto di partenza”. Difatti, quello che ci è sembrato davvero sorprendente è che dall’inizio dell’Introduzione stessa vi sia un costante richiamo alla “Vita” come la cornice in cui si inserisce l’intero oggetto di studio del manuale, senza che mai, in alcun luogo del discorso (nemmeno sul glossario) possiamo chiarirci sul che cosa intendiamo con questo concetto onnipresente.

Ed ecco la prima frase di Stryer:

La biochimica è lo studio della basi molecolari della **vita**.⁴⁶

Sarebbe da aspettarci un ulteriore chiarimento. Se abbiamo spiegato la “biochimica” con la “vita”, allora dobbiamo garantirci la buona comprensione di quest’ultima (a fine dei conti, abbiamo appena iniziato l’argomentazione e abbiamo fatto soltanto un primo passo - la

⁴⁶ STRYER [1995], p. 3 (grassetto nostro).

definizione di “biochimica” - per cui non ci stiamo proponendo di imboccare chissà che successione infinita di concetti che si definiscono a partire da altri concetti). Invece, però, il secondo passo non è proprio arrivato, ed il discorso è proseguito in tutt'altra direzione. Ci si presenta l'utilità pratica della biologia molecolare:

Il mondo biochimico è in continuo fermento per diversi motivi. *Primo*, sono ora noti molti dei meccanismi chimici dei processi fondamentali per la **vita**.

Ovverosia: il DNA, la struttura tridimensionale delle proteine, la tecnologia del DNA ricombinante, i mitocondri ecc.

[...] *Secondo*, si è ormai compreso che le diverse espressioni della **vita** sono interpretabili alla luce di modelli molecolari e principi comuni.

Vengono riferiti gli elementi comuni all'*Escherichia Coli* e all'uomo: gli aminoacidi, i nucleotidi e lo stesso ATP.

[...] *Terzo*, la biochimica sta influenzando profondamente la medicina. [...] *Infine*, il rapido sviluppo di nuovi concetti e di tecniche innovative ha messo i ricercatori in grado di affrontare alcuni dei problemi fondamentali più difficili della biologia e della medicina.⁴⁷

Nessun chiarimento oltre a questo. La Vita, attraverso e suoi “processi” e le sue “espressioni”, continua ad essere menzionata senza mai venire esplicitata. Come se fosse un “primo principio” indefinibile. E indefinita rimane, infatti, lungo tutta l'opera.

Infine, l'orientamento riduzionistico della *Biochimica* diventa ancora più evidente se osserviamo la successione dei temi trattati da ogni capitolo:

- 1- Il disegno molecolare della vita (modelli tridimensionali delle biomolecole)
- 2- Le proteine
- 3- L'energia metabolica
- 4- La biosintesi
- 5- I geni

L'ultimo paragrafo dell'ultimo capitolo s'intitola: “L'*omeobox*, motivo ricorrente nei geni che controllano lo sviluppo negli insetti e nei vertebrati”. E così si conclude il manuale.

⁴⁷ *Idem* (grassetto nostro).

DARNELL

Nel *Molecular Cell Biology* di J. Darnell *et al.*, possiamo già trovare una maggiore riflessione sulla natura della Vita, anche se soltanto in un corto brano del Primo Capitolo.

Cells can live in the absence of the rest of the organism from which they are taken and thus they are truly alive.

[...] Rudolf Virchow, a German pathologist enunciated the cell theory, in all its glory, in 1858: “Every animal appears as the sum of vital units, each of which bears in itself the complete characteristics of life”. Note that Virchow still clung to the idea inherited from the past that cells are “vital units”, by which he meant that cells had a special property that endowed them with Life. Today we know that living systems are composed of **individual chemical constituents** that work closely together to allow cells to **function, grow, and divide**, and we no longer need to think that life is a property separate from the constituent parts of cells.⁴⁸

Da queste righe possiamo raccogliere diverse informazioni. Innanzitutto, che le cellule sono gli organismi viventi più elementari (per cui si suppone che gli autori non considerino vivi i loro componenti). Inoltre, esse non possiedono una qualche proprietà che possiamo chiamare Vita. La Vita in sé non esiste (o “non abbiamo più bisogno di pensare che esista”), per cui non può propriamente “appartenere” a nessuno. Le cellule, come gli organismi in generale da esse formati, sono considerate “viventi” solo perché composte, in un determinato modo, da determinati elementi chimici che danno loro quelle capacità particolari, non condivise dalla materia inanimata, che le contraddistinguono: la capacità di “funzionare” e di “crescere” (metabolismo), e la capacità di “dividersi” (riproduzione)⁴⁹. È quindi la **modalità di costruzione e di funzionamento** di questi particolari sistemi materiali, quello che li distingue da tutti gli altri, e non una “Vita” da loro posseduta.

⁴⁸ DARNELL *et al.* [1995], p. 4 (grassetto nostro).

«**Le cellule possono vivere nell’assenza del resto dell’organismo da cui sono estratte e quindi esse sono veramente viventi.** [...] Rudolf Virchow, un patologista tedesco, enunciò la teoria cellulare, in tutta la sua gloria, nel 1858: “Ogni animale appare come la somma di unità vitali, ciascuna delle quali porta in sé le caratteristiche complete della vita”. Si noti che Virchow ancora si attaccava all’idea ereditata dal passato che le cellule fossero “unità vitali”, per cui egli intendeva che le cellule avevano una proprietà speciale che conferiva loro la Vita. Oggigiorno sappiamo che i sistemi viventi sono composti da **singoli costituenti chimici** che lavorano strettamente insieme per far sì che le cellule **funzionino, crescano e si dividano**, e non abbiamo più bisogno di pensare che la vita sia una proprietà separata dalle parti costituenti delle cellule».

⁴⁹ Si noti l’informalità e la vaghezza dei termini usati: “funzionare”, “crescere” e “dividersi”. Un linguaggio ancora corrente (divulgativo...), senza il carattere tecnico che incontreremo sempre di più nei testi più specialistici.

Quindi, secondo gli autori:

La Vita è il nome che diamo alla capacità di funzionare, crescere e dividersi che hanno gli organismi formati da cellule, ovverosia, appunto, gli esseri viventi.

CAMPBELL

La *Biologia* di N. Campbell è un manuale che ha per oggetto la Biologia in quanto tale. Forse per questo, il suo approccio al problema di che cos'è la Vita è, anche se breve, comunque più diretto e scrupoloso rispetto a quelli presentati nei libri di Biochimica, dedicati più ai componenti elementari dei viventi che alla composizione globale che ne risulta.

Partendo dalla considerazione che la Biologia è proprio la scienza della Vita, egli s'impone l'esigenza di cercare una definizione minima di quest'ultima, come una base consensuale di lavoro. Tuttavia, a somiglianza di Darnell, anche Campbell ha dall'inizio come presupposto l'impossibilità di una definizione della Vita, considerando che essa può sempre essere percepita nei viventi attraverso le sue multiple manifestazioni, ma mai racchiusa in un concetto.

Non è possibile dare della vita un'unica, semplice definizione in quanto essa è associata a numerose proprietà emergenti. [...] Siamo quindi in grado di percepire la vita senza doverne dare una definizione, e la percepiamo osservando ciò che fanno le cose viventi.⁵⁰

L'autore elenca allora le proprietà essenziali degli esseri viventi⁵¹:

- i) ordine
- ii) riproduzione
- iii) crescita e sviluppo
- iv) utilizzazione dell'energia

⁵⁰ CAMPBELL [1993], p. 5.

⁵¹ Cfr. *ivi*, p. 4. Lungo tutto il manuale, Campbell risalterà anche, e ripetutamente, la gerarchia dell'organizzazione biologica che implica, ad ogni livello (dalla cellula fino all'organismo o all'ecosistema stesso), la comparsa di imprevedibili proprietà emergenti. Un altro aspetto spesso sottolineato dall'autore è la straordinariamente perfetta correlazione fra struttura e funzione che possiamo riscontrare in ogni componente dell'organismo.

- v) risposta all'ambiente
- vi) omeostasi
- vii) adattamento evolutivo

La Vita quindi si manifesta attraverso queste proprietà, senza che però esse ne diano una compiuta definizione. Difatti, possiamo definire il vivente in quanto “colui che è organizzato secondo un ordine, che si riproduce, che cresce e si sviluppa”, e così via. Non possiamo, però, affermare lo stesso della Vita, giacché essa sicuramente non si riproduce o cresce, quale entità concreta, materiale, delimitata. Diciamo allora soltanto che queste **proprietà dei viventi** sono, non le “proprietà della vita”, bensì le “**manifestazioni della Vita**”.

È importante, però, che in una frase come questa, la “Vita” venga intesa solo in quanto un nostro concetto che stiamo provando a chiarire e a cui non sappiamo ancora che cosa corrisponda nella realtà (o se addirittura ne corrisponda qualcosa). Difatti, quello che stiamo affermando è che noi consideriamo che la “Vita” (in quanto termine-concetto) è in qualche modo presente (ossia, si applica ai casi di) negli organismi che possiedono ordine, si riproducono ecc., e non dobbiamo assolutamente, almeno non per ora, estrapolare da quest'affermazione alla considerazione vitalistica - non più sostenibile - che vi sia un qualche *élan vital* effettivamente posseduto da chi possiede determinate caratteristiche.

Concludiamo che, secondo Campbell:

La Vita è qualcosa che si manifesta attraverso le proprietà essenziali degli esseri viventi, a cui sempre viene associata. Queste proprietà sono: l'ordine, la riproduzione, la crescita e lo sviluppo, l'utilizzazione dell'energia, la risposta all'ambiente, l'omeostasi, l'adattamento evolutivo.

2.1.2. DIVULGAZIONE SCIENTIFICA

Adesso passiamo ad una breve lettura di altri due autori, i cui esempi di opere divulgative si rivelano già più attenti allo statuto ontologico del vivente e della vita e sviluppano molto di più la riflessione teorica, rispetto, invece, alle opere didattiche presentate prima. Inoltre, essendo preparati ad una lettura ancora non specialistica - da parte di persone certamente interessate ma spesso aventi soltanto una conoscenza generale della biologia - questi testi descrivono appassionatamente la Vita e le sue innumerevoli manifestazioni, presentandola sotto molti e diversi aspetti. Questo ci permette di conoscere sempre di più la realtà del vivente, prima di approfondire i suoi componenti più tecnici e nascosti, insieme agli esperti i cui lavori leggeremo successivamente.

Il primo autore di questa categoria è E. Boncinelli, biologo italiano e buon divulgatore. Il secondo è E. Mayr, ricercatore lungo decenni di straordinarie scoperte scientifiche e saggista d'importantissima influenza per la biologia teorica, autore di opere come *The growth of biological thought* e *Toward a new philosophy of biology*.

BONCINELLI

Nel suo saggio del 2000, *Le forme della vita*, E. Boncinelli traccia la storia evolutiva dei viventi e spiega con chiarezza il meccanismo della selezione naturale. In quella sede, troviamo un'esplicita definizione della Vita, presentata nel contesto di un accenno al problema della sua origine - considerato, con unanimità, insieme alla questione del funzionamento del sistema nervoso dell'uomo, uno dei grossi rompicapi della biologia.

Ci dice l'autore che, se la questione dell'origine della Vita è ancora irrisolta, lo stesso non si può dire, per fortuna, della questione della sua definizione.

Oggi nessuno vede nulla di particolarmente misterioso nell'origine della vita, come nella sua stessa natura. La vita consiste in un complesso di molecole e macromolecole **organizzate nello spazio e nel tempo** in entità fisiche che sopravvivono **per qualche tempo** e che **si riproducono**. Come la conosciamo oggi, la vita non può prescindere dalla **cellularità**: ogni organismo grande o piccolo che sia è costituito di cellule, una o

più di una, a seconda dei casi. Si può identificare quindi l'origine della vita con la comparsa della prima cellula.⁵²

La Vita, quindi, è definita esplicitamente e viene fatta coincidere con il complesso stesso di molecole che costituisce il vivente, con la sua costruzione materiale. Essa non è un "principio" che lo faccia funzionare, ma consiste invece nei pezzi stessi che insieme formano la macchina funzionante. Le caratteristiche di questi pezzi sono: 1) un'organizzazione nello spazio e nel tempo; 2) una certa durata nel tempo; 3) la riproduzione. Oltre alla definizione nominale che circoscrive teoricamente il concetto di Vita, vi è anche una definizione ostensiva che aggiunge una fondamentale condizione pratica per la sussistenza della Vita attuale: 4) la cellularità. Questa quarta condizione può non essere sufficiente, ma è considerata necessaria per l'esistenza del vivente; infatti, l'origine della Vita è identificata con la nascita della prima cellula.

Questa definizione, apparentemente chiara, semplice e libera di polemiche, non ha tuttavia accontentato a lungo il suo autore. Infatti, un anno dopo, in un piccolo saggio intitolato *Prima lezione di biologia*, Boncinelli si rapporta alla questione in un modo molto diverso, con meno sicurezza e meno "precisione" scientifica, ma forse con più cura⁵³: da un lato, egli presenta il concetto di Vita con tutt'altra prudenza (difatti, quel che viene definito è il vivente e non la Vita, propriamente detta); dall'altro, l'autore intraprende un'analisi più elaborata e soprattutto molto più olistica del comportamento complessivo dei sistemi viventi.

L'autore comincia per presentare la definizione del tema in studio nell'opera. Già in questa prima frase troviamo un interessante chiarimento sulla natura della Vita:

La biologia è la scienza che studia quell'eccezionale esperimento naturale, quell'**esplorazione del regno dei possibili**, che noi chiamiamo vita.⁵⁴

⁵² BONCINELLI [2000], pp. 139-140 (grassetto nostro).

⁵³ Una ragione per il differente tipo di approccio (meno specialistico e più descrittivo) è anche il differente tipo di pubblico a chi sono destinati i due libri: se già *Le forme della vita* aveva in vista un lettore con conoscenze abbastanza generali delle scienze naturali, quest'ultimo saggio è diretto ad un lettore addirittura completamente vergine di qualsiasi sorta di contatto con la biologia.

⁵⁴ BONCINELLI [2001], p. 3 (grassetto nostro).

La graziosa qualificazione della Vita in quanto “esplorazione del regno dei possibili” è poi rafforzata dall’affermazione della grandezza della domanda sulla definizione della Vita ma è anche seguita, nonostante questo, dalla considerazione, simile a quanto abbiamo già trovato negli autori precedenti, che solamente il vivente, e non la Vita, è definibile.

La domanda su quel che renda un essere vivo, su quali caratteristiche consentano di definirlo tale, ha sempre rappresentato una delle sfide più affascinanti e complesse del pensiero filosofico e scientifico.

Da tempo la biologia ha rinunciato a rispondere a questa domanda mirando a cogliere l’essenza della vita, e a racchiudere il suo significato in una definizione univoca e definitiva. Secondo gli indirizzi di ricerca attualmente prevalenti, la via seguita per arrivare a svelare quel che, a molti, appare come un “segreto”, passa per l’enumerazione di un insieme di **proprietà e funzioni** che concorrono a distinguere il **vivente** da ciò che non lo è.⁵⁵

E vengono allora presentate le suddette proprietà:

[...] Alla domanda su cosa sia un essere vivente può infatti risponderci dicendo che è un’entità limitata nello spazio e nel tempo caratterizzata da quattro proprietà. Innanzitutto dal fatto di essere costituita di materia **organizzata**, i cui criteri ordinativi sono definiti e controllati dal suo patrimonio genetico, in secondo luogo dalla capacità di conservare questa sua organizzazione **metabolizzando** materia e energia, in terzo luogo dalla capacità di **riprodursi** e infine dalla sua capacità di **evolvere**.⁵⁶

Sono dunque queste le quattro proprietà definitorie di ogni essere vivente: 1) l’organizzazione secondo un programma genetico; 2) l’attività metabolica; 3) la riproduzione; 4) l’evoluzione. Esse concorrono poi per l’emergenza della caratteristica più evidente in ogni organismo, ovverosia, quello che Boncinelli chiama l’“inquietudine” dell’essere vivente.

Tutti questi processi [metabolici] concorrono complessivamente ad assicurare una delle peculiarità principali degli esseri viventi, e cioè il fatto che mentre la loro forma e il loro aspetto esterni rimangono, per un certo tempo, relativamente costanti, la loro struttura molecolare cambia continuamente.[...] Le molecole costituenti l’essere vivente sono qualitativamente le stesse, ma fisicamente sempre diverse. [...] Da questo continuo mutamento può trarsi la considerazione che gli esseri viventi sono sistemi organizzati ma **aperti**: mantengono la loro **identità** attraverso una continua **trasmutazione** delle loro strutture microscopiche, ossia delle loro molecole e degli atomi che le compongono.⁵⁷

⁵⁵ Ivi, p. 4 (grassetto nostro).

⁵⁶ *Idem* (grassetto nostro).

⁵⁷ Ivi, p. 5-6 (grassetto nostro).

È questa la manifestazione meravigliosa della vita in un sistema organizzato: la straordinaria capacità di mantenere un'identità fatta di differenza, di conservare un'individualità che, pur determinata nello spazio e nel tempo, cambia continuamente all'interno delle sue proprie frontiere. L'essere vivente, così com'è in ogni momento, non sarà mai più. La sua esatta identità (le cellule, molecole e atomi di “adesso”), in fondo, non esiste⁵⁸. Perché il vivente agisce continuamente, perché il vivente non è mai fermo.

Insomma, per tornare alla distinzione fra essere vivente e oggetto inanimato, mentre quest'ultimo permane identico a se stesso anche solo per inerzia, un essere vivente permane identico (o quasi identico) a se stesso solamente attraverso un'incessante attività, sostenuta e coordinata dall'applicazione delle istruzioni contenute nel suo patrimonio genetico.⁵⁹

Il metabolismo è la garanzia di quest'“inquietudine”, è il motore stesso degli instancabili scambi di materia e energia che costituiscono il vivente in tutta la sua complessità. Quest'ultimo, per la propria attività di costante auto-trasformazione e auto-regolazione, assorbe energia ad altissima qualità (come l'energia luminosa o l'energia contenuta negli alimenti, come le piante o la carne), la usa per il sostentamento del proprio funzionamento e poi la “scarica” sotto forme più “povere” nell'ambiente. L'energia assorbita è piena di informazione, mentre quella espulsa ne è molto povera. Anche questa è una caratteristica importante degli esseri viventi, che può conferire loro un'ulteriore definizione: essi sono *informivori*.

Riferendosi ai mutamenti subiti da una certa quantità di energia nel processo metabolico, si usa dire, nel linguaggio comune, che i vari componenti degli esseri viventi “consumano” energia. Questa affermazione, a rigore, non è corretta [...]. È dunque più opportuno dire che l'energia si degrada, ossia modifica negativamente il grado della sua qualità. [...] La qualità di un certo tipo di energia è proporzionale alla quantità di *informazione* a essa associata. [...] Gli esseri viventi, che qualcuno ha definito proprio per questo “*informivori*”, si nutrono in sostanza dell'informazione associata all'energia che utilizzano.⁶⁰

Concludiamo qui il riferimento alla presentazione delle proprietà definitorie del vivente nella *Prima lezione di biologia* di Boncinelli.

Nonostante la diversa modalità di approccio che riscontriamo nei due saggi, è importante ribadire che è comunque comune ad entrambe un fondamentale presupposto di base,

⁵⁸ Questo è il noto ed interessantissimo problema filosofico dell'identità biologica.

⁵⁹ Ivi, p. 11.

⁶⁰ Ivi, p. 9 (grassetto nostro).

ovverosia, la convinzione che non vi sia nella biosfera niente di sovranaturale, nessun “principio”, nessun “motore”, oltre ai componenti strettamente materiali degli esseri viventi e al speciale modo in cui essi sono messi insieme. Difatti, sia che Boncinelli definisca esplicitamente la Vita, così come ha fatto nella prima opera, sia che preferisca elencare semplicemente le proprietà dei viventi e descrivere le loro straordinarie capacità, rimane comunque chiaro che la Vita non può mai essere concepita in modo astratto. Anche se il suo concetto viene considerato in sé e definito, la Vita coincide sempre con gli individui che ne sono la concretizzazione e questi ultimi sono la sua unica forma di esistenza.

Dobbiamo ammettere che la trattazione della Vita in quanto “esplorazione del regno dei possibili”, stato di continuo cambiamento e avido assorbimento d’informazione codificata, c’incanta in particolare modo. Nonostante questo, essendovi, nell’opera recente di Boncinelli, una definizione esplicita della “Vita”, oltre a queste metafore e oltre alla definizione esplicita del “vivente”, dobbiamo considerare definitiva quella prima.

Questo implica la considerazione del metabolismo e dell’evoluzione (presenti solamente nella seconda definizione) in quanto proprietà definitorie non della Vita in sé, ma del vivente, ovverosia, dell’effettiva realizzazione che ne possiamo conoscere noi:

La vita consiste in un complesso di molecole e macromolecole organizzate nello spazio e nel tempo in cellule, ovverosia, in entità fisiche che sopravvivono per qualche tempo e che si riproducono.

MAYR

Da Boncinelli, biologo molecolare di formazione riduzionistica, passiamo quasi all’estremo opposto, rappresentato dalle idee di E. Mayr, autore di grandissima importanza per la difesa dell’organicismo nella filosofia della biologia del XX secolo.

Per trovare la posizione di Mayr per quanto riguarda la Vita, la migliore fonte d’informazione è senza dubbio la sua *Storia del pensiero biologico*, opera di tale portata concettuale che solo con difficoltà può essere considerata “divulgativa”. La presentiamo, tuttavia, in quanto tale, perché la Vita e le caratteristiche del vivente vengono ivi trattati con molta semplicità e chiarezza, in modo accessibile a qualsiasi lettore. Per questo, anche

se l'opera, nella sua totalità, non è assolutamente mai superficiale e sviluppa una rassegna globale del pensiero biologico che certamente mancava nel panorama della storia della scienza, possiamo dire che i singoli paragrafi che analizzeremo in questa sede si presentano sotto uno stile che consideriamo divulgativo.

Completeremo le considerazioni tratte dalla *Storia* con citazioni ad esse complementari, tratte da *Il modello biologico*. Questa, invece, è un'opera esplicitamente di divulgazione, ma molto chiara e, proprio per questo, molto utile ai nostri scopi.

In entrambi i libri, l'autore comincia con la chiarificazione, ormai da noi conosciuta, che la Vita in sé non è nulla, non esiste, per cui, evidentemente, non è qualcosa di definibile.

Si è ripetutamente tentato di definire la "vita". Questi tentativi sono assai futili, poiché è ora del tutto evidente che non vi è alcuna speciale sostanza, oggetto o forza che possa essere identificata con la vita.⁶¹

In realtà, il termine vita è una pura e semplice **reificazione del processo vitale**, il quale non esiste come entità a sé. È possibile occuparsi scientificamente del processo della vita, ma non del concetto astratto di "vita".⁶²

Da questa considerazione, tuttavia, egli non prosegue, come gli autori prima visti, verso la definizione del "vivente", bensì verso la definizione dettagliata del "processo vitale". È certo che quest'ultimo si svolge necessariamente all'interno di un concreto sistema vivente – anzi, la definizione di "processo vitale" coincide proprio con l'elencazione degli attributi esclusivi degli esseri viventi. Ci sembra tuttavia interessante che Mayr scelga come "oggetto" esplicito della definizione il processo stesso e non la sede materiale dove esso avviene.

Tuttavia, **il processo vitale è definibile**. Non vi è dubbio che gli organismi viventi possiedono alcuni attributi che non si trovano o non si trovano nello stesso modo, negli oggetti inanimati.⁶³

Da questa considerazione, nella *Storia del pensiero biologico*, si passa subito all'elencazione e spiegazione dettagliata di ognuno di questi attributi, lungo una decina di pagine di densissimo contenuto, frutto maturo di decenni dedite allo studio dei viventi e delle loro caratteristiche. Senza contraddire in niente un'interpretazione strettamente

⁶¹ MAYR [1982], p. 53.

⁶² MAYR [1997], p. 2.

⁶³ MAYR [1982], p. 53 (grassetto nostro).

meccanicista del mondo, quest'elenco di dieci proprietà pretende rendere evidente che “un sistema vivente è qualcosa di totalmente diverso da qualsiasi oggetto inanimato”⁶⁴.

1) LA COMPLESSITÀ E L'ORGANIZZAZIONE

Negli organismi viventi, il tutto non può mai ridursi alla somma delle parti. I componenti che insieme costituiscono un sistema biologico, per quanto semplice questo possa essere, hanno, ciascuno di essi, una funzione che dipende interamente dall'attività degli altri elementi e dall'attività del tutto. È questo “co-adattamento” d'innomerevoli pezzi specializzati che dà alla totalità del corpo tutte le sue potenzialità.

La maggior parte delle strutture di un organismo è priva di significato senza il resto dell'organismo [...]. Di conseguenza, tutte le parti hanno un significato adattativo e possono eseguire attività teleonomiche. Tale mutuo adattamento delle parti è ignoto nel mondo inanimato.⁶⁵

La complessità, in quanto tale, non è esclusiva degli esseri viventi e non basta a distinguerli dagli oggetti inanimati. Nonostante questo, e anche se possiamo trovare sistemi inorganici molto complessi, così come sistemi organici abbastanza semplici, possiamo dire con sicurezza che, in media, i sistemi biologici “sono infinitamente più complessi di quelli del mondo degli oggetti inanimati”⁶⁶.

Questa proprietà è presente in tutti i livelli gerarchici del mondo biologico e si manifesta nel seno di quelle capacità esclusive degli organismi viventi - quali gli specifici meccanismi di **retroazione**, la **risposta agli stimoli esterni**, il **metabolismo**, la **crescita** e la **differenziazione** – a cui rimane sempre associata⁶⁷.

La complessità nei sistemi viventi esiste a ogni livello, dal nucleo (con il suo programma di DNA), alla cellula, a ogni sistema al livello degli organi (come il rene, il fegato o il cervello), all'individuo, all'ecosistema o alla società. I sistemi viventi sono invariabilmente caratterizzati da elaborati meccanismi di retroazione ignoti, nella loro precisione e complessità, a qualsiasi sistema inanimato. Essi hanno la capacità

⁶⁴ Ivi, p. 59.

⁶⁵ *Idem*.

⁶⁶ *Idem* (grassetto nostro).

⁶⁷ Si noti che per Mayr i meccanismi di funzionamento degli esseri viventi non sono ciò che li definisce. Sono soltanto esempi di caratteristiche più generali come, in questo caso, la complessità e l'organizzazione.

di rispondere a stimoli esterni, hanno capacità metaboliche (accumulare o cedere energia) e hanno la capacità di crescere e di differenziarsi.⁶⁸

2) L'UNICITÀ CHIMICA

Questa proprietà si riferisce alle proteine, agli enzimi, agli acidi nucleici, ai fosfati, ai lipidi, insomma, a tutte le meravigliose macromolecole che conferiscono, attraverso le loro interazioni, le capacità che contraddistinguono i viventi.

Gli organismi viventi si compongono di macromolecole con le caratteristiche più straordinarie. [...] Molte di queste molecole sono così specifiche e così uniche nella loro capacità di svolgere una funzione particolare [...] che esse sono presenti nel regno animale e in quello vegetale tutte le volte che è richiesta quella particolare funzione.⁶⁹

È certo che quest'unicità, così come la succitata complessità, non è un criterio privo di ambiguità. Difatti, molte di queste macromolecole non sono interamente esclusive del mondo biologico. Comunque sia, le macromolecole organiche sono, in genere, molto maggiori e più complesse di quelle che costituiscono la materia inanimata, anche se da

⁶⁸ Ivi, p. 54. Mayr affermerà la medesima cosa, con le stesse parole, ma in un'altra opera: MAYR [1988], p. 15. Nella stessa sede, egli svilupperà il concetto di complessità, sempre in sintonia con quanto aveva già affermato nel suo lavoro del 1982 (alcune righe sono addirittura ripetute), ma sottolineando di più le effettive caratteristiche morfologiche dei viventi, le quali sono la concreta manifestazione di questa incredibile proprietà:

«Living systems are characterized by a remarkably complex organization which endows them with the capacity to respond to external stimuli, to bind or release energy (metabolism), to grow, to differentiate, and **to replicate**. Biological systems have the further remarkable property that they are **open systems**, which maintain a steady-state balance in spite of much input and output. This **homeostasis** is made possible by elaborate feedback mechanisms, unknown in their precision in any inanimate system. [...] Complexity in and of itself is not a fundamental difference between organic and inorganic systems. The world's weather system or any galaxy is also a highly complex system. On the average, however, organic systems are **more** complex by several orders of magnitude than those of inanimate objects. [...] This complexity **endows them with** extraordinary properties not found in inert matter»

(MAYR [1988], pp.14-15 [in grassetto nostro, le capacità non menzionate nell'opera principale in analisi nel testo].

“I sistemi viventi sono caratterizzati da una notevolmente complessa organizzazione, la quale conferisce loro la capacità di rispondere a degli stimoli esterni, di assorbire e di liberare energia (metabolismo), di crescere, di differenziarsi e di **replicarsi**. I sistemi biologici hanno l'ulteriore proprietà notevole di essere dei **sistemi aperti**, che mantengono uno stato di equilibrio a scapito di molti *input* e *output*. Questa **omeostasi** è possibile grazie ad elaborati meccanismi di retroazione, sconosciuti nella loro precisione in qualsiasi sistema inanimato. [...] La complessità di per se stessa non costituisce una differenza fondamentale fra sistemi organici ed inorganici. Il sistema meteorologico mondiale, o qualsiasi galassia, è anch'esso un sistema altamente complesso. In generale, però, i sistemi organici sono più complessi, di parecchi ordini di grandezza, di quelli degli oggetti inanimati. [...] Questa complessità conferisce loro delle proprietà straordinarie non riscontrabili della materia inerte”).

⁶⁹ MAYR [1982], p. 59.

queste non differiscono in linea di principio. Inoltre, le molecole organiche più lunghe sono, normalmente, assenti del tutto dal mondo inorganico.

3) LA QUALITÀ

Il mondo biologico si contrappone al mondo fisico come la qualità alla quantità. Questa caratteristica viene menzionata esclusivamente da Mayr che, con questo suo modo di guardare i fenomeni biologici, si allontana non soltanto da fisici e chimici, biofisici e biochimici, ma anche dagli attuali biologi evolucionisti.

È molto audace da parte sua aver introdotto la “qualità” in quanto proprietà fondamentale per la distinzione tra il vivente e il non vivente, poiché questa appare come una pericolosa minaccia alla fiera obiettività della scienza. Egli stesso ammette, infatti, che “i sostenitori della quantificazione tendono a considerare il riconoscimento della qualità come un qualcosa di non scientifico o al più come puramente descrittivo o classificatorio”, ma aggiunge anche che essi mostrano, “con questo pregiudizio, quanto poco comprendano i fenomeni biologici”⁷⁰.

Le differenze individuali, i sistemi di comunicazione, le informazioni immagazzinate, le proprietà delle macromolecole, le interazioni negli ecosistemi e molti altri aspetti degli organismi viventi sono di natura prevalentemente qualitativa. Questi aspetti qualitativi possono essere tradotti in aspetti quantitativi, ma in tale modo si perde il vero significato dei rispettivi fenomeni biologici, esattamente come se si descrivesse un quadro di Rembrandt attraverso le lunghezze d’onda dei colori prevalenti riflessi da ogni millimetro quadrato del dipinto.⁷¹

È evidente che la quantificazione è sempre presente anche nella biologia. Tuttavia, essa non è la parte fondamentale di questa scienza, che ha a che fare, invece, con le specie, gli ecosistemi, il comportamento comunicativo, la regolazione, la classificazione, universi fatti tutti non di entità, leggi e forze autonome e indipendenti tra loro, bensì di organismi, fenomeni e proprietà **relazionali**, “le quali sono esprimibili, nella maggior parte dei casi, solo qualitativamente e non quantitativamente”⁷².

⁷⁰ Ivi, p. 55.

⁷¹ Ivi, pp.54-55 (grassetto nostro).

⁷² Ivi, p. 55.

La quantificazione è importante in molti campi della biologia, ma non a scapito di tutti gli aspetti qualitativi. Questi sono particolarmente importanti nei fenomeni relazionali, che sono per l'appunto i fenomeni che dominano la natura vivente.⁷³

4) L'UNICITÀ E LA VARIABILITÀ

Questa è effettivamente una differenza importante fra il mondo chimico-fisico della materia inanimata e il mondo biologico dei sistemi viventi (vedremo che anche E. Schrödinger ribadirà questa distinzione).

In biologia si ha raramente a che fare con classi di entità identiche e si studiano invece quasi sempre popolazioni costituite da individui unici.⁷⁴

Ad ogni livello gerarchico, dalle cellule agli ecosistemi, le varianze riscontrabili sono altissime e gli individui, come le popolazioni, sono tipicamente mutevoli, andando incontro a drastici cambiamenti, tanto nell'arco della loro esistenza, come lungo l'evoluzione della specie che rappresentano.

A differenza della prima e seconda proprietà, l'unicità costituisce una caratteristica quasi inedita in natura. Tuttavia, Mayr ammette che possiamo identificare, anche qui, alcune eccezioni, e cioè, casi in cui essa si manifesta pure nel mondo inanimato (come, per esempio, il decadimento radioattivo o il comportamento dei sistemi meteorologici).

5) IL POSSESSO DI UN PROGRAMMA GENETICO

Questa è forse la caratteristica più “nota” e comunemente citata degli esseri viventi. E anche secondo Mayr, essa è fondamentale al punto di costituire la “**differenza assoluta** tra organismi e materia inanimata”⁷⁵. È una caratteristica straordinaria che, ancora oggi, è difficilmente concepibile a molte persone. Soltanto nei computer costruiti dall'uomo possiamo riscontrare qualcosa di simile, e possiamo dire addirittura che “fu necessaria la scienza dei calcolatori perché il concetto di questo programma divenisse attendibile”.

⁷³ *Idem.*

⁷⁴ *Idem.*

⁷⁵ Ivi, p. 56.

Si tratta, inoltre, di una proprietà piena di potenzialità, capace di generare negli organismi viventi molte altre caratteristiche importanti:

- innanzitutto, la presenza di un programma conferisce agli organismi la loro straordinaria **dualità causale**, ovverosia, la loro peculiare scissione in fenotipo e genotipo⁷⁶;
- d'altra parte, il programma è “il risultato di una storia che risale all'origine della vita e quindi incorpora le ‘esperienze’ di tutti gli antenati”⁷⁷;
- inoltre, esso “conferisce agli organismi la capacità di svolgere attività e processi teleonomici, una capacità del tutto assente nel mondo inanimato”⁷⁸;
- infine, e visto che il programma genetico ha la capacità di controllare la propria riproduzione e quella di altri sistemi, ogni errore che avviene (ogni mutazione) diventa fonte di variazione genetica e, quindi, di evoluzione.

6) LA NATURA STORICA

La classificazione tassonomica degli esseri viventi è fatta in base alla discendenza comune e alle proprietà condivise tra i membri di una determinata “famiglia”. Anche questa è una conseguenza del possesso di un programma genetico ereditario.

7) LA SELEZIONE NATURALE

Attraverso la perfetta interazione della casualità delle variazioni e della necessità della selezione, l'evoluzione ha portato la Vita fino ad oggi. Nelle specie che si riproducono sessualmente, con ogni generazione di esseri viventi, la ricombinazione viene ad

⁷⁶ In *Il modello biologico*, Mayr ribadisce con insistenza l'importanza del particolare dualismo degli esseri viventi.

«Non si tratta del dualismo di corpo e anima, o anche di corpo e mente, ossia di una componente fisica contrapposta a una metafisica. Il dualismo della biologia moderna è coerentemente fisicochimico e deriva dal fatto che gli organismi posseggono sia un genotipo sia un fenotipo. Il genotipo, che si identifica con l'acido nucleico, si lascia comprendere solo dalle spiegazioni evoluzionistiche. Il fenotipo, prodotto sulla scorta delle informazioni fornite dal genotipo e composto di proteine, lipidi e altre macromolecole, può essere compreso ricorrendo a spiegazioni funzionali. Una dualità simile è sconosciuta al mondo inanimato. Per spiegare il genotipo e il fenotipo occorre far ricorso a generi diversi di teorie» (MAYR [1997], p. 17).

È quindi una inedita **dualità causale** che traccia una “differenza assoluta” tra mondo inanimato e mondo dei viventi: «Entrambi rispondono alle leggi universali scoperte e analizzate dalle scienze fisiche, ma gli organismi viventi rispondono anche a un secondo genere di cause: le istruzioni provenienti dal programma genetico. Questo secondo genere di causalità è del tutto estraneo al mondo inanimato» (Ivi, p. XI).

⁷⁷ MAYR [1982], p. 56.

⁷⁸ *Idem.*

aggiungere ancora altre novità, riorganizzando il pool genico in modo imprevedibile. Anche questa è una caratteristica esclusiva del mondo della Vita.

La selezione naturale, la riproduzione differenziata di individui che differiscono unicamente nella loro superiorità adattativi, è un processo **senza un esatto equivalente** tra i processi di cambiamento del mondo inanimato.⁷⁹

8) L'INDETERMINATEZZA

Mayr comincia per chiarire il senso, spesso ambiguo, del concetto di “predizione”, il quale è connesso a quello di “prevedibilità”⁸⁰. Vi sono, dunque, due tipi di predizioni:

- a) le predizioni “logiche” - conformazione di singole osservazioni a una teoria, che è messa alla prova dalle predizioni che essa permette;
- b) le predizioni “temporali” – un’inferenza dal presente al futuro.

Nella biologia, le predizioni logiche giocano un ruolo minore rispetto alle scienze fisiche, solamente perché queste ultime sono “un sistema di teorie in misura assai maggiore della biologia”⁸¹.

Per quanto riguarda, invece, le predizioni temporali, queste sono veramente rare e difficili nel mondo biologico. Quando sono fatte, esse sono soprattutto probabilistiche.

Tenendo conto della distinzione fra i due tipi di predizioni, non dobbiamo considerare insoddisfacenti le spiegazioni della biologia quando esse non permettono la predizione temporale di un evento. Difatti, le spiegazioni biologiche non pretendono di abdicare dalla causalità in se stesso, in senso “postpredittivo”: esse, semplicemente, guardano più verso il passato, che non verso il futuro.

In biologia, e particolarmente nella biologia evuzionistica, le spiegazioni hanno solitamente a che fare con le narrazioni storiche.⁸²

Vi sono diverse ragione per cui gli eventi biologici sono, così spesso, imprevedibili.

⁷⁹ Ivi, p. 57.

⁸⁰ L'autore non lo chiarisce esplicitamente, ma si suppone che l'ottava proprietà, la “indeterminatezza”, sia intesa in quanto “imprevedibilità”.

⁸¹ *Idem*.

⁸² Ivi, p. 58.

Tra queste:

- la complessità;
- l'emergenza di nuove proprietà ad ogni livello gerarchico;
- la "casualità di un evento rispetto al suo significato", ovverosia, il rapporto imprevedibile fra un piccolo dettaglio casuale e le conseguenze incredibili che può avere;
- l'unicità;
- l'ampiezza delle perturbazioni stocastiche.

Non si conclude qui l'elencazione delle proprietà che contraddistinguono il vivente, il che significa, secondo ciò che Mayr ha affermato all'inizio, che qui non si conclude la definizione stessa del "processo vitale". Dopo la presentazione di queste otto caratteristiche, l'autore ne aggiunge altre due nel capitolo immediatamente successivo della *Storia*, dedicato al conflitto fra riduzionismo e oolismo. Queste due proprietà sono già state menzionate anche da noi, alla fine del primo capitolo del presente lavoro, a proposito della difesa dell'oolismo-organicismo da parte di Mayr contro le tendenze riduzionistiche di gran parte della biologia moderna. Presentiamo queste caratteristiche ancora una volta:

9) LA STRUTTURA GERARCHICA

I sistemi complessi hanno molto spesso una struttura gerarchica, in quanto le entità di un livello sono combinate in nuove entità al livello superiore successivo, come le cellule nei tessuti, i tessuti negli organi e gli organi nei sistemi funzionali.⁸³

Questa è una caratteristica presente anche nella materia inanimata, la quale, come sappiamo, si organizza in particelle elementari, atomi, molecole, cristalli e così via. Ma i sostenitori, come Mayr, di un approccio sistemico, considerano che l'organizzazione gerarchica è molto più significativa nel mondo vivente.

10) L'EMERGENZA

Questa caratteristica è strettamente connessa a quella precedente.

⁸³ Ivi, p. 64.

I sistemi hanno quasi sempre la particolarità che le caratteristiche del tutto non possono (nemmeno in teoria) essere dedotte dalla più completa conoscenza delle componenti, prese separatamente o in altre combinazioni parziali. Questa comparsa di nuove caratteristiche nel tutto è stata chiamata *emergenza*.

[...] Probabilmente, le due caratteristiche più interessanti di un “tutto” emergente sono 1) che esso può a sua volta divenire parte di sistemi di livello ancora più alto, e 2) che esso può influire sulle proprietà delle componenti ai livelli inferiori. Talvolta, ci si riferisce a quest’ultimo fenomeno come “causazione discendente”.⁸⁴

A somiglianza della “qualità”, anche la proprietà dell’“emergenza” non è consensualmente considerata come una caratteristica fondamentale nei viventi.

Tuttavia, Mayr è un “emergentista” e, in quanto tale, come avevamo già visto⁸⁵, egli non ignora le eventuali critiche e ribadisce la falsità di certe accuse comunemente lanciate contro l’emergentismo:

a) **L’accusa di vitalismo**

È falsa, perché gli emergentisti moderni, anche se rifiutano la riduzione esplicativa (secondo la quale non si potrebbe comprendere il tutto senza analizzarlo nelle sue componenti più elementari), accettano senza riserve quella costitutiva (ovverosia che “la composizione materiale degli organismi è esattamente la medesima che si riscontra nel mondo inorganico” e che “nessun evento o processo che si verifica nel mondo degli organismi viventi è in conflitto con i fenomeni chimico-fisici a livello atomico e molecolare”⁸⁶). Questo implica un non-vitalismo irrevocabile.

La differenza tra materia inorganica e organismi viventi non consiste nella sostanza di cui essi sono composti, ma nell’organizzazione dei sistemi biologici.⁸⁷

b) **L’accusa di un rifiuto dell’analisi**

È falsa. Non è vero che l’emergentismo creda che gli organismi possano solo essere studiati come un tutto, e che ogni ulteriore analisi debba essere respinta. Quello che gli emergentisti affermano è solo che la riduzione esplicativa è incompleta, perché ai

⁸⁴ Ivi, p. 63.

⁸⁵ Vedi, nel presente lavoro, nota 43.

⁸⁶ Ivi, p. 60.

⁸⁷ *Idem*.

livelli superiori di complessità nei sistemi gerarchici emergono caratteri nuovi e precedentemente imprevedibili.

Quindi, i sistemi complessi devono essere studiati a ogni livello, poiché ogni livello ha proprietà che non si mostrano ai livelli inferiori.⁸⁸

Non sono i “difensori del tutto” quelli che si rifiutano di guardare le parti. Anzi, sono spesso i riduzionismi quelli che sottovalutano il valore dei livelli superiori.

Un biologo molecolare, semplicemente, non è interessato ai problemi studiati dal morfologo funzionale o dallo zoogeografo, e viceversa. [...] Per una piena comprensione dei fenomeni viventi, si deve studiare ogni livello, ma, come abbiamo osservato prima, le scoperte fatte ai livelli inferiori contribuiscono di solito assai poco alla soluzione dei problemi che si pongono ai livelli superiori. Quando un famoso premio Nobel in biochimica disse: “vi è soltanto una biologia, ed è la biologia molecolare”, egli rivelò semplicemente la sua ignoranza e la sua mancanza di comprensione della biologia.⁸⁹

Anche l'emergenza, però, è condivisa dai sistemi inorganici (la “acuosità” dell'acqua non può essere dedotta dalle proprietà individuali dell'idrogeno e dell'ossigeno), per cui non può essere considerata una proprietà esclusiva dei viventi.

Dovremmo provare a trarre un senso da tutte queste caratteristiche, partendo appunto dalle proprietà che effettivamente sono presenti solo negli organismi e lasciando da parte quelle che essi condividono con la materia inanimata (anche se Mayr considera che queste proprietà, come la complessità o la gerarchia, sono spesso molto più intense nei viventi, per cui funzionano comunque come una forma di contraddistinzione). Ma prima vogliamo fare riferimento ancora ad un'ultima lista di caratteristiche.

Si tratta dell'elenco dei “fenomeni specifici degli esseri viventi”, presentato in *Il modello biologico*, elenco che, essendo un po' più “pragmatico” dell'altro, ci si presenta come un complemento della definizione di processo vitale tratta dalla *Storia del pensiero biologico*. Alcune delle caratteristiche sono comuni ai due elenchi (anche se sotto nomi diversi), mentre altre sono presenti in uno e non nell'altro (tanto quelle caratteristiche più morfologiche che possiamo trovare nel *Modello* e non nella *Storia*, come gli aspetti più vaghi e qualitativi presenti soltanto in quest'ultima). In entrambi i casi, comunque, l'autore

⁸⁸ Ivi, p. 64.

⁸⁹ Ivi, p. 65.

pretende evidenziare la peculiarità del vivente senza mettere mai in causa la sua stretta materialità. Questo risulta evidente dal passo riassuntivo che introduce l'elenco delle suddette proprietà, e che citiamo in quanto sunto di quella che Mayr considera “la concezione comune circa la natura degli organismi viventi”:

A livello molecolare e, soprattutto, a livello cellulare, tutte le funzioni di tali organismi obbediscono alle leggi della fisica e della chimica. Nulla ci si sottrae al punto da richiedere il ricorso a principi vitalistici autonomi. Tuttavia, gli organismi viventi sono essenzialmente diversi dalla materia inerte. Essi costituiscono **sistemi ordinati gerarchicamente** e presentano numerose proprietà del tutto estranee alla materia inanimata; soprattutto, le loro attività sono regolate da **programmi genetici** che contengono informazioni acquisite nel corso del **tempo**: anche questa caratteristica è sconosciuta alla natura inanimata.⁹⁰

Come possiamo constatare, Mayr ribadisce sempre la dualità causale dei viventi e sottolinea sempre l'informazione genetica, insieme alla natura storica e alla struttura gerarchica, in quanto proprietà specialmente importanti.

Ma passiamo adesso all'elenco propriamente detto, mettendolo in rapporto con quello presentato prima, in modo da riassumere subito le caratteristiche comuni e quelle che, invece, sono introdotte solo ora:

- 1) PROGRAMMI EVOLUTI
(equivalente alla “Natura storica” e alla “Selezione naturale”)
- 2) PROPRIETÀ CHIMICHE
(equivalente a “L'unicità chimica”)
- 3) MECCANISMI REGOLATORI
(nell'altro elenco, questa caratteristica era soltanto un esempio illustrativo della “Complessità” dei viventi)
- 4) ORGANIZZAZIONE
(equivalente a “Complessità e organizzazione”)
- 5) SISTEMI TELEONOMICI
(riferita in quanto un delle implicazioni del “Possesso di un programma genetico”)

⁹⁰ MAYR [1997], p. 16 (grassetto nostro).

6) DELIMITAZIONE DELLE DIMENSIONI

(assente dall'altro elenco)

Le dimensioni degli organismi viventi variano entro limiti ben definiti, che vanno dai più piccoli virus alle balene e agli alberi di grandi dimensioni. Le cellule e gli elementi cellulari sono le unità base dell'organizzazione biologica, che, di dimensioni molto piccole, permettono agli organismi di svilupparsi notevolmente e garantiscono loro una grande flessibilità evolutiva.⁹¹

7) CICLO VITALE

(riferito a proposito dei cambiamenti a cui sono sottoposti i viventi, cambiamenti che costituiscono uno degli aspetti della "Unicità e variabilità")

8) SISTEMI APERTI

(assente dall'altro elenco)

Gli organismi viventi traggono dall'ambiente esterno energia e tutto ciò che occorre ed eliminano i residui del metabolismo. Essendo sistemi aperti, essi non sono soggetti alle limitazioni della seconda della termodinamica.⁹²

- 9) CAPACITÀ SCONOSCIUTE:
- CAPACITÀ DI EVOLVERSI
 - CAPACITÀ DI AUTOREPLICARSI
 - CAPACITÀ DI CRESCERE E DIFFERENZIARSI
(seguendo il programma genetico)
 - CAPACITÀ DI METABOLIZZARE
 - CAPACITÀ DI AUTOREGOLARSI (omeostasi)
 - CAPACITÀ DI RISPONDERE AGLI STIMOLI
 - CAPACITÀ DI MUTARE (a livello fenotipico e genotipico)

Queste ultime costituiscono uno speciale tipo di caratteristiche: sono caratteristiche funzionali, sono "capacità", e per questo meritano un trattamento a parte. E se pensiamo agli altri autori trattati in questo capitolo del nostro lavoro, vediamo che queste sono, in generale, le proprietà definitorie della Vita o del vivente da essi rilevate. Tuttavia, nel contesto dell'opera di Mayr e del diverso approccio con cui egli si rapporta al vivente, esse

⁹¹ Ivi, p. 17.

⁹² Ivi, p. 18.

sono solamente un sottoinsieme del più importante insieme delle caratteristiche fondamentali (così come era già successo nella *Storia del pensiero biologico*, per quanto riguarda la “complessità e organizzazione” e le sotto-capacità incluse nell’ambito di questa caratteristica⁹³). Inoltre, si noti che molte di queste proprietà sono ridondanti:

- la “capacità di mutare” e la “capacità di evolversi” sono già presupposte dalla caratteristica 1) “Programmi evoluti”;
- la “capacità di crescere e differenziarsi” e la “capacità di autoreplicarsi” sono incluse nella caratteristica 7) “Ciclo vitale”;
- la “capacità di autoregolarsi” è equivalente alla caratteristica 3) “Meccanismi regolatori”;
- la “capacità di metabolizzare” è una conseguenza della caratteristica 8) “Sistemi aperti”;

Soltanto la “capacità di rispondere agli stimoli esterni” non è implicata da nessuna delle prime otto caratteristiche. Tuttavia, anche questa non è nuova per noi, visto che, insieme alla retroazione, al metabolismo, alla crescita e alla differenziazione, faceva parte degli esempi di “complessità e organizzazione”.

Questo vuol dire, dunque, che la lista di proprietà del *Modello* viene ad aggiungere all’analisi degli organismi viventi soltanto la loro “delimitazione delle dimensioni” e il fatto che siano “sistemi aperti”. D’altra parte, nella *Storia*, possiamo trovare “la qualità”, “l’indeterminatezza” e “l’unicità” (quest’ultima è la prima parte della quarta caratteristica, “l’unicità e la variabilità”, la cui seconda parte è stata già ribadita dalla settima caratteristica del *Modello*, il “ciclo vitale”).

Queste differenze possono essere casuali, vista l’insistenza di Mayr sulla non assolutizzazione degli elenchi di caratteristiche da lui presentati, considerati come una possibilità tra altre, “in assenza di un quadro migliore”⁹⁴. Ma le differenze possono anche essere dovute al fatto che, anche se entrambe le liste trattano delle caratteristiche che distinguono la materia vivente dalla materia inanimata, comunque la prima vuole definire il “processo vitale” (la cui definizione, è certo, dev’essere cercata attraverso l’elencazione degli attributi che “non si trovano, o non si trovano nello stesso modo, negli oggetti

⁹³ Cfr. nota 67 del presente lavoro.

⁹⁴ MAYR [1982], p. 53.

inanimati”⁹⁵), mentre la seconda non ha quest’obiettivo e si propone soltanto come un elenco di “alcuni fra i fenomeni specifici degli esseri viventi”⁹⁶. Quindi, forse le caratteristiche dei viventi sono l’insieme delle due liste di proprietà, o eventualmente un totale ancora più ampio, delle quali soltanto quelle dieci (otto più due), menzionate nella *Storia*, definiscono il “processo vitale”.

Visto che l’autore stesso ci orienta in questo senso, la definizione di Vita che proveremo a trarre da tutto questo, sarà frutto soltanto di quanto abbiamo letto della *Storia del pensiero biologico*.

In quelle pagine, come abbiamo visto, solo alcune proprietà sono possedute dai viventi con totale esclusività. Difatti, insieme a queste (unicità e variabilità, programma genetico, natura storica, selezione naturale e indeterminatezza), troviamo anche:

- proprietà proprie dei viventi, come dei non viventi (la complessità e l’organizzazione, l’unicità chimica, la struttura gerarchica o l’emergenza);
- proprietà proprie dei viventi, così come di essi è proprio il loro contrario (la qualità).

Mayr considera che le caratteristiche definitorie del “processo vitale” non dovranno trovarsi, o non dovranno trovarsi **nello stesso modo**, negli oggetti inanimati. La nostra definizione di Vita accetterà, quindi, indifferentemente, tutte le caratteristiche rilevate dall’autore.

Riassumiamo tutto questo in poche righe, provando a cogliere un possibile collegamento con il nostro obiettivo, ovverosia, con la definizione di Vita:

La “Vita” è il nome che diamo al “processo vitale” che avviene negli organismi e che conferisce loro dieci attributi: la complessità, l’unicità chimica, la qualità, l’unicità e variabilità, il possesso di un programma genetico, la natura storica, la selezione naturale, l’indeterminatezza, la struttura gerarchica e l’emergenza.

⁹⁵ *Idem.*

⁹⁶ MAYR [1997], p. 17.

2.2. I GRANDI CLASSICI TEORICI

Consideriamo “classici” quelli autori o quelle opere che furono decisivi per l’evoluzione della biologia teorica lungo il novecento. L’eccellente *What is life?* del fisico E. Schrödinger, *L’hazard e la nécessité* di J. Monod, *The Selfish Gene* di R. Dawkins e *Vital Dust* de C. De Duve, si trovano indubbiamente fra questi. Le tesi da loro difese rimangono ancora oggi un punto di riferimento per la ricerca attuale e per la teorizzazione del vivente.

2.2.1. SCHRÖDINGER

Il notevole *Che cos’è la vita?* di E. Schrödinger fu pubblicato nel 1944, tratto da una serie di conferenze tenute a Febbraio del 1943 al Trinity College di Dublino. La struttura del DNA, come sappiamo, era ancora un’incognita all’epoca e così sarebbe rimasta per altri dieci anni, il che conferma maggiormente la grandezza innovativa dell’opera.

Difatti, a partire dai dati sempre nuovi che la genetica nascente gli metteva a disposizione e dalle sue profonde conoscenze scientifiche in quanto fisico, Schrödinger inferì la storica considerazione secondo cui ogni vivente porta, in qualche modo, all’interno dei suoi cromosomi, un programma predefinito codificato. Da un lato, questo programma ha la capacità di rimanere stabile lungo tutta la vita dell’organismo grazie alla sua configurazione cristallina, ma dall’altro, esso manifesta anche delle potenzialità “creative” assolutamente sconosciute in qualsiasi cristallo “normale”: si tratta, infatti, di un **cristallo aperiodico**. Questa forma straordinaria e inedita in natura (fissa, modulare, ma irregolare, non ripetitiva), sarebbe dunque la fonte dell’incredibile varietà del mondo vivente, varietà cui la Vita arrivò attraverso l’evoluzione che la condusse dalle sue origini fino ad oggi e che fu, anche quest’ultima, frutto delle infinite possibilità della struttura sempre imprevedibilmente diversa del cristallo.

Quel cristallo aperiodico [...], secondo la mia opinione, è il portatore della vita.⁹⁷

Schrödinger suppose addirittura che in ogni cromosoma vi fosse un “codice in miniatura” scritto dai singoli atomi componenti il cristallo, un codice che costituirebbe proprio il segreto della struttura di ogni individuo. Nelle parole dell’autore troviamo delle ipotesi pioniere che, anni dopo, sarebbero state confermate dai fatti:

[...] col modello molecolare di un gene non è più inconcepibile che il codice in miniatura venga esattamente a corrispondere a un complicatissimo e specificato **piano di sviluppo** e in qualche modo contenga i **mezzi per realizzarlo**.⁹⁸

Oltre all’ipotesi del cristallo aperiodico, il saggio di Schrödinger è rimasto nella storia grazie alla nuova interpretazione fisica della Vita che in esso viene proposta. La Vita viene letta in quanto un particolare sistema materiale, contraddistinto da un ordine che si auto-mantiene a danno del disordine circostante che, per contro, aumenta. L’autore parte da una domanda semplice:

Qual è l’aspetto caratteristico della vita? Quando è che noi diciamo che un pezzo di materia è vivente? Quando esso va “facendo qualcosa”, si muove, scambia materiali con l’ambiente e così via, e ciò per un periodo di tempo molto più lungo di quanto ci aspetteremmo in circostanze analoghe da un pezzo di materia inanimata.⁹⁹

La caratteristica più straordinaria del vivente, soprattutto agli occhi di un fisico, è proprio questa: la lunghissima durata che gli organismi riescono a sostenere e che sembra sconvolgere le leggi che spingono ogni altro sistema al disordine. Questo disordine è lo stato di equilibrio a cui tendono tutte le cose, una casa abbandonata, due liquidi che si mescolano, la pietra di Sisifo che rottola giù dalla montagna. La **seconda legge della termodinamica** ci dice appunto che, nell’Universo, a livello dell’infinitamente grande, come dell’infinitamente piccolo, vi è un continuo aumento dell’**entropia**, ovvero, un avvicinarsi di tutte le cose sempre di più allo stato caotico di massimo disordine, a meno che non vi sia prima un intervento che venga a “sistamarle”.

⁹⁷ SCHRÖDINGER [1944], p. 20.

⁹⁸ Ivi, p. 108 (grassetto nostro).

⁹⁹ Ivi, p. 120.

Il caso degli esseri viventi appare, dunque, proprio come un controesempio e ci impone una riflessione che chiarisca il modo in cui dobbiamo risolvere questa quasi-incoerenza. La Vita obbedisce ad altre leggi? La seconda legge non vale più?

Proviamo a comprendere meglio il modo di funzionamento di un essere vivente:

È proprio in questo suo evitare il rapido decadimento in uno stato inerte di “equilibrio” che un organismo appare così misterioso. [...] Come fa l’organismo vivente a evitare questo decadimento? La risposta ovvia è: mangiando, bevendo, respirando e (nel caso delle piante) assimilando. Il termine tecnico è: **metabolismo**. Il verbo greco corrispondente (_____) significa cambiare o scambiare.[...] Qual è allora quel prezioso elemento contenuto nel nostro cibo che ci preserva dalla morte? [...] **Ciò di cui si nutre un organismo è l’entropia negativa**. Meno paradossalmente si può dire che l’essenziale nel metabolismo è che l’organismo riesca a liberarsi di tutta l’entropia che non può non produrre nel corso della vita.¹⁰⁰

Ecco la soluzione. Non è vero che gli esseri viventi non siano sottomessi al secondo principio della termodinamica. Difatti, essendo dei sistemi aperti, essi si nutrono di energia di altissima qualità (come sia l’energia luminosa del sole, l’amido, i carboidrati) e la “restituiscono” in forma degradata all’ambiente circostante.

Il meccanismo per cui un organismo si mantiene stazionario a un livello molto elevato di ordine (= livello di entropia molto basso) consiste nell’assorbire continuamente ordine dall’ambiente.¹⁰¹

“Mangiando” entropia negativa (ordine), i viventi riescono a mantenere la loro organizzazione interna sempre lontana dall’equilibrio, espellendo poi grandi quantità di entropia positiva (disordine) nell’ambiente. Il disordine che viene comunque prodotto è, quindi, buttato all’esterno, allontanato dall’organismo. Tuttavia, il bilancio totale è altamente “legale”: l’entropia globale aumenta.

Questo significa che gli organismi sono indistinguibili dal resto del mondo fisico? No. Anche se Schrödinger ha voluto garantire che la distinzione fra Vita e non-Vita non sia basata su argomenti vitalistici (per cui ha insistito sul fatto che le leggi della fisica sono sempre valide e universalmente rispettate), al vivente è comunque riconosciuto qualcosa in più rispetto alla materia inanimata. Come nel caso di un motore elettrico rispetto ad un motore termico, quello che è diverso nell’organismo vivente non sono i materiali usati e nemmeno il comportamento di ognuno di questi, secondo le leggi della loro natura. La

¹⁰⁰ Ivi, pp. 122-123 (grassetto nostro).

¹⁰¹ Ivi, p. 127.

novità risiede invece nella **modalità di costruzione** della totalità, nella maniera in cui tutti i “pezzi” sono tenuti insieme e articolati in una struttura in cui si manifestano poi nuove potenzialità e prestazione inedite.

[...] Da tutto ciò che abbiamo imparato sulla struttura della materia vivente dobbiamo essere preparati a vederla comportarsi in un modo che non può ridursi alle ordinarie leggi della fisica. E ciò, **non in base al fatto che sia o non sia in gioco una qualsiasi “nuova forza”**, la quale diriga il comportamento dei singoli atomi in un organismo vivente, ma perché la costruzione è diversa da tutto ciò che noi abbiamo fin qui esaminato nelle nostre esperienze in un laboratorio di fisica.¹⁰²

Vediamo, dunque, che le straordinarie capacità dell’essere vivente, che non dobbiamo né considerare miracolose ma nemmeno ignorare come se non fossero una realtà evidente, provengono proprio dal fatto che “la differenza nella costruzione è sufficiente per prepararlo a un modo di funzionare completamente diverso”¹⁰³. E sorgono allora le proprietà specifiche della Vita:

Il susseguirsi egli eventi nel ciclo vitale di un organismo mostra una regolarità e un ordine ammirevoli, non paragonabili a tutto ciò che s’incontra nella materia inanimata.¹⁰⁴

Sono dunque l’ordine e la regolarità della materia vivente quello che la distingue dalla materia inanimata. Soprattutto perché quest’ordine e questa regolarità non sono soltanto manifestazioni apparenti, ma il riflesso di un’organizzazione che attraversa tutti i livelli gerarchici a partire proprio dai più elementari componenti dell’organismo. L’ordine molecolare (ovverosia, la struttura fissa del cristallo aperiodico) è la fonte dell’ordine globale del sistema e la garanzia del suo continuo mantenimento. E lo straordinario è che questa manifestazione macroscopica della struttura microscopica sia la realizzazione dinamica e altamente complessa di un programma creativo e non, come invece nel caso dei cristalli, il prolungamento di un ordine ripetitivo.

La sorprendente dote di un organismo di concentrare un “flusso di ordine” su se stesso e di evitare così di cadere nel caos atomico, di “bere ordine” da un ambiente adatto, sembra connesso con la presenza del “solido aperiodico”, le molecole del cromosoma, che senza dubbio rappresentano il più complesso tipo di associazione atomica ben ordinata che noi conosciamo (molto più complesso dell’ordinario cristallo periodico, in virtù del **compito individuale** che ogni atomo e ogni radicale assolve in questo caso). Per dirla

¹⁰² Ivi, p. 131 (grassetto nostro).

¹⁰³ Ivi, p. 132.

¹⁰⁴ *Idem.*

in breve, noi constatiamo il fatto che l'ordine esistente manifesta il potere di mantenere se stesso e di produrre eventi ordinati.¹⁰⁵

Il vivente si presenta come qualcosa di nuovo e di diverso anche in questa importanza assunta dalla "singolarità". L'ordine del quadro nel suo insieme è garantito da ogni suo minimo elemento, è un ordine fatto d'individualità, di unicità. Questo è un modo di funzionamento assolutamente esclusivo della materia vivente.

Anche quando il chimico tratta *in vitro* una molecola molto complicata, egli ha sempre a che fare con un enorme numero di molecole uguali. A esse si applicano le sue leggi. Egli potrebbe dirvi per esempio che un minuto dopo che egli ha dato il via a una particolare reazione la metà delle molecole ha reagito e dopo un secondo minuto tre quarti di esse avranno reagito. Ma se una particolare molecola, supposto che voi possiate seguire il suo moto, debba venire a trovarsi tra quelle che hanno reagito o tra quelle ancora indisturbate, egli non può predirlo. Ciò è puramente dovuto al caso. [...] In biologia, noi abbiamo a che fare con una situazione completamente diversa. Un singolo gruppo di atomi esistente in un solo esemplare produce eventi ordinati, meravigliosamente in accordo gli uni con gli altri e con l'ambiente, secondo le leggi più rigorose.¹⁰⁶

Non parliamo quindi di un ordine (macroscopico) che proviene dal disordine (microscopico) - come nei sistemi materiali - e che è l'immagine globale di una "tendenza" di tutti, in quanto universo statistico. Parliamo invece di **un ordine che proviene dall'ordine** e che ne è il preciso riflesso, la conseguenza diretta. A differenza di praticamente tutta la natura circostante, il vivente non è un sistema statistico che funziona in modo regolato solo grazie ai grandi numeri. Il vivente è un caso inedito nell'universo, un caso di ordine fin dal livello atomico, fin da ogni singolo mattone di un'immensa costruzione. Questo, ancora una volta, viene a sconvolgere le certezze dei fisici.

È manifesto che vi sono due diversi "meccanismi" mediante i quali si possono produrre eventi regolari: il "meccanismo statistico", che produce "**l'ordine dal disordine**", e questo nuovo che produce "**l'ordine dall'ordine**". Alla mente senza idee preconcepite, il secondo principio sembra molto più semplice, molto più plausibile. Non c'è dubbio al riguardo. Questa è la ragione per cui i fisici erano così orgogliosi di aver riconosciuto l'altro principio, quello dell' "ordine dal disordine", che è effettivamente seguito in natura e che solo permette la comprensione delle grandi linee dei fenomeni naturali e in primo luogo della loro irreversibilità. Ma noi non possiamo attenderci che le "leggi fisiche" da esso derivate bastino senz'altro a spiegare il comportamento della sostanza vivente, i cui aspetti più sorprendenti sono visibilmente basati largamente sul principio dell' "ordine dall'ordine".¹⁰⁷

¹⁰⁵ Ivi, p. 133 (grassetto nostro).

¹⁰⁶ Ivi, p. 134-135.

¹⁰⁷ Ivi, p. 137.

La lettura “termodinamica” della Vita intrapresa da Schrödinger, anche se sviluppata attraverso l’utilizzo dei mezzi stessi della fisica, finisce quindi per riconoscere uno statuto autonomo al vivente e manifesta una chiara ammirazione per questa incredibile forma di organizzazione della materia.

Proviamo a riassumere tutto questo in una definizione conclusiva :

La Vita è un speciale tipo di organizzazione della materia che si concretizza in particolari sistemi aperti che chiamiamo viventi, nei quali si manifesta attraverso:

- *la regolarità (un ordine che, alimentandosi dall’entropia negativa che estrae dall’esterno, mantiene se stesso e produce eventi ordinati);*
- *l’unicità (la presenza di un cristallo aperiodico, ognuno dei cui atomi contribuisce singolarmente alla codificazione di un piano di sviluppo del sistema e dei mezzi per realizzarlo.*

2.2.2. MONOD

Il caso e la necessità di J. Monod è stato probabilmente il libro di biologia più letto e più discusso in tutto il ventesimo secolo. La sua analisi dell’evoluzione e dei processi vitali è citata ancora oggi come il paradigma della radicalità della lettura materialistica della Vita. Purtroppo, in questa sede, non possiamo seguirne tutto il ragionamento, per cui ne riporteremo soltanto i passi iniziali nei quali sono rilevate le tre proprietà fondamentali del vivente.

Monod comincia per proporre due criteri macroscopici che, in un primo approccio, potrebbero facilitare considerevolmente il giudizio di chi vuole operare la distinzione fra il naturale e l’artificiale: la **regolarità** e la **ripetizione** (entrambe proprietà dell’artificiale e non del naturale). Tuttavia, anche se questi criteri possono funzionare per qualche caso più

semplice, quando ci confrontiamo invece con le situazioni di frontiera come siano, per esempio, i cristalli o i favi di api, l'ambiguità dei nostri criteri si manifesta e ci obbliga a ripensarli.

Monod riprende allora una possibilità alternativa che aveva menzionato già nella prima pagina del suo testo, ancora prima della presentazione dei due criteri appena citati. Si tratta del giudizio in base alla presenza (o meno) di un programma che determini le prestazioni dell'oggetto in analisi, tenendo conto della distinzione, frequentemente adottata, fra il naturale e l'artificiale in base al possesso di un **progetto** da parte dagli oggetti artefatti, mentre invece "la natura è *oggettiva* e non *proiettiva*"¹⁰⁸. Questo tentativo, però, si rivela ancora più inefficace del primo, qualora i campioni naturali siano degli esseri viventi. Difatti, dopo aver osservato e paragonato cavalli e automobili, occhi e macchine fotografiche, facilmente si deve ammettere il "quanto sarebbe arbitrario e sterile voler negare che l'organo naturale, l'occhio, rappresenti la realizzazione di un progetto (quello di captare le immagini), quando si dovrebbe riconoscere tale origine all'apparecchio fotografico"¹⁰⁹. L'autore aggiunge:

Qualunque 'artefatto' è il prodotto dell'attività di un essere vivente, che esprime in tal modo, e con particolare evidenza, una delle proprietà fondamentali caratteristiche di tutti i viventi, nessuno escluso: quella di essere *oggetti dotati di un progetto*, rappresentato nelle loro strutture e al tempo stesso realizzato mediante le loro prestazioni, ad esempio la creazione di 'artefatti'. È indispensabile riconoscere questa nozione come essenziale alla definizione stessa degli esseri viventi, invece di rifiutarla (come hanno tentato di fare alcuni biologi). Anzi diremo che gli esseri viventi si differenziano da tutte le strutture di qualsiasi altro sistema presente nell'universo proprio grazie a questa proprietà, alla quale daremo il nome di *teleonomia*.¹¹⁰

Monod si propone ora di trovare le proprietà esclusive degli esseri viventi che li distinguono sia dagli oggetti artificiali, sia da quelli naturali inanimati e che costituiranno la loro definizione. La **teleonomia** è proprio la prima fra queste. Tuttavia, essa rappresenta una condizione è necessaria ma non ancora sufficiente: infatti, abbiamo visto che si tratta di una proprietà che ancora accomuna viventi e artefatti, distinguendoli entrambi dagli oggetti naturali inanimati. Dobbiamo allora ricorrere ad un'altra proprietà che sia esclusiva degli esseri viventi. E la troviamo nell'osservare la diversa modalità di costruzione che chiaramente distingue ogni artefatto (forgiato da forze esterne a sé) da ogni vivente (frutto

¹⁰⁸ MONOD [1970], p. 9.

¹⁰⁹ Ivi, p.14

¹¹⁰ *Idem*.

di interazioni ‘morfogenetiche’ interne e autonome). E così Monod descrive la **morfogenesi autonoma**, seconda proprietà specifica degli esseri viventi:

Struttura che testimonia un determinismo autonomo, preciso, rigoroso, che implica una ‘libertà’ quasi totale verso agenti o condizioni esterne, capaci di ostacolare questo sviluppo ma non di dirigerlo né di imporre all’oggetto vivente la sua organizzazione. In virtù del carattere autonomo e spontaneo dei processi morfogenetici che edificano la struttura macroscopica degli esseri viventi, questi ultimi si distinguono in modo assoluto dagli oggetti artificiali come pure, d’altronde, dalla maggior parte degli oggetti naturali, la cui morfologia macroscopica è dovuta, in larga misura, all’azione di agenti esterni.¹¹¹

L’autore, a questo punto, fa di nuovo riferimento alla eccezione rappresentata dalle strutture cristalline, “la cui caratteristica geometria riflette le interazioni microscopiche interne all’oggetto stesso”¹¹², e per questo già prima apparse come problematiche nel caso dei criteri di regolarità e ripetitività. Da un lato, questo obbliga il lettore ad una riflessione anticipata sul tema principale dell’opera, ossia, sulla questione se “le forze interne che conferiscono agli esseri viventi la loro struttura microscopica non abbiano per caso la stessa natura delle interazioni microscopiche delle morfologie cristalline”¹¹³; d’altra parte, visto che non avrebbe senso formare due classi costituite, l’una, da esseri viventi e cristalli, e l’altra, da artefatti e oggetti naturali, questo ci spinge alla ricerca di un terzo criterio. Ed è la proprietà dell’**invarianza**, propria degli esseri viventi:

Il potere di riprodurre e di trasmettere – *ne varietur* – l’informazione corrispondente alla loro struttura. Informazione molto ricca, poiché descrive un’organizzazione straordinariamente complessa che però si conserva integralmente da una generazione all’altra.¹¹⁴

La notevole ricchezza dell’informazione trasmessa è un criterio puramente quantitativo ma comunque fondamentale per la distinzione dei viventi dai cristalli, ancora una volta associati. Questi ultimi, infatti, sono spesso capaci di “trasmettere”, in qualche modo, informazione, per cui possono essere formati nuovi cristalli con una determinata configurazione a partire dalla presenza, in una soluzione soprasatura, da “germi cristallini”

¹¹¹ Ivi, p.16.

¹¹² *Idem.*

¹¹³ *Idem.*

¹¹⁴ Ivi, p. 17.

identici¹¹⁵. Le strutture cristalline, però, portano in sé una quantità di informazione incomparabilmente minore e più semplice rispetto a qualsiasi cellula vivente.

Vi è un'interconnessione strettissima tra le tre caratteristiche dei viventi.

L'invarianza genetica si esprime e si rivela unicamente attraverso e grazie alla morfogenesi autonoma della struttura che costituisce l'apparato teleonomico.¹¹⁶

Tuttavia, possiamo considerare che l'invarianza e la teleonomia sono effettivamente le due proprietà fondamentali dei viventi, mentre la morfogenesi autonoma è piuttosto il meccanismo sottostante ad entrambe.

Avevamo visto che gli esseri viventi sono “oggetti dotati di un progetto”. Vediamo ora che:

Tutti gli adattamenti funzionali degli esseri viventi, al pari di tutti gli artefatti di loro produzione, realizzano progetti particolari che si possono considerare come aspetti o frammenti di un unico progetto primitivo, cioè la conservazione e la moltiplicazione della specie.

Il progetto teleonomico essenziale consiste della trasmissione, da una generazione all'altra, del contenuto di invarianza caratteristico della specie.¹¹⁷

Ed è poi grazie alle “imperfezioni” di questo sistema quasi perfetto, che l'evoluzione diventa possibile. Un'evoluzione, dunque, che è frutto del **caso** (le suddette “imperfezione”, gli errori avvenuti durante la “trasmissione del contenuto di invarianza”, ossia, le mutazioni) e della **necessità** (il progetto teleonomico che comunque spinge all'invarianza).

A questo punto, è importante sottolineare che Monod, evolucionista convinto, difende non l'evoluzione bensì la “conservazione molecolare” in quanto meccanismo fondamentale alla base di tutte le proprietà dei viventi. Egli lo ribadisce esplicitamente:

¹¹⁵ Si noti che questa informazione è contestabile. M. Rizzotti, per esempio, accusa Monod di esagerazione, visto che “tutti i cristalli possono formarsi, sia pure con maggiore difficoltà, anche in assenza di cristalli preesistenti. **Solo negli organismi viventi la continuità generativa è obbligata**” (RIZZOTTI [2001], grassetto nostro).

¹¹⁶ Ivi, p. 21.

¹¹⁷ Ivi, p. 19.

Per la teoria del giorno d'oggi *l'evoluzione non è affatto una proprietà degli esseri viventi*, in quanto ha le sue radici nelle *imperfezioni stesse* del meccanismo conservatore che, invece, rappresenta il loro unico privilegio.¹¹⁸

Lungo tutta l'opera, Monod svilupperà, poi, una lettura estremamente riduzionistica dell'organismo vivente, sottolineando la natura radicalmente fortuita della sua esistenza. Né l'uomo e nemmeno la Vita sono al centro dell'universo e non sono il culmine di alcun disegno. L'evoluzione è una successione di casualità che finì per portare al mondo che conosciamo solo per un straordinario colpo di fortuna. L'immensità dell'universo è sorda e indifferente alla biosfera, e le grida del piccolo uomo, così bisognoso di un "senso" grandioso per tutte le cose, dovranno rimanere inascoltate.

La vita è comparsa sulla Terra: ma quale era, *prima di quest'avvenimento*, la probabilità che esso si verificasse? La struttura attuale della biosfera non esclude l'ipotesi che l'avvenimento decisivo si sia verificato *una sola volta*, al contrario. Ciò significherebbe che la sua probabilità a priori era quasi nulla. [...] Il destino viene scritto nel momento in cui si compie e non prima. Il nostro non lo era prima della comparsa della specie umana. [...] L'universo non stava per partorire la vita, né la biosfera l'uomo. Il nostro numero è uscito alla roulette: perché dunque non dovremmo avvertire l'eccezionalità della nostra condizione, proprio allo stesso modo di colui che ha appena vinto un miliardo?¹¹⁹

Rimarrà nella storia della biologia l'insistenza di Monod sulla radicale casualità di tutta l'evoluzione della Vita e dell'uomo. Straordinari colpi di fortuna i cui frutti siamo tutti noi, speciali prodotti di quella particolare organizzazione della materia che è la Vita.

È chiaro che, per Monod, la Vita in sé non esiste. Essa è soltanto il nome che diamo a quelle tre proprietà che abbiamo identificato come essendo caratteristiche dei sistemi viventi. Alla base del concetto di Vita, vi è una rigorosa interpretazione molecolare dell'evoluzione che non lascia spazio a nessun altro intervento che non quello degli elementi basilari della materia. La definizione che possiamo formulare è dunque questa:

La Vita è il concetto che associamo all'insieme delle proprietà dei sistemi viventi, owerosia, la teleonomia, la morfogenesi autonoma e l'invarianza.

¹¹⁸ Ivi, p. 109.

¹¹⁹ Ivi, pp. 132-134.

2.2.3. DAWKINS

Vogliamo cominciare, prima di tutto, per mettere in chiaro la miscredenza di R. Dawkins per quanto riguarda l'importanza delle definizioni. Possiamo costatare questo fatto già dai primi capitoli di *The Selfish Gene*:

[...] Le definizioni non sono sacre. Possiamo definire una parola nel modo che si adatta meglio ai nostri scopi, purché lo facciamo chiaramente e senza ambiguità.¹²⁰

Anche quando l'autore propone una teoria sulla comparsa del primo gene, ovverosia sul primo antenato dell'eroe del suo libro di "fantascienza" (così come esso ci è presentato), egli la fa accompagnare dalla professione di fede kantiana nell'esistenza di una realtà uguale a se stessa indipendentemente dei nostri parziali punti di vista e delle nostre sempre ipotetiche speculazioni. Una realtà che rimane totalmente indifferente alle considerazioni che i soggetti si azzardano a fare su di essa e alle definizioni dove provano a fissarla. Per questo, la domanda se un semplice replicatore primitivo può già essere considerato vivente o meno, è totalmente priva di importanza.

Dovremmo allora dire che i replicatori originali sono "viventi"? E che importa? Potrei dirvi: "Darwin è l'uomo più grande che sia mai esistito" e voi potreste dire: "No, è Newton", ma spero che non ne faremo una questione. Il punto è che nessuna conclusione sostanziale deriverebbe da una simile diatriba. Che noi la consideriamo "grande" o no, la realtà della vita e delle imprese di Newton e di Darwin resta totalmente invariata. Allo stesso modo, la storia dei replicatori si è svolta in un modo simile a come l'ho raccontata, indipendentemente dal fatto che noi decidiamo di chiamarli "viventi". Molte sofferenze umane sono state causate dal fatto che troppi di noi non riescono a capire che **le parole sono soltanto strumenti da usare** e che la semplice presenza nel dizionario di una parola come "vivente" non implica necessariamente che questa si riferisca a qualcosa di definito nel mondo reale. Che noi li consideriamo viventi o no, i replicatori sono stati i progenitori della vita, i nostri lontani antenati.¹²¹

Forse per questa sua filosofia di fondo, Dawkins non ci dà un grande aiuto nella nostra ricerca di una definizione di Vita, almeno non in questa opera. Riportiamo qui i due unici passaggi da dove possiamo estrarre qualche conclusione:

¹²⁰ DAWKINS [1976], p. 32.

¹²¹ Ivi, p. 21 (grassetto nostro).

Noi siamo **macchine di sopravvivenza** e “noi” non indica soltanto l’uomo, ma comprende tutti gli animali, le piante, i batteri e i virus. Il numero totale di queste macchine sulla terra è difficile da stabilire e persino il numero totale delle specie è sconosciuto. Prendendo soltanto gli insetti, il numero di specie **viventi** è stato stimato intorno ai tre milioni [...].¹²²

L’autore considera, quindi, che le diverse specie “viventi” - dagli insetti, all’uomo, ai virus (questo è un dettaglio importante) - sono autentiche “macchine di sopravvivenza”. E più avanti, a proposito dell’origine della Vita, Dawkins quasi arriva a darne un’esplicita definizione, quando disserta sulla difficoltà della ricerca sulle origini, ovvero su quella ricerca che pretende:

[...] spiegare l’improvvisa comparsa di un **ordine complesso** – la vita – perfettamente strutturato [...].¹²³

La Vita, dunque, viene intesa semplicemente in quanto forma complessa di organizzazione materiale. Sappiamo già, allora, che non vi è alcun “spirito” al di là dell’ordine stesso.

Questo, evidentemente, non basta, poiché vi sono tantissimi tipi diversi di ordine, e anche diversi tipi “complessi” di ordine. Vista questa mancanza di informazioni, abbiamo cercato un’altra fonte che potesse completare questi spunti di riflessione. L’abbiamo trovata in un interessante numero del 1992 della *Nature*, dove Dawkins presenta la sua interpretazione dei risultati recenti (ancora inediti alla data dell’articolo) a cui è arrivata la ricerca di JR. Rebek¹²⁴. Il lavoro di Dawkins s’intitola ‘Life in a test tube’ e comincia con una curiosa domanda:

¹²² Ivi, p. 24 (grassetto nostro).

¹²³ Ivi, p. 15.

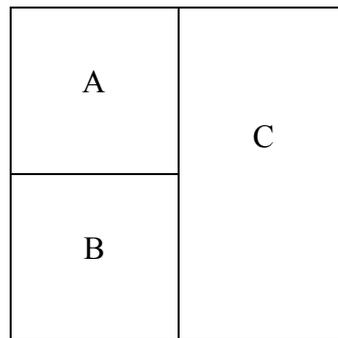
¹²⁴ Vedi REBEK [1994], ‘Extrabiotic replication and self-assembly’. In questo articolo molto più recente, non solo troviamo una spiegazione dettagliata della ricerca di Rebek e dei risultati a cui è arrivata, come anche, curiosamente, un entusiastico elogio dell’opera di Dawkins (elogio che, ironicamente, non fa alcun riferimento all’articolo ‘Life in a Test Tube’ dove Dawkins, dal canto suo, esalta il lavoro di Rebek):

«Much too recently I read those remarkable books by Richard Dawkins: *The Blind Watchmaker* and *The Selfish Gene*. There, in a paragraph or so, can be found a scenario for the emergence of biology from chemistry and physics: self-replicating molecules or “replicators” are described as the molecules that crossed the boundary between chemistry and biology some 3.5 billion years ago. [...] I am astonished that this paragraph accurately summarizes my research efforts of the past few years, even though Dawkins wrote it more than fifteen years ago!»

(Ivi, p. 75. “Ho letto troppo recentemente quei libri notevoli di Richard Dawkins: *L’orologiaio cieco* e *Il gene egoista*. In essi, in un paragrafo o due, si può trovare un scenario per l’emergenza della biologia dalla chimica e dalla fisica: molecole auto-replicanti o “replicatori” vengono descritte come le molecole che attraversarono il confine fra la chimica e la biologia, 3.5 miliardi di anni fa. [...] Sono stupefatto dal fatto che questo paragrafo riassume accuratamente gli sforzi della mia ricerca degli ultimi anni, nonostante Dawkins l’abbia scritto più di quindici anni fa!”).

Questa domanda introduce la questione dell'alta o bassa probabilità della comparsa della Vita (e "Vita" in quanto l'insieme di tutte le piccole "vite" di un certo tipo), seguita da quella che l'autore considera essere una buona possibilità di risposta: il lavoro di laboratorio dove "biochimiche alternative" sono scoperte e messe alla prova, in modo da capire le possibilità nascoste in questo universo ancora pieno di potenzialità sconosciute.

All'epoca di questo articolo, la ricerca di Rebek e dei suoi collaboratori era arrivata allo sviluppo di due modelli di replicatori "in provetta". Il primo replicatore era formato da tre parti che, secondo la nostra interpretazione della descrizione di Dawkins e con un'immensa semplificazione, possiamo rappresentare in questo modo:



I componenti A (un estere imidico) e B (un'amina contenente adenina), quando immersi in un solvente, formano il componente C, che è quello che funziona come replicatore. La molecola C non solo agisce come uno stampo nel quale A e B si sistemano, guidati da legami covalenti, ma è anche l'elemento catalizzatore dell'unione covalente fra

Lungo il suo articolo, Rebek presenta anche i risultati raggiunti dalle "sue" molecole sintetiche, le quali, grazie alla loro reciproca **complementarità**, rispettano l'esigenza di **economia** della natura, per cui riescono ad esprimere diversi fenomeni biologici, quali l'autocatalisi, la replicazione, la regolazione, il trasporto, l'assemblaggio, e addirittura, la mutazione e l'evoluzione. Attraverso questa presentazione possiamo anche capire che, secondo Rebek, il fenomeno essenziale della vita è la replicazione:

«[...] these primitive signs of life (replication) [...]»
(Ivi, p. 79. "[...] questi primitivi segni di Vita (replicazione) [...]").

Tuttavia, alla fine dell'articolo, viene accennata una definizione più completa della Vita:

«The combination of replication, protection and catalytic metabolism can move the reductionist agenda closer to life»

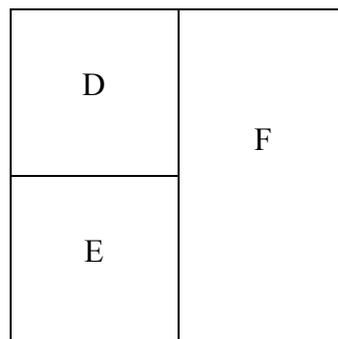
(Ivi, p. 87. "La combinazione di replicazione, protezione e metabolismo catalitico può spingere l'elenco riduzionistico ad avvicinarsi di più alla Vita").

¹²⁵ «Quante Vite vi sono? Quante Vite vi potrebbero essere? Non vite, Vite» (DAWKINS [1992], p. 198).

A e B. Dopo che quest'unione avviene, due identiche molecole C diventano disponibili per continuare l'autocatalisi. La crescita di questa popolazione di replicatori artificiali seguirà poi la forma sigmoideale, tipica di questo tipo di dipendenza dalla disponibilità limitata delle risorse (in questo caso, delle molecole A e B).

Non essendovi delle varianti, non vi era nemmeno la possibilità di selezione. Per supplire a questa difficoltà, più varianti di B furono artificialmente sintetizzate, provocando la comparsa di nuovi tipi di C, in uno stato di competizione. Una delle varianti di B provocava inoltre la sensibilità della rispettiva molecola C alla radiazione ultravioletta, il che provocava una trasmutazione e la conseguente comparsa di un replicatore non solo più efficiente di tutto il sistema, ma anche avente una certa variabilità spontanea.

Per quanto riguarda il secondo modello, esso proponeva una struttura simile ma chimicamente completamente diversa.



Vi sono stati dei tentativi di ibridazione fra i due sistemi, per vedere se A con D e B con E potrebbero formare un replicatore nuovo. Fu interessante verificare che, anche se le due combinazioni avevano uguali possibilità in termini di compatibilità chimica, di capacità di riconoscimento e di assemblaggio, i risultati sono stati molto diversi: mentre uno dei due ibridi era completamente sterile, l'altro riusciva ad auto-replicarsi ed era addirittura il migliore replicatore trovato fino ad allora. La differenza fra i due riguardava soltanto l'orientamento delle loro superfici di riconoscimento (quelle sterili avevano forme tipo C o S, mentre quella fertile aveva superfici di riconoscimento parallele).

E allora, che inferenze teoriche possiamo trarre, insieme a Dawkins, dall'esperimento di Rebek?

*At the very least it shows that DNA and RNA are not the only possible replicators.*¹²⁶

Le caratteristiche chimiche della Vita sul nostro pianeta sono una forma particolare di auto-replicazione e non un elemento necessario per la realizzazione di essa. Questa è una considerazione fondamentale, che ci porta al riconoscimento delle vaste implicazioni teoriche del lavoro di Rebek.

*Short of travelling the Galaxy, it is hard for us to know which **features of life** are particular, which general. We can surmise that some form of darwinian selection is universal for all lifes but beyond that we cannot say what chemical properties would be necessary. Rebek's work allows us to approach the question of which chemical and structural **aspects of replicators** are necessary, and which are details.*¹²⁷

Quello che di più importante hanno da trasmettere gli esperimenti di questo tipo è proprio la capacità di separare l'essenziale dal contingente. Le molecole artificiali ci possono aiutare a capire quali le proprietà da cui davvero dipende qualsiasi replicazione, in modo da poter poi distinguerle dalle caratteristiche che, invece, sono soltanto “per caso” presenti in tutte le forme di Vita che conosciamo.

Il lavoro di Rebek ha messo in evidenza diversi fattori che meritano una curiosa attenzione:

1. la possibilità di replicazione di piccole molecole;
2. l'importanza selettiva della **struttura** (la ragione per cui le molecole ibride a forma di C o S erano sterili);
3. i replicatori di Rebek e il DNA condividono alcune proprietà, in particolare: a) la composizione organica; b) l'utilizzo dei legami ad idrogeno come fonte di informazione e dei legami covalenti per mantenere l'integrità strutturale.

Questo implica che:

¹²⁶ «Per lo meno, ci mostra che il DNA e l'RNA non sono gli unici replicatori possibili.» (*Idem*).

¹²⁷ «Nella mancanza di viaggi attraverso la galassia, ci è difficile sapere quali sono le **caratteristiche** particolari **della Vita**, e quali le caratteristiche generali. Possiamo supporre che una certa forma di selezione darwiniana sia universale per tutte le Vite ma, al di là di questo, non possiamo dire quali le proprietà necessarie. Il lavoro di Rebek ci permette di affrontare la questione su quali **aspetti** chimici e strutturali **dei replicatori** sono necessari, e quali sono dettagli» (*Idem*, grassetto nostro).

1. la grande dimensione non è più considerata una caratteristica necessaria – “*life could have relatively modest beginnings*”¹²⁸;
2. sarebbe il momento di cominciare ad investigare e definire le caratteristiche strutturali che sono presenti e devono essere presenti in qualsiasi forma di replicazione;
3. dovremo avere una più vasta gamma di replicatori diversi prima di sapere se la composizione organica e la diversa utilità dei legami ad idrogeno e dei legami covalenti sono caratteristiche necessarie, “*or simply characteristics which happen to be shared by these two systems*”¹²⁹.

Ma Dawkins non si ferma qui. Abbiamo visto che i diversi sistemi chimici di replicatori differiscono nel loro potenziale evolutivo, e possiamo domandarci perché. Nella risposta a questa domanda troviamo una profonda differenza tra il sistema di Rebek (e anche eventuali replicatori proteici) e il DNA: la poca quantità di informazione codificata dal primo, e l’incredibile quantità codificata dal secondo. Il replicatore “in provetta” sembra uscire molto svantaggiato.

*This must surely limit their evolutionary potential. But it is probable that in early evolution DNA (or whatever the early replicator was) didn't encode much information either.*¹³⁰

Ma abbiamo visto che una variante del componente B del primo modello riusciva ad introdurre un’alta variabilità del sistema, grazie alla sua sensibilità nei confronti della radiazione ultravioletta. Quindi un primo passo evolutivo potrebbe essere l’inizio di una straordinaria storia futura.

*Could strings of Rebek-type chemicals evolve to encode more than their own replication? If so, would we want to think of this as a **life in a test tube**?*¹³¹

Tutto il ragionamento riguardo alle caratteristiche necessarie o contingenti della Vita, partendo dall’analisi soltanto di molecole auto-replicanti prodotte in laboratorio, già

¹²⁸ «La Vita potrebbero avere inizi relativamente modesti» (*Idem*).

¹²⁹ «o semplicemente delle caratteristiche che sono accidentalmente condivise da questi due sistemi» (*Idem*).

¹³⁰ «Questo limiterà sicuramente il loro potenziale evolutivo. Ma è probabile che nell’evoluzione originaria, neanche il DNA (o qualunque fosse il replicatore originario) codificasse molta informazione» (Ivi, p. 199).

¹³¹ «Potrebbero delle catene di molecole “rebekiane” evolvere fino a codificare oltre alla propria replicazione? In caso affermativo, vorremmo noi considerare questo un caso di Vita in provetta?» (*Idem*).

ci rivela molto della prospettiva di Dawkins riguardo alla definizione di Vita. Difatti, se l'impresa di trovare le condizioni fondamentali della Vita (*which features of life are particular, which general*), è anche quella di identificare le condizioni fondamentali per la capacità auto-replicatrice di una molecola (*which chemical and structural aspects of replicators are necessary, and which are details*) allora l'equivalenza tra il replicatore e il vivente diventa triviale. Certo che queste condizioni possono essere necessarie ma non sufficienti.

Infatti, ad esse si aggiunge la preoccupazione dell'autore nel garantire anche il potenziale evolutivo del replicatore, rafforzata dal ragionamento finale dell'articolo – per cui possiamo considerare che vi “Vita in provetta” solo dopo che i replicatori di Rebek sono riusciti a codificare di più che il necessario per la loro propria replicazione. Questo ci mostra chiaramente che alla proprietà fondamentale dell'auto-replicazione dobbiamo aggiungere la capacità, altrettanto fondamentale, dell'evoluzione. E come condizioni di possibilità di quest'ultima, il replicatore deve aver una considerevole quantità di informazione codificata e deve avere un numero minimo di varianti (mutazioni) a disposizione delle varianti.

Adesso, proviamo finalmente a formulare la definizione che Dawkins non ci ha voluto facilitare:

La Vita consiste in un ordine complesso e perfettamente strutturato, che si realizza in “macchine di sopravvivenza” capaci di auto-replicazione e di evoluzione.

2.2.4. DE DUVE

Nel 1995, dopo una vita di ricerca piena di successi, C. De Duve, ormai Premio Nobel per la Medicina quasi ottantenne, intraprese finalmente il tentativo di concretizzare un “sogno ingenuo” di sessant'anni prima, quello di riuscire a comprendere la “verità” del mondo e della vita e di provare a darne una visione globale e unitaria. Lo fece nell'ormai “classico” *Polvere Vitale*, un'opera audace dove, pur ammettendo la mancanza di

competenza in tutti i temi trattati, De Duve si “avventura” comunque in una lettura che va oltre i confini specialistici, perché “vuole capire l’universo e il posto che noi occupiamo in esso”¹³².

La vita è il fenomeno più complesso che conosciamo, e noi siamo gli esseri più complessi finora prodotti dalla vita. Questo libro rappresenta il mio tentativo di considerare il quadro in una prospettiva più vasta.¹³³

Questa visione segue un orientamento molto diverso da quello preso da Monod. Mentre quest’ultimo considerava che la Vita fosse il frutto casuale di coincidenze altamente improbabili e senza un senso, De Duve difende invece la forte probabilità di tutte queste coincidenze e afferma che la Vita, anche se frutto di casualità, è una quasi-necessità dell’universo materiale. Difatti, la successione di coincidenze che portò al primo essere vivente è talmente complessa che non possiamo concepire un’origine non “chimicamente deterministica” della Vita. Se non vi fossero stati dei limiti necessari alle fluttuazioni aleatorie del caso, la Vita mai sarebbe sorsa. Possiamo quindi interpretare l’evoluzione prebiotica come una serie innumerevole di eventi casuali, modellata, tuttavia, dalle frontiere deterministiche della chimica.

Questo implica anche che la Vita, essendo sorsa una volta, potrà sorgere ancora innumerevoli altre, sempre che vi saranno le condizioni propizie per la sua nascita. Monod ribadiva insistentemente che, al momento dell’origine, l’universo non era gravido di Vita. De Duve, invece, partendo anche da un’identica formazione bio-chimica e da simili premesse rigorosamente materialistiche, opta per altre strade interpretative e arriva a diverse conclusioni. In risposta esplicita alle considerazioni di Monod, egli afferma con entusiasmo che, sia all’inizio sia ad ogni momento presente, “l’universo brulica di vita”¹³⁴ e difende perfino la necessaria ubiquità di questa straordinaria manifestazione della materia.

L’universo è gravido di vita. [...] La chimica organica è solo la **chimica del carbonio**, e non è più misteriosa di qualsiasi altro tipo di chimica, ma solo immensamente più ricca grazie alle proprietà associative uniche dell’atomo di carbonio. I composti de carbonio organico sono presenti dappertutto. [...] In questa nube organica che pervade l’universo, la vita deve avere origine **quasi di necessità**. [...] La vita o è **una**

¹³² DE DUVE [1995], p. 7.

¹³³ Ivi, p. 7.

¹³⁴ Ivi, p. 205.

manifestazione riproducibile, quasi comune, della materia, una volta che siano date certe condizioni, o è un miracolo. Nella sua origine sono implicati troppi passi per rendere plausibile una possibilità intermedia.

[...] Il nostro pianeta fa parte, insieme a bilioni di altri corpi simili ad esso, di una nube cosmica di “polvere vitale” che esiste perché l’universo è quello che è. Evitando qualsiasi menzione di un disegno, possiamo affermare, in un senso puramente fattuale, che l’universo è costruito in modo tale che questa moltitudine di pianeti sedi di forme di vita **doveva** necessariamente avere origine. [...] L’universo non è il cosmo inerte dei fisici, con un po’ di vita aggiunta per fare buon peso. **L’universo è vita**, con l’infrastruttura necessaria; esso è formato innanzitutto da bilioni di biosfere, generate e sostenute dal resto dell’universo.¹³⁵

Certamente che quest’ultima affermazione non deve essere interpretata come un sintomo di vitalismo. La necessità della Vita proviene soltanto dalla struttura chimica dell’Universo e da nessun altro tipo di principio. La Vita è una speciale (e tarda) manifestazione della materia, così come lo è anche la mente¹³⁶ e tutte le sue proprietà sono proprietà innanzitutto della materia.

La vita è una manifestazione **obbligata** delle proprietà combinatorie della materia. [...] In tutto il libro mi sono sforzato di conformarmi alla regola generale che la vita dev’essere trattata come un processo naturale, e che la sua origine, la sua evoluzione e le sue manifestazioni, fino alla specie umana inclusa, siano governate dalle stesse leggi che governano i processi inanimati. [...] La vita è un processo chimico, e va compresa in termini di chimica.¹³⁷

È solamente la nostra incapacità di adattamento ad un concetto rinnovato di “materia” che ci porta all’invenzione di una categoria a parte per la Vita, in quanto forma vaga e quasi “spirituale” di esistenza. Finché non saremo preparati ad allargare il concetto di “materia”, continueremo a dover ricorrere ad un infondato dualismo nel quale la “Vita” possa trovare posto.

Nel corso della sua storia, la fisica è stata ripetutamente costretta, a volte con riluttanza, ad ampliare la sua definizione di materia. Gravitazione, elettromagnetismo, relatività, quanti, le forze nucleari forte e debole, sono venuti ad aggiungersi via via al concetto aristotelico di sostanza. Una delle ultime manifestazioni a essere incluse nella definizione della materia è stata la vita.¹³⁸

Purtroppo, oltre a queste considerazioni sulla natura e sul senso della Vita nell’universo, nelle quasi cinquecento pagine del suo *Polvere Vitale*, De Duve non ci

¹³⁵ Ivi, pp. 477-478 (grassetto nostro).

¹³⁶ Cfr. ivi, pp. 423-424.

¹³⁷ Ivi, p. 9 (grassetto nostro).

¹³⁸ Ivi, p. 423.

indica alcuna definizione esplicita della Vita. Per trovarla, in qualche modo, abbiamo tentato di raccogliere le espressioni usate dall'autore per riferirsi alla Vita, a man mano che ne descrive l'origine e l'evoluzione. A partire da esse, cercheremo di capire, almeno, dove De Duve colloca le frontiere della Vita, ovverosia, a che punto dell'evoluzione chimica egli considera che essa sia effettivamente apparsa.

Presentiamo queste brevi citazioni secondo l'ordine con cui appaiono nell'opera:

1. **“vita nascente”** (p. 112): che si trovava in una sorta di “vicolo cieco dell'evoluzione”, dopo la comparsa del gene primordiale e prima delle prime interazioni delle basi con amminoacidi.
2. **“vita incipiente”** (p. 150): nel mondo a RNA, in cui non esistono ancora né la triade DNA-RNA-proteine, né il codice genetico e nemmeno i processi metabolici che caratterizzano le odierne forme di vita.
3. **“vita emergente”** (p.153): che, per sviluppare un sistema genetico perfettamente funzionante, deve “frazionarsi in una popolazione di protocellule capaci di moltiplicarsi per divisione”, le quali verrebbero a sostituire le molecole in quanto bersaglio della selezione naturale.
4. **“il via all'origine della vita”** (p. 153): a proposito dell'ipotesi della precoce cellularizzazione, in contrasto con la tesi, difesa dallo stesso De Duve, secondo la quale la cellularizzazione fu un processo tardo (perché a lungo i vantaggi dell'incapsulamento non superarono gli svantaggi, per cui in piccole pozzanghere si poteva sviluppare “una sorta di protocitosol esteso”).
5. **“il progenitore comune di tutti gli esseri viventi attuali”** (p.195): la protocellula.
6. **“vita emergente, [...] bloccata nella camicia di forza della sua chimica”** (p.202): a proposito della domanda se si potrebbe essere sviluppato un diverso sistema genetico che conducesse dal mondo a RNA ad una protocellula differente.

7. **“la vita nella sua forma essenziale”** (p. 211): i batteri.

È molto difficile trarre un senso unico da tutti questi riferimenti. Da un lato, osserviamo che la Vita viene considerata soltanto “nascente”, “incipiente”, emergente”, fino a che non si è formata la prima protocellula, ovverosia, il primo organismo delimitato da una membrana; dall’altro, però, De Dève non è d’accordo sul fatto che sia stata la cellularizzazione a dare “il via all’origine della vita”. Se da questa affermazione inferiamo, dunque, che l’incapsulamento non è una proprietà essenziale della Vita, allora dobbiamo interpretare gli aggettivi utilizzati prima (“emergente”, “incipiente” ecc.) semplicemente come una aggiunta di informazione sulle caratteristiche di una Vita che è ancora giovane, ma che è già pienamente Vita?

Ma allora, dov’è che è sorta esattamente, in mezzo al mondo a RNA? E quando diciamo che la cellula batterica è “la vita nella sua forma essenziale”, non stiamo considerando anche il fatto ovvio che quel tipo di cellula è necessariamente racchiuso da una membrana?

Fortunatamente, troviamo due altre citazioni che, indirettamente, ci danno ulteriori informazioni. A proposito dell’approccio dei modelli per computer, chiamato, forse in modo ambiguo, “vita artificiale”, De Dève fa riferimento alle caratteristiche del “vero” vivente, riprodotte appunto da questi modelli matematici:

8. “proprietà tipiche degli organismi viventi, come **la complessità, l’auto-organizzazione, lo sviluppo, la riproduzione e l’evoluzione**” (p. 205).

9. “le proprietà intrinseche **dell’auto-organizzazione e dell’auto-regolazione** che caratterizzano tutti i sistemi viventi” (p. 207).

Cominciamo dunque a trovare delle caratteristiche esplicitamente elencate, in modo da poter capire che cosa intende De Dève con il termine “Vita”. Come avevamo notato prima, la presenza di una membrana che segna il confine non è riferita in quanto proprietà fondamentale. Essa tuttavia è presupposta, almeno per quanto riguarda la Vita “matura”.

Infatti, dobbiamo distinguere i primi sette punti (1.-7.) dagli ultimi due (8.-9.): anche se De Duve difende una tarda cellularizzazione lungo l'evoluzione biochimica e lascia capire che la comparsa della Vita può essere avvenuta prima della comparsa di una membrana, per quanto riguarda invece la Vita attuale, egli presenta, per esempio, le caratteristiche dell'auto-organizzazione e dell'auto-regolazione, che presuppongono un confine entro il quale queste proprietà si verificano.

Vista la difficoltà incontrata nella ricerca in quest'opera di una posizione chiara e coerente da parte dell'autore nei confronti del concetto di Vita, abbiamo cercato di trovare la conciliazione nell'esplicita trattazione che De Duve ne dà in *Blueprint of a cell*, saggio del 1991. Presentiamo ora questa citazione, considerandola come la probabile base di lavoro con cui l'autore è partito per il suo *Vital Dust*, pubblicato soltanto quattro anni dopo. Forse De Duve non ha presentato una nuova definizione esplicita della Vita nella sua ultima opera, proprio perché lo scopo in quella sede era di sviluppare una storia della Vita, la cui definizione compiuta era già stata cercata e sufficientemente elaborata nel saggio precedente.

Che cosa si intende per "tutto quello che è necessario per la vita"? Per un chimico si intende **la capacità di un sistema di mantenersi in uno stato lontano dall'equilibrio, di crescere e moltiplicarsi, giovandosi di un continuo flusso di energia e materia fornito dall'ambiente**. Notare l'importanza dell'ambiente: tutti i sistemi viventi dipendono dal mezzo nel quale si trovano e devono la loro apparente autonomia alla capacità di incanalare e sfruttare spontaneamente i fattori ambientali per l'autosostentamento e lo sviluppo. Senza tali fattori, che variano da un sistema vivente all'altro, non ci può essere vita.

Per soddisfare la definizione di cui sopra, ogni sistema vivente deve essere in grado di:

1. *costruire* i propri costituenti da materiali disponibili nei suoi dintorni;
2. estrarre *energia* dal suo ambiente e convertirla nei vari tipi di *lavoro* che esso mette in atto per rimanere vivo;
3. *catalizzare* le numerose reazioni chimiche necessarie al sostegno delle proprie attività;
4. *informare* i processi biosintetici e di altro genere in modo da garantire la propria riproduzione accurata;
5. *delimitare* se stesso in modo da mantenere uno stretto controllo sugli scambi con l'esterno;
6. *regolare* le proprie attività per conservare la propria organizzazione dinamica di fronte alle variazioni ambientali;
7. *moltiplicarsi*.

Queste sette proprietà sono necessarie e sufficienti per la vita come la conosciamo esistere e persistere. Esse sono comuni a tutti gli organismi viventi pur manifestandosi secondo una grande diversità di modi complicati che ha frustrato a lungo ogni tentativo di comprensione unificante. Ora non è più così. I progressi recenti

hanno rivelato un piccolo numero di concetti di fondo di significato universale dietro la diversità e la complessità dei processi viventi.¹³⁹

In questo passo, abbiamo dunque una definizione necessaria e sufficiente perché si possa considerare che c'è Vita in un determinato sistema fisico (in corsivo e grassetto), e abbiamo anche un elenco delle sette proprietà essenziali di un organismo. Ogni essere vivente deve dunque manifestare certe capacità potenziali che lo definiscono, le quali sono, a loro volta, rese possibili (nel mondo, così come lo conosciamo noi) da sette concrete caratteristiche chimiche del sistema.

In mezzo a questi diversi modi di descrivere il vivente, venuti inoltre in aggiunta alle proprietà già menzionate a proposito delle ricerche sulla “vita artificiale”, è facile perdere il filo. Alla fine, tra tutti questi, quali sono i “criteri definitivi” della Vita, secondo De Duvé?

Proviamo a mettere in relazione i diversi elenchi di proprietà, anche se le equivalenze fra le differenti caratteristiche rilevate non sempre sono evidenti:

I. CAPACITÀ “NECESSARIE ALLA VITA”	II. CARATTERISTICHE NECESSARIE PER SODDISFARE LE “CAPACITÀ NECESSARIE ALLA VITA”	III. “PROPRIETÀ TIPICHE DEGLI ORGANISMI VIVENTI”
giovarsi “di un continuo flusso di energia e materia fornito dall’ambiente”	1. la biosintesi 2. il metabolismo 3. la presenza di enzimi	l’auto-organizzazione la complessità
“crescere”	4. l’informazione genetica	lo sviluppo l’evoluzione
“mantenersi in uno stato lontano dall’equilibrio”	5. la membrana 6. l’omeostasi	l’auto-regolazione
“moltiplicarsi”	7. la riproduzione	la riproduzione

¹³⁹ DE DUVE [1991], p. 4, trad. it. M. Rizzotti, in RIZZOTTI [2001], grassetto nostro.

Abbiamo, in fondo, tre differenti definizioni, elencanti rispettivamente quattro, sette e sei proprietà essenziali. Si sovrappongono e si ripetono, queste definizioni?

Vediamo che spesso, ma non sempre, possiamo, in modo più o meno approssimativo, stabilire delle equivalenze semantiche fra più proprietà di una lista, e una proprietà più generale di un'altra. Tuttavia, questo rapporto non è semplice: difatti se, in alcuni casi, i conti tornano (per esempio: “mantenersi in uno stato lontano dall'equilibrio” può essere fatto corrispondere alle proprietà 5. e 6. e anche all'auto-regolazione che, a sua volta, “transitivamente”, implica sempre le proprietà 5. e 6.), purtroppo non sempre è così libera di polemiche la nostra scelta (per esempio, abbiamo considerato che “giovandosi di un continuo flusso di energia e materia fornito dall'ambiente”, può corrispondere alle proprietà 1., 2. e 3., le quali, a loro volta, manifestano auto-organizzazione e complessità; queste ultime, però, non sono propriamente equivalenti al flusso di energia e materia riferito in primo luogo). Quello che ci sembra comunque poter concludere è che alcune delle proprietà riferite nelle liste più lunghe non sono assolutamente necessarie, altrimenti le definizioni riportanti un minor numero di caratteristiche non sarebbero complete e valide.

D'altra parte dobbiamo anche notare che l'oggetto delle tre descrizioni non è sempre lo stesso, visto che la prima e la terza si riferiscono alle conseguenze funzionali dei componenti chimici elencati dalla seconda, ovverosia, quest'ultima viene ad indicarci il “come” (le cause) che rende, nella pratica, possibile il “cosa” (gli effetti), presentato invece dalle altre due definizioni. Inoltre, anche queste ultime non sono tra loro equivalenti. Lo possiamo costatare non solo a partire dal fatto che proprietà così importanti come la complessità e l'evoluzione sono assenti dalla prima definizione mentre sono riportate dalla terza, ma anche dal diverso tipo di linguaggio usato per parlare dei medesimi fenomeni: “crescere”, “moltiplicarsi” o “mantenersi in uno stato lontano dall'equilibrio” (linguaggio corrente o, semmai, vicino alla biofisica); e “sviluppo”, “riproduzione” o “auto-regolazione” (linguaggio più accurato, specifico della biochimica).

Sembrerebbe allora che la definizione “migliore” sarebbe la terza: precisa ma non troppo specialistica; biologica ma non limitata allo specifico modo di funzionamento degli organismi terrestri; non troppo lunga e generale ma neanche troppo corta e ristretta.

Tuttavia, non fu la terza bensì la prima definizione quella presentata esplicitamente nel *Blueprint of a cell*. Dobbiamo allora, presumere che, per De Duve, la vera definizione di Vita sia questa:

La capacità di un sistema di mantenersi in uno stato lontano dall'equilibrio, di crescere e moltiplicarsi, giovandosi di un continuo flusso di energia e materia fornito dall'ambiente.

Quando queste quattro capacità della Vita si manifestano in un determinato sistema, esso presenterà, in comune con tutti gli altri organismi che conosciamo, le sei proprietà tipiche del vivente. E per ultimo, queste sei proprietà possono concretizzarsi grazie alle sette caratteristiche chimiche che sono le condizioni effettive per la persistenza in Vita del sistema.

La Vita (4 capacità)

Il vivente (6 proprietà)

La base chimica (7 condizioni)

2.3. I CLASSICI DELLA RICERCA

Gli autori “classici” finora analizzati vengono inseriti in un contesto culturale che è frutto di anni e secoli di una notevole evoluzione scientifica. Ci sembra importante fare un breve riferimento alla storia recente della ricerca che ci ha portati fino a questo punto, che ci ha dato lo straordinario bagaglio con cui possiamo ora provare a comprendere quale può essere il nuovo concetto che dovrà sostituirsi a quella vecchia e sicura nozione che avevamo della Vita. Le conoscenze attuali sul fenomeno vitale sono la base per le considerazioni che su di essa hanno gli scienziati da noi tenuti in considerazione, soprattutto quelli che verranno menzionati nel paragrafo 2.4.

2.3.1. ALLA RICERCA DELLE ORIGINI IN LABORATORIO

La storia della ricerca scientifica negli ultimi quattro secoli si è svolta, a nostro avviso, soprattutto in due direzioni fondamentali:

- 1) **il graduale ma inesorabile rimpicciolimento del suo oggetto di studio** – che si spostò gradualmente, dagli organismi di maggiori dimensioni (come i cavalli, a cui i “vecchi” zoologi, ai tempi di Darwin, erano criticati di voler contare i peli della coda), a quelli sempre pluricellulari ma più piccoli (come le mosche che, nel 1668, F. Redi ha dimostrato fossero la causa naturale, e non “magica”, della comparsa di vermi sulla carne esposta all’aria), agli organismi unicellulari (i microrganismi osservati, per prima, da A. van Leeuwenhoek, nel 1676), fino ad arrivare agli ambiti attuali della biologia molecolare;

- 2) **lo spostamento del mistero delle origini della Vita dall’esistenza particolare di ogni singolo individuo, alla nascita della biosfera nella sua totalità** – visto che “omni vivum ex ovo” (come ha dichiarato W. Harvey nel 1651, provato nella pratica sperimentale L. Pasteur nel 1862, e giustificato, attraverso una più completa formulazione teorica, A. R. Wallace e C. Darwin, con la spiegazione del meccanismo dell’evoluzione nel 1859), la successione di generazioni viventi dovrà pure aver avuto origine in un *last common ancestor* e, prima di questo, in un primitivo *first common ancestor* che, esso sì, sarà sorto spontaneamente dal mondo inanimato primordiale.

Difatti, dopo gli storici esperimenti di Redi e, soprattutto di Pasteur, si è dimostrata l’insostenibilità della credenza nella generazione spontanea e la biologia intraprese una nuova strada a senso unico, quella dell’origine rigorosamente materiale di ogni essere vivente, che esso sia nato oggi o che sia nato nei primordi della Vita sulla Terra. È su questa strada che s’inseriscono le ricerche del novecento che, passo dopo passo, gettarono un po’ di luce sul mistero delle origini¹⁴⁰.

¹⁴⁰ La produzione di Vita in laboratorio, negli anni considerati in questo paragrafo (dagli anni 20 agli anni 70 del novecento), era esplicitamente finalizzata alla simulazione della origine della Vita sulla Terra, tematica che costituiva la maggiore curiosità scientifica a man mano che di più veniva accettata la teoria

L'IPOTESI DI OPARIN¹⁴¹ E HALDANE

“*The modern idea of the origin of life*”¹⁴², come ha affermato S. Miller, prese l'avvio dal piccolo libro del biochimico russo **A.I. Oparin** pubblicato nel 1924 (con una seconda edizione aumentata nel 1936), intitolato “L'origine della Vita sulla Terra” (*Vozniknovenie izni na Zemle*)¹⁴³.

L'idea fondamentale della sua teoria consisteva nell'assunzione che la Vita sul nostro pianeta, in quanto frutto di una speciale evoluzione della materia, fosse stata preceduta da un lungo periodo di **evoluzione chimica**, che egli descrisse sulla base delle conoscenze scientifiche che al suo tempo si aveva sulla composizione della Terra subito dopo la sua formazione. Per sviluppare le sue ipotesi, Oparin integrò in modo inedito diverse discipline scientifiche, quali la chimica organica, la biochimica, la geochimica e l'astrofisica, disegnando uno scenario coerente e parzialmente suscettibile di conferma, nel quale l'evoluzione ha tenuto sempre un ruolo di primo piano.

Oparin suggerì che l'atmosfera sulla Terra prebiotica fosse fortemente **riducente**. In essa il carbonio era presente allo stato ridotto, forse in associazione con l'azoto, o probabilmente in associazione con l'idrogeno, sotto la forma di idrocarburi, quali, per esempio, il metano (che era stato recentemente scoperto nell'atmosfera di Giove e di altri pianeti giganti). Anche l'azoto doveva essere disponibile in forma ridotta, per cui l'ammoniaca si presentava come il composto più probabile. Inoltre, vi erano l'idrogeno e il vapore acqueo. Sotto queste condizioni, la sintesi delle molecole organiche che costituiscono i “mattoni” della biochimica (o la sintesi dei loro predecessori), così come la loro successiva trasformazione chimica verso una complessità sempre maggiore, sarebbero state viabili.

L'autore suggerì, allora, che le molecole organiche avessero successivamente formato degli aggregati colloidali¹⁴⁴ (in sintonia con la chimica colloidale di moda all'epoca) a cui, sulla linea di B. de Jong, di cui Oparin ha citato il lavoro, si è dato il nome di

dell'evoluzione per selezione naturale. Oggigiorno, le due cose possono essere distinte, come lo testimonia il lavoro di Rizzotti, di Rebek o di Luisi (vedi, in questa sede, 2.4.2. e 2.4.3.).

¹⁴¹ In questo paragrafo tratteremo della teoria di Oparin riguardo alla prima comparsa della Vita sulla terra. Per quanto riguarda la concezione che egli ha della Vita in quanto tale, l'affronteremo a p. 105.

¹⁴² HENAHAN [1996], p. 3.

¹⁴³ OPARIN [1936].

¹⁴⁴ Il **colloide** viene definito (in www.sapere.it) come «sostanza (liquida, solida o gassosa) che si trova dispersa sotto forma di minuscole particelle in una seconda sostanza (generalmente liquida o gassosa, ma anche solida) costituendo un sistema a due fasi, detto sistema colloidale o dispersione colloidale (formata cioè da una fase dispersa in una fase continua detta disperdente). Le dispersioni colloidali sono dette anche soluzioni colloidali o *sol*».

“**coacervati**”¹⁴⁵. Questi ultimi, in qualche modo, si sono dunque separati dal mezzo acquoso omogeneo in cui si trovavano e concentrati, sotto forma di una specie di gel, in determinati punti dello spazio - condizione necessaria al proseguimento della loro evoluzione in direzione alla Vita.

Questa nuova proprietà, l’individualità, permise alla selezione naturale di cominciare ad agire su queste sostanze, favorendo quelle più stabili. L’organizzazione dei coacervati si fu sempre più complessificando fino allo stabilimento di una struttura interna dinamica, un nuovo ordine chimico-colloidale, che costituiva la principale caratteristica della Vita, a tutti i suoi livelli. Questa nuova forma di organizzazione della materia non obbediva più soltanto alle leggi chimico-fisiche, ma anche, per la prima volta, alle nuove **leggi biologiche**.

Quindi, per effetto della concentrazione di sostanze organiche in determinati punti dello spazio e della comparsa di sistemi colloidali, quali le gocce di coacervati, si crearono delle **leggi di ordine superiore**, che determinarono anche lo sviluppo successivo della materia organizzata. Grazie a queste leggi e, anzitutto, alla **selezione naturale** dei coacervati, nel caos delle diverse reazioni di cui sono suscettibili le sostanze organiche, si delinearono delle vie precise di sviluppo chimico, sorsero dei **processi armonicamente coordinati** fra loro e si creò una organizzazione **ben definita** nella materia vivente. Il sorgere di questa organizzazione non era la conseguenza del semplice caso, come hanno supposto molti autori; a caso sorsero le varie forme di organizzazione “favorevoli” o “sfavorevoli” nei riguardi della loro stabilità e della velocità del loro sviluppo successivo; ma solo le prime furono in grado di mantenersi nell’idrosfera primitiva e di svilupparsi ulteriormente.¹⁴⁶

Le prime forme viventi che risultarono vittoriose di tutta questa selezione e conseguente evoluzione erano anaerobiche e **eterotrofiche** (l’eterotrofismo venne a sostituire l’autotrofismo, suggerito 70 anni prima da Haeckel). L’assimilazione di molecole organiche tratte dall’ambiente circostante era come una forma primitiva di metabolismo.

¹⁴⁵ I composti chimici organici, quando immersi nell’acqua, non rimangono necessariamente dispersi in modo uniforme, bensì organizzati in strati o gocce. Se queste ultime contengono un colloide ricco in composti organici e sono circondate da una stretta “pelle” di molecole di acqua, allora esse sono conosciute come “**coacervati**”. I coacervati sono, dunque aggregazioni di molecole lipidiche tenute insieme da forze idrofobiche, che formano un’inclusione colloidale, che manifestano proprietà osmotiche e il cui diametro varia da 1 a 100 micrometri. Oltre a creare un ambiente localmente segregato, le membrane dei coacervati permettono anche un’assorbimento selettivo di molecole organiche semplici dal mezzo circostante. Per Oparin, questo fenomeno può essere considerato una forma elementare di metabolismo. (Cfr. DARLING, ‘coacervate’).

¹⁴⁶ Ivi, pp. 260-261 (grassetto nostro).

Difatti, come ci dice Oparin:

Lo studio degli organismi attuali ci porta alla conclusione che la proprietà di assimilare sostanze organiche disciolte costituisce la forma di nutrizione più antica e primitiva, ed è propria degli organismi attuali dotati di più semplice organizzazione.¹⁴⁷

Nel 1929, prima che il libro di Oparin fosse stato tradotto in inglese, **J.B.S. Haldane**, biochimico e genetista, stese le sue idee sulle origini della Vita, le quali, pur formulate indipendentemente da quelle di Oparin, erano molto simili a queste – per cui entrambe le teorie sono spesso unite sotto il nome di “ipotesi Oparin-Haldane”.

Haldane propose che il mare primordiale fosse servito come vasto laboratorio chimico, alimentato dall’energia solare. Il carbone che oggi abbiamo alla nostra disposizione provenne dalle prime piante che, a loro volta, hanno preso il carbonio di cui avevano bisogno dall’anidride carbonica presente nell’atmosfera, cominciando soltanto allora a liberare ossigeno nell’aria. Difatti, dall’atmosfera primitiva era **assente l’ossigeno**. La combinazione dell’ammoniaca (risultante dai sali nitritici presenti sulla crosta terrestre, quando entrati in contatto con l’acqua) e dell’anidride carbonica disciolte nelle acque, con la radiazione UV (non inibita dall’ozono, come succede, invece, oggi) poté riempire di composti organici lo strato superficiale del mare primordiale. Conseguentemente, questo divenne una soluzione diluita di vaste popolazioni di monomeri e polimeri organici, a cui Haldane chiamò “*a hot diluted soup*”. Dopo una graduale evoluzione chimica nel senso di una sempre maggiore complessità, sorse la prima cellula, con l’acquisto di una membrana lipidica. Essa poteva alimentarsi dai ricchi nutrienti organici che trovava abbondanti intorno a sé e fu l’antenato comune a tutto il mondo vivente¹⁴⁸.

¹⁴⁷ Ivi, pp. 293-294.

¹⁴⁸ Riassumiamo le similitudini e le differenze fra lo scenario di Oparin e quello di Haldane (Cfr. DARLING, ‘Oparin-Haldane Theory’):

	A. I. OPARIN	J. B. S. HALDANE
ATMOSFERA PRIMITIVA	Riducente, composta di metano, ammoniacca, idrogeno e vapore acqueo	Riducente, composta da anidride carbonica, ammoniacca e vapore acqueo
FONTE DI CARBONIO PER LA VITA	Metano	Anidride carbonica
LUOGO DELLA EVOLUZIONE PREBIOTICA	Atmosfera, e successivamente gli oceani	Atmosfera, e successivamente gli oceani
MECCANISMO	Comparsa spontanea di coacervati, seguita da un’evoluzione verso la cellularità	Sintesi di molecole organiche sempre più complesse, in presenza della luce ultravioletta

La “*prebiotic soup*” o “**brodo primordiale**”, proposto da Haldane è presto divenuto una parola chiave per scienziati (e non), e rimane, ancora oggi, più di ogni altro concetto, un forte simbolo di quella nuova immagine del misterioso mondo che servì di scenario alla comparsa della Vita, che ci proposero Oparin e Haldane.

Questa idea ha goduto di una immensa popolarità lungo tutto il ventesimo secolo. Tuttavia, oggi essa è seriamente minacciata da diverse critiche, soprattutto dalle nuove teorie circa la composizione dell’atmosfera primordiale. Difatti, la composizione ipotizzata da Oparin e Haldane è altamente improbabile, se teniamo conto delle idee ritenute più plausibili, attualmente, dai geologi. Essi propongono un’atmosfera ricca di vapore acqueo, anidride carbonica e azoto, ma in cui non è presente il metano, né l’ammoniaca e nemmeno l’idrogeno.

L’ATMOSFERA DI UREY E L’ESPERIMENTO DI MILLER

Al contrario di quello che spesso troviamo scritto sui manuali, il famoso esperimento realizzato nel 1951 (e reso pubblico nel 1953) dal allora studente universitario S. Miller, sotto l’orientamento del suo professore H. Urey, non è stato un tentativo di testare l’ipotesi di Oparin e Haldane. L’obiettivo è stato soltanto quello di sperimentare le teorie di Urey sull’atmosfera primordiale, teorie a cui quest’ultimo era arrivato senza neanche conoscere il lavoro di Oparin. Comunque sia, questo esperimento ha segnato il passaggio dalla “*pencil-and-paper talk*”¹⁴⁹ che segnava la ricerca delle origini già dai tempi delle teorie di Haldane e Oparin, al lavoro sperimentale in laboratorio.

Secondo i calcoli di Urey, l’atmosfera della Terra primitiva, come quella dei pianeti formati nella stessa maniera, era costituita quasi solo di idrogeno, con alcune traccia di altri elementi. Questo implicava che non poteva esistere ossigeno libero (così come aveva già affermato Haldane), visto che quest’ultimo dovrebbe sempre legarsi all’idrogeno, formando molecole di acqua. Le traccia di carbonio, azoto e ossigeno, insieme all’**idrogeno**, formavano **metano** (CH₄), **ammoniaca** (NH₃) e **acqua** (H₂O). L’atmosfera che, al contrario della situazione attuale, era molto riducente, era composta da questi gas, oltre che dall’idrogeno stesso (H₂). Con il passare del tempo (in termini astronomici), molti

¹⁴⁹ Cfr. JAVOR [1989], p. 40.

degli atomi leggerissimi di idrogeno fuggirono dall'attrazione terrestre, in modo che l'ossigeno, libero dall'eccesso di idrogeno, poté accumularsi nell'atmosfera terrestre.

Avendo egli chiesto pubblicamente che qualcuno si disponesse a realizzare gli esperimenti necessari per testare la possibile sintesi di composti organici nell'atmosfera ipotizzata, Urey si trovò davanti uno semplice studente che gli disse di voler dedicarsi a quel lavoro. Il professore, sentendosi responsabile per una buona conclusione degli studi di Miller, insistette perché egli non perdesse tempo con esperimenti così incerti e rischiosi, che probabilmente non avrebbero portato a nulla. Ma dovette cedere di fronte alla determinazione dello studente - che, alla fine, lo sorprese con degli risultati altamente positivi dopo poche settimane¹⁵⁰.

L'apparato costruito da Miller consisteva in un ambiente chiuso di vetro dove vi era un "oceano" tenuto in ebollizione (di forma ad accelerare le reazioni), che forzava l'acqua evaporata a circolare attraverso il circuito, e una "atmosfera" contenente metano, ammoniacca, idrogeno e il vapore acqueo circolante. Questa atmosfera veniva bombardata da "lampi", simulati da scariche elettriche di 60,000 V, il che provocava l'interazione dei gas. I prodotti di queste reazioni passavano successivamente per un condensatore, dopodiché erano disciolti di nuovo nel "oceano" che, giorno dopo giorno, divenne sempre più scuro.

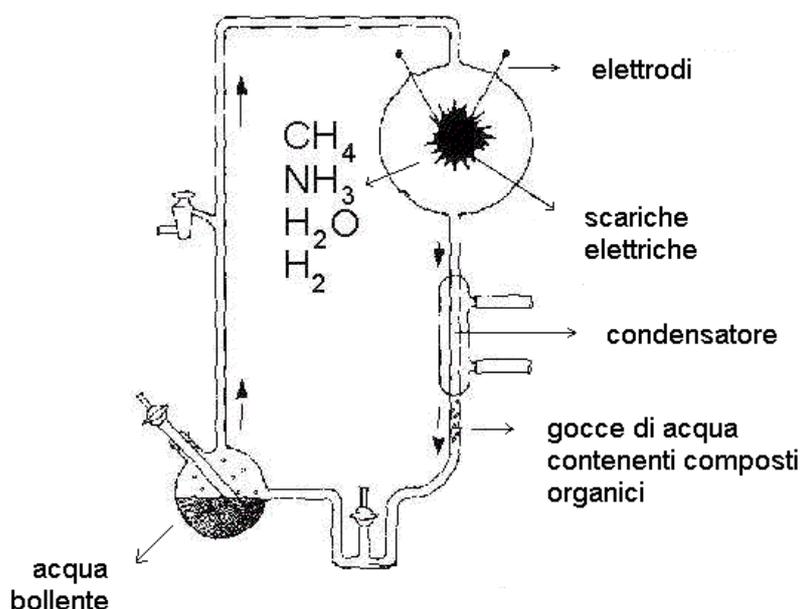


Fig. 1. L'esperimento di Miller¹⁵¹.

¹⁵⁰ Cfr. HENAHAN [1996].

¹⁵¹ Adattamento di un'immagine tratta da www.postmodern.com/~jka/rnaworld/nfrna/nf-millered.html.

L'oceano, infatti, era diventato pieno di composti organici appena formati. Anche se la maggior parte di quella sostanza scura non è stata identificata (era una mistura confusa di polimeri organici), si è potuto determinare che circa il 10% del carbonio del sistema sperimentale era stato convertito in composti organici identificabili. L'analisi della soluzione ha rivelato che circa il 2% del carbonio era stato impiegato nella sintesi di 25 **aminoacidi**. Inoltre, anche alcuni acidi grassi, acidi idrossidi e amidi sono stati identificati nel "oceano". I principali aminoacidi prodotti erano: glicina ($\text{HCHNH}_2\text{COOH}$), alanina ($\text{CH}_3\text{CHNH}_2\text{COOH}$), e acido aspartico ($\text{COOHCH}_2\text{CHNH}_2\text{COOH}$). Anche diversi aminoacidi non biologici sono stati identificati.

L'analisi della fase gassosa mostrò che i principali prodotti accumulati erano monossido di carbonio (CO) e diazoto (N_2). La maggior parte dell'ammoniaca era stata consumata, e anche il metano rimanente era molto poco.

È stato molto rilevante il fatto che l'esperimento, non solo ha prodotto gli aminoacidi, ma ha permesso anche di spiegare il modo per cui essi possono essersi formati: le reazioni fra i gas della "atmosfera" provocarono la formazione di composti organici semplici, quali l'acido cianidrico (HCN), e gli aldeidi (composti contenenti il gruppo CHO), i quali, insieme all'ammoniaca e all'acido cianidrico, generarono dei prodotti intermediari chiamati aminonitrili, che, a loro volta, interagirono con l'acqua de "oceano", dando origine ad aminoacidi e ammoniaca. La glicina, per esempio, che era l'aminoacido più abbondante tra i prodotti dell'esperimento, apparve dopo che le reazioni nell'atmosfera produssero formaldeide (CH_2O) e acido cianidrico, i quali, con l'ammoniaca, hanno poi partecipato all'insieme successivo di reazioni chimiche.

La spettacolarità dei risultati ha fatto sì che tanti abbiano avuto dubbi sulla validità di questo esperimento. Difatti, all'epoca, esso è stato tenuto in considerazione soltanto grazie al sostegno di Urey, anche se, comunque, la sua facilità di riproduzione ha imposto la sua validità. Secondo lo stesso Miller, la cosa più significativa di questo esperimento è la sua straordinaria semplicità – e conseguente ripetitività. Per questo, ci dice Miller:

Nobody questioned the chemistry of the original experiment, although many have questioned what the conditions were on pre-biotic Earth. The chemistry was very solid.¹⁵²

¹⁵² «Nessuno ha messo in questione la chimica dell'esperimento originale, anche se molti hanno messo in questione le condizioni che si verificavano nella terra prebiotica. La chimica era molto solida» (HENAHAN [1996], p. 5).

Alcuni anni dopo l'esperimento di Miller, nel 1969, è caduto un meteorite vicino a Murchison, Australia. Le analisi chimiche effettuate mostrarono che esso conteneva un'alta concentrazione (circa 100 ppm) di quei medesimi aminoacidi sintetizzati da Miller, e che questi ne erano presenti nella stessa quantità relativa. Queste coincidenze hanno portato a credere che, alla fine, la simulazione di Miller si avvicinasse veramente alla chimica prebiotica, e che, quindi, fosse plausibile che processi simili a quelli descritti nel suo esperimento si fossero verificati nella Terra primitiva, in un qualche asteroide, in meteoriti caduti sulla superficie terrestre e che abbiano potuto contaminarla, o in qualsiasi altro posto dove vi fossero delle condizioni simili.

Purtroppo, le obiezioni sollevate nei confronti dell'ipotesi di Oparin e Haldane, si mantengono per quanto riguarda l'atmosfera di Urey e, di conseguenza, l'esperimento di Miller. E se effettivamente l'atmosfera primordiale era quella oggi ritenuta più probabile dai geologi, allora dovremo ammettere che, in quel caso, senza l'atmosfera riduttiva ipotizzata da Urey, i risultati osservati nel 1953 non sono più verificabili.

Inoltre, rimane comunque in piedi il problema della stereoselettività degli aminoacidi del mondo biologico (tutti gli enantiomeri sono di tipo L - sinistro), che contrasta la miscela racemica di aminoacidi trovata sia negli esperimenti di Miller, sia sul meteorite Murchison, problema che non è stato ancora chiarito.

Infine, molti sottolineano anche il fatto che la presenza di aminoacidi non sia, di per se stessa, significativa. Difatti, finché non vi sarà l'evidenza delle capacità auto-riproduttive degli aminoacidi, il loro collegamento con le origini della Vita rimarrà una possibilità poco plausibile¹⁵³.

IL "RNA WORLD": ORGEL

Con l'esperimento di Miller, nacque una nuova disciplina: la **chimica prebiotica**. Negli stessi anni, con la scoperta della struttura del DNA da parte di Watson e Crick, prese l'avvio un ulteriore ramo della biologia: la **biologia molecolare**.

¹⁵³ Questo problema è stato, in grande misura, superato dal lavoro di S. Fox (vedi, nel presente lavoro, pp. 102-105).

E nel campo della ricerca sulle origini della Vita, insieme allo sviluppo della genetica, cominciò a prendere forma una nuova ipotesi, destinata a godere di un lungo e notevole successo per una buona parte della seconda metà del ventesimo secolo: il “*RNA World*”.

Questa teoria è stata proposta alla fine degli anni 60, indipendentemente da C. R. Woese, F. Crick (lo stesso che ha scoperto la doppia elica), e L. Orgel, ancora oggi uno dei grandi rappresentanti di questa “versione degli eventi”. Orgel è *senior fellow* e professore al Salk Institute for Biological Studies di San Diego, ed è uno dei cinque principali ricercatori del programma NSCORT di exobiologia patrocinato dalla NASA, che sponsorizza anche la sua ricerca sulla chimica dei nucleotidi, in particolare sulla catalisi della replicazione di acidi nucleici da parte di superfici minerali. Il suo articolo ‘Origin of Life on Earth’¹⁵⁴ ha costituito una buona fonte di informazione, fra altre fonti, riguardo a questa teoria.

Il “mondo a RNA” apparve come una possibile via di uscita dal paradosso del uovo e della gallina, in cui si trovava la ricerca molecolare sulle origini:

Se proteine sono codificate dagli acidi nucleici, e se questi ultimi hanno bisogno dell’attività enzimatica di quelle per fare il loro lavoro di replicazione, allora chi è sorto prima – gli acidi nucleici oppure le proteine?

Per la concezione della sua ipotesi, Orgel ha considerato, innanzitutto, che era quasi impossibile, all’epoca, concepire uno scenario dove le proteine potessero replicarsi senza l’aiuto degli acidi nucleici; inoltre, come vantaggio rispetto alle proteine, gli acidi nucleici hanno, non solo la capacità dell’autoreplicazione, ma anche quella della codificazione dell’informazione ereditaria. Tenendo in conto questi due fatti, Orgel ha concluso, allora, che i primi a comparire sulla scenario prebiotico fossero stati questi ultimi e che, in qualche modo, fosse stato loro possibile garantire la catalisi di tutte le reazioni necessarie alla sopravvivenza e replicazione del precursore del *last common ancestor*. Gli acidi nucleici potrebbero anche aver sviluppato, in un secondo tempo, la capacità di legare insieme gli aminoacidi.

Come sistema genetico originario, è stato favorito l’RNA, a scapito del DNA, anche se, attualmente, è quest’ultimo il maggiore depositario dell’informazione ereditaria. Questa scelta fu dovuta, innanzitutto, al fatto che i ribonucleotidi del RNA sono più facile da

¹⁵⁴ ORGEL [1997].

sintetizzare che non i desossiribonucleotidi del DNA. Inoltre, erano facilmente concepibili diversi modi attraverso cui il DNA poteva essersi evoluto a partire dal RNA, al quale si sarebbe successivamente sostituito, in virtù della sua maggiore stabilità.

I fautori del “mondo a RNA” hanno fatto tutte queste supposizioni anche se, all’epoca, pochi fatti riuscivano a supportare la loro tesi. Ci dice Orgel:

*This scenario could have occurred, we noted, if prebiotic RNA had two properties not evident today: a capacity to replicate without the help of proteins and an ability to catalyse every step of protein synthesis.*¹⁵⁵

Già nel 1961, J. Orò era riuscito ad ottenere abbondanti quantità di adenina (base componente gli acidi nucleici e anche la molecola di ATP, oggi essenziale fonte di energia per tutti esseri viventi), attraverso un esperimento chimicamente ancora più semplice di quello di Miller. Dopo il 1983, ulteriori prove a favore della teoria del “mondo a RNA” sono state rilevate, tra cui:

- sono stati scoperti i **ribozimi** (enzimi fatti di RNA), indipendentemente da R. Cech e S. Altman;
- W. Szostak ha effettuato, in laboratorio, importanti esperimenti sui ribozimi, in modo da renderli capaci di attuare anche la polimerizzazione;
- gli studi di H.F. Noller hanno confermato che, molto probabilmente, nei ribosomi (le fabbriche di proteine delle cellule), è la parte di RNA, e non la parte proteica, che catalizza la formazione dei legami peptidici;
- il lavoro di S. Spiegelman ha provato che l’RNA è capace di evoluzione;

Vi sono, tuttavia, diverse difficoltà difficili da superare quando i ricercatori provano a formare i nucleotidi a partire dai loro singoli componenti. Ne citiamo alcune:

- la sintesi del ribosio senza l’aiuto di enzimi è considerevolmente problematica (non si è ancora riusciti a produrlo nell’adeguata quantità, stereoselettività e purezza);
- è stata finora impossibile la produzione di nucleosidi pirimidinici (combinazioni del ribosio con la citosina o l’uracile) senza un’attività enzimatica di sostegno;

¹⁵⁵ «Questo scenario potrebbe essersi verificato, abbiamo pensato, se l’RNA prebiotico avesse due proprietà oggi non evidenti: la capacità di replicarsi senza l’aiuto di proteine e quella di catalizzare ogni passo della sintesi proteica» (Ivi, p. 3).

- anche se fosse possibile la formazione di entrambi i tipi di nucleosidi, la loro combinazione con il gruppo fosfato rappresenta un nuovo ostacolo (è possibile, ma quasi sempre viene contaminata da strutture incorrette che interferiscono con la catalisi e conseguente replicazione dell'RNA).

I difensori del “mondo a RNA” assumono che comunque i primi ribonucleotidi possono essere riusciti a sorgere non enzimaticamente, attraverso la loro propria attività catalitica o anche in associazione con catalizzatori di origine minerale (che potrebbero, almeno in teoria, aver permesso il giusto orientamento dei nucleotidi). Ma rimane, comunque, ancora da dimostrare come queste unità siano state capaci di assemblarsi in oligonucleotidi e come questi abbiano potuto autoreplicarsi senza l'aiuto di proteine.

Per quanto riguarda la polimerizzazione, è plausibile che essa sia avvenuta con l'ausilio dei minerali. Il passo successivo, invece, è già più problematico:

- Orgel e il suo gruppo di ricerca sono riusciti a realizzare in laboratorio la prima fase della replicazione (dalla catena originale di RNA alla sua catena complementare), mentre la seconda fase (dallo stampo complementare, alla catena complementare della complementare, ovvero, una replica dell'originale) è stata, fino ad ora, impossibile da concretizzare in assenza di enzimi;
- inoltre, anche la copia del polimero originale è fattibile soltanto se a disposizione vi è una miscela omochirale di nucleotidi di orientamento D (destra), mentre si immagina che nella Terra primitiva vi fossero presenti, nella medesima proporzione, entrambi gli enantiomeri.

Anche tenendo conto di tutte queste difficoltà, Orgel non si lascia sconfiggere:

All these problems are worrisome, but they do not completely rule out the possibility that RNA was initially synthesized and replicated by relatively uncomplicated processes. Perhaps minerals did indeed catalyse both the synthesis of properly structured nucleotides and their polymerisation to a random family of oligonucleotides. Then copying without replication would have produced a pair of complementary strands. If, as Szostak has posited, one of the strands happened to be a ribozyme that could copy its complement and

*thus duplicate itself, the conditions needed for exponential replication of the two strands would have been established. This scenario is certainly very optimistic, but it could be correct.*¹⁵⁶

Tuttavia, molti non condividono la sua fiducia in questo modello e scelgono, o di mettere semplicemente in evidenza le incongruenze della proposta del “mondo a RNA”, oppure di cercare un’alternativa più semplice, più plausibile e più compatibile con le condizioni presenti sulla Terra primitiva.

CRITICA AL MONDO A RNA

I problemi già ammessi dallo stesso Orgel, e molti altri che sono stati sollevati in luoghi e tempi diversi da diversi scienziati, hanno provocato un forte ridimensionamento della teoria del “mondo a RNA”, ormai addirittura accusata di non essere altro che una **“propaganda populista”**¹⁵⁷.

*Evolutionary propaganda often understates the difficulty of a naturalistic origin of life. Production of traces of ‘building blocks’ is commonly equated with proving that they could have built up the required complicated molecules under natural conditions. The instability of ‘building blocks’ in non-biotic environments is usually glossed over.*¹⁵⁸

L’instabilità delle molecole organiche costituenti le forme viventi è spesso messa in ombra da risultati positivi ma poco significativi che vengono, invece, pubblicizzati con un’esaltazione che manca di rigore scientifico. Il fatto, per esempio, che il tempo di dimezzamento per decadimento radioattivo del ribosio sia di 44 anni a 0°C (e 73 minuti a

¹⁵⁶ «Tutti questi problemi sono preoccupanti, ma essi non annullano del tutto la possibilità che l’RNA sia stato inizialmente sintetizzato e catalizzato per mezzo di processi relativamente semplici. Forse i minerali catalizzarono effettivamente sia la sintesi di nucleotidi correttamente strutturati, sia la loro polimerizzazione in una famiglia di oligonucleotidi ordinati casualmente. Allora, la loro copia senza replicazione avrebbe prodotto una coppia di sequenze complementari. Se, come ha premesso Szostak, una delle due catene fosse eventualmente un ribozima capace di copiare il suo complementare e quindi di duplicare se stesso, le condizioni necessarie per la replicazione esponenziale dei due filamenti si sarebbero stabilite. Questo scenario è certamente molto ottimista, ma potrebbe essere corretto» (Ivi, p. 8).

¹⁵⁷ Cfr. SARFATI [1999].

¹⁵⁸ «La propaganda evoluzionistica sottovaluta spesso la difficoltà di un’origine naturalistica della Vita. La produzione di traccia di ‘mattoni di costruzione’ è comunemente fatta equivalere alla prova che questi potrebbero aver costruito, sotto condizioni naturali, le molecole complicate necessarie. L’instabilità dei ‘mattoni di costruzione’ in ambienti abiotici viene di solito tralasciata» (Ivi, p. 124).

100°C), o che l'adenina e la guanina si dimezzino ogni anno a 100°C e l'uracile ogni 12 anni, alla stessa temperatura¹⁵⁹, non sembra preoccupare i ricercatori.

Questo, tuttavia, rende molto problematico l'accumularsi di queste sostanze in quantità sufficiente per il sorgere della Vita. Da un lato, il tempo geologico sembra infinitamente maggiore rispetto alla "speranza di vita" di questi "mattoni di costruzione"; dall'altro, però, questa difficoltà di concentrazione fa sì che i circa 200 milioni di anni che l'evoluzione chimica ha avuto a disposizione per costruire la Vita siano veramente pochi, in un "brodo" così diluito.

Anche il fatto che le condizioni prebiotiche più plausibili tendano a decomporre le macromolecole in piccoli "mattoni", piuttosto che ad intraprendere il cammino opposto, rimane sempre oscurato. Anche la necessità di altissime concentrazioni di "mattoni" perché qualsiasi prodotto possa essere sintetizzato, concentrazioni incompatibili con la probabile diluizione del brodo primordiale, è spesso considerata irrilevante. Non si tiene conto nemmeno del fatto che, anche se qualche polimero, dopo tutti questi ostacoli, potesse essersi formato, la rapida idrolisi nell'ambiente acquatico circostante, insieme alle reazioni laterali con altri composti organici, eliminerebbe comunque qualsiasi possibilità di futuro. Infine, viene sempre tralasciato il fatto che non esista alcuna tendenza nella chimica organica perché si formino polimeri ad alto contenuto informativo, piuttosto che polimeri casuali¹⁶⁰.

Il biochimico evoluzionista **R. Shapiro** solleva ancora molti altri problemi, per quanto riguarda la postulata sintesi prebiotica di due mattoni fondamentali, quali la **citocina** e l'**adenina**:

- la citosina non è mai prodotta dalle reazioni sperimentali provocate da scariche elettriche;
- non è stata nemmeno mai trovata nei meteoriti;
- i vari processi ipotizzati per la sintesi della citosina implicano condizioni primitive improbabili, quali una grande quantità di metano nell'atmosfera (nel caso del cianoacetilene), o la necessità di concentrazioni eccessive di certi reagenti essenziali (come il cianato, il cianoacetaldeide, o l'urea), spesso

¹⁵⁹ Cfr LARRALDE, ROBERTSON, MILLER [1995], e LEVY, MILLER [1998].

¹⁶⁰ Cfr. SARFATI [1999].

implicanti, come nel caso della urea, la deaminazione della citosina stessa (che invece non viene prodotta se la concentrazione è bassa), per cui non si esce da questo ciclo vizioso;

- la citosina soffre un dimezzamento per deaminazione ogni 340 anni a 25°C (e ogni 19 giorni a 100°C), per cui la sua accumulazione nel tempo è improbabile;
- la luce UV nella terra primitiva avrebbe rapidamente convertito la citosina nei suoi fotodimeri, che si deaminano velocemente.

- la sintesi dell'adenina richiede concentrazioni completamente irragionevoli di acido cianidrico (HCN);
- l'adenina è suscettibile di idrolisi (il suo tempo di dimezzamento per deaminazione è di 80 anni, a 37°C e pH 7);
- l'interazione adenina-uracile è debole e non-specifica per cui, con le condizioni caotiche del brodo prebiotico, nessun riconoscimento potrebbe funzionare.

Secondo Shapiro, la probabilità che l'antenato dei replicatori attuali – necessariamente, un polimero omochirale contenente informazione ereditaria - sia sorto spontaneamente da una disorganizzata miscela primordiale, attraverso una sintesi chimica non direzionata, è immensamente bassa. L'analisi dei composti trovati sul meteorite Murchison, in quanto esempio di una miscela di origine abiotica, mostrano che i potenziali componenti del replicatore vengono sempre accompagnati da altre sostanze interferenti, la cui incorporazione nella catena primordiale provocherebbe fatali interruzioni nella regolarità strutturale del replicatore. Difatti, il problema della specificità rimane sempre molto difficile da superare¹⁶¹.

Più di 30 anni di ricerca hanno portato ad una sempre crescente consapevolezza dell'inadeguatezza del modello del RNA per spiegare l'origine della Vita. Anche la sintesi di replicatori alternativi - come il *pyranosyl*-RNA (pRNA) di A. Eschenmoser, i polimeri di acido nucleico peptidico (PNA) di P.E. Nielsen, o le molecole più semplici di “pre-RNA” di Rebek – vanno incontro a difficoltà spesso insormontabili che, in fondo, sono causate sempre dalla medesima ragione che ostacola la plausibilità del “mondo a RNA”, ovvero che *“the incredible increase in information content required to produce self-*

¹⁶¹ Cfr. SHAPIRO [2000].

*replication is not possible in the time frame in which it was supposed to have occurred*¹⁶².

E andare a ritroso sulla strada della complessificazione non renderà le cose più facili:

*The simpler the first step, the more likely it is to occur, but the harder it is to get from step one to step two.*¹⁶³

Tutte queste difficoltà sono ignorate, e gli esperimenti proseguono comunque, seguendo spesso un ordine di lavori poco legittimo in termini di onestà scientifica:

*Most researchers avoid such hurdles with the following methodology: find a trace of compound X in a spark discharge experiment, claim 'see, X can be produced under realistic primitive-earth conditions'. Then obtain pure, homochiral, concentrated X from an industrial synthetic chemicals company, react it to form traces of more complex compound Y. Typically, the process is repeated to form traces of Z from purified Y, and on.*¹⁶⁴

La successione di passi è fortemente manipolata da una **costante interferenza intelligente**, per cui non ritratta in misura alcuna una plausibile successione di passi sulla Terra primitiva. Gli esperimenti di laboratorio, dunque, se effettuati in questo modo, non devono essere considerati delle simulazioni minimamente rappresentative di quella che fu l'evoluzione prebiotica.

L'assunzione di questi fatti implica una rielaborazione delle proprie teorie, che può condurre sia ad un ritorno al creazionismo religioso¹⁶⁵, sia alla proposta creativa di scenari prebiotici diversi e "audaci"¹⁶⁶, sia al trasferimento del problema in un altro punto dello spazio (ipotesi della "panspermia")¹⁶⁷, sia ad uno scetticismo poco costruttivo, sia ad una critica ferrea ma accompagnata dalla speranza in soluzioni future. Shapiro s'inserisce in

¹⁶² «l'incredibile aumento del contenuto di informazione richiesto per produrre l'auto-replicazione non è possibile nello spazio di tempo entro cui dovrebbe, in teoria, essere avvenuto» ('Origin of life: latest theories/problems', p. 3).

¹⁶³ «Più semplice è il primo passo, più probabile è che esso avvenga, ma più difficile sarà il passaggio dal primo al secondo passo» (*Idem*).

¹⁶⁴ «La maggior parte dei ricercatori evita questi problemi con la seguente metodologia: trovano una traccia del composto X in un esperimento per scariche elettriche e affermano 'vedete, X può essere prodotto sotto condizioni plausibili per la terra primitiva'. Poi ottengono una concentrazione pura e omochirale di X da un'impresa di industriale di prodotti chimici sintetici e la manipolano fino alla formazione di traccia del composto più complesso Y. Chiaramente, il processo è ripetuto per formare traccia di Z dal Y purificato, e così successivamente» (Ivi, p. 125).

¹⁶⁵ Come, per esempio, J. Sarfati, fisico-chimico australiano.

¹⁶⁶ Come A.G. Cairns-Smith o G. Wächterhäuser.

¹⁶⁷ Come le proposte di S. Arrhenius o di F. Hoyle e C. Wickramasinghe, di una "colonizzazione" intenzionale del nostro sistema solare da parte di altre biosfere extra-terrestri. Anche Orgel e Crick hanno suggerito uno divertente dramma di fatta-scienza, chiamato l'ipotesi della "panspermia direzionata", in cui una civiltà intelligente e vasta, di fronte all'imminente estinzione del suo sole, decise di disperdere semi di Vita (batteri primitivi) nello spazio, circa 3 miliardi e mezzo di anni fa.

quest'ultima schiera di personalità scientifiche. Infatti, egli ammette la tenacia del suo materialismo e la persistenza della sua speranza:

*Some future day may yet arrive when all reasonable chemical experiments run to discover a probable origin of life have failed unequivocally. Further, new geological evidence may yet indicate a sudden appearance of life on the earth. Finally, we may have explored the universe and found no trace of life, or processes leading to life, elsewhere. Some scientist might choose to turn to religion for an answer. Others, however, myself included, would attempt to sort out the surviving less probable scientific explanations in the hope of selecting one that was still more likely than the remainder. We are far from that state now.*¹⁶⁸

Ed egli ha anche alcune possibilità di risposta da proporre. Per esempio, visti tutti gli ostacoli al mondo a RNA, tenendo in conto che la Vita si basa non soltanto sulla trasmissione ereditaria dell'informazione ma anche sull'attività dinamica e continua del metabolismo, la ricerca dovrebbe dedicarsi a questo secondo aspetto, piuttosto che insistere ciecamente sul primo:

*The possibility that formation of the first replicator took place through a very improbable event cannot be excluded, but greater attention should be given to metabolism-first theories, which avoid this difficulty.*¹⁶⁹

Inoltre, bisogna mettere definitivamente di lato l'idea che molecole complicate, consistenti in una combinazione ben precisa di unità di base, possano essere apparse spontaneamente. Dal momento in cui escludiamo tutte le macromolecole dallo scenario primordiale, ci troviamo di fronte la domanda: potrebbe una mistura di molecole semplici, attraversata da una forma conveniente di energia, cominciare ad auto-organizzarsi in qualche modo, a selezionare le molecole utili ed ad escludere quelle dannose, dando origine ad una "vita"

¹⁶⁸ «Un giorno potrà ancora arrivare in futuro, in cui tutte gli esperimenti chimici ragionevoli finalizzati alla scoperta di un'origine probabile della Vita avranno fallito inequivocabilmente. Inoltre, nuove evidenze geologiche potranno ancora indicare una comparsa improvvisa della Vita sulla terra. Infine, potremo aver esplorato l'universo senza aver trovato altrove alcuna traccia di Vita, o di processi portanti alla Vita. Alcuni scienziati forse sceglierebbero di rivolgersi alla religione come risposta. Altri, invece, io stesso incluso, tenterebbero di trovare le spiegazioni scientifiche meno probabili che sopravvivono, nella speranza di selezionarne una che sia ancora più plausibile delle restanti. Per adesso, siamo ancora lontani da quella situazione» (SHAPIRO [1986], p. 130).

¹⁶⁹ «La possibilità che la formazione del primo replicatore sia avvenuta grazie ad un evento molto improbabile non può essere esclusa, ma dovrebbe essere dedicata una maggiore attenzione alle teorie che danno la precedenza al metabolismo, le quali evitano questa difficoltà» (*Idem*).

La ricerca sulle origini, come potremo facilmente concludere da questa breve rassegna (non appena passeremo dai difensori del "mondo a RNA", come Orgel, a studiosi delle primitive forme proteiche di Vita, come Fox), ha dovuto confrontarsi con un mistero di difficile soluzione: la priorità degli acidi nucleici o delle proteine. È curioso osservare come questa alternativa sia collegata ad un'altra - ancora più profonda - primarietà nella storia della Vita: la precedenza della replicazione o del metabolismo. In generale, infatti, le

semplice che, per un'evoluzione graduale, potesse successivamente sviluppare un'organizzazione chimica a man mano più complessa?

Una possibilità è quella della “*life on droplets*”, in cui una piccola membrana contenente una mistura di sostanze funzionanti potrebbe persistere e anche replicarsi attraverso una divisione semplice, senza che nessun apparato complesso di copiatura e replicazione fosse necessario. Questa posizione si trova rappresentata in questa sede dalle microsfele proteiche di S. Fox.

Una possibilità alternativa consisterebbe in un “*clay world*”, in cui le proprietà catalitiche di certi minerali potrebbero contribuire alla comparsa della Vita, o con la produzione spontanea di piccoli esseri “viventi” inorganici fatti di cristalli di argilla (Cairns-Smith), o con il chiamato “metabolismo di superficie” con il quale un sistema chimico evolutivo potrebbe essere sorto (Wächershäuser). Entrambe le proposte di questi ultimi due autori sono state suggerite da Shapiro come eventuali vie di uscita dal mistero delle origini.

IL “*CLAY WORLD*”: CAIRNS-SMITH E WÄCHERSHÄUSER

Una teoria dell'origine radicalmente nova è stata proposta nel 1982 dal chimico scozzese A.G. **Cairns-Smith**, secondo cui i primi esseri viventi non erano basati sul carbonio, ma provenivano dall'argilla. Secondo questa prospettiva, le **forme di vita minerale** si sono evolute a partire da complessi cristalli prebiotici (cristalli di diossido di silicio), e si sono stabilite come primi abitanti del pianeta. Come tutti i cristalli, questi organismi avevano un'organizzazione interna spontanea, la quale poteva “crescere” (attraverso una continua aggiunta di pezzi cristallini al cristallo originale, spesso in successivi strati sottili) e di “autoreplicarsi” (perché quando l'accrescimento arriva ad un punto in cui il cristallo si spezza, i frammenti residui continuano a crescere separatamente, secondo la stessa configurazione del “genitore”). Cairns-Smith immaginò uno scenario prebiotico in cui vi fossero diverse “comunità” di “esseri cristallini” in competizione per le risorse disponibili, che crescevano, si spezzavano, venivano portati via dalle correnti e si ristabilivano in altri posti, dove continuavano a crescere e a frammentarsi in una prole sempre maggiore.

Gradualmente, anche certe molecole organiche avranno cominciato ad essere incorporate in quelli apparati viventi, iniziandosi un periodo di “transizione”, dopo il quale i nuovi

tesi della “*replication first*” ricorrono agli acidi nucleici come primi organismi viventi, mentre le teorie del “*metabolism first*” attribuiscono questo ruolo ai polipeptidi.

meccanismi genetici basati sul carbonio (RNA e DNA), che dimostravano una maggiore efficienza rispetto ai “geni” di argilla, hanno completamente “preso il potere” e si sono sostituite ai sistemi inorganici primordiali¹⁷⁰.

La proposta di Cairns-Smith non è stata accolta con grande successo dalla comunità scientifica, nonostante i suoi aspetti più interessanti, che non dovrebbero venire trascurati: 1) la sua **semplicità** - essa ci presenta una visione la cui validità non dipende da condizioni esterne, quali l’atmosfera riducente di Urey o il brodo prebiotico di Haldane, per cui non fa nessuna supposizione riguardo alla composizione dell’atmosfera o allo stato più o meno diluito del brodo; 2) la sua **testabilità** – la teoria si basa su delle proprietà cristalline facilmente dimostrabili, come siano la crescita e la “riproduzione” per frammentazione. Tuttavia, lo stesso Cairns-Smith ammette che nessun tipo di evoluzione inorganica è mai stato osservato in laboratorio e che, in natura, mai si è trovato niente che si assomigli ad organismi fatti di argilla¹⁷¹.

Nel dicembre del 1988, G. **Wächtershäuser**, un avvocato tedesco dell’ufficio brevetti di Monaco di Baviera con una formazione in chimica organica, rese pubbliche 32 pagine sulla sua nuova tesi sulle origini – la ‘Teoria del metabolismo di superficie’¹⁷² – che proponeva un’alternativa allo scenario del brodo primordiale. Secondo questa teoria, i primi eventi chimici evolutivi ebbero luogo su superficie metalliche subacquee. La Vita sorse, dunque, a sole 2-D e soltanto dopo raggiunse la sua attuale configurazione tridimensionale.

I primi “organismi viventi”, secondo Wächtershäuser, consistevano in nastri bidimensionali di molecole organiche di carica negativa, stesi lungo la superficie della **pirite** - un metallo conosciuto come “*fools’ gold*” - carica positivamente. In questo modo, si è formato il primo sistema chimico evolutivo, sottoposto già ad una pressione selettiva. Questi nastri avevano lo spessore di soltanto una molecola e si attaccavano al minerale, l’energia della cui attività catalitica ne permetteva la crescita. L’assemblaggio spontaneo delle molecole, altrimenti sparse nella soluzione, risolverebbe il problema della diluizione dell’oceano primitivo, nel permettere un’interazioni quasi necessaria fra i reagenti, mentre il metabolismo di superficie comporterebbe la soluzione al problema dei rischi di idrolisi. Il substrato per il continuo accrescimento era costituito da piccole molecole contenenti uno o due atomi di carbonio, come il biossido di carbonio, la formaldeide, l’acido formico,

¹⁷⁰ Purtroppo, l’autore non spiega nei dettagli come questo sia potuto avvenire.

¹⁷¹ HORGAN [1991], p. 108.

¹⁷² WÄCHTERSCHÄUSER [1988].

l'acetaldeide, o anche l'ammoniaca, gli ioni idrici ed elettroni. Ma l'origine ultime di tutti i composti organici era comune l'anidride carbonica.

Successivamente, con l'incorporazione di certe molecole lipidiche nel filamento, si formarono domini idrofobici che riuscirono a staccare piccole porzioni del nastro organico dalla superficie della pirite, formando delle "borse" tridimensionali separate dall'ambiente circostante da una membrana. Grazie al loro metabolismo auto-catalitico, queste strutture protocellulari potevano crescere e dividersi nell'assenza di un apparato genetico. La teoria del metabolismo di superficie, infatti, suggerisce che il macchinario genetico, con le potenzialità di trascrizione e traduzione delle cellule arrivarono soltanto più tardi¹⁷³.

Stanley Miller accusa questa teoria di essere una mera "*paper chemistry*"¹⁷⁴ e lo stesso Wächtershäuser ammesse, all'inizio, che la sua ipotesi consisteva soprattutto in "pura speculazione"¹⁷⁵ e che nessun "organismo di superficie" era mai stato trovato in natura. Tuttavia, i seri sforzi che, nella prima formulazione della sua teoria, egli aveva dedicato all'integrazione di fatti chimici e biochimici in uno schema unitario, andando a ritroso dal "conosciuto" allo "sconosciuto", sono stati negli ultimi anni completati dalla sua continua ricerca di laboratorio, insieme alla sua collega della Munich Technical University, C. Huber.

I loro esperimenti rivolti a testare le possibilità di Vita minima in condizioni estreme, come quelle delle **sorgenti idrotermali**, hanno avuto grande successo. Difatti, legami peptidici si sono stabiliti in misture semplici di composti metallici e gassii vulcanici come l'anidride carbonica e l'acido solfidrico (H₂S), dimostrando che, se la comparsa di aminoacidi si rivelerà possibile sotto queste condizioni (gli esperimenti di Wächtershäuser e Huber sono ora rivolti in questa direzione), il secondo passo verso la polimerizzazione sarà già comunque stato realizzato.

Miller rimane un forte obiettore nei confronti di Wächtershäuser anche per quanto riguarda questi esperimenti più recenti, nella misura in cui egli considera molto difficile la comparsa della Vita ad alte temperature, visto che molti componenti essenziali delle cellule viventi (in particolare, le quattro basi nucleotidiche) sono fortemente instabili sotto queste condizioni. Comunque sia, la teoria del metabolismo di superficie suppone la comparsa

¹⁷³ Si noti che Wächtershäuser non fa riferimento a due aspetti della Vita che normalmente ne sono considerati essenziali: una fonte di informazione biologica; una stabilità dinamica interna fatta di continue reazioni chimiche che mantengono il sistema lontano dall'equilibrio.

¹⁷⁴ Cfr. HORGAN [1991], p. 102.

¹⁷⁵ Ivi, p. 106.

tardiva degli acidi nucleici, per cui non rimane colpita da questo attacco. C. R. Woese, il microbiologo che scoprì l'esistenza degli archaeobatteri e che difende l'origine della Vita ad altissime temperature, considera, infatti, che i risultati degli esperimenti di Wächtershäuser costituiscano “*another step in the grand march*”¹⁷⁶.

LE MICROSFERE DI FOX

S. Fox dedicò tutta la sua Vita alla sintesi in laboratorio di vescicole proteiche, con l'obiettivo di confermare la sua convinzione sulla verità della tesi “*protein first*”, ovvero, di dimostrare sperimentalmente la teoria secondo cui, sul nostro pianeta, prima degli acidi nucleici sarebbero sorte le proteine (o un loro più semplice antenato). Questi polipeptidi primitivi, comparsi come risultato della polimerizzazione spontanea degli aminoacidi, si sarebbero, a loro volta, auto-aggregati spontaneamente in un qualche tipo di protocellule, le quali avrebbero costituito le prime forme di Vita sulla Terra.

Fox fu un pioniere nella determinazione di sequenze aminoacidiche, ma divenne internazionalmente riconosciuto circa 40 anni fa, quando riuscì a dimostrare come gli aminoacidi, i mattoni da cui sono fatte le proteine che possiamo trovare in tutti gli organismi viventi, possono effettivamente auto-organizzarsi e formare “microsfere”. Nelle giuste condizioni (forse come quelle presenti sulla Terra primitiva), queste strutture, simili alle cellule viventi, possono anche crescere, moltiplicarsi e rispondere elettricamente agli stimoli.

Le protocellule prodotte da Fox in laboratorio sono state considerate molto simili ai più antichi fossili di cellule primitive mai trovati, la cui età è stimata in 3,5 miliardi di anni. Anche C. Sagan, in una lettera del 1993, ha spiegato a Fox che le strutture microscopiche trovate sulla luna di Saturno, Titan, si assomigliano notevolmente alle sue microsfere.

Fox fu ripetutamente nominato per il Premio Nobel ma non ricevette mai questo onore. Il valore del suo lavoro è stato tuttavia riconosciuto in molti modi, in particolare nei tre appelli (1984, 1985 e 1990) che ebbe da parte del Vaticano perché vi si recasse per informare il Papa ed i suoi scienziati a riguardo delle più recenti teorie sulle origini della Vita.

¹⁷⁶ «un altro passo nella grande marcia» (cit. in WADE [1998], p.2).

Per arrivare alla sintesi di queste protocellule, devono essere superate tre fasi consecutive:

- 1) dalle molecole organiche agli aminoacidi;
- 2) dagli aminoacidi alle proteine;
- 3) dalle proteine alle microsfele.

Fox e il suo gruppo di ricerca si sono inseriti nella fase intermedia. Le proteine da loro sintetizzate sono state chiamate, all'inizio, "protenoidi", e oggi sono conosciute come "**proteine termali**", proprio perché l'energia termica è il motore della loro polimerizzazione.

L'utilizzo del calore come fonte di energia per l'auto-organizzazione della materia e "generazione spontanea" degli esseri viventi, è stato proposto per la prima volta da Alfonso Herrera che, con il suo lavoro dal 1924 fino al 1942, nella Città del Messico, ha mostrato come fosse possibile produrre aminoacidi "termali" sotto condizioni terrestri – una sintesi che presentava, secondo Fox *"much more geological plausibility than that of the amino acids of Harold Urey and Stanley Miller, which are produced in assumed atmospheres in closed flasks, and which are much better known due to publicity"*¹⁷⁷.

Quando Fox, a metà degli anni 50, iniziò la sua ricerca sulla sintesi delle proteine, non pensava ancora di stare aprendo la strada per un possibile svelamento del mistero delle origini. In quanto giovane professore di chimica proteica, egli desiderava semplicemente capire se dagli aminoacidi di Herrera o di Miller fosse possibile creare delle proteine, prima ancora che sulla Terra primitiva vi fossero state delle cellule "produttrici" di polipeptidi. Allora, anche se, all'epoca, era considerato sicuro che il calore decomponesse gli aminoacidi, egli decise di scaldarli, provando a forzare la loro polimerizzazione, per mezzo della espulsione dell'acqua a causa dell'alta temperatura.

Basandosi sulla sua recente constatazione che l'**acido aspartico** e l'**acido glutammico** fossero due aminoacidi particolarmente prevalenti fra i venti aminoacidi biologici - presenti in una proporzione che può variare fra il quarto e la metà degli aminoacidi componenti le proteine – e che hanno un ruolo determinante in molti processi biologici, Fox scoprì che la presenza di una o di entrambe queste sostanze nella miscela riscaldata,

¹⁷⁷ «molta più plausibilità geologica che non gli aminoacidi di Harold Urey e Stanley Miller, che sono prodotti in atmosfere ipotizzate in contenitori chiusi, e che sono molto meglio conosciuti grazie alla pubblicità» (FOX [1997], p.3).

poteva prevenirne la decomposizione. E quindi, nel 1956, egli riuscì a sintetizzare le sue prime proteine termali, dopo aver sottoposto durante tre ore una mistura di aminoacidi alla temperatura di 180°C.

Se la mistura fosse sottoposta ad un riscaldamento indiscriminato, il risultato sarebbe una massa scura e indifferenziata. Quando, invece, una sola piccola proporzione di acido aspartico e acido glutammico era introdotta nella mistura, si otteneva un prodotto colore ambra.

Per anni si è pensato che questo colore fosse dovuto a qualche contaminazione esterna ma, nel 1979, Dr. Klaus Dose e i suoi collaboratori scoprirono che esso era dovuto alla **flavina**, sostanza che oggi costituisce un elemento fondamentale per il metabolismo energetico delle cellule viventi. Questo implica, allora, due considerazioni fondamentali: 1) che la flavina potrà essere stata presente negli organismi già dai loro inizi; 2) che l'esperimento di Fox è riuscito a produrre non solo dei polipeptidi sintetici, non aventi un riscontro nella realtà biologica, ma che invece è arrivato alla formazione spontanea di uno dei componenti fondamentali per il metabolismo degli esseri viventi presenti oggi sulla Terra¹⁷⁸.

Altri tre aspetti fondamentali sono stati rilevati in questi protenoidi. Innanzitutto, si è scoperto che, al contrario di quello che si riteneva all'inizio, la loro sequenza non è casuale e disordinata, bensì specifica e altamente riproducibile. Difatti, la stessa mistura di aminoacidi si auto-organizza invariabilmente secondo la medesima combinazione, per cui i polimeri di Fox sono peptidi termali **individuali**, ovvero, "proteine" termali. D'altra parte, questo esperimento è venuto a mettere in risalto la dispensabilità degli acidi nucleici, spesso considerati l'unica possibilità assolutamente necessaria alla Vita, sempre e ovunque. Infatti, la presenza di un agente esterno, quale l'RNA o il DNA non fa alcuna differenza durante il processo di riscaldamento. Per ultimo, tutti questi peptidi, senza eccezione, quando messi in contatto con l'acqua, si auto-organizzano spontaneamente, formando vescicole stabili (più stabili dei coacervati) - le microsfele.

A questo punto, Fox è passato alla terza fase del processo di sintesi della Vita, quella della produzione di queste protocellule, la quale egli portò a pieno compimento nel 1959, insieme a K. Harada e J. Kendrick, attraverso il raffreddamento di una soluzione satura di proteine termali.

A suo avviso, le strutture cellulari rudimentali da egli prodotte sono già degli organismi viventi, manifestanti tutte le proprietà che vengono normalmente associate alla Vita, come

¹⁷⁸ Fox ha, infatti, osservato, nella sintesi termale dei protenoidi, diverse caratteristiche che soltanto più tardi sono state rilevate nei meccanismi biochimici degli organismi viventi (Cfr. DARLING).

la crescita, la (proto) riproduzione, la presenza di una doppia membrana, il (proto) metabolismo e la capacità di risposta agli stimoli. Quest'ultima proprietà, inoltre, consiste in una regolare attività elettrica che ha portato Fox, nei suoi ultimi anni, ad elevare le microsfele alla qualità di "proto-cellule **nervose**".

Fox ha sollevato anche l'utilità della sintesi laboratoriale per la riformulazione del concetto teorico di Vita. Difatti, a suo avviso, le microsfele proteiche manifestano delle proprietà che estrapolano i confini della definizione di Vita standard, chiamando la biologia teorica ad un ripensamento delle sue frontiere concettuali - argomento a cui ha dedicato un articolo pubblicato nel *Defining life* di M. Rizzotti, anch'egli un difensore della priorità delle proteine nei processi di genesi della Vita. A questo proposito, afferma Fox nel suo testo 'My Scientific Discussions of Evolution for the Pope and His Scientists':

*By the process of cellular engineering, we can do a more meaningful job of arriving at a definition of life than by describing behaviour of modern cells.*¹⁷⁹

LA VITA SECONDO OPARIN

L'edizione del 1936 di "L'origine della vita sulla Terra", ci presenta un libro veramente memorabile. In anni in cui ancora vi era tanto da scoprire e da comprendere, Oparin è riuscito a proporre un modello di estremo rigore scientifico e creatività, con il quale sono state stese le basi per la concezione moderna delle origini della Vita. Per questa ragione, abbiamo voluto ricavare da quelle pagine, oltre alla famosa teoria sull'evoluzione chimica fino ai coacervati e da questi fino alla prima cellula vivente, anche e soprattutto le tracce con cui l'autore, anche se in forma implicita, ha definito la Vita. Oltre ad un incontestabile valore storico, il testo è di una immensa chiarezza, per cui abbiamo voluto riportare le idee di Oparin utilizzando preferibilmente le sue stesse parole (anche se le riassumiamo secondo i nostri criteri).

¹⁷⁹ «Attraverso il processo della sintesi di cellule in laboratorio, possiamo fare dei passi più significativi per arrivare ad una definizione di Vita che non per mezzo della descrizione del comportamento delle cellule moderne» (FOX [1997]). Per la definizione della Vita che Fox propone nel suo articolo 'A definition of life derived from synthesis of protolife' (in RIZZOTTI [1996]), vedi pp. 113-116 del presente lavoro.

Cominciamo per accompagnare la formazione dei primi organismi considerati viventi, partendo dall'aggregazione delle molecole organiche in coacervati separati dalla mistura omogenea in cui erano stati emersi fino ad allora. Per l'autore, questo è un passo fondamentale per l'evoluzione prebiotica, senza il quali non si sarebbe mai arrivati alla Vita.

Non possiamo infatti raffigurarci il più piccolo e il più semplice organismo che non sia separato dal mezzo circostante. [...] Ne consegue che la costituzione di corpi colloidali individuali e la loro **separazione** dalla soluzione circostante costituiscono l'indispensabile premessa per l'origine della vita.¹⁸⁰

Da qui possiamo inferire che la membrana cellulare è considerata da Oparin una caratteristica strutturale necessaria alla Vita. Un criterio definitorio, dunque.

Questo è stato un gradino molto importante, che ha permesso all'evoluzione la "salita" verso una nuova tappa: l'evoluzione della struttura interna delle vescicole, ora non più dipendenti solamente dal mezzo circostanti ma determinate soprattutto dal loro ordine interno, dai rapporti chimici fra le molecole organiche che riescono ad assimilare e che, con il tempo (i coacervati avevano una durata indeterminata), cominciano ad adattarsi vicendevolmente.

Con la formazione dei coacervati la sostanza organica si separò dalla soluzione circostante, assumendo limiti ben definiti e, in certo senso, opponendosi al mondo esterno circostante. [...] Durante il processo di coacervazione, la sostanza organica non solo si concentrò in punti definiti dello spazio, ma acquistò anche una determinata struttura. [...] In tal modo, nei coacervati, ai più semplici rapporti chimico-organici si sovrappone un **nuovo ordine chimico colloidale**.¹⁸¹

Ma questo non basta. Se i proto-organismi si fossero fermati ad una strutturazione rigida, la Vita non sarebbe mai avvenuta e si sarebbe entrati in un vicolo cieco dell'evoluzione chimica.

Tuttavia questo ordine più elevato non è sufficiente per la formazione dei primi esseri viventi. Per dare origine alla vita, era necessario che i coacervati e le formazioni colloidali analoghe acquistassero, durante il loro sviluppo, nuove proprietà di ordine ancor superiore, proprietà che sono connesse a **leggi biologiche**.¹⁸²

¹⁸⁰ OPARIN [1936], p. 173 (grassetto nostro).

¹⁸¹ Ivi, p. 201 (grassetto nostro)

¹⁸² *Idem* (grassetto nostro).

E di che cosa si tratta, questo “ordine superiore”, queste “leggi biologiche”? Ora entriamo davvero nel cuore della concezione di Oparin della Vita. Che cosa determina il passaggio dalla non-vita alla Vita?

Lo cominciamo a comprendere a partire dall’analisi che egli fa di certe sostanze organiche, quali la seta o i capelli, che pur avendo una struttura cellulare, organizzata, non possiedono ancora la proprietà della Vita.

Tutti i composti che abbiamo finora preso in considerazione sono materiali cellulari non viventi [cellulosa, seta e capelli]. [...] In essi l’ordine e la staticità si mantiene fino all’ultimo e si manifesta in forme statiche, costanti e immutabili. [A differenza della Vita, essi sono] un qualcosa “di natura minerale”, [...] sostanze organiche “cristallizzate”.¹⁸³

La Vita è una forma di organizzazione della materia. Si tratta, tuttavia, di un’organizzazione speciale, fondata sul tempo, più che sullo spazio. Un ordine che si manifesta nella successione perfetta di reazioni chimiche interdipendenti che si collegano fra loro in una sintonia dinamica. Quest’ordine temporale è molto più importante della struttura spaziale. Come una conferenza, ci dice Oparin, di cui l’organizzazione non risiede soltanto nella distribuzione dei posti da sedersi, ma soprattutto nella distribuzione e nel rigoroso rispetto dei turni dei singoli oratori.

[...] L’organizzazione *non può* essere considerata come dovuta a una determinata struttura. Dobbiamo figurarci ogni **organizzazione non solamente nello spazio, ma anche nel tempo**. [...] Non sono solamente importanti la struttura e l’orientamento spaziale dei complessi molecolari, ma anche una determinata armonia dei **processi** che vi si svolgono, un determinato ordine delle reazioni chimiche e dei processi chimico-fisici e morfologici.¹⁸⁴

E questo è il metabolismo, quello a cui possiamo veramente chiamare processo vitale. Oparin ha compreso che, senza l’attività metabolica, la materia, per quanto meravigliosamente strutturata, non è viva e non lo potrà mai essere.

Erroneamente, ci dice anche, si è tentato di paragonare l’ordine del vivente all’ordine cristallino. Secondo l’autore, quest’ultimo è proprio “l’oggetto meno adatto. A tale scopo è meglio scegliere un altro sistema”¹⁸⁵. Come faranno, molto più tardi, i fautori della biofisica, Oparin s’ispira al motto di Eraclito e paragona il vivente ad un fiume che scorre,

¹⁸³ Ivi, pp. 180-181.

¹⁸⁴ Ivi, p. 220 (grassetto e corsivo nostri).

¹⁸⁵ Ivi, p. 221

la forma del quale non è che il mero aspetto esteriore del movimento delle particelle materiali, continuamente rinnovate, processo della cui dinamicità dipende l'esistenza stessa del corso di acqua in quanto tale.

La materia vivente esiste e vive solo per un apporto ininterrotto di materia e di energia.[...] Interrompendo questo afflusso di sostanze e di energia, si troncano i processi che si svolgono nel protoplasma, e questo cessa di esser tale; **abbiamo allora una forma di organizzazione della materia che è qualitativamente del tutto diversa dalla materia vivente.**¹⁸⁶

L'organizzazione dinamica della Vita è resa possibile dalla straordinaria varietà di reazioni possibili fra le innumerevoli sostanze diverse e complessissime che costituiscono i viventi, varietà che è, tuttavia, perfettamente regolata dalle suddette "leggi biologiche", o meglio, biochimiche.

Tale forma organizzativa si esprime nel fatto che delle varie e caotiche reazioni chimiche, di cui sono capaci le sostanze organiche del protoplasma, **se ne compiono solo alcune**, isolatesi durante lo sviluppo chimico, che sono collegate fra loro in processi complicati, costituenti la base delle manifestazioni vitali.

I composti chimici che sono capaci di reagire variamente all'esterno degli organismi, quando entrano a far parte di questi, non si trasformano più "casualmente", ma in maniera del tutto regolare, determinata, "organizzata".¹⁸⁷

È qui che risiede l'ordine della materia vivente. In un indescrivibile intreccio di vie rapide su cui le potenzialità chimiche dei "mattoni" organici sono tenute sotto controllo e sfruttate in funzione del metabolismo vitale.

In questo vasto campo delle possibilità chimiche del protoplasma, sono tracciate determinate **vie dei processi biochimici**: si ha cioè un'intera rete di "strade razionalmente costruite", sulle quali si compiono, con grande rapidità e secondo un "orario rigorosamente osservato", ininterrotte trasformazioni energetiche e chimiche.¹⁸⁸

In questo intreccio, le vie sono morte senza i suoi velocissimi transeunti, mentre questi non possono muoversi in modo regolato senza i binari fissi che li orientano. La Vita dipende da entrambe queste componenti, quella spaziale e quella temporale, ed entrambe sono il risultato dell'evoluzione della materia che portò alla loro comparsa.

¹⁸⁶ Ivi, p. 220 (grassetto nostro). Oparin utilizza spesso il termine "protoplasma" che era quello usato un tempo per descrivere la materia vivente contenuta all'interno della cellula, la quale manifesta quelle proprietà caratteristiche della Vita.

¹⁸⁷ Ivi, p. 222 (grassetto nostro).

¹⁸⁸ Ivi, p. 244 (grassetto nostro).

Domandarsi che cosa sia sorto per prima in questo complesso – se la successione temporale della reazioni, o l'ordine speciale della parti – equivale a domandarsi se sia nato prima l'uovo o la gallina. La comparsa e lo sviluppo di questi due aspetti dell'organizzazione della materia vivente avvenne contemporaneamente durante l'evoluzione generale della materia.¹⁸⁹

Un altro aspetto del metabolismo su cui Oparin si sofferma, è il rapporto fra la forma e la funzione di ogni parte dell'organismo vivente, sottolineando sempre che la mera struttura materiale non ha alcuna importanza per la Vita se non nella misura in cui la sua funzione sostiene la continua dinamicità dei processi.

Analogamente alla base dell'organizzazione della materia vivente sta una stretta relazione tra forma e funzione, fra struttura e ricambio. Anche qui, come nel corso d'acqua, la struttura e la forma non sono che un'espressione visibile esteriormente di un determinato equilibrio, straordinariamente labile, di quei processi chimici e fisico-chimici che si compiono in serie ininterrotta entro la sostanza vivente.

[...] **Nella materia vivente, l'organizzazione spaziale e l'organizzazione temporale, la forma e la funzione compongono un tutto unitario.**¹⁹⁰

Oparin sottolinea anche l'influenza della struttura (organizzazione spaziale) sulla velocità dei processi (organizzazione temporale).

Difatti, anche la velocità straordinaria con cui si svolgono i processi è un aspetto che contraddistingue i viventi. Questo è dovuto all'attività catalitica degli enzimi, grazie alla quale le reazioni che avvengono negli organismi hanno una rapidità e una specificità inedite in natura. Anche questo è un criterio definitorio del vivente.

Questa proprietà del protoplasma di aumentare in modo eccezionale la **velocità** delle trasformazioni chimiche è una delle principali caratteristiche della materia vivente; e invero tale proprietà è così sorprendente, contraddistingue con tanta evidenza la sostanza vivente dalla materia circostante, che per molto tempo venne concepita come prodotta da una "speciale forza vitale". Naturalmente si deve rifiutare una tale interpretazione vitalistica, in quanto il fenomeno rappresenta solamente una peculiarità dell'organizzazione della materia vivente, e i risultati delle moderne ricerche biologiche ci permettono di seguire fin nei particolari le caratteristiche di questa organizzazione.¹⁹¹

Si noti il rigoroso rifiuto del vitalismo da parte dell'autore, che insiste sempre sulla stretta materialità del processo vitale. Tutte le manifestazioni di questo fenomeno sono soltanto

¹⁸⁹ Ivi, p. 254.

¹⁹⁰ *Idem* (grassetto nostro).

¹⁹¹ Ivi, p. 226 (grassetto nostro).

delle proprietà emergenti, a loro volta frutto dell'infrastruttura chimica della cellula, in cui ogni fenomeno osservato non è quasi mai il risultato di una sola reazione isolata. Questa organizzazione è in continuo cambiamento, proponendo sempre nuove risposte alle “provocazioni” dell'ambiente.

Grazie all'attività di tutti questi “meccanismi chimici”, che sono in stretta relazione con lo stato chimico-fisico esistente in ogni punto della materia vivente, si stabiliscono determinati rapporti fra la velocità delle singole reazioni enzimatiche. Tuttavia tali rapporti possono variare notevolmente non solo nei singoli organismi, ma anche nella cellula stessa, nei vari momenti della sua esistenza, in dipendenza di varie condizioni, sia interne che esterne. **Tutto ciò imprime alla forma di organizzazione della materia vivente un carattere di mobilità e flessibilità, e nello stesso tempo di perfezione.**¹⁹²

In tutta la sua opera, è chiara l'ammirazione di Oparin per la magnifica realtà vivente, soprattutto per la sua instancabile dinamicità. Tutto questo, però, non è frutto soltanto del caso, insiste l'autore, ma della selezione naturale che fa dato continuità soltanto a quelle forme di organizzazione più robuste che potevano resistere alle dure condizioni primitive.

Erano in grado di mantenersi a lungo solo quelle gocce di coacervato che, nelle succitate condizioni, erano dinamicamente stabili, cioè avevano una costituzione fisico-chimica tale da consentire il predominio dei processi di sintesi su quelli di demolizione. [...] Questo accrescimento della massa coacervata ebbe luogo sotto il rigoroso “controllo” della **selezione naturale**. [...] Essa condusse alla scomparsa di tutti i sistemi relativamente statici, o poco mobili, che non seguivano nei loro mutamenti quelli dell'ambiente circostante.¹⁹³

L'evoluzione per selezione naturale ha, per l'autore, un'enorme importanza. Tuttavia, anche in questo passo possiamo trovare quell'insistenza, che è presente in tutta l'opera di Oparin, sulla valenza ugualmente determinante del metabolismo (e conseguenti capacità di auto-mantenimento e di crescita). È in funzione dell'attività metabolica, infatti, che la selezione naturale, per quanto sia essa il motore del perfezionamento della Vita, fa le sue scelte.

Poco più avanti, Oparin fa riferimento ad un'altra proprietà, “l'autorinnovamento”, che fu una delle ultime proprietà a cui, attraverso la selezione naturale, l'evoluzione arrivò.

¹⁹² Ivi, p. 235 (grassetto nostro).

¹⁹³ Ivi, pp. 259-260 (grassetto nostro).

Perciò lo sviluppo posteriore della materia organizzata procedette stabilmente in direzione di un aumento della velocità delle reazioni chimiche e della stabilità dinamica dei sistemi colloidali, e infine, nella direzione della comparsa della proprietà all'**autorinnovamento**, dato che ciò diminuiva il pericolo di un casuale turbamento della stabilità dinamica.¹⁹⁴

Secondo Oparin, questa proprietà, se intesa in senso riproduttivo, non era presente nei coacervati primitivi. Essi possedevano soltanto la capacità di neoformazione delle sostanze che li componevano e in essi non poteva verificarsi una “autoriproduzione”, nel vero senso della parola. Capiamo meglio che cosa l'autore voglia dire con questo:

Nel processo di sviluppo della materia organizzata, non è tanto interessante il casuale sorgere di un qualche composto, quanto la **comparsa di un determinato coordinamento delle reazioni**, con conseguente sintesi stabile di composti nel coacervato.¹⁹⁵

Quindi l'evoluzione degli inizi funzionava senza che vi fosse ancora la riproduzione, sorta, invece, soltanto quando divenne necessario un rinnovamento dei coacervati come ulteriore forma di stabilità. Oparin lo dice chiaramente:

Così il fenomeno che sta alla base dell'autoriproduzione della materia vivente fu il risultato di un ordine introdotto nei processi chimici mediante la selezione naturale, che tendeva alla creazione di sistemi colloidali dinamici e stabili.¹⁹⁶

La proposta di un tale ordine degli eventi (prima l'evoluzione e solo dopo la riproduzione, e non vice-versa) è una concezione estremamente inusuale fra le riflessioni scientifiche sulla Vita. A partire da essa, e ricordandoci che quello che distingue una “cellula organica viva” da una “cellula organica morta” è l'organizzazione temporale, e cioè, il metabolismo, possiamo inferire che la riproduzione non è, per Oparin, una proprietà definitoria del vivente in quanto tale (anche oggi essa costituisce una “caratteristica biologica”¹⁹⁷). Allo stesso modo, ci sembra che l'evoluzione costituisca più la strada che il vivente ha percorso fino ad oggi, che non una caratteristica essenziale di “questa nuova forma di esistenza della materia”¹⁹⁸.

¹⁹⁴ Ivi, p. 261 (grassetto nostro).

¹⁹⁵ Ivi, p. 268.

¹⁹⁶ *Idem*.

¹⁹⁷ Ivi, p. 285.

¹⁹⁸ *Idem*. P.L. Luisi (in GIOVANELLI [2001], p. 47), fa riferimento a quelli che egli considera siano i tre criteri definitori della vita per Oparin: il metabolismo, l'auto-riproducibilità, e la mutabilità. Come si capisce

L'evoluzione ha compiuto dei passi da gigante, conducendo la Vita verso una sempre maggiore complessità, il che oggi ci permette di distinguere quasi immediatamente ogni forma vitale, per quanto semplice, dalla materia inanimata. Le leggi stesse che oggi gestiscono l'attività dei viventi non si riducono alle leggi fisico-chimiche che spiegano tutto lo scenario circostante, anche se sono comunque frutto di un'evoluzione della materia, e non di una qualche forza esterna. La mancanza di continuità fra la materia vivente e quella inanimata e fra le leggi organizzative dell'una e dell'altra è frutto soltanto dell'eliminazione graduale delle forme di esistenza intermedie, da parte della selezione naturale. Ma quelli organismi intermedi sono, comunque, esistiti.

Inutilmente si tenterebbe di spiegare, con l'aiuto di processi fisici e chimici elementari, la comparsa di caratteristiche biologiche, quali, ad esempio, la struttura delle proteine, l'asimmetria del protoplasma, la velocità e la coordinazione straordinaria delle reazioni biochimiche, la capacità dell'automoltiplicazione, ecc. Tutte queste proprietà, che distinguono così nettamente la materia vivente dalla non vivente, sono sorte in conseguenza di fenomeni che noi oggi non osserviamo più nella natura inorganica, e soprattutto in virtù della selezione naturale delle formazioni colloidali in accrescimento e in continua trasformazione.

[...] Questo "salto" è da noi sentito come tale, perché tutte le tappe intermedie, che nel processo evolutivo univano il vivente con il non vivente, sono già da tempo scomparse dalla Terra.¹⁹⁹

Le proprietà menzionate da Oparin sono le caratteristiche comuni a tutte le forme viventi attuali. La Vita, tuttavia, non dipende da queste per aver un'origine e per persistere in quanto tale. Sono esse, anzi, a dipendere dalla Vita, in quanto **proprietà emergenti**, frutto di quella speciale forma di ordine che permette loro di manifestarsi.

A nostro avviso, la definizione della Vita per Oparin è la seguente:

La Vita è una forma di organizzazione spazio-temporale della materia, che si realizza all'interno di strutture individuali, grazie ad un continuo afflusso di materia e energia e ad una intensa attività catalitica.

da questo paragrafo della nostra tesi, la lettura che abbiamo fatto della posizione di Oparin si discosta da quella di Luisi.

¹⁹⁹ *Idem*. Si noti che Oparin fa riferimento alla "asimmetria del protoplasma", tema a cui dedica una ampia parte del suo testo. L'omochiralità, ovvero, la "scelta" biologica di certi enantiomeri, piuttosto che altri, per la costituzione delle macromolecole organiche, a scapito della costituzione racemica di tutto il mondo inanimato, è ancora oggi una delle problematiche irrisolte per quanto riguarda la ricerca sulle origini della Vita.

LA VITA SECONDO FOX

Nel suo articolo del 1996, ‘A definition of life derived from synthesis of protolife’²⁰⁰, Fox difende l’influenza dell’attività pratica sulla ricerca teorica, ovverosia, l’importanza determinante della produzione di forme minime di Vita in laboratorio, per i tentativi rivolti al ritrovo di una buona definizione teorica di Vita. La sintesi biochimica di microsfele proteiche, per esempio, ci dà degli elementi sufficienti perché la definizione che possiamo trarne sia molto più completa.

Se ci lasciamo limitare dalle definizioni che già possediamo, rimarremo fermi sia nella teoria, sia nella pratica, bloccati dai nostri preconcetti, quali, per esempio:

- i) la necessaria direzione inversa del “Dogma Centrale” di Crick [acidi nucleici _ proteine];
- ii) la necessaria comparsa degli acidi nucleici per primi;
- iii) la totale equiprobabilità e casualità della polimerizzazione.

Questa paralisi comincia ad essere superata soltanto dal momento in cui ci dedichiamo alla sintesi piuttosto che all’analisi.

Il *Webster’s Dictionary*, per esempio, ci propone quattro proprietà essenziali alla Vita:

1. Metabolismo
2. Crescita
3. Riproduzione
4. Risposta agli stimoli

La ricerca di Fox sulle forme proteiche di Vita minima è andata incontro alla definizione del Webster e l’ha completamente confermata. Tuttavia, essa ha anche rivelato che quest’ultima, a somiglianza di molte altre definizioni “standard”, è insufficiente. Difatti, la ricerca ha specificato certi aspetti delle quattro proprietà che rimanevano vaghi nella definizione iniziale (come per esempio il carattere bioelettrico delle risposte comportamentali agli stimoli dell’ambiente), e ad essa ha inoltre aggiunto due altre caratteristiche considerate ugualmente necessarie alla Vita:

²⁰⁰ FOX [1996].

5. informazione macromolecolare trasferibile (accumulata lungo l'evoluzione e intrinseca, non solo agli acidi nucleici, ma anche alle proteine);
6. mobilità (come condizione di possibilità anche per l'alimentazione eterotrofia autonoma).

Si noti che la priorità delle proteine nella strada evolutiva del mondo biologico implica l'indipendenza della Vita dagli acidi nucleici, arrivati molto più tardi, attraverso un flusso di informazione proprio nel senso opposto a quello determinato dal Dogma Centrale di Crick.

*The direction of flow of protein information _ nucleic acid information in early evolution thus had to represent life before an inheritance mechanism using nucleic acids emerged.*²⁰¹

Si noti che, agli occhi di Fox, la definizione della Vita rimane comunque aperta, poiché la ricerca potrà metterne allo scoperto ancora molte altre caratteristiche in futuro. Ma possiamo comunque provare a circoscrivere la definizione dell'autore, almeno ai tempi in cui questo articolo è stato scritto.

Essa è, dunque, la seguente:

La Vita consiste in entità proteiche capaci di metabolismo, crescita, riproduzione, di dare risposte bioelettriche a degli stimoli, di processare e trasmettere informazione macromolecolare e di spostarsi nello spazio.²⁰²

²⁰¹ «La direzione del flusso di informazione [proteine _ acidi nucleici] nell'evoluzione primordiale ha dovuto, dunque, rappresentare la Vita prima che fosse emerso un meccanismo ereditario basato sugli acidi nucleici» (Ivi, p. 69). Alcune righe prime, Fox arriva a fare una affermazione più estrema:

«The emphasis on protein-first results in part from recognizing that life had to precede the inheritance process which can operate on life already formed»

(*Idem* «L'enfasi sulla precedenza delle proteine risulta in parte dal riconoscimento che la Vita dovette precedere il processo ereditario che può operare sulla Vita già formata»).

Ma qui, come in altri punti di questo articolo, ci sembra che l'autore si contraddica. Difatti, come abbiamo appena visto, poche pagine più avanti egli considera la trasmissione dell'informazione come uno dei "nuovi" criteri definitivi della Vita, messi in evidenza dal suo lavoro di ricerca laboratoriale.

²⁰² Nel articolo in studio, Fox presenta un'esplicita definizione di Vita. Tuttavia, seppur riassunta in poche righe, essa ci sembra meno chiara e compatta rispetto ai concetti sviluppati lungo il testo, con il quale, tra l'altro, non è nemmeno pienamente coerente (l'autore ci si riferisce, per esempio, alle "membrane" e ad una "evoluzione morfologica per mezzo dell'auto-riorganizzazione di precursori", aspetti nemmeno accennati nel testo propriamente detto). Per questa ragione ci è sembrato meglio citarla soltanto in nota e riassumere noi stessi, nel corpo del presente lavoro, la definizione che, lungo il suo testo, Fox ha sviluppato.

«Life consists of protainaceous bodies formed of one or more cells containing membranes that permit it to communicate with its environment via transfer of information by electrical impulse or chemical substance,

Questa definizione non sembra essere tanto diversa da quelle proposte, in genere, dagli altri scienziati da noi studiati. La metodologia con cui Fox è arrivato ad essa è tuttavia diversa da quelle comunemente adottate e a noi sembra più criticabile.

Dobbiamo, infatti, chiederci se l'autore, invece di formulare una definizione (almeno ostensiva) della Vita, non stia semplicemente "descrivendo" le caratteristiche osservabili sulle sue microsfele. Difatti, egli non mostra alcuna preoccupazione teorica: 1) né di capire se queste protocellule sono davvero degli esseri viventi, prima di identificare in esse le proprietà definitorie della Vita; 2) né di discernerne le proprietà essenziali, mettendo da parte quelle accidentali; 3) e nemmeno di trovare un punto di incontro fra queste forme di "vita sintetica" e le forme di "vita naturale", prima di analizzare le caratteristiche della Vita in quanto tale.

Per confermare questa mancata accuratezza dell'analisi di Fox, ci basta guardare la lunga lista di proprietà delle microsfele, presentata nel suo articolo del 1997, ricordandoci che egli difende (sia nel testo del 1996, sia in questo stesso articolo del 1997) che la definizione della Vita debba essere tratta, appunto, dalla sintesi laboratoriale di protocellule. Nella tabella delle caratteristiche "salienti" della microsfele protenoiche, Fox elenca, collocandole allo stesso esatto livello:

- sia le proprietà "**protopiologiche**"
(come la "protoriproduzione")
- sia le proprietà "**protobiochimiche**"
(come, per esempio, la composizione "fotodecarbossilatica", "perossidatica" e "fosfatatica" delle microsfele).

Inoltre, all'interno delle stesse proprietà fisiologiche, senza che mai vi sia una riflessione circa l'importanza equivalente, o non, delle une e delle altre, troviamo, per esempio:

and is capable of morphological evolution by self-reorganization of precursors, and displays attributes of metabolism, growth, and reproduction. This definition embraces both protolife and modern life, i.e., life»

(Ivi, p. 67. "La Vita consiste in corpi proteici formati da una o più cellule, contenenti membrane che le permettono di comunicare con il suo ambiente attraverso il trasferimento di informazione, per mezzo di impulsi elettrici o di sostanze chimiche, ed è capace di un'evoluzione morfologica per mezzo dell'auto-riorganizzazione di precursori, e presente gli attributi di metabolismo, crescita e riproduzione. Questa definizione include sia la vita primordiale, sia la vita moderna, ovverosia, la Vita").

- caratteristiche organizzative
(come il “protometabolismo catalitico”, la “protocomunicatività” o la tendenza “aggregativa”)
- insieme a caratteristiche funzionali
(come la “protomobilità” o la “eccitabilità”)
- e accanto ancora a numerose caratteristiche strutturali
(quali le capacità “osmotiche”, “permosellettive” o “fissive” delle microsfele).

Tutte quante gli aspetti osservati sulle vescicole proteiche vengono buttati dentro la stessa busta. Non ci sembra che sia questo il modo migliore per trovare una buona definizione.

2.3.2. LA PROSPETTIVA DELLA TERMODINAMICA : PRIGOGINE

Abbiamo già considerato la proposta storica di Schrödinger, “padre” della lettura biofisica della Vita, secondo i parametri della termodinamica. La sua prospettiva, insieme alle altre che abbiamo studiato finora, ci ha permesso di verificare come il punto di vista da dove si guarda la Vita influenzi fortemente la definizione che di essa potremo trovare.

Anche oggi giorno la biofisica costituisce uno dei fronti più significativi nell’approccio alla Vita. Non possiamo, tuttavia, prenderne in analisi neanche soltanto una delle proposte più recenti, se teniamo come sola base il concetto di “entropia negativa” di Schrödinger. Difatti, fra quest’ultimo e i biofisici attuali, vi è un autore di straordinaria importanza, a cui non possiamo non fare, almeno, un breve riferimento: **I. Prigogine**. Se Schrödinger gettò la prima pietra, Prigogine costruì le fondamenta dell’approccio termodinamico alla Vita²⁰³.

²⁰³ Come figura emblematica della biofisica recente, abbiamo citato l’opera di M. Ageno (vedi, in questo lavoro, pp. 125-132). Anche P. Coveney e R. Highfield sono importanti voci nello scenario degli ultimi anni, e l’influenza di Prigogine è indubbia nella loro considerazione dei viventi in quanto **complessi sistemi dissipativi non-lineari e lontani dall’equilibrio**, che evolvono in maniera **irreversibile** e possiedono determinate caratteristiche che permettono loro di diventare sempre più **organizzati**, grazie anche al fatto che fanno parte di sistemi aperti (Cfr, COVENEY [1994] e COVENEY, HIGHFIELD [1990]). Si noti anche il titolo del lavoro di P. Coveney e R. Highfield, *The Arrow of Time*, che è l’espressione frequentemente usata da Prigogine per riferirsi all’irreversibilità dell’evoluzione dell’universo (non solo biologico ma anche fisico).

Profondo conoscitore della cultura umanistica, pure avendo seguito una formazione superiore scientifica, Prigogine ha dedicato la sua intera vita professionale a due grandi obiettivi: la riunificazione degli ambiti fisici, biologici e sociali della ricerca scientifica; e il recupero della dimensione temporale all'interno della visione fisica della realtà. Lo studio della termodinamica dei **processi irreversibili** ha costituito la base per l'uno e l'altro aspetti del suo lavoro.

Nel 1977, Prigogine ha finalmente ricevuto, con il Nobel per la chimica, il pieno riconoscimento del valore dei suoi ormai 20 anni di ricerca – che, fino ad allora, non avevano goduto di una vera accettazione in ambiente scientifico. Il premio gli è stato attribuito soprattutto per la sua teoria delle strutture dissipative, all'interno dello studio della termodinamica dei sistemi lontani dall'equilibrio fisico-chimico. Questi sistemi e queste strutture ordinate descrivono adeguatamente, sia il funzionamento di noti fenomeni chimici e fisici, sia la modalità di organizzazione di grossi processi sociali, sia anche la straordinaria attività degli organismi biologici, presi individualmente o come ecosistema. Il fenomeno di “*order out of chaos*” non è soltanto biologico.

Prima di Prigogine, la Seconda Legge della Termodinamica rimaneva quasi “confinata” ai sistemi chiusi, come la macchina a vapore, dove si poteva osservare chiaramente la discrepanza fra l'ordine conseguito e il maggior disordine inevitabilmente prodotto. Inoltre, questa legge “implacabile” condannava tutto l'universo ad un decadimento inesorabile che sarebbe finito con la terribile “*heat death*”. Dall'attenzione della ricerca scientifica e dai pericoli di questo temibile scenario, erano lasciati da parte, invece, gli inquietanti sistemi aperti e lontani dall'equilibrio, ai quali sembrava quasi che questa legge non riguardasse. Appartati rimanevano soprattutto il mondo biologico dell'evoluzione darwiniana e il mondo sociologico dell'evoluzione culturale, abitati da due variabili considerate eccezionali nell'universo: un ordine che si auto-rigenera, e il tempo.

Piuttosto che guardare all'assenza di equilibrio come ad un fattore negativo, Prigogine ha scelto di esaltare questo stato come una fonte di organizzazione e di ordine. Per fare questo, egli ha preso spunto dalla chiamata Instabilità di Bénard, noto fenomeno che mette in evidenza la spontanea comparsa di un'organizzazione spaziale in un fluido, per effetti del calore²⁰⁴. Prigogine ha considerato che, se questa **auto-organizzazione** della

²⁰⁴ Quando un liquido viene riscaldato dal di sotto, la miscela si potrà “auto-organizzare” in una struttura spaziale caleidoscopica (le cellule di Bénard). Il fenomeno ha intrigato gli scienziati, soprattutto perché questi

materia era osservabile nella dinamica dei fluidi, allora essa dovrebbe essere possibile anche nel mondo della chimica e della biologia. In questo modo, era stato trovato il primo punto di incontro fra la materia animata e quella inanimata (e, chissà, un indizio per la comprensione dell'origine spontanea della Vita²⁰⁵):

Ordinari sistemi come uno strato fluido o una miscela di prodotti chimici possono generare, sotto certe condizioni, *fenomeni autoorganizzati* in scala macroscopica sotto forma di modelli spaziali di ritmi temporali. In poche parole la complessità non è più limitata alla biologia; sta invadendo la scienza fisica e sembra profondamente radicata nella legge della natura.²⁰⁶

In questo modo, Prigogine ha “ridefinito” l’ambito della seconda legge: l’ha fatta diventare rilevante per tutto il mondo naturale e per i suoi sistemi complessi e lontani dall’equilibrio, sottolineando la non eccezionalità della “sfida” all’aumento di entropia che troviamo nella biosfera. Tutto quanto l’universo è sottoposto alla stessa regola e alle stesse “eccezioni”. Grazie a questa lettura della complessità che può sorgere spontaneamente nel mondo animato come in quello inanimato, “*the gap between life and nonlife is smaller than we used to believe*”²⁰⁷.

*Before we thought that life was the great exception, the contradiction to the laws of physics. Now we see that complexity can spontaneously arise from equilibrium.*²⁰⁸

Con lo studio dei processi irreversibili - di quelle “scelte” imprevedibili che la natura fisica, chimica, biologica o sociale deve fare nelle varie “biforcazioni” che si trova di fronte -, Prigogine ha provato ad allargare anche un’altra dimensione biologica al mondo non biologico: il **tempo** e l’**evoluzione**. Egli volle oltrepassare la visione tradizionale della natura, fornitaci dalla meccanica classica, in cui il mondo è come un automa, in cui non vi sono né passato né presente né futuro, in cui il tempo è un’eccezione del mondo biologico

motivi assomigliavano a cellule viventi, nella misura in cui all’interno di ogni cellula vi è un moto molecolare ordinato.

²⁰⁵ A proposito dell’origine, vedi l’opinione di Rizzotti, pp. 120-122 del presente lavoro.

²⁰⁶ GRÉGOIRE, PRIGOGINE [1987], p. 10.

²⁰⁷ «il divario fra la Vita e la non-Vita è minore di questo noi credessimo» (Ivi, p. 11). C. J. Cela-Conde considera Prigogine come una figura di fondamentale importanza per la conciliazione fra i modelli termodinamico e evolutivistico (Cfr. CELA-CONDE [1996]).

²⁰⁸ «Prima, pensavamo che la vita fosse la grande eccezione, la contraddizione delle leggi della fisica. Ora vediamo che la complessità può sorgere spontaneamente lontana dall’equilibrio» (PRIGOGINE [1983], interv. TUCKER, p. 11).

e un'illusione, in cui la fisica pretende trasmettere un sensazione di sicura eternità²⁰⁹. L'universo è spontaneo e creativo, e non possiamo mai sapere che sorprese ci riserva, che trasformazioni potranno subire ancora le leggi della fisica che credevamo fossero immutabili. La “*heat death*” non è più una certezza, appunto perché il nostro è un “*evolving universe*”²¹⁰.

Attraverso queste varie riformulazioni delle posizioni della meccanica classica, Prigogine ha provato a passare dalla storica contrapposizione fra una biologia in cui regnava il Tempo e un mondo fisico dove imperava la Seconda Legge della Termodinamica, ad una più ampia realtà comune, un universo fisico, biologico, chimico e umano dove le regole sono dettate insieme dall'evoluzione e dalla termodinamica. Ci dice Prigogine all'inizio del suo voluminoso saggio *La complessità. Esplorazione dei nuovi campi della scienza*:

La distinzione fra fenomeni fisico-chimici e fenomeni biologici, fra comportamento ‘semplice’ e comportamento ‘complesso’, non è poi così sottile come si potrebbe pensare intuitivamente. Questa osservazione ci suggerirà una *visione pluralistica del mondo fisico*, dove diversi tipi di fenomeni coesistono fianco a fianco quando vengono variate le condizioni cui è soggetto il sistema. La visione di un mondo aperto è il messaggio principale di questo libro.²¹¹

All'interno di questa concezione del mondo, non sono più le scienze fisico-chimiche ad imporre la loro comprensione del mondo all'analisi del mondo biologico, ma sono, invece, i sistemi viventi, considerati come “gli oggetti più complessi e organizzati che si trovano in natura”²¹², i prototipi da prendere per la comprensione della complessità della natura.

²⁰⁹ Questa era una visione che, secondo Prigogine, ancora Einstein accoglieva e desiderava conservare - senza riuscirci, per cui si lamentava che gli altri fisici “prendevo le sue teorie troppo seriamente” (Cfr. *ivi*, p. 19).

²¹⁰ «un universo evolutivo» (*Ivi*, p. 19).

²¹¹ GRÉGOIRE, PRIGOGINE [1987], p. 7 (grassetto nostro).

²¹² *Ivi*, p. 38. È interessante notare come Prigogine, alla fine della sua carriera, consideri il mondo dei viventi come il modello da prendere per lo studio del mondo fisico, mentre all'inizio del suo lavoro la sua posizione, che era comunque di una “riconciliazione” fra la termodinamica e la Vita, si mostrava più moderata, non proponendo ancora un capovolgimento così radicale delle tradizionali distinzioni fra l'uno e l'altro mondo. Difatti, leggiamo nella *Termodinamica dei processi irreversibili*, del 1954: «La teoria degli stati stazionari di non-equilibrio [...] può condurre a comprendere meglio il comportamento globale degli organismi viventi»; «Il punto importante che emerge da tale confronto è che l'ordine biologico sembra essere perfettamente **compatibile** con i principi della termodinamica. La formazione di sistemi organizzati è perciò una conseguenza delle leggi della fisica adatte a condizioni di non-equilibrio» (PRIGOGINE [1954], pp. 103, 171 [grassetto nostro]).

Le cellule in attività sono percepite come tipici **sistemi lontani dall'equilibrio** - essendo quest'ultimo inteso in quanto l'arresto dei processi unidirezionali (quali, per esempio, la fotosintesi o la respirazione cellulare). Lungo la durata della loro Vita, le cellule si mantengono, quindi, in uno "stato stazionario di non-equilibrio" - ovverosia, in uno "stato di minima produzione di entropia per unità di tempo"²¹³.

Le cellule vengono inoltre paragonate a quelle strutture dinamiche, chiamate "**strutture dissipative**", che, immerse in un fluido continuo, vengono mantenute in un determinato ordine da un continuo afflusso energetico. Le stratificazioni o i vortici, per esempio, rientrano in questa categoria, dal momento in cui una frazione dell'energia da loro dissipata è riutilizzata per il mantenimento della loro struttura, attraversata da un fluido che, altrimenti, rimarrebbe disordinato.

In scala più vasta, è difficile evitare l'impressione che queste instabilità collegate a processi dissipativi giochino un ruolo essenziale nei processi biologici e soprattutto nei primi gradini biogenetici. È infatti chiaro che strutture biologiche possono avere origine soltanto in un mezzo dissipativo ed essere mantenute da un continuo apporto di energia.²¹⁴

Questa "unificazione pluralista" che Prigogine ha provato ad operare all'interno della scienza contemporanea, non è stata accettata senza polemiche dai diversi rappresentanti delle diverse discipline scientifiche. Per quanto riguarda la biologia, in particolare, vediamo che per M. Rizzotti²¹⁵, per esempio, sono diversi i problemi con cui ci scontriamo, se prendiamo seriamente quest'interpretazione degli organismi viventi - problemi causati dalle evidenti differenze fra le strutture dissipative di Prigogine e le strutture cellulari del mondo biologico:

- 1) innanzitutto, Rizzotti sottolinea che le cellule non sono sistemi fluidi;
- 2) inoltre, esse possono distaccarsi dal loro contesto, visto che non sono piccole porzioni di una soluzione più ampia;
- 3) possiedono, invece, una membrana che le separa e distingue dall'ambiente circostante;

²¹³ PRIGOGINE [1954], p. 103.

²¹⁴ Ivi, p. 145.

²¹⁵ Cfr. RIZZOTTI [1996] e [2001].

- 4) la loro struttura non dipende da un flusso di energia, potendo rimanere con la medesima organizzazione molto più a lungo che non le strutture dissipative del mondo fisico e, soprattutto, anche dopo che è cessato il rifornimento energetico.
- 5) la replicazione
- 6) l'evoluzione

Per ultimo, Rizzotti ricorda che l'idea che le strutture dissipative siano state importanti per l'origine della Vita non è sostenibile, vista la loro mancata robustezza (esse possono esistere soltanto entro i limiti di un determinato valore energetico, non potendone tollerare alcun disturbo). Inoltre, aggiunge Rizzotti, qualsiasi cellula, per quanto primitiva, comporta un'organizzazione gerarchica, per cui, agli inizi, dovrebbe essere sorta non soltanto una, bensì molteplici strutture dissipative, ognuna fondata su un'altra previamente esiste, il che è evidentemente poco plausibile.

Ci sembra, tuttavia, di potere immaginare le eventuali risposte che Prigogine avrebbe dato, senza esitazione, almeno alla quarta e alla sesta obiezioni di Rizzotti. Vediamole:

In primo luogo, la qualità di “struttura dissipativa” risiede nell'intrinseca attività del sistema e non nella disposizione organizzata delle sue componenti. Questo implica, allora, che la quarta constatazione di Rizzotti, secondo cui la struttura di una cellula rimane intatta molto più a lungo che non quella di una struttura dissipativa “standard”, non è minimamente rilevante. Difatti, per spiegare la sua decisione di dare questo nome a “*those systems that are embedded in a stream of activity*”²¹⁶, Prigogine afferma:

*I wanted to bring together two concepts: the idea of **structure**, which generally is static; and **dissipation**, for which you need energy continually brought in and going out. This is the type of structure that may appear at some distance from equilibrium.*²¹⁷

²¹⁶ «quei sistemi che sono immersi in una corrente di attività» (PRIGOGINE [1983], interv. TUCKER, p. 16).

²¹⁷ «Volevo mettere insieme due concetti: l'idea di **struttura**, che in genere è statica; e **dissipazione**, per la quale vi è il bisogno di un continuo ingresso e una continua uscita di energia. Questo è il tipo di struttura che può sorgere ad una certa distanza dall'equilibrio» (*Idem* [grassetto nostro]).

Come tutte le strutture dissipative, dunque, anche la Vita è una proprietà che risiede nell'attività dinamica di un sistema, e che è dunque indipendente rispetto alla struttura che le sottostà, come può dimostrare il “ben noto fatto biologico che **una cellula avente praticamente la stessa composizione chimica può essere viva o morta**”²¹⁸.

In secondo luogo, anche la sesta incompatibilità fra i viventi e le strutture dissipative non corrisponde alla definizione che di queste ultimi ci dà Prigogine. Difatti:

*An energy flow, Prigogine observes, may become so complex that it causes fluctuations too great for the system to absorb, thus forcing it to reorganize. But each reorganization produces greater complexity and greater likelihood of random fluctuations. The result: more instability, more reorganization; in other words, a quickened creation of living matter into new structures. Evolution.*²¹⁹

La tendenza evolutiva degli esseri viventi, dunque, non solo non è incoerente con la loro qualità di strutture dissipative, ma ne è addirittura una naturale conseguenza.

Proviamo ora a riassumere la posizione di Prigogine riguardo alla Vita, in una definizione che riesca a ritrattare contemporaneamente la sua visione globale della materia in sistemi lontani dall'equilibrio. A suo avviso, infatti, la Vita non è un fenomeno a sé, ma costituisce soltanto un sistema di processi irreversibili, come tanti altri:

La Vita è una manifestazione spontanea e complessa delle capacità auto-organizzative della materia in uno stato stazionario di non-equilibrio, sotto la forma di una struttura dissipativa. È, dunque, caratterizzata da una continua attività metabolica e da imprevedibili potenzialità evolutive.

²¹⁸ PRIGOGINE [1954], p. 146 (grassetto nostro).

²¹⁹ «Un flusso di energia, osserva Prigogine, può diventare talmente complesso da provocare fluttuazioni troppo grosse perché il sistema le possa assorbire, forzandolo dunque a riorganizzarsi. Ma ogni riorganizzazione produce una maggiore complessità e una maggiore rassomiglianza fra le fluttuazioni stocastiche. Il risultato: nuova instabilità, nuova riorganizzazione; in altre parole, una creazione velocizzata della materia vivente in nuove strutture. Evoluzione» (Ivi, p. 2).

2.4. LA RICERCA DI OGGI

Abbiamo presentato alcune delle posizioni teoriche “classiche” più significative della seconda metà del secolo scorso, seguite da una breve rassegna delle proposte “rivoluzionarie” (oggi “classiche”) della ricerca della biochimica che si è svolta, in parallelo, lungo quel periodo. Vogliamo ora analizzare brevemente le prospettive più recenti che possiamo trovare nel panorama internazionale della ricerca sulla Vita, prima di tentare un’analisi di tutte queste posizioni e di cercare noi stessi una nostra definizione.

In primo luogo, tratteremo della proposta di M. Ageno, in quanto autore rappresentativo della biofisica. Di seguito, presenteremo le posizioni di M. Rizzotti e di Maynard Smith e Szathmáry, in quanto esempi della recente ricerca sulle origini della Vita. In terzo luogo, ci addentreremo nella proposta di P.L. Luisi e F. J. Varela, attuali difensori dell’autopoiesi, posizione inserita nel contesto della ricerca di laboratorio. Per ultimo, elencheremo brevemente altre undici proposte varie che, facenti parte di correnti diverse e di differenti tradizioni di ricerca, vengono a completare il nostro elenco, di forma a che esso sia più capace di illustrare la varietà di visioni della Vita riscontrabili nel mondo scientifico.

2.4.1. L’APPROCCIO DELLA BIOFISICA

Non potremmo introdurre meglio la prospettiva della biofisica, con cui abbiamo già avuto contatto, attraverso le proposte di Schrödinger e di Prigogine, che con l’aiuto delle parole di M. Ageno, uno dei suoi più grandi esponenti in Italia.

Innanzitutto, a suo avviso, la biologia si trova oggi in un grave stato di scissione interna:

Sotto il velo sottile di un’apparenza unitaria e concorde, due diverse, o meglio opposte, visioni del mondo, in tradizionale e perpetua polemica tra loro, si dividono il consenso dell’ambiente scientifico. La linea di

demarcazione, che un tempo correva attraverso la terra di nessuno separante le scienze fisiche dalle scienze biologiche, oggi serpeggia capricciosamente dividendo in due ciascun campo [...].

Nessuno dubita dell'unità del mondo e tutti sono d'accordo su quali siano le procedure corrette per osservare le stelle, studiare strutture e funzioni dei viventi [...]. Eppure vengono ancora parlati in campo scientifico due linguaggi diversi, che hanno finora precluso ogni possibilità di mutua comprensione tra i due corrispondenti gruppi di parlanti e impedito di discernere le connessioni effettive tra mondo della vita e mondo fisico.

Da un lato, c'è la quasi totalità dei fisici e la totalità dei biologi molecolari, che, condividendo posizioni riduzionistiche classiche, si sforzano di spingere le loro indagini sempre più in profondità, verso i costituenti elementari e i fenomeni di base dei sistemi di loro interesse.

Dall'altro lato, c'è l'insofferenza del biologo tradizionale, che, di fronte ai fatti della vita, all'importanza che in essi assumono l'individualità e l'iniziativa, l'evidente subordinazione di strutture e azioni a scopi prefissi e, nell'uomo, la consapevolezza di sé, non può non rilevare il salto tra questi problemi e quelli che la teoria fisico-chimica si è dimostrata capace di risolvere.²²⁰

Questa grave "schizofrenia" del pensiero scientifico fa sì che la biologia, oggi, sia una "scienza dalla personalità dissociata"²²¹ che ci presenta, come unica scelta, l'alternativa fra quelle due strade:

- la cieca caccia di concetti e leggi universali (la cui natura e origine non viene mai presentata), del principio semplice che tutto spiega ("il complesso e il contingente, la qualità e l'apparenza"²²²), che opera una forzata riduzione di qualsiasi aspetto qualitativo a differenze di quantità e di struttura (assunzione che, alla fine, proviene da una "inconsapevole metafisica"²²³), finendo per lasciarsi sfuggire il carattere specificamente biologico dei viventi, ossia, "le radici biologiche della biologia"²²⁴;
- oppure, l'evocazione di qualità superiori che misteriosamente emergono ad ogni nuovo livello di complessità, nella convinzione che ogni sistema vada studiato solo nella sua totalità (espressa nella formula "un po' irritante e un po' idiota"²²⁵, e mai chiaramente decodificata, che 'il tutto è più della somma delle parti'), di forma a poter presentarne la storia evolutiva, dimenticandosi, tuttavia di spiegare i veri meccanismi funzionali che reggono questa storia.

²²⁰ AGENO [1986], pp. 82-83.

²²¹ Ivi, p. 10.

²²² Ivi, p. 82.

²²³ *Idem.*

²²⁴ Ivi, p. 10.

²²⁵ Ivi, p. 100.

Resta così inappagata l'esigenza di riprodurre nella nostra descrizione scientifica l'unità del mondo: di rendersi conto del quando, come e perché certi sistemi naturali complessi vengano ad avere quelle peculiari caratteristiche che ne fanno degli organismi viventi, di capire cioè veramente che tipo di sistemi *fisici* siano i sistemi il cui studio è l'oggetto della biologia.

Stabilire il collegamento tra le idee e i principi scientifici generali e fondamentali, che nella fisica trovano la loro più diretta e semplice esemplificazione, e ciò che la biologia ci insegna su questi sistemi, risolvendo nel contempo la plurisecolare polemica tra le due facce di quest'ultima scienza, **funzionale riduzionistica** l'una ed **evolutiva organicistica** l'altra, è il compito che in linea di principio si è assunto la **biofisica**.²²⁶

L'opera di Ageno s'inserisce, essa stessa, nell'ambito di questo compito.

È anche il tema, forse troppo ambizioso, di questo libro che, proponendo un nuovo modello per l'organismo vivente, va appunto alla ricerca delle ultime radici *fisiche* della biologia.

[...] La biologia, per la sua stessa natura di scienza storica, non si costruisce attraverso la formulazione di enunciati di validità universale. Con ciò, sono definiti i limiti della ricerca da portare avanti in tutto il resto del libro: c'è da trovare un filo conduttore che in qualche modo realizzi il collegamento tra le asserzioni universali della fisica e gli enunciati della biologia, *sempre* particolari.²²⁷

Passiamo direttamente all'effettiva proposta dell'autore nei confronti della definizione del vivente, ora riformulata secondo questo nuovo approccio.

AGENO

Uno dei fondamenti dell'approccio riduzionistico à la struttura gerarchica dei viventi, ogni livello della quale poggia sulle subunità, che costituiscono il livello immediatamente inferiore. Secondo questa concezione, la spiegazione della biologia di un livello superiore può essere trovata unicamente nella biologia del livello che si trova al di sotto, in una discesa da scalino a scalino, fino al livello più inferiore di tutti, che è quello della biologia molecolare. La spiegazione di quest'ultimo è ritrovabile, a sua volta, nelle proprietà esclusivamente chimiche e fisiche degli atomi e molecole che lo compongono.

Questa concezione poggia sulla falsa assunzione che tutti i sistemi naturali, sia che si restringano ai livelli chimico-molecolari, sia che arrivino anche a quelli biologico-organici, sono comunque costruiti secondo il medesimo tipo di struttura gerarchica a più livelli. E questo non corrisponde alla verità.

²²⁶ Ivi, p. 10.

²²⁷ Ivi, pp. 10-11.

Vi sono due tipi di sistemi naturali:

- 1) I **sistemi legati** sono quelli del tipo “sasso”. Sono sistemi termodinamicamente chiusi, fatti di atomi tenuti insieme da forze attrattive (energia di legame) che fissano le loro posizioni nei nodi di un reticolo cristallino. Un sasso, per esempio, non può venire disgregato senza che vi sia un apporto di energia dall'esterno. La struttura, altrimenti inalterata, del sasso, “dipende soltanto dalle subunità (i cristalli e gli atomi) che lo costituiscono e dalle loro interazioni”²²⁸.
- 2) I **sistemi coerenti** sono quelli del tipo “fiume”. Sono sistemi termodinamicamente aperti, fatti da molecole costantemente rinnovate e sempre in moto, tra le quali si esercitano comunque forze attrattive, però con effetti trascurabili. Si noti anche l'apertura di questo sistema implica che gli scambi di molecole apportino al fiume non solo nuova materia ma anche nuova energia (energia meccanica potenziale, poi trasformata in energia cinetica nel moto di insieme ordinato della corrente, e infine in calore, causa la dissipazione di energia negli attriti del liquidi contro il fondo e le sponde).

Così, il fiume è anche tutto percorso da un flusso di energia, che entra in forma pregiata (cioè totalmente trasformabile in lavoro meccanico), va a costruire una riserva di energia interna, che assicura *la coerenza* dei processi interni al sistema (il moto di scorrimento uniforme dell'acqua verso la foce), riserva che viene continuamente erosa dai processi dissipativi (gli attriti) e continuamente ricostituita dal rifornimento dall'esterno. L'energia entrata viene infine restituita all'esterno nella forma degradata di calore alla temperatura ambiente.²²⁹

È evidente che **il vivente è un sistema coerente**. Come il fiume, esso possiede un disegno funzionale generale al quale obbediscono le sue subunità. Questa caratteristica (che richiama la teleonomia di Monod) costituisce, infatti, la distinzione principale fra le due forme di organizzazione: nei sistemi legati, sono le parti che controllano il tutto; nei sistemi coerenti, è il tutto che controlla le parti. Inoltre, come in una macchina (anch'essa, chiaramente un sistema coerente), i “pezzi” del vivente sono, ognuno di loro, sistemi legati, formanti un più ampio sistema coerente che determina la loro integrazione.

²²⁸ Ivi, p. 87.

²²⁹ *Idem.*

La logica di questo disegno funzionale domina, nella macchina, sul disegno dei singoli pezzi, mentre nei sistemi legati (come una molecola o un cristalli) la logica dei pezzi costituenti, che si legano spontaneamente, determina e domina la logica dell'insieme.²³⁰

La differenza fra il vivente e la macchina, è che il vivente è un sistema naturale, spontaneamente generato – come il fiume e come molti altri esempi di formazioni spontanee di sistemi coerenti a causa della naturale instabilità dell'idrodinamica. In questi sistemi, un ordine che prima non esisteva viene formato spontaneamente, con un'inevitabile riduzione dell'entropia. Anche i cicloni e gli anelli di fumo sono esempi di sistemi coerenti spontanei, e presentano una complessità maggiore anche del fiume.

Diverse caratteristiche dei viventi possono già essere rilevate dalla loro definizione in quanto sistemi coerenti:

- a) il fatto che ogni unità vivente non sia tenuta insieme da un'energia di legame (come avviene, al contrario, in una molecola e in tutte le unità legate);
- b) il fatto che ogni unità vivente possieda una sua riserva interna di energia libera continuamente erosa da processi dissipativi e che quindi non può mantenersi se non viene continuamente alimentata dall'esterno, mediante un flusso entrante di energia in forma pregiata;
- c) il fatto che questa riserva interna di energia consente e garantisce una coerenza dei processi interni tra loro e con le condizioni al contorno, e che **questa coerenza dei processi interni**, con la sua estensione nello spazio e nel tempo, **è quella che delimita e in certo senso definisce il vivente**;
- d) Il fatto che un'unità vivente possiede parti componenti (subunità) che sono per loro conto dei sistemi legati (del tipo della molecola e del sasso), ma la cui logica è subordinata alle esigenze di coerenza funzionale dell'insieme. Mentre nella macchina, a questa esigenza di coerenza funzionale, sopperisce l'abilità del progettista e del costruttore, nel vivente è la selezione naturale darwiniana che sceglie, tra le strutture legate possibili, solo quelle che convengono al sistema.²³¹

Da quanto detto, è facilmente inferiamo che molti “luoghi comuni” a proposito dei viventi dovranno essere alterati.

Dobbiamo capire, innanzitutto, che la materia non è tutta formata seconda la stessa struttura gerarchica, della quale gli esseri viventi sono un esempio tra altri – un esempio da leggere in modo riduzionistico oppure, come se per magia acquisissero delle proprietà speciali nel momento dell'assemblaggio, in modo olistico.

Vi sono diversi tipi di organizzazione della materia, per cui la lettura con cui ci rapportiamo ad ogni sistema, e l'eventuale gerarchia da “applicare”, devono essere

²³⁰ Ivi, pp. 88-89.

²³¹ Ivi, p. 92.

necessariamente adattate al caso in questione. Per quanto riguarda i viventi, nella fattispecie, la solita elencazione di ‘macromolecole, organelli, cellule, tessuti, organi, organismi pluricellulari,...’, non ha alcun senso. Questi pseudo-livelli non sono definiti, autonomi e distinti, come sarebbe da aspettarsi da un’unità coerente, facente parte da una struttura gerarchica. I ribosomi, le molecole di ATP, le proteine, il diaframma o il fegato, mancano dell’autonomia sufficiente perché possano rappresentare un livello gerarchico indipendente.

Esse sono semplicemente strutture, cioè, parti costituenti della cellula, e svolgono in questa lo stesso ruolo che in una macchina svolgono i vari pezzi che la costituiscono. E, di fatto, in quanto strutture, sono null’altro che sistemi legati opportunamente selezionati, mentre dal punto di vista funzionale rientrano nella generale funzionalità della cellula.²³²

Così come non dividiamo la struttura gerarchica di un sasso in ‘protone, nucleo, nuvola di elettroni, atomo, molecola, ...’, anche nella descrizione di un sistema coerente dobbiamo riformulare la nostra gerarchia, limitandola a quelle unità che possiedono un’autonomia strutturale e funzionale. Dunque, nel caso dell’organismo vivente:

1. cellula
2. organismi pluricellulari
3. famiglia, clan, popolazione o società.

Un’altra abitudine a cui dovremmo rinunciare è quella di considerare i viventi in quanto sistemi “aperti”, nel senso di sistemi che scambiano continuamente materia con l’ambiente: difatti, vi sono popolazioni “chiuse”, formate da organismi che riescono a sopravvivere e a proliferare ricevendo unicamente l’energia proveniente dalla radiazione solare, e “riciclando” la propria materia ad ogni nuova generazione.

E anche se intendiamo l’espressione “sistema aperto” nel senso di uno scambio non solo di materia ma anche di energia, dovremmo specificare qualcosa in più, visto che **i sistemi coerenti sono un particolare tipo di sistemi aperti**, e che **i viventi costituiscono una categoria speciale di sistemi coerenti**.

Vi è un’ultima e importantissima concezione della particolarità dei viventi che dobbiamo rimuovere: l’idea che essi siano gli unici sistemi che crescono e si riproducono. Non solo

²³² *Idem.*

questo non è vero (la riproduzione, come vedremo, non è nemmeno una caratteristica esclusiva dei sistemi coerenti), come il paragone fra un sistema vivente auto-riproduttore (il famoso batterio *Escherichia Coli*) e un sistema inanimato auto-riproduttore (un nucleo atomico circondato da un elevato numero di neutroni vaganti in un reattore atomico), potrà aiutarci a capire la **vera** proprietà che fa sì che un essere vivente sia tale.

Un atomo in crescita (accresciuto dall'aggiunta graduale di nuovi neutroni, che provoca regolari espulsioni di neutrini e di elettroni dal nucleo, fino al punto di rottura, quando l'atomo già troppo pesante si scinde in due piccoli atomi uguali) è comunque un sistema legato. Al contrario, la cellula batterica è un sistema coerente. Questa è la principale origine di tutte le differenze che rileveremo, anche se tra esse troveremo anche una caratteristica speciale posseduta dal battere e da nessun altro sistema, legato o coerente che sia.

Innanzitutto, il carattere legato del nucleo atomico implica una sua stabilità soggiacente agli occasionali cambiamenti subiti. Tra le varie cadute dei neutroni, il nucleo è sempre in uno stato stazionario, che è il suo stato fondamentale, a cui sempre ritorna.

Il nucleo, finché si mantiene nel suo stato fondamentale, non scambia energia con l'ambiente e al suo interno non si svolge alcun processo coerente.²³³

Inversamente, il batterio mantiene attivi i processi interni con la sua riserva di energia in forma pregiata, assicurando anche la coerenza di tutt'attività. L'erosione di questa energia, causa l'inevitabile dissipazione che accompagna i processi vitali, è poi compensata dall'ingresso continuo di nuova energia e materia. Il batterio è, quindi, sempre **lontano dall'equilibrio**.

Il batterio *non possiede quindi stati di equilibrio*. Si mantiene anzi, finché vivo, ben lontano dall'equilibrio termodinamico.²³⁴

Una seconda conseguenza della diversa natura dei due sistemi è che quello legato sia estremamente piccolo (appena comprendente una o due centinaia di subunità), mentre la cellula batterica sia necessariamente, come tutti i sistemi legati, un **sistema macroscopico** (il che, per definizione, sta per tutti "quei sistemi in cui le leggi probabilistiche elementari,

²³³ Ivi, p. 95.

²³⁴ Ivi, p. 96.

mediate su grandi numeri di eventi, danno luogo a un comportamento complessivamente quasi-deterministico, che coinvolge sempre in ogni processo grandi numeri di particelle”²³⁵).

Questa differente misura e, soprattutto, differente quantità di subunità, implica che, ad ogni scissione, la **probabilità delle differenze** fra “padre” e “figlio” e fra i vari “figli” tra loro, sia moltissimo maggiore nel batterio che nell’atomo. Questo perché:

Il numero dei modi in cui il corredo paterno di subunità può essere diviso tra i figli è, nel caso del batterio, di gran lunga maggiore che nel caso del nucleo.²³⁶

Nel caso del batterio interviene anche un altro fattore determinante. Il batterio ha un’organizzazione spazio-temporale interna, fatta di innumerevoli processi coerenti che coinvolgono innumerevoli subunità legate. Questi processi, in quanto coerenti, sono quasi-deterministici. Tuttavia, è possibile che occasionalmente “la natura probabilistica dei processi si renda manifesta”, per cui avvengono le **mutazioni**. Il numero delle possibili differenze ad ogni nuova generazione è perciò incalcolabile, e queste differenze si manifesteranno anche nelle conseguentemente diverse interazioni con l’ambiente. Questo implica una capacità di evoluzione straordinaria.

Ne consegue una differenza che si va facendo, col tempo, addirittura qualitativa tra il sistema fisico (il nucleo) e il sistema biologia (il batterio). Dopo un numero di “generazioni” relativamente piccolo, 20 o 30 per esempio, nella popolazione di nuclei così ottenuta sono ormai rappresentati tutti i possibili tipi di nuclei, in numeri proporzionali alle relativi probabilità: la composizione percentuale di tale popolazione non può ormai più cambiare col tempo e col susseguirsi delle generazioni.

Ben diversa è la situazione del sistema biologico. Dopo lo stesso numero di generazioni, a anche dopo un numero di generazioni molto maggiore [...], *la numerosità raggiunta dalla popolazione batterica sarà sempre esigua, trascurabilmente piccola, in confronto al numero dei possibili tipi di batterio, differenti tra loro per il loro aspetto e comportamento fenotipico.*²³⁷

Superata la “fase iniziale”, in cui la composizione della popolazione varia erraticamente al comparire casuale di nuovi fenotipi scelti a caso, la popolazione dei nuclei atomici si ferma, e non è più in grado di evolvere. Questo non succede mai per la popolazione batterica, la quale non riesce mai a uscire da quella “fase iniziale”.

²³⁵ *Idem.*

²³⁶ *Idem.*

²³⁷ Ivi, p. 97.

È proprio il fatto che sta all'origine della straordinaria numerosità dei fenotipi possibili, la chiave per la comprensione della particolarità dei viventi: questo fatto è il possesso di un **programma**, del quale una copia **non sempre fedele** viene trasmessa ai discendenti di ogni vivente, ad ogni replicazione.

La presenza di questo programma conferisce agli organismi un particolare tipo di causalità assente negli altri sistemi coerenti. Difatti, mentre gli altri sistemi sono condizionati esclusivamente dall'ambiente circostante e dalle sue leggi, il vivente è vincolato: 1) "esternamente", da queste medesime condizioni, che provocano un continuo ridimensionamento della popolazione; 2) e "internamente", anche dal patrimonio ereditario che ha ricevuto dagli antecessori.

È per questo secondo tipo di causalità che ogni popolazione biologica è così dipendente da eventi stocastici, è così capace di evolvere, e possiede una storia. La biologia è, dunque, una scienza storica. Finalmente abbiamo completato la descrizione del nostro nuovo modello di organismo:

Un sistema coerente dotato di un programma; un sistema cioè le cui strutture e processi interni coerenti sono condizionati da un lato dalle caratteristiche dell'ambiente, dall'altro lato dal patrimonio ereditario comprendente un programma funzionale generale.²³⁸

E Ageno aggiunge, chiudendo il circolo in un ritorno alla schizofrenia denunciata all'inizio:

Sembra possibile che questo modello possa risolvere la contrapposizione tra le due opposte personalità della biologia contemporanea. Risulta infatti evidente che non vi è, nella straordinariamente varia fenomenologia della vita, alcuna violazione delle leggi della fisica e della chimica. Non esistono neppure proprietà o leggi emergenti [...]. Un "programma" scritto nella struttura di un eteropolimero lineare ci mette però in presenza di una caratteristica generale del mondo biologico (quella inevitabile enorme sproporzione tra numerosità dei fenotipi *possibili* e numerosità delle popolazioni, con la variabilità erratica dei fenotipi *presenti* che ne consegue), una caratteristica che le leggi della fisica e della chimica non sono evidentemente in grado di dominare.²³⁹

Fallisce il programma del riduzionismo fiscalista, falliscono le "sciocchezze" dell'olismo, e ci rendiamo conto che, pur senza violare in alcun modo le leggi della fisica e della chimica, le caratteristiche tipiche dei viventi - conseguenti dal possesso di un programma

²³⁸ Ivi, p. 99 (grassetto nostro).

²³⁹ *Idem.*

(la vera proprietà esclusiva del mondo biologico) - non sono dominabili da quelle medesime leggi. I viventi, insomma, non contraddicono la fisica e la chimica, ma “scappano” al loro controllo.

E si vede che, se cerchiamo di spingerci oltre la semplice *descrizione funzionale* degli organismi e chiediamo il perché delle varie soluzioni adottate, non troviamo la risposta nelle leggi della chimica e della fisica, ma nella storia evolutiva degli organismi stessi.²⁴⁰

Possiamo infine concludere:

La Vita è il nome che diamo al processo²⁴¹ che caratterizza gli organismi viventi, ovverosia, alla particolare fenomenologia dei sistemi coerenti dotati di un programma.

2.4.2. LA RICERCA SULLE ORIGINI

La speculazione teorica e la ricerca sperimentale sul mistero delle origini hanno rappresentato uno dei grossi ambiti della biologia e della chimica a cui si sono dedicati gli scienziati del novecento. Oparin, Miller, Fox, Orgel, e tanti altri, hanno dedicato la loro intera vita di ricerca a questa problematica, anche se ad ogni nuova soluzione sembravano scontrarsi con nuovi ostacoli difficilmente superabili.

Oggi giorno, la biologia delle origini rimane piena di interrogativi e vuota di certezze. Nonostante questo, attraverso i successivi tentativi di individuare il momento originario della comparsa della Vita sulla Terra, almeno sembra svilupparsi una sempre maggiore chiarezza sul che cosa si cerca. Difatti, nel bisogno di individuare le caratteristiche necessarie perché una determinata struttura organica (forse il nostro *first common ancestor*) possa essere o no considerata vivente, i biochimici delle origini devono (o dovrebbero) sempre partire da una chiara definizione di Vita minima.

²⁴⁰ Ivi, p. 100.

²⁴¹ Cfr. «[La vita] non è una sostanza, non è *lo stato* di un oggetto materiale. È, semplicemente, *un processo*: un particolare tipo di processo irreversibile» (Ivi, p. 299).

RIZZOTTI

Per arrivare alla definizione di Vita che M. Rizzotti avrebbe accettato come sua, abbiamo messo insieme diversi articoli suoi, pubblicati in sedi disparate, come siano il ‘Che cos’è la vita?’ (in *Argomentare. Corso di Filosofia*, a cura di G. Boniolo e P. Vitali) il ‘The origin and evolution of early life’ (in *Encyclopedia of Life Supporting Systems*, UNESCO), o le pagine propriamente sue in *Defining Life*, opera collettiva da egli curata.

Non è facile capire la sua concezione personale della vita, perché Rizzotti preferisce rendere conto della pluralità di posizioni che ancora vi è nel panorama della biologia teoretica, piuttosto che chiudere la discussione con una sua tesi definitiva.

Comunque sia, nei confronti di quel che l’autore considera “*the central problem in theoretical biology*”²⁴², sembra chiaro che il suo primo obiettivo è quello di superare i due principali ostacoli che si possono presentare a chi cerca una definizione della Vita²⁴³:

- 1) la grande varietà dei viventi;
- 2) il fatto che l’uomo si possa confrontare soltanto con un caso particolare di Vita – quello terrestre.

Di fronte al primo problema e alla convinzione che, “*if an agreement as general as possibile is to be aimed at, the very essence of life should be investigated, not just special manifestations of it*”²⁴⁴, possiamo adottare tre strategie alternative:

- a. provare ad identificare le proprietà comuni ed esclusive di tutti i viventi;
- b. provare ad identificare la particolare intersezione fra proprietà fisiche che è riscontrabile in tutti i viventi²⁴⁵.

²⁴² RIZZOTTI [1996], titolo e pp. 5, 207.

²⁴³ Cfr. *ivi*, p. 2.

²⁴⁴ «Se l’obiettivo è un consenso tanto generale quanto possibile, quella che dovrà essere investigata è l’essenza stessa della vita e non soltanto delle speciali manifestazioni di essa» (*Ivi*, p. 1[grassetto nostro]).

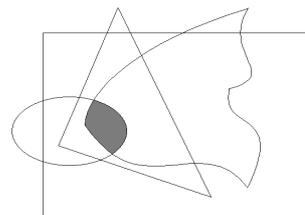
²⁴⁵ Riportiamo qui una figura simile a quella presentata da Rizzotti (*Ivi*, p. 3) per esemplificare l’intersezione di proprietà che può essere la chiave della definizione del vivente.

Nessuna delle proprietà è esclusiva dei viventi.

È l’intersezione che è esclusiva.

I viventi, rappresentati dal nucleo grigio, sono gli unici oggetti cosmici caratterizzati da questa particolare intersezione che è, dunque, definitoria.

Si noti che la proprietà rappresentata dal rettangolo non è essenziale, poiché la sua assenza non cambia in nulla l’intersezione.



- c. provare a concentrare la ricerca sulle proprietà essenziali della forma di vita più semplice che conosciamo. Queste saranno le proprietà basilari al di là delle quali non vi è Vita. Sembra che questa sia la scelta di Rizzotti che, infatti, afferma: *“defining bacteria is almost the same as defining life”*²⁴⁶.

Per quanto riguarda invece il secondo ostacolo, esso è soltanto un “falso problema”: difatti, molti altri oggetti cosmici che non i viventi, sono ugualmente caratterizzati dall’unicità, e questo non ci previene di classificarli. Inoltre, la definizione nominale ci dà la possibilità di, con tutta la legittimità, definire gli insiemi soltanto sul piano teorico. Se, in questo caso, abbiamo addirittura un esempio (quello terrestre) fatto di miliardi di sotto-esempi (le specie), “tanto meglio”²⁴⁷.

Quanto alla definizione propriamente detta, dobbiamo cercare un modo sufficientemente chiaro di presentare le varie informazioni che troviamo negli scritti di Rizzotti. Abbiamo scelto di seguire quella che ci sembra una linea abbastanza scorrevole di ragionamento, senza fermarci testo per testo, anche se, certamente, vi sarebbero molte altre forme possibili di presentazione.

Cominciamo per situare la Vita nella gerarchia strutturale degli organismi.

[...] **il livello molecolare è quello più basso al quale ha senso studiare gli organismi viventi.** Al di sotto, cioè ai livelli atomico o subatomico, si perde ogni carattere specifico di vita: atomi e particelle degli organismi viventi non differiscono in nulla da quelli di qualsiasi altro oggetto né assumono in essi alcun ruolo speciale; solo la loro combinazione in molecole e ancor più in complessi di molecole fa sorgere proprietà specifiche della vita.²⁴⁸

Partiamo dunque dal livello molecolare, al quale ha già un senso studiare i viventi. Difatti, le caratteristiche delle molecole possono già “far sorgere” le proprietà della Vita. Ma questo livello non è ancora vivo:

La cellula è la vera unità minima dotata di vita.²⁴⁹

²⁴⁶ «Definire un battere è quasi la stessa cosa che definire la vita» (Ivi, p. 2).

²⁴⁷ Cfr. RIZZOTTI [2001].

²⁴⁸ Ivi (grassetto nostro).

²⁴⁹ Ivi.

Allora, la cellula sarà il nostro oggetto di studio, visto che essa racchiude già le proprietà essenziali della Vita. La Vita, da un punto di vista scientifico, è innanzitutto un fenomeno cellulare. Un fenomeno cellulare che perdura nel tempo:

*[...] life from a strictly scientific point of view, i.e., as the cellular phenomenon which perpetuates itself in suitable conditions.*²⁵⁰

La questione è, poi, quella di sapere descrivere questo fenomeno ed identificarne le caratteristiche essenziali. Come abbiamo visto, è proprio su queste caratteristiche che non vi è ancora un accordo fra gli scienziati e fra i filosofi della biologia.

Alcuni guardano i viventi come oggetti fisici particolari, che possiedono un'organizzazione inusuale fra i **sistemi termodinamici**. È questo l'approccio della biofisica, rappresentato soprattutto da Schrödinger (che sottolinea l'ordine interno degli organismi) e Prigogine (che ne sottolinea la lontananza dall'equilibrio e la fluidità). Quest'approccio, tuttavia, non basta. Da una parte, perché i viventi non sono affatto sistemi fluidi e, dall'altra, perché dobbiamo ammettere che anche le fabbriche, i cristalli in formazione o le stelle aumentano il proprio ordine interno a costo del crescente disordine esterno.

Se dunque si vogliono analizzare in modo esclusivo le cellule come sistemi materiali è necessario richiamare altre proprietà da aggiungere a quella messa a fuoco da Schrödinger.²⁵¹

Passiamo, dunque, ad un'interpretazione alternativa, questa volta con l'accento sulla tendenza dei viventi ad evolvere. Un essere vivente deve, per definizione, essere passibile di **evoluzione**. Come esempi di quest'approccio, sono citate la definizione di Vita proposta da Monod e quella formulata dalla NASA (*National Aeronautics and Space Administration*, l'agenzia spaziale degli USA). Quest'ultima ha un particolare interesse nella delimitazione delle frontiere della Vita, visto che i ricercatori che hanno il compito di trovare forme di Vita nelle regioni estreme della Terra o in luoghi remoti dello spazio, devono sapere che cosa cercare. Proprio per questo suo interesse, è strano che la NASA abbia incluso fra i criteri definatori della Vita un criterio così poco operativo come l'evoluzione. Difatti, come dice Rizzotti, possiamo provare a stabilire se un particolare

²⁵⁰ «[...] la vita da un punto di vista strettamente scientifico, i.e., come il fenomeno cellulare che si auto-mantiene in condizioni favorevoli» (RIZZOTTI [1996], p. 1).

²⁵¹ RIZZOTTI [2001]. Sembra che Rizzotti non abbia dato molta importanza alla "unicità" in quanto caratteristica acutamente rilevata da Schrödinger.

oggetto, ritrovato in qualche lontano pianeta, scambia energia e materia con l'ambiente, se cambia forma o, eventualmente, se cresce e si scinde, “ma è impensabile attendere il tempo necessario a controllarne le trasformazioni evolutive”.

Dovremmo cercare un criterio più utile e più essenziale per la definizione di Vita, anche perché il criterio evolutivo non è assolutamente quello più immediatamente associato al concetto di Vita:

Si è creduto per secoli alla comparsa degli organismi viventi per creazione, anziché per evoluzione, senza per questo mettere in questione la loro qualifica di viventi. [...] In definitiva, l'evoluzione si presenta come una conseguenza inevitabile della costituzione degli organismi viventi, più che come premessa.²⁵²

È a questo punto che Rizzotti ci presenta un nuovo criterio che indoviniamo essere quello a cui tiene di più: “La cellula come picco di **complessità**”. Che cosa intendiamo dire con queste parole?

L'idea intuitiva che la complessità materiale è correlata con la numerosità, la diversità e l'organizzazione delle parti. Su questa base nessuno mette in discussione la complessità delle cellule, ritenute concordemente gli oggetti più complessi fra quelli noti e forse fra quelli concepibili. La complessità è il carattere che rende per così dire obbligata la comparsa delle cellule per riproduzione essendo impensabile che due cellule simili si possano produrre per incontro casuale di atomi. Un corollario di quest'ultima riflessione probabilistica è l'impossibilità della generazione spontanea.²⁵³

Ogni essere vivente, per quanto semplice nei confronti delle specie evolute, sarà portatore di un'estrema complessità strutturale e funzionale, per cui potrà soltanto essere la replica quasi perfetta di un organismo identico a sé, ugualmente semplice e ugualmente complesso. La complessità ci porta dunque alla considerazione della sua causa, la **riproduzione**, e del mezzo intermedio che collega entrambe queste proprietà, l'**informazione** (intesa, tanto in quanto “programma” di funzionamento, come in quanto “testamento” trasmesso ai discendenti).

Così come, per Rizzotti, la proprietà, per così dire, “primaria” della Vita è la complessità, per molti altri pensatori, come Ageno, Omodeo e Von Neumann, per rimanere tra quelli citati, è l'informazione la chiave del mondo biologico.

²⁵² Ivi.

²⁵³ Ivi.

[...] Il concetto di complessità è collegato a quello di *informazione*. Il flusso di informazione, legato ai flussi materiale ed energetico, oltre che al DNA visto come programma, è stato talvolta posto in particolare evidenza come aspetto definitorio della vita.²⁵⁴

Abbiamo, per adesso, la complessità, la riproduzione e l'informazione in quanto proprietà essenziali. Ma questa è la nostra analisi delle attuali forme più basilari di Vita. Che cosa ha l'autore da dire, invece, a proposito del suo principale oggetto di studio, ovverosia, sull'origine della Vita? Le sue affermazioni al riguardo sono di un'estrema chiarezza. Vediamo:

*The very origin of life corresponds to the transition between a pre-cellular organic aggregate and the first cell. [...] The crucial point is that the origin of the first cell is [...] the slow evolution of a new self-duplicating entity from something very similar but not yet self-duplicating.*²⁵⁵

Allora, la comparsa della Vita coincide con la comparsa della prima cellula. Coerentemente con quanto affermato prima, al di sotto del livello cellulare vi sono fenomeni molto influenti (le combinazioni molecolari), ma non vi è ancora la Vita.

E perché una cellula sia tale, che proprietà deve avere? L'auto-duplicazione. Dobbiamo ammettere che, a questo punto, siamo rimasti sorpresi dal riduzionismo di Rizzotti. Ma presto abbiamo compreso che questa proprietà è stata effettivamente quella che ha dato il via alla prima cellula e quindi alla Vita, ma che, da sola, non basta per definire i viventi. È stata l'ultima proprietà ad essere comparsa e non la prima. Quella micella molto "simile" ma non ancora auto-duplicante che è stata la progenitrice della prima cellula, aveva già certe proprietà necessarie a cui mancava soltanto l'ultimo anello nella catena perché, tutte insieme, fossero sufficienti. Gli anelli principali sono quattro: **l'auto-organizzazione, l'auto-duplicazione, l'incapsulamento e la traduzione.**

*Self-organization and self-duplication are considered as necessary phenomena on the road from the organic molecules to the first cell. Self-organization is the starting phenomenon whereas self-duplication is that of arrival.*²⁵⁶

²⁵⁴ Ivi.

²⁵⁵ «L'esatta origine della vita corrisponde alla transizione fra un aggregato organico pre-cellulare e la prima cellula. [...] Il punto cruciale è che l'origine della prima cellula [...] è l'evoluzione di una nuova entità auto-replicante a partire da qualcosa di molto simile ma non ancora auto-duplicante» (RIZZOTTI [2002]).

²⁵⁶ «L'**auto-organizzazione** e l'**auto-duplicazione** sono considerati fenomeni necessari nella strada che porta dalle molecole organiche alla prima cellula. L'auto-organizzazione è il fenomeno di partenza mentre l'auto-duplicazione è quello di arrivo» (Ivi [grassetto nostro]).

*Encapsulation by a membrane is an essential feature of cells because control over inward and outward diffusion is the premise of all cellular processes. [...] Among the basic processes of living things, cellular translation stands out as a defining one, in the sense that an organic aggregate cannot be defined as a cell if it lacks this process.*²⁵⁷

Vediamo che queste caratteristiche protocellulari necessarie all'origine della Vita, sono perfettamente compatibili con le tre proprietà definitorie che avevamo rilevato prima: infatti, la "riproduzione" è comunque presente; la "presenza e trasmissione dell'informazione" è sottintesa nella "traduzione"; e la "complessità" implica la "auto-organizzazione". L'"incapsulamento" è la sola novità, ma costituisce, tuttavia, una caratteristica già presupposta dalla cellularità, per cui la consideriamo ridondante.

A seconda della concezione adottata per definire la Vita e il vivente, anche le speculazioni sulle origini della Vita saranno ipotizzate. Immaginiamo le proprietà x_y_z, collegate fra loro da un rapporto di causalità, così com'è rappresentato dalle frecce. Se la proprietà più essenziale è y, l'origine sarà collocata nel punto y', quando è comparsa quella caratteristica. Per contro, se questa non è una caratteristica necessaria, e basta x perché vi sia la Vita, l'origine sarà considerata avvenuta qualche tempo prima, al momento x'. Se, invece, y era soltanto una condizione necessaria e non sufficiente, dovremmo aspettare il momento z' perché la comparsa di z determini la comparsa del primo vivente.

D'altra parte, anche la concezione di fondo a proposito delle condizioni primordiali sulla Terra primitiva e sulle fasi che, conseguentemente, si sono succedute nell'evoluzione prebiotica, avrà un'influenza determinante sulla individuazione del momento cruciale dove il passaggio della non-vita alla Vita dovrà essere situato. Dobbiamo notare che, nel racconto della Vita, spesso l'evento più importante fu l'ultimo arrivato e non il primo.

Per esempio, se uno considera che prima di tutto vi fu la formazione spontanea di vescicole lipidiche o proteiche (eventualmente anche autocatalitiche), seguita dall'inserimento in esse di pezzi di materiale genetico auto-replicante e che soltanto dopo questo è divenuto traducibile in materiale esecutore, allora sarà quest'ultimo fenomeno – la traduzione – quello determinante. Inversamente, se uno difende la teoria del mondo a RNA, è evidente che la replicazione sarà, in esso, un fenomeno triviale, la traduzione sarà il suo immediato

²⁵⁷ «L'**incapsulamento** per parte di una membrana è un aspetto essenziale delle cellule perché il controllo della diffusione verso l'interno e verso l'esterno è la premessa di tutti i processi cellulari. [...] Tra i processi basilari delle cose viventi, la **traduzione** cellulare risalta in quanto processo definitorio, nel senso che un aggregato organico non può essere definito una cellula se manca di questo processo» (Ivi [grassetto nostro]).

successore e, soltanto con l'incapsulamento, si potrà dire che è sorta la prima cellula vivente. Vedremo più avanti con Luisi che questa è la questione *shell-core*²⁵⁸: quale dei due venne prima, quale dei due è quello determinante nell'origine della Vita e nella produzione di Vita in laboratorio.

*According to the models of precellular aggregates that start from protenoids or lipids, translation is the last basic process to arise and the one that really marks the transition to the first cell. In contrast, in the model that gives priority to the replication of RNA stretches, translation comes immediately after, and the true transition to the first cell is marked by encapsulation.*²⁵⁹

Comunque sia, soltanto dopo l'invenzione della traduzione è apparsa l'evoluzione per selezione naturale. Ed è teoricamente certo che essa sia da subito entrata in azione così come oggi la conosciamo: con il caso (della mutazione e della deriva genetica) come materia-prima e la necessità (della selezione ambientale) come motore fondamentale.

*In any case, as soon as translation appears, evolution is thought to be determined by the same basic phenomena we recognize in the evolution of modern organisms, i.e., random mutation, random drift and environmental selection.*²⁶⁰

La Vita è sorta una volta e, come afferma Monod, fu il frutto di un incredibile colpo di fortuna per tutta la biosfera. È straordinariamente bassa la probabilità che vi siano altri casi del genere nell'Universo, perché le condizioni fisiche e ambientali imprescindibili alla Vita (come l'intersezione della presenza di acqua liquida [idrosfera], con la presenza di molecole organiche omochirali [organosfera], in una zona relativamente stabile dell'universo [zona abitabile] dove, grazie alla disponibilità di energia utilizzabile, e a valori tollerabili di temperature e densità, possa essere originata la Vita [biosfera]) rendono immensamente casuali e rare le possibilità. Se teniamo in considerazione queste premesse, così poco accoglienti, dobbiamo ritenerci molto fortunati:

²⁵⁸ L'alternativa *shell-core* può, a sua volta, collegarsi anche ad un'altra questione, già menzionata a proposito degli autori che abbiamo chiamato "i classici della ricerca": quella della precedenza temporale della replicazione (acidi nucleici) o del metabolismo (proteine), nella storia della comparsa ed evoluzione della Vita.

²⁵⁹ «Secondo i modelli di aggregati precellulari che partono da protenoidi o lipidi, la traduzione è l'ultimo processo basilare che compare, e quello che veramente segna la transizione verso la prima cellula. Per contro, nel modello che dà priorità alla replicazione di pezzi di RNA, la traduzione appare immediatamente dopo, e la vera transizione verso la prima cellula è segnata dall'incapsulamento» (Ivi).

²⁶⁰ «Comunque sia, dal momento che la traduzione compare, si considera che l'evoluzione è determinata dai medesimi fenomeni basilari che ritroviamo nell'evoluzione degli organismi moderni, i.e., la mutazione casuale, la deriva casuale e la selezione ambientale» (Ivi).

*The universe is by no means life-friendly: it is at most life-compatible.*²⁶¹

Concludiamo con una definizione di Vita a cui, probabilmente, Rizzotti non si sarebbe opposto:

La Vita è un fenomeno cellulare che si prolunga nel tempo, sotto condizioni favorevoli e che è caratterizzato da tre principali proprietà: complessità (auto-organizzazione), riproduzione (auto-duplicazione) e informazione (traduzione).

MAYNARD SMITH E SZATHMÁRY

Le origini della vita di J. Maynard Smith e E. Szathmáry è un'opera che pretende ripresentare le idee centrali di *The Major Transitions in Evolution*, il grande lavoro di questi due grandi autori, ma a lettori non specialisti. Il libro vuole essenzialmente chiarire come è che un'idea così semplice come la teoria darwiniana dell'evoluzione per selezione naturale possa mai spiegare la straordinaria varietà e complessità del mondo vivente. Se sappiamo che le mutazioni sono casuali e molto più spesso pericolose per la sopravvivenza piuttosto che adattative, come è che possiamo concepire “che le mutazioni, alla loro origine non adattative, abbiano portato all'evoluzione degli organismi meravigliosamente adattati che vediamo intorno a noi?”²⁶².

Questo saggio cercherà di rispondere a questa domanda, sviluppando “un resoconto dell'evoluzione della complessità”²⁶³, per il quale prenderà come orientamento una convinzione molto forte:

L'evoluzione dipende da cambiamenti nell'informazione trasmessa da una generazione alla successiva e **il modo in cui l'informazione si conserva e si trasmette è stato al centro di varie “transizioni fondamentali”**, a partire dall'origine delle prime molecole in grado di duplicarsi fino al momento in cui si è sviluppato il linguaggio.²⁶⁴

²⁶¹ «L'universo non è assolutamente amichevole verso la vita: egli è, semmai, compatibile con essa» (Ivi).

²⁶² MAYNARD SMITH, SZATHMÁRY [1999], p. 4.

²⁶³ Ivi, p. 6.

²⁶⁴ Ivi, p. v.

Questa tesi sarà difesa attraverso la descrizione dettagliata dell'evoluzione dalle forme di vita più semplici a quelle più complesse, con base nella transizioni fondamentali che marcarono i passaggi evolutivi da determinate forme di trasmissione dell'informazione, ad altre forme più efficienti e più fruttifere²⁶⁵.

Ma per cominciare dalle origini della Vita, dobbiamo prima capire la natura di questo strano fenomeno. Vediamo dunque che aiuto ci possono dare questi due autori, per quanto riguarda la nostra ricerca di una buona definizione di Vita:

Ci sono due modi per definire la vita. Secondo la prima definizione, diciamo che qualcosa è vivo se possiede alcune proprietà che associamo agli esseri viventi della Terra, ad esempio se ha la capacità di crescere e di rispondere agli stimoli. [...] Tutte le cose esistenti sulla Terra che vengono comunemente considerate come viventi hanno questa proprietà: sono dotate di **metabolismo**.

[...] Una definizione alternativa sarebbe quella di indicare come vivente ogni popolazione di esseri dotati delle proprietà necessarie affinché la popolazione stessa possa **evolvere per selezione naturale**. Sarebbero cioè vive quelle entità che hanno le proprietà della moltiplicazione, della variabilità e dell'ereditarietà (oppure che sono discendenti da entità di questo tipo [...]).

[...] Se sussistono queste tre proprietà ed esiste un ambiente adatto, l'evoluzione per selezione naturale produrrà organismi con tutte le caratteristiche tipiche dei viventi, come il metabolismo.²⁶⁶

Innanzitutto, possiamo vedere che gli autori non distinguono una definizione della Vita da una definizione del vivente. Non è, quindi, facile capire se, a loro avviso, la Vita sia da considerare in quanto qualcosa a se stante, in quanto proprietà posseduta dagli enti che chiamiamo viventi, in quanto insieme delle loro caratteristiche, o in quanto insieme di tutti gli organismi.

Comunque sia, la loro definizione di vivente è molto chiara, e merita di essere tenuta in alta considerazione, anche perché ci fornisce una chiave di lettura che potremo riutilizzare

²⁶⁵ Le transizioni fondamentali sono otto:

1.	Molecole autoreplicanti	Popolazioni di molecole nelle protocellule
2.	Replicatori indipendenti	Cromosomi
3.	RNA come gene ed enzima	Geni del DNA, proteine enzimatiche
4.	Cellule batteriche (procarioti)	Cellule con nucleo e organuli (eucarioti)
5.	Cloni asessuati	Popolazioni sessuate
6.	Organismi unicellulari	Animali, Piante, Funghi
7.	Individui solitari	Colonie con caste non fertili (formiche, api, vespe, termiti)
8.	Primati sociali	Società umane (linguaggio)

²⁶⁶ Ivi, p. 7-9 (grassetto e sottolineato nostri).

più avanti, lungo il nostro lavoro. Questa chiave consiste nella divisione della proprietà dei viventi in due grandi aree: il **metabolismo** (autosostentamento) e l'**ereditarietà** (evoluzione). La Vita è fatta di tutte e due queste componenti, ognuna delle quali può poi essere suddivisa in altre caratteristiche più ristrette. Anche se, normalmente, le correnti di pensiero e gli autori che le rappresentano privilegiano o l'una o l'altra interpretazione del mondo biologico, i due modi di vedere la Vita sono complementari e non devono mai essere considerate vicendevolmente esclusive.

Ognuna di queste proprietà rimanda all'altra. Da una parte, possiamo trovare oggetti che possiedono un suo metabolismo e che tuttavia non sono vivi: una fiamma, per esempio, scambia di continuo energia e materia con l'ambiente circostante, cambia le dimensioni, la forma e il colore e addirittura si moltiplica. Perché lo possiamo considerare vivo, al fuoco manca soltanto la complessità (ovverosia la presenza di organi, "parti che ne assicurino la sopravvivenza e l'evoluzione", oppure "gli equivalenti chimici degli arti e degli occhi", che sono gli enzimi). Una complessità di questo tipo implica l'evoluzione, la quale, a sua volta, implica l'ereditarietà.

Non essendo dotato di ereditarietà, il fuoco non evolve e manca quindi della complessità adattativa che soltanto la selezione naturale può conferire.²⁶⁷

Questo ci porta a considerare che l'ereditarietà sia la caratteristica primaria della Vita. Soprattutto se teniamo conto che, date le tre proprietà dell'evoluzione, l'ereditarietà, la moltiplicazione e la variabilità, "le altre caratteristiche che teniamo proprie di un essere vivente [e quindi, anche il metabolismo] si evolveranno di conseguenza"²⁶⁸. Ma non è così semplice determinare che cosa è la causa e che cosa è l'effetto. Vediamo, infatti, che:

Prima dell'ereditarietà deve esistere la riproduzione, e prima di questa ci dev'essere, per il vivente, la possibilità di crescere. Essenziale perché si abbia la crescita è l'autocatalisi.²⁶⁹

In un processo di autocatalisi, da un composto A possiamo passare ad un composto B, un composto C, e così via, essendo poi indispensabile che il prodotto finale di tutta la serie, per esempio D, riproduca A, anzi, due A. Da ogni molecola di A arriveremo quindi ad una molecola di D e, di conseguenza, a due nuovi A. La concentrazione di tutti gli elementi

²⁶⁷ Ivi, p. 11.

²⁶⁸ Ivi, p. 12.

²⁶⁹ *Idem.*

aumenta, per cui possiamo dire che il sistema chimico cresce. I cicli autocatalitici esistono spesso in natura e possiamo considerarli come una specie di “ponte” tra il mondo inanimato e il mondo degli organismi, visto che sono un meccanismo fondamentale per entrambi.

Questi cicli garantiscono la crescita e addirittura la riproduzione di un organismo vivente. Tuttavia, essi non sono da considerare come parte della componente evolutiva della Vita, bensì della sua componente metabolica. Infatti, la duplicazione autocatalitica è una condizione necessaria ma non ancora sufficiente per l’eredità, e cioè, essa garantisce la crescita e la riproduzione, ma non la trasmissione dell’informazione, e soltanto quest’ultima costituisce il nodo della componente evolutiva della Vita.

La polemica è del tipo uovo-gallina, chi è venuto prima, chi a causato chi, chi ha determinato il *click* della Vita. Comunque sia, il primo dei due componenti sarà la condizione necessaria, mentre il secondo sarà la condizione necessaria e sufficiente. Uno sarà il primo passo, senza il quale il passo secondo e definitivo non potrebbe avvenire. Entrambi, dunque, che si implicano a vicenda, uno richiamando il suo effetto e l’altro la sua causa.

Per la risoluzione del problema dell’origine della Vita diventa, allora, determinante, sia capire “come possano essersi sviluppate entità dotate della capacità di moltiplicarsi, di variabilità, di eredità, considerando che il punto di partenza per un tale processo deve essere l’ambiente chimico della Terra primitiva”²⁷⁰, sia “considerare i cicli autocatalitici, perché potrebbero aver prodotto un ambiente chimico ricco e vario nella Terra dei primordi”²⁷¹.

Ogni forma di Vita deve, dunque, essere capace di autosostentarsi, ovverosia, di sopravvivere attraverso il proprio metabolismo, ma deve anche essere capace di continuare la strada che portò l’evoluzione fino a sé, e cioè, di trasmettere l’informazione ricevuta ai suoi discendenti, che sono frutto della propria riproduzione. Gli autori di *Le origini della vita* ribadiscono la valenza di entrambe queste componenti ma, lungo tutta l’opera, si occuperanno soprattutto della moltiplicazione e dell’ereditarietà – aspetti molto più relazionati con la loro chiave di lettura della storia dei viventi.

²⁷⁰ Ivi, pp. 11-12.

²⁷¹ Ivi, p. 14.

Concludiamo con la definizione di Vita, propriamente detta:

La Vita è il nome che diamo alla duplice natura degli esseri viventi, ovvero sia alle loro due caratteristiche necessarie:

- *il metabolismo autocatalitico (che conferisce loro la capacità di crescere e di rispondere agli stimoli);*
- *il controllo dell'informazione (tenuto attraverso la moltiplicazione, la variabilità e l'eredità, le quali portano spontaneamente all'evoluzione per selezione naturale)*

2.4.3. LA PRODUZIONE DI VITA IN LABORATORIO

Come abbiamo visto nell'ultimo paragrafo del primo capitolo, una delle forme di classificare i differenti approcci possibili allo studio della Vita, nella ricerca di laboratorio, ci viene proposta da P.L. Luisi²⁷²:

- l'approccio *bottom-up* (dalle biomolecole alla cellula minima);
- l'approccio *top-down* (dalla cellula moderna alla cellula minima).

Per quando riguarda, poi, le teorie circa gli elementi più essenziali della Vita e sulla miglior forma per investigare le sue caratteristiche primitive, vi sono, fra le svariatissime scuole di pensiero, tre direzioni che Luisi²⁷³ considera più influenti nell'orientamento della ricerca:

- a) La difesa del “mondo a **RNA**”, rappresentata in generale dalla biologia molecolare e, in particolare, dal gruppo di ricercatori di Göttingen (Biebricher, McCaskill, tra altri). La ricerca su questa linea segue un approccio *top-down*;

²⁷² LUISI, OBERHOLZER [2001].

²⁷³Cfr. LUISI [1994^a].

- b) La ricerca su piccoli e **semplici replicatori** chimici, rappresentata dai lavori di Orgel, Rebek e Von Kiedrowski. Da questa linea di pensiero sono assenti tutti gli elementi e meccanismi complessi, basati sugli enzimi e sull'RNA, per cui si segue un approccio *bottom-up*.
- c) La proposta dell'**autopoiesi**, introdotta da Maturana e Varela e sviluppata attualmente anche da Lazcano e, soprattutto, dallo stesso Luisi. Essendo essa una prospettiva sempre centrata sulla cellula, la ricerca sull'autopoiesi adotta l'approccio *top-down*, chiamato anche, da Luisi, una visione *a posteriori*.

Queste tre scuole, aventi in comune il campo della chimica supramolecolare, sono infine riconducibili a due correnti fondamentali:

- I. La visione riduzionistica, seguita dai biologi molecolari, genetisti ed evolvuzionisti che tengono come comune presupposto la chimica degli acidi nucleici, in quanto base del processo vitale. Questa prospettiva:
- prova a concentrare tutto il scenario, sia quello del mondo a RNA (1), sia quello dei piccoli replicatori (2), in **una singola molecola che è la chiave di tutto**;
 - considera la **codificazione** la base della Vita;
 - concentra la ricerca interamente sul **core** della cellula minima;
 - conferisce alle interazioni **inter-molecolari** il ruolo principale nel processo vitale;
 - intende la Vita nel senso di un fenomeno genetico e **popolazionale**, la cui continuità dev'essere garantita (per cui la riproduzione, l'eredità e l'evoluzione sono proprietà necessarie).
- II. Quella, invece, che considera la Vita da una prospettiva non tanto "molecolare" quanto "cooperativa"²⁷⁴, e cioè, la prospettiva dell'autopoiesi (3).

²⁷⁴ Cfr. Luisi: «If one compares this view with the RNA-centered view, it may appear that the difference simply consists in the question of history: what came first, the nucleic acids or the protocell? But the difference is actually much deeper: in one case the essence of life is molecular, in the second case life is a cooperative process based on complex organization».

(Ivi, p. 180. "Se uno tenta il paragone fra questa prospettiva e quella del RNA, potrà sembrare che la differenza consista soltanto in una questione di storia: chi è apparso prima, gli acidi nucleici o la protocellula? Ma, in verità, la differenza è molto più profonda: nel primo caso, l'essenza della vita è

Secondo questa corrente:

- “[the] basic life processes are not the attribute of any single kind of molecule but the result of **an organized complex system of molecular interactions that occur within and also produce the system’s physical boundary structure**”²⁷⁵. La Vita risiede, dunque, nell’organizzazione dinamica del processo e non in un singolo componente di esso;
- possiamo benissimo cercare una qualche forma di “**uncoded life**”²⁷⁶;
- la compartimentazione è un aspetto specialmente importante del processo vitale, a volte addirittura considerato necessario e sufficiente per la sussistenza della Vita. La ricerca è centrata, quindi, sulla **shell** della cellula minima (anche se Luisi, nel suo lavoro, ha sempre cercato la compatibilità fra **shell e core**²⁷⁷);
- sono le **forme di aggregazione supra-molecolari** (micelle, vescicole) ad avere il ruolo principale;
- la Vita è intesa in quanto fenomeno **individuale**, qui ed ora.

Visto che non possiamo, in questa sede, percorrere ogni singolo sentiero su cui si stende la ricerca biochimica internazionale, e visto anche che, a proposito della posizione di quel “classico” che è R. Dawkins, abbiamo già fatto riferimento alla ricerca di Rebek e

molecolare, mentre, nel secondo caso, la Vita è un processo cooperativo basato su un’organizzazione complessa”).

²⁷⁵ «I processi vitali basilari non sono l’attributo di nessun tipo di molecola, bensì il risultato di **un complesso ed organizzato sistema di interazioni molecolari** che occorrono all’interno e che, inoltre, producono la struttura fisica che delimita il sistema» (Ivi, p. xii [grassetto nostro]).

²⁷⁶ «Vita non codificata» (LUISI, LAZCANO, VARELA [1996], p. 157 [grassetto nostro]).

²⁷⁷ Abbiamo consultato diversi articoli di P.L. Luisi, pubblicati in sedi disparate e lungo vari anni di lavoro (soprattutto dal 1992 in poi). La sua ricerca ha sempre avuto come scopo la produzione di sistemi organici autopoietici, ovverosia, di unità autocatalitiche, capaci di mantenere una propria identità e di rigenerare i propri componenti. Luisi si è specializzato nella produzione di micelle esteree e lipidiche (*shell*), ma si è mantenuto sempre al corrente degli sviluppi della ricerca di studiosi, come Rebek e von Kiedrowski, a chi si riferisce frequentemente nei suoi articoli, che lavoravano su la produzione di replicatori semplici (*core*). Luisi ha sempre perseguito il sogno di un’integrazione fra i suoi liposomi ed i nuovi replicatori, in modo che alla replicazione della membrana si accompagnasse la replicazione della molecola al suo interno. Tuttavia, questo si è dimostrato molto difficile da concretizzare vista l’incompatibilità delle condizioni ambientali necessarie all’auto-replicazione della membrana e dei replicatori – in speciale se questi si trattassero di oligonucleotidi. Troviamo la descrizione del progetto di Luisi in tutti i suoi lavori, dove possiamo seguire l’evoluzione della sua ricerca e la persistenza del suo obiettivo. Quello che, con le micelle di caprilato di sodio, nel 1992 pareva molto improbabile, comincia a sembrare possibile nel 1994, con le vescicole di acido oleico o con i proteoliposomi (liposomi con enzimi all’interno) ed, infine, parzialmente raggiunto, nel 1999, con la trionfale polimerizzazione di RNA all’interno di una vescicola auto-riproduttrice di acido oleico. È interessante trovare finalmente, in LUISI [2001] l’entusiastica realizzazione dei progetti delineati molti anni prima, i cui punti deboli erano sembrati, a volte, difficilmente superabili.

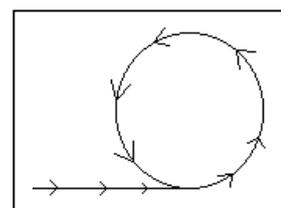
alla lettura riduzionistica della biologia molecolare, vogliamo adesso trattare della corrente alternativa, quella dell'autopoiesi.

DIFESA DELL'AUTOPOIESI: LUIGI E VARELA

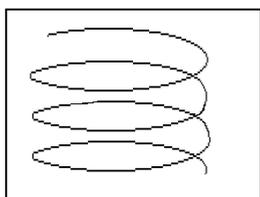
Possiamo definire l'autopoiesi come una “*self-producing dynamical organization*”²⁷⁸. Questa è anche una definizione di organismo vivo. Difatti, secondo i difensori di questa prospettiva, un sistema autopoietico corrisponde alla minima organizzazione vivente. La definizione di autopoiesi definisce, dunque, il modello (*pattern*) generale della Vita: un modello che pretende arrivare alla “Vita”, al di là dei casi particolari che conosciamo noi, per cui vuole essere “*structure-free*”, ovverosia, rimanere indipendente dalle concrete strutture chimico-fisiche che lo realizzano.

L'aspetto più importante della Vita, secondo la teoria dell'autopoiesi, è l'auto-mantenimento dell'unità autopoietica a partire dal proprio interno. Né la complementarità genetica fra stampo e copia, né la tendenza all'evoluzione, e nemmeno la specifica costituzione chimica degli elementi del sistema sono essenziali per la sua qualità di vivente. Prima di qualsiasi altro aspetto, la caratteristica veramente necessaria è l'**unità** che emerge da quello che, altrimenti, sarebbe un mero aggregato di molecole. Un'unità conseguente dal fatto che la Vita sia un processo e non una sostanza fissa, e che questo processo sia ciclico e complesso, irriducibile ad un unico suo componente. La Vita, quindi, come **proprietà emergente**.

In questo senso, la Vita è un processo continuo che si svolge ciclicamente, la ricerca della cui origine dovrà essere la ricerca di un'entrata lineare in una logica circolare.



L'evoluzione, dal canto suo, consiste nel passaggio da questo



modello ciclico a quello elicoidale.

Nei diversi lavori con cui siamo venuti a contatto, abbiamo trovato differenti criteri e definizioni della Vita in quanto processo autopoietico.

Le diversità riscontrate non sono, tuttavia, rilevanti:

²⁷⁸ «[...] organizzazione dinamica che si auto-produce [...]» (VARELA [1994], p. 23).

LUISI [1992]	<p>Criteri dell'autopoiesi:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. auto-delimitazione 2. auto-generazione
LUISI [1994 ^b]	<p>Definizione di "Vita minima":</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. struttura di confine 2. auto-rigenerazione all'interno del confine (omeostasi) 3. identità
VARELA [1994]	<p>Definizione di "sistema autopoietico":</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. rete di processi di produzione (sintesi e distruzione) 2. auto-rigenerazione 3. unità
LUISI, LAZCANO, VARELA [1996]	<p>Definizione "macroscopica" (senso comune):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. trasformazione di materia ed energia esterne 2. auto-mantenimento 3. auto-generazione <p>Definizione "microscopica" (autopoiesi)²⁷⁹:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. rete di processi di produzione (sintesi e distruzione) 2. auto-rigenerazione 4. unità <p>Criteri per identificare un tale sistema:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. struttura di confine 2. rete interna (<i>network</i>) di reazioni che rigenerano il confine stesso 3. interdipendenza fra (1) e (2)
LUISI [2001]	<p>Proprietà minime e sufficienti perché una cellula sia viva:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. compartimento sferico 2. auto-mantenimento 3. auto-riproduzione 4. evoluzione

²⁷⁹ È esplicitamente citata la definizione precedente di Varela.

Come ci dice Varela, l'**autonomia** dei viventi è un aspetto che non può mai venire trascurato. Difatti, è proprio dalla prospettiva dell'autonomia che la definizione della Vita deve essere cercata, avente come punto di partenza da due presupposti fondamentali:

- 1) la considerazione degli organismi in quanto **processo di costruzione di un'identità**;
- 2) la considerazione di quest'identità emergente come punto di riferimento per un nuovo dominio di **interazioni**, che è la dinamicità caratteristica del vivente, "*life's proper domain of existence*"²⁸⁰.

Questa azione continua è un incessante lotta per il mantenimento di quell'identità, che costituisce, in fondo, il fulcro dell'autopoiesi - una "*self-produced coherence*"²⁸¹.

Possiamo riassumere le diverse caratteristiche rilevate in una definizione essenziale, che rende evidenti le proprietà fondamentali dell'unità autopoietica:

*An autopoietic unity is defined as a particular kind of **organizational unit which is capable of self-maintenance by generation from within**. It represents the minimal and sufficient condition for the living, in that this is the discriminating quality which all living things possess and which is not present in non-living things.*²⁸²

Le proprietà fondamentali sono, quindi, l'**auto-mantenimento** e l'**auto-generazione** (o meglio, **auto-rigenerazione**), realizzati in un'unità che, in questo modo, conserva la propria identità (come dice Varela, una "*centerless identity*"²⁸³), conservazione che costituisce l'obiettivo teleonomico di tutto il sistema.

Questi due processi di auto-mantenimento e auto-rigenerazione sono realizzati pienamente nella cellula minima, attraverso il rapporto dinamico di **interdipendenza** fra la membrana che delimita la cellula (**boundary**) e la rete (**network**) delle reazioni che avvengono al suo interno. Vi è una causalità reciproca fra gli elementi di questo sistema, per cui le reazioni chimiche che avvengono entro l'ambiente protetto dalla membrana, sono esse stesse le

²⁸⁰ «il dominio di esistenza proprio della Vita» (Ivi, p. 24).

²⁸¹ «coerenza auto-prodotta» (Ivi, p. 26). Vedi i «sistemi coerenti» analizzati da Ageno (pp. 125-132 del presente lavoro).

²⁸² «Un'unità autopoietica è definita come un tipo particolare di **unità organizzativa, capace di auto-mantenimento per mezzo di una generazione a partire dal proprio interno**. Essa rappresenta la condizione minima e sufficiente per il vivente, nella misura in cui costituisce la qualità discriminante che tutti i viventi posseggono e che non è presente nelle cose non-viventi» (LUISI [1994^b], p. 180).

²⁸³ «identità senza centro» (Ivi, p. 24).

produttrici e rigeneratrici dei componenti della medesima membrana. Sono semplicemente queste le condizioni per la Vita.

Nell'opera *Defining life* a cura di M. Rizzotti, troviamo una chiarissima definizione di sistema vivente dove i difensori dell'autopoiesi riescono a riassumere gli aspetti principali della loro tesi.

*A physical system can be said to be living if it is able to transform external energy/matter into an internal process of self-maintenance and self-generation. This common sense, macroscopic definition, finds its equivalent at the cellular level in the notion of autopoiesis. This can be generalized to describe the general pattern for minimal life, including artificial life. In real biological life the autopoietic network of reactions which leads to self-maintenance and self-generation is under the control of nucleic acid and the corresponding proteins.*²⁸⁴

Possiamo comprendere meglio l'organizzazione e il funzionamento dell'unità autopoietica attraverso lo schema seguente, suggeritoci da Varela²⁸⁵:

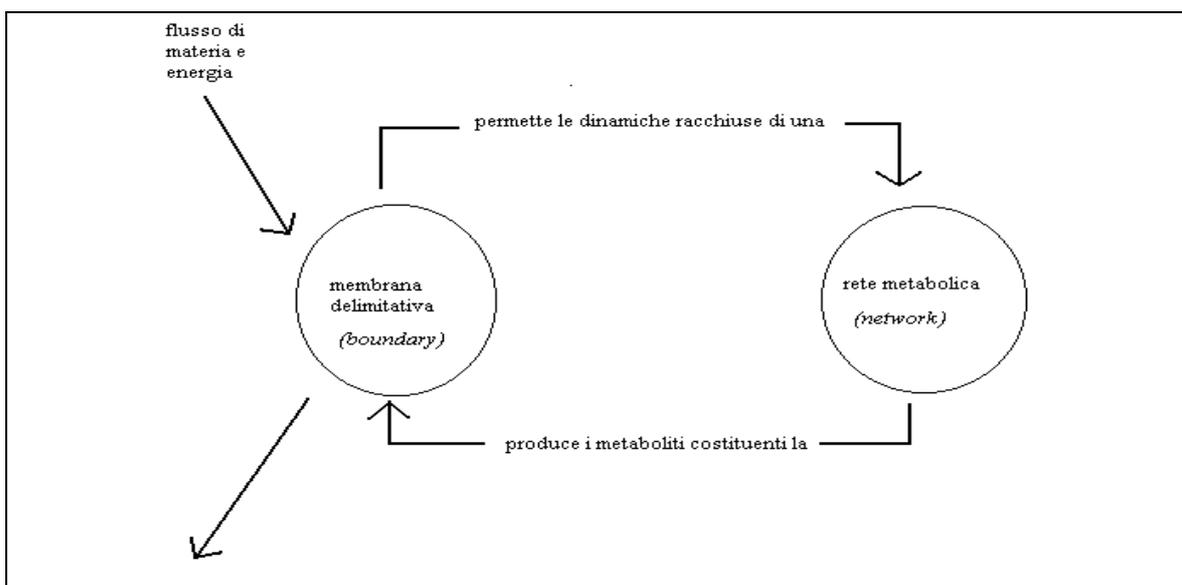


Fig. 2. Il processo autopoietico: l'identità ciclica, dinamica, auto-sostenuta e "centerless" della cellula minima.

²⁸⁴ «Un sistema fisico può essere considerato vivente se è capace di trasformare energia/materia esterne in un processo interno di auto-mantenimento e auto-generazione. Questa definizione di senso comune, macroscopica, ha come equivalente, al livello cellulare, la nozione di autopoiesi. Questo può essere generalizzato di forma a descrivere il modello generale per la Vita minima, inclusa la Vita artificiale. Nella Vita biologica reale, la rete autopoietica di reazioni, che porta all'auto-mantenimento e all'auto-generazione, si trova sotto il controllo dell'acido nucleico e delle proteine corrispondenti» (LUISI, LAZCANO, VARELA [1996], p. 149).

²⁸⁵ Ivi, p. 26.

Come complemento a questo schema “disincarnato”, riportiamo anche un modello semplice di una vescicola organizzata in modo autopoietico, dove si è cercata una rassomiglianza, per quanto possibile, fedele alle figure illustrative presentate in alcuni degli articoli studiati.

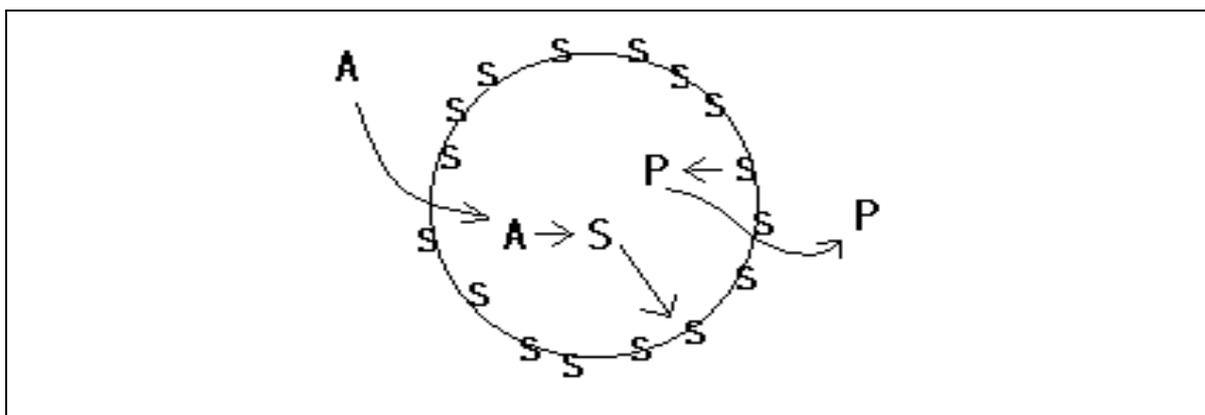


Fig. 3. Modello semplice di un **sistema autopoietico omeostatico**, dove:

- A - molecola organica che funziona come alimento nutriente;
- P - molecola che funziona come prodotto liberato, proveniente dal decadimento di S;
- S - molecola componente la membrana di confine (*shell*).

Il sistema rappresentato in questa figura viene a confermare la precedenza logica della “identità”, nei confronti della “riproduzione”, per quanto riguarda i criteri definatori della Vita. Difatti, tutti i fautori della prospettiva dell’autoipoiesi sono d’accordo sul fatto che, così come l’evoluzione è soltanto una conseguenza delle speciali caratteristiche della Vita, così anche la riproduzione non è un prerequisito necessario.

*Reproduction is not intrinsic to the establishment of the minimal logic of the living. [...] Reproduction is essential for the long-term viability of the living, but reproduction is possible only when there is a unitary identity that reproduces. In this sense, **identity has logical and ontological priority over reproduction, although not historical priority.***²⁸⁶

²⁸⁶ «La riproduzione non è intrinseca allo stabilimento della logica minima dei viventi. [...] La riproduzione è essenziale alla viabilità a lungo termine dei viventi, ma essa è possibile soltanto quando vi è un’identità unitaria che si riproduce. In questo senso, **l’identità tiene la priorità logica ed ontologica nei confronti della riproduzione, sebbene che non la priorità storica**» (Ivi, p. 27 [grassetto nostro]).

Ma la riproduzione può comunque essere un aspetto di un sistema autopoietico.

La cellula, come abbiamo visto, è un processo di mantenimento della propria identità. Questo suo obiettivo è messo in pratica dal ricevimento di nutrienti e di energia dall'ambiente circostante, i quali vengono poi trasformati in sostanze componenti la cellula stessa, attraverso una rete di reazioni incatenate. Quest'attività può risultare in una costanza omeostatica, in un graduale accrescimento oppure in un'auto-riproduzione, a seconda dei ritmi di sintesi e decadimento degli elementi del sistema. Se le velocità di produzione di S e di decadimento di S in P sono uguali, avremo una cellula in omeostasi; se la produzione di S è un po' più rapida, avremo una cellula in crescita; e se la differenza di velocità è ancora più significativa, finiremo con una crescita esponenziale e conseguente divisione della cellula in due cellule figlie.

Vediamo il modello rappresentativo di quest'ultimo caso:

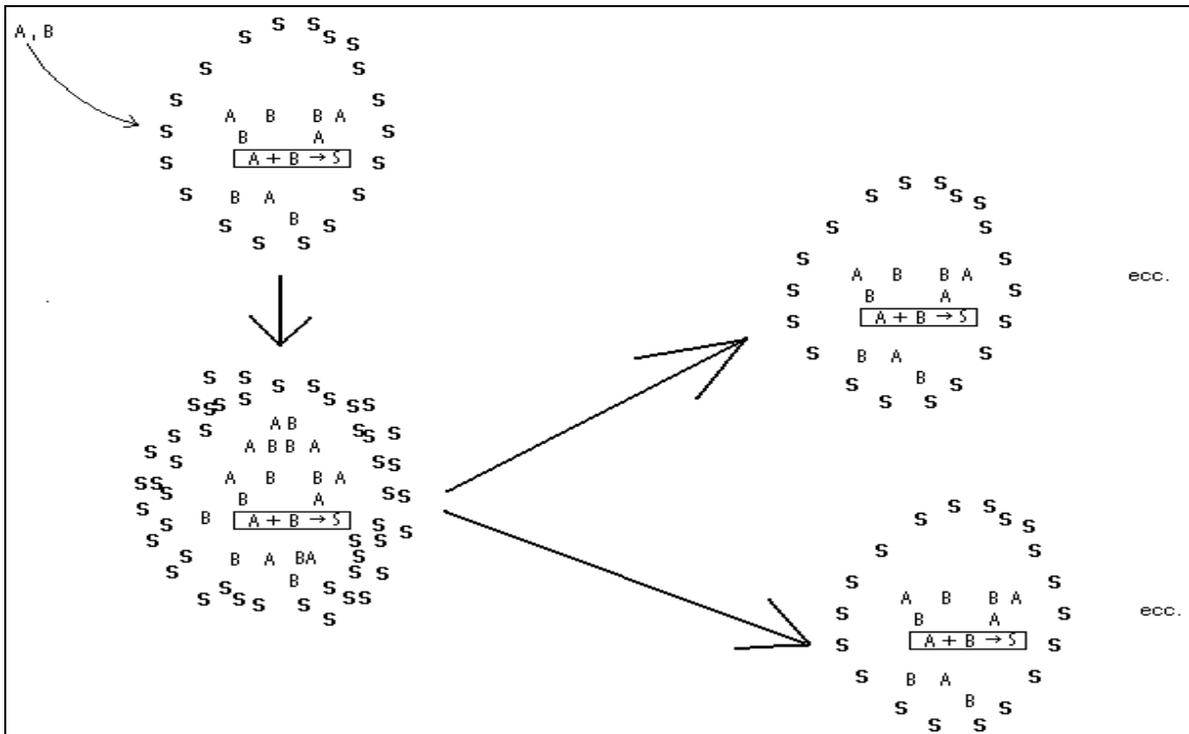


Fig. 4. Modello di un sistema autopoietico auto-riproduttore.

Concludiamo, dunque, con la presentazione della definizione di Vita, secondo la prospettiva dell'autopoiesi:

La Vita è un processo ciclico di auto-mantenimento e auto-rigenerazione, che avviene entro lo spazio racchiuso di un'unità autopoietica che, in questo modo, conserva la propria identità.

2.4.4. ALTRE PROSPETTIVE

Nell'opera collettiva del 1996, *Defining Life*, a cura di M. Rizzotti, in *Self-production of Supramolecular Structures*, opera del 1994, a cura di G.R. Fleischaker, S. Colonna e P.L. Luisi, così come anche in altre sedi diverse, abbiamo trovato differenti articoli di differenti autori, che consideriamo essere interessanti. Certamente, l'analisi che porteremo avanti nel terzo capitolo terrà in considerazione soprattutto quegli autori più rilevanti che, in maggiore dettaglio, abbiamo analizzato prima. Nonostante questo, pensiamo sia utile includere ancora altre visioni alternative, e spesso contrastanti, in questa rassegna.

GÀNTI

Il testo 'The essence of the living state'²⁸⁷, inserito nel libro di Rizzotti del 1996, riporta molti passi già pubblicati nel saggio del 1989 *Contra Crick or The essence of life*²⁸⁸, nei quali T. Gánti esponeva i tratti fondamentali della sua teoria interpretativa del vivente.

L'autore comincia per fare riferimento alla *Monadologia* di Leibniz, dove il vivente viene considerato in quanto macchina della natura o, più precisamente, in quanto un "**automa naturale**". Costruito dalle mani di Dio, l'automa naturale si distingue dalle macchine

²⁸⁷ GÀNTI [1996].

²⁸⁸ GÀNTI [1989].

artificiali prodotte dal uomo, nella misura in cui esso può essere diviso infinitamente senza che ognuna della parti più piccole smetta di essere, essa stessa, un automa naturale a pieno titolo. Ai tempi di Leibniz, la “infinita divisione” che poteva effettivamente venire realizzata era moltissimo inferiore a quella che oggi possiamo concretizzare in laboratorio, visto che al di sotto che qualche centesimo o, semmai, millesimo di millimetro, non si poteva andare. Tuttavia, nonostante questo, ancora oggi, ai livelli molecolari di centinaia di millesimi di millimetro, si rivela sempre valida la sua analisi delle “macchine” viventi in quanti automi divisibili, in cui ogni “parte” è un “tutto” per il livello inferiore.

Gànti passa, allora, alla spiegazione di un altro concetto, quello del “**automa fluido**”, che è come una specie di “orologio chimico”. Un esempio di automa fluido sono le reazioni oscillatorie, in cui una sostanza cambia periodicamente di aspetto (immaginiamo, per esempio, una mistura che, finché i due reagenti non vengono completamente consumati nella reazione, cambi colore ogni 3 secondi). Grazie ad una sequenza ripetuta di azioni, reazioni e contro-reazioni chimiche (*feed-backs*), questo sistema opera come un orologio precisissimo (*a ticking machine*) che possiede, inoltre, le proprietà di: 1) mantenere lo stesso ritmo di azione anche se è diviso in più parti; 2) mantenere lo stesso ritmo di azione anche se la mistura viene scossa e mescolata in modo che i suoi microscopici componenti siano fatti errare disordinatamente.

Il citoplasma, per esempio, si comporta in questa maniera. È dunque un automa naturale (nel senso leibniziano), fluido e chimico - infinitamente divisibile, indisturbabile anche se scosso e mescolato e messo in moto da energia chimica. È un “**chemotone**”.

Contro Crick, e insieme a Schrödinger che, per quanto pioniere nell’intuizione della presenza di un programma operativo nei viventi, non ha mai estrapolato verso l’identificazione di quest’ultimo con l’essenza stessa della Vita, Gànti considera che la Vita non può essere fatta coincidere con la genetica. Che sia ancora visto in quanto vago cristallo aperiodico, o descritto già come una macromolecola di DNA decodificata nei suoi infimi dettagli, il patrimonio genetico è comunque soltanto uno degli aspetti dell’organizzazione della Vita e dei sistemi viventi. Più importante di esso, è l’attività stessa del sistema, l’ininterrotta rete operativa che nessun acido nucleico, da solo, può mettere in moto. Come diceva Schrödinger, una cosa è considerata vivente, quando “fa qualcosa”.

Gànti sente imperativa la necessità di difendere la causa della “altra parte”, di quell’altro lato messo “in ombra” dalla luce abbagliante del dogma che egli vede come predominante nella scienza di oggi, il dogma totalitario dei geni onnipotenti e onniscienti, a cui nessun

dettaglio del vivente può sfuggire. Al contrario, secondo l'autore, la Vita è fatta essenzialmente di due parti interdipendenti: quella del **metabolismo e dell'omeostasi** e quella dell'**informazione**. Quando soltanto una di esse è presente, non vi è ancora Vita.

*And the essential thing is this: The living system is a specifically operating system which, in addition, operates in a program-controlled manner. Consequently, a living system should necessarily comprise at least two systems, one of which is the controlling unit, the other one is the controlled one. Neither of them is living without the other one. They belong to each other, like a tape recorder and the tape.*²⁸⁹

In un passo in cui viene fatto riferimento alla prospettiva di Gànti, Maynard Smith e Szathmáry, nella loro più recente opera *Le origini della vita*²⁹⁰, paragonano il vivente a un computer (che possiede un programma come suo sotto-sistema, ma non coincide con esso, visto che possiede anche un altro sotto-sistema capace di compiere le istruzioni del programma), mentre i virus sono solamente dei semplici programmi, per cui non posseggono tutte le caratteristiche sufficienti perché possano essere considerati viventi. Perché una microsfera sia viva, ovvero, perché essa si assomigli ad una cellula vivente, o ancora, perché essa sia un'unità chemotonica, vi devono essere presenti tre sottosistemi:

1. una macchina chimica capace di auto-riproduzione
(da cui traggono origine le proprietà del **metabolismo, crescita e proliferazione**).
2. una subunità di controllo
(che costituisce il **programma** che controlla l'attività del sistema, all'interno del quale si danno le **mutazioni ereditarie** che permettono l'evoluzione)
3. una membrana che racchiude al suo interno tutto il sistema

Questi tre sotto-sistemi sono i costituenti effettivi del chemotone reale, che è, contemporaneamente, un supra-sistema chimico e un sistema biologico minimo. Tuttavia, per essere tale, "per definizione", ogni sistema vivente non deve possedere se non due proprietà, che sono le condizioni fondamentali per l'organizzazione di qualsiasi chemotone, reale o concepito a tavolino, terrestre o extra-terrestre:

²⁸⁹ «E la cosa essenziale è questa: Il sistema vivente è un sistema operativo, che opera in modo specifico e che, inoltre, opera sotto il controllo di un programma. **Di conseguenza, ogni sistema vivente dovrebbe comprendere, per lo meno, due sistemi, uno dei quali è l'unità di controllo, mentre l'altra è l'unità controllata.** Nessuna della due vive senza l'altra. Esse appartengono l'una all'altra, come un registratore e la cassetta» (GÁNTI [1996], p. 111 [grassetto nostro]).

²⁹⁰ MAYNARD SMITH, SZATHMÁRY [1999].

1. essere un sistema chimico operativo;
2. operare secondo le istruzioni di un programma.

Gànti, nel suo ‘The essence of the living state’, ci propone un’esplicita definizione di Vita:

*The living systems - at the cellular level - are proliferating, program-controlled fluid chemical automatons, the fluid organization of which are chemoton organization. And the life itself - at cellular level - is nothing else but the operation of these systems.*²⁹¹

A noi non sembra, tuttavia, che sia questo il modo migliore per riassumere la teoria dell’autore²⁹².

²⁹¹ «I sistemi viventi - al livello cellulare - sono automi chimici e fluidi, che si auto-replicano e che sono controllati da un programma, la cui organizzazione fluida è un’organizzazione “chemotonica”. E la Vita stessa - al livello cellulare - non è altro che l’azione di questi sistemi» (GÀNTI [1996], p. 103). Si noti che l’autore specifica ripetutamente che questa definizione riguarda in particolare il livello cellulare. Possiamo comprenderlo meglio se teniamo conto della distinzione che Gànti, nella sua opera *The principle of life*, rileva fra i tre livelli della Vita: il livello degli organelli, quello della cellula e quello degli organismi pluricellulari. Quando il vivente è “diviso” in piccoli pezzetti comunque viventi, come descriveva, al suo tempo, Leibniz, quello che rimane in Vita non è, evidentemente, la stessa unità vitale che è stata frammentata, bensì l’unità del livello immediatamente inferiore - per esempio, se dividiamo una cellula, il mitocondrio che è rimasto incolume, se messo in appropriate condizioni, rimarrà ancora un mitocondrio vivo (Cfr. GÀNTI [1971], pp. 44-50).

²⁹² Nel suo libro del 1971, pubblicato in inglese nel 1987 col titolo *The principle of life*, Gànti dedica un capitolo all’individuazione dei criteri della Vita, i quali, second’egli, sono da distinguere fra:

- 1) **criteri reali o assoluti**, che sono quelli trovabili in qualsiasi essere viventi, a qualsiasi momento, senza eccezione, senza la presenza contemporanea e costante dei quali nessun sistema può essere considerato vivente. Sono essi: i) l’unità inerente; ii) il metabolismo; iii) la stabilità inerente; iv) un sotto-sistema portatore di informazione; v) il controllo da parte di un programma.
- 2) **criteri potenziali**, che sono quelli indispensabili alla sopravvivenza della biosfera, ma che non costituiscono, tuttavia, dei criteri necessari alla Vita degli organismi individuali. I criteri potenziali sono tre: i) crescita e riproduzione; ii) possibilità di mutazioni ereditarie ed evoluzione; iii) mortalità.

La concezione di questa divisione in due tipi diversi di criteri, distinti ma entrambi essenziali alla Vita in senso lato, è indubbiamente interessante e non potevamo non farne riferimento in questa sede. Tuttavia, avendo noi scelto come principale fonte bibliografica il testo del 1996 ‘The essence of the living state’ (e, di conseguenza, il testo precedente *Contra Crick or The essence of life*), sul quale non vi è alcun riferimento alla suddetta distinzione, e nemmeno ai precisi criteri che ricadono sotto le due categorie, ed essendo la diversa distribuzione dei criteri definitivi sui due elenchi difficilmente organizzabile in un unico schema coerente (come si può concludere dalla tabella presentata sotto), abbiamo deciso di sviluppare la teoria del chemotone (per la quale Gànti è soprattutto conosciuto) e la caratterizzazione del vivente che ne deriva, menzionando soltanto in nota questa altra lista di proprietà. Tenendo conto anche del fatto che sia ‘The essence of the living state’, sia *Contra Crick or The essence of life* sono testi più recenti.

ELENCO DEL 1989 E 1996		ELENCO DEL 1971	
Sistema operativo:	- metabolismo - crescita - proliferazione	Criteri reali:	- unità - metabolismo - stabilità - informazione - programma di controllo
Sotto-sistema di controllo:	- programma di controllo - mutazioni ed evoluzione		
Membrana:		Criteri potenziali:	- crescita e riproduzione - mutazioni ed evoluzione - mortalità

Preferiamo, dunque, sintetizzare la prospettiva di Gànti in questo modo:

La Vita è l'attività di un chemotone, che è la sua unità minima. Il chemotone consiste in un sistema chimico operativo, controllato da un programma, che è un suo sotto-sistema.

NAKAMURA

La Vita, a tutti i suoi livelli, dalle macromolecole agli individui e anche alla società, è caratterizzata dall'**ordine**, ci dice H. Nakamura nella prima frase del suo 'The definition of life'²⁹³. L'ordine biologico, tuttavia, non può essere paragonato all'ordine che possiamo riscontrare, per esempio, nelle strutture cristalline, che rimangono uguali a se stesse anche se congelate nel tempo. La Vita, al contrario, consiste in un sistema **dinamicamente** ordinato, che esiste solo nella sua stessa messa in atto - **come una pièce** di cui gli attori (i materiali chimici), se presi separatamente o fuori dal palcoscenico (la matrice cellulare e genetica), non riescono a rendere conto²⁹⁴. Ed il paradosso della Vita è, dunque, proprio questo: il fatto che non abbiamo alcuna tecnica che ci permetta di analizzare una cellula intatta, per cui, per poter conoscere in profondità la Vita, dobbiamo uccidere la Vita stessa.

La Vita è una proprietà specifica della "costruzione" totale che, con base in quei piccoli mattoni che sono i biopolimeri, ha un nuovo inizio, ad ogni nuovo organismo. Essa è il risultato straordinario a cui l'evoluzione - dopo il "mondo a proteine", il "mondo a RNA" e infine il "mondo a DNA"²⁹⁵ - è giunta.

Perché vi sia la Vita, vi devono essere contemporaneamente tre condizioni necessarie:

²⁹³ NAKAMURA [1996].

²⁹⁴ Vi sono spesso delle situazioni in cui gli attori sono presenti ma non recitano il dramma della Vita. Nakamura ne dà un esempio chiaro: due pulcini, uno dei quali è vivo, mentre l'altro è omogeneizzato in un frullatore - la loro composizione chimica è identica, ma è evidente che uno è vivo e l'altro è morto. Lo stesso vale per due uova, una sode e l'altra cruda. Se messe alla giusta temperatura, una rimarrà inalterata, mentre dall'altra potrà nascere una nuova vita.

²⁹⁵ Nakamura difende la plausibilità di questa teoria, anche se le prove che potranno confermare la sua validità dovranno contemporaneamente confutare il "dogma centrale" proposto da Crick nel 1958 e mai più messo in discussione, secondo il quale la sola direzione possibile per l'informazione genetica è [proteine_RNA_DNA].

1. l'auto-mantenimento

(equilibrio fra anabolismo e catabolismo, e omeostasi; è questa stabilità dinamica la caratteristica più straordinaria della Vita);

2. l'auto-riproduzione

(che trasmette la specie-specificità delle sequenze proteiche dell'organismo, attraverso la rispettiva specie-specificità dell'informazione genetica²⁹⁶);

3. l'evoluzione

(attraverso le mutazioni, sia quelle indotte, sia, soprattutto, quelle spontanee).

Proviamo a concludere, allora, con la definizione che ci propone Nakamura, anche se egli è il primo ad avvertirci che i sistemi viventi sono come le “nuvole”: è molto difficile determinare quando le abbiamo raggiunto.

*Living things are defined as systems simultaneously having three characteristics: i) self-maintenance, ii) self-reproduction, and iii) evolution in interaction with the environment.*²⁹⁷

GAETA

Nel suo ‘Definition of life’²⁹⁸, F.S. Gaeta, difensore italiano del mondo a RNA, afferma innanzitutto la sua convinzione sulla necessità ed ubiquità della Vita.

Tenendo come base questo presupposto, egli sviluppa poi una lettura globale di quell'**evoluzione chimica** che ha permesso la comparsa dei primi “eobionti” (le prime molecole organiche gelatinose che flottavano alla superficie del brodo primordiale o si sedimentavano sul fondo, e sulle quali agivano le forze termodinamiche). Tra questi, ebbe inizio una forte competizione che si incentrava, non sui materiali (di cui, chiaramente, non vi era alcuna mancanza) e nemmeno sull'energia (che abbondava, grazie soprattutto alle straordinarie quantità liberate dalla degradazione dell'energia termica iniziale), bensì sulle

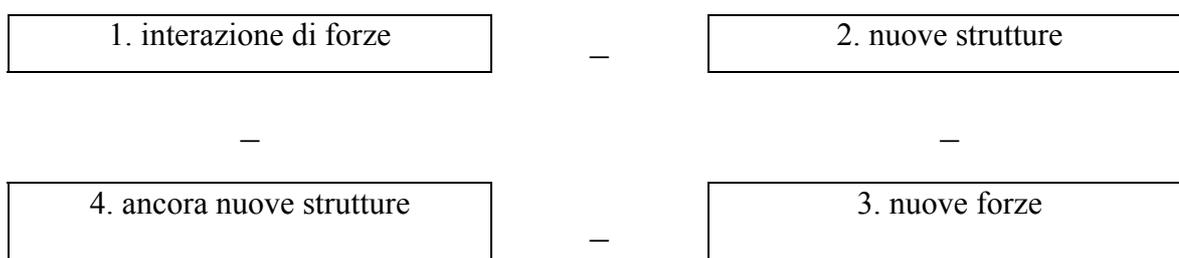
²⁹⁶ Nakamura difende che questa specie-specificità è solamente un carattere secondario, da cui la proprietà della Vita non dipende assolutamente.

²⁹⁷ «Le cose viventi sono definite in quanto sistemi che possiedono contemporaneamente tre caratteristiche: i) auto-mantenimento; ii) auto-riproduzione, e iii) evoluzione in interazione con l'ambiente» (Ivi, p. 167).

²⁹⁸ GAETA [1996].

ristrette “nicchie di entropie”, ovverosia, su quei posti come, per esempio, le superficie minerali, dove era, non solo possibile, ma probabile, o addirittura necessario un aumento della complessità molecolare. A questo punto, l’evoluzione chimica ha fatto leva, molto probabilmente, sugli eobionti più avanzanti, ossia i primi ribozimi, che hanno successivamente introdotto un diverso tipo di evoluzione, quella **pre-biologica**. L’autore considera che questi presentavano già i “principali prerequisiti” delle cellule viventi, quali: una superficie esterna attraverso la quale vi era il trasposto selettivo di materiali verso l’interno o verso l’esterno; attività metabolica; attività catalitica; replicazione e riproduzione. L’evoluzione pre-biologica ha, a sua volta, condotto alle prime forme di Vita, su cui cominciò ad agire un nuovo tipo di forza - la **pressione evolutiva** (in senso darwiniano), la forza motoria della biosfera. Questa, per Gaeta, è la vera proprietà definitoria del mondo del vivente. A questo punto, si diede finalmente inizio all’**evoluzione biologica**.

Lungo tutte le fasi dell’evoluzione, secondo l’autore, è riscontrabile una medesima linea di sviluppo (*a general trend of events*²⁹⁹), che rimane coerente attraverso i diversissimi scenari e lungo grandezze che si estendono per più di cento ordini di magnitudine, come un motivo che si ripete, anche quando si rinnova. Questa **continuità** determina, per esempio, che dalle strutture più semplici si passi sempre a quelle più complesse, o che da innumerevoli sistemi scoordinati si arrivi a reti di sottosistemi interdipendenti e fra di loro sinergicamente interagenti. In questa progressione verso una sempre maggiore complessità chimica, anche la successione di fasi evolutive si ripete:



Il perenne rinnovamento degli elementi che costituiscono questa realtà in movimento, è garanzia di una fiduciosa speranza per Gaeta. Egli, infatti, afferma con sicurezza:

²⁹⁹ Cfr. *ivi*, p. 82.

*The immortal entity that exists within every living organism – the DNA – evolves through the catastrophe, unaffected by the tragic turn of events, so that at the end disaster only eliminates the dead alleys of evolution, and multiplies instead the chances offered to the new species.*³⁰⁰

Gaeta riassume la sua digressione lungo la storia della graduale complessificazione forme viventi in una conclusiva definizione della Vita:

*Life consists in the capacity to reproduce and evolve, possessed by open thermodynamic systems that have developed with their surroundings interactions consenting a continuous acquisition of order.*³⁰¹

COLOMBO

Conosciamo già la Seconda Legge della Termodinamica, ci dice L. Colombo nel suo ‘The biogen: the ultimate living unit’³⁰². Tuttavia, la nostra biosfera supera di molto il grado di ordine (“neghentropia”) che potremmo aspettarci da un sistema aperto, come il nostro pianeta. Questo è perché in essa è apparsa una nuova forma di complessità: la metacomplexità.

Così come nel universo delle leggi fisiche regna la semplicità, nell’entropia dei sistemi stocastici, insieme al caso, impera la complessità. Quest’ultima può essere misurata dalla quantità di informazione (numero di bits) necessaria per descrivere il sistema. In un sistema fisico, la complessità è chiaramente minore perché le leggi universali ci permettono di relazionare gli eventi (causa-effetto). In un sistema stocastico, invece, in cui non vi è un rapporto di causalità fra le cose, dobbiamo acquisire separatamente l’informazione riguardante ogni singolo evento, per cui la **complessità**, in quanto **ricchezza di eventi**, aumenta considerevolmente.

Quando consideriamo i sistemi biologici, facciamo un passo in più: in essi troviamo non delle leggi universali governanti il tutto (come nei sistemi fisici), e nemmeno un insieme sregolato di eventi singoli (come nel mondo del caso), ma un’innumerabile quantità di

³⁰⁰ «L’entità immortale che esiste all’interno di ogni organismo vivente – il DNA – evolve attraverso la catastrofe, incolume a scapito della tragicità degli eventi, per cui, alla fine, il disastro elimina soltanto i vicoli ciechi dell’evoluzione, e moltiplica, invece, le possibilità offerte alle nuove specie» (Ivi, p. 102).

³⁰¹ «La Vita consiste nella capacità di riprodursi e di evolvere, posseduta da sistema termodinamici aperti che hanno sviluppato interazioni, con l’ambiente circostante, che permettono loro un continuo acquisto di ordine» (Ivi, p. 77).

³⁰² COLOMBO [1996].

regole specifiche secondo le quali gli eventi si relazionano fra loro. Ora la ricchezza risiede non soltanto nel numero di eventi, ma soprattutto nello straordinario numero di diversi accoppiamenti di eventi – accoppiamenti che devono essere considerati separatamente. La **metacomplexità** è quindi questa **ricchezza di eventi accoppiati**, che troviamo presente, appunto, nei biosistemi. Con la conoscenza scientifica, all'aumento dell'informazione che possiamo avere sul sistema, corrisponde la diminuzione della metacomplexità del sistema (tuttavia, soltanto fino a quel nucleo interno di eventi stocastici oltre il quale non si può andare).

E, dunque, se al determinismo corrisponde la semplicità, e al caso corrisponde la complessità, la metacomplexità a cosa corrisponde? Ci risponde Colombo: alla macromolecolarità. Nel mondo biologico, gli eventi sono i “bioeffettori” (per esempio, una proteina), mentre i metaeventi sono i “bioregolatori” (per esempio, un enzima allosterico).

In un sistema biologico, il mondo non funziona ad una sola dimensione (1-D), come in una semplice sequenza di amminoacidi, e nemmeno tridimensionalmente (3-D), come nella configurazione spaziale di una proteina. Il mondo funziona addirittura a quattro dimensioni (4-D), perché nel tempo la configurazione di ogni bioeffettore cambia continuamente. La metacomplexità biologica è quindi una metacomplexità regolatoria, o chiamiamola anche una “4-D-based neghentropy”³⁰³. In essa, ad ogni mutamento conformazionale corrisponde un bit di informazione.

Se, per esempio, congeliamo una cellula, avremo ancora una complessità tridimensionale. Ma non avremo più Vita, perché è cessato quel “flusso” vitale che implica la dimensione temporale, ovverosia, la metacomplexità.

*Regulatory metacomplexity is the most fundamental phenomenon of biosystems and provides a guideline to the definition of life.*³⁰⁴

Il vivente è costruito in modo modulare da piccoli mattoni strutturali, tra loro interagenti. Sono essi i “**biogeni**”, le unità vitali oltre le quali vi è soltanto il mondo inanimato. Ogni biogene è costituito da due bioeffettori interconnessi da un bioregolatore, e può essere, a sua volta, collegato agli altri in diversi modi³⁰⁵. Se il bioregolatore è un agente ambientale di natura fisica o chimica, esso sarà denominato **ecoregolatore**. È evidente che questa

³⁰³ «Una neghentropia tetradimensionale» (Ivi, p. 52).

³⁰⁴ «La metacomplexità regolatoria è il più fondamentale fenomeno dei biosistemi e fornisce una linea di orientamento per la definizione di Vita» (Ivi, p. 52).

³⁰⁵ Se consideriamo che ogni sistema biologico è costituito da biogeni, allora immediatamente rifiutiamo ai virus la qualità di viventi.

terminologia binominale (bioeffettore / bioregolatore) viene a semplificare straordinariamente la descrizione di qualsiasi meccanismo cellulare.

I biogeni s'integrano successivamente e formano dei biosistemi. Colombo considera che vi sia una continuità fra tutti gli elementi della biosfera - dagli infimi biogeni che, connessi insieme, formano la cellula (bioeffettore di secondo livello) che, interconnessa con altre cellule (biogene di secondo livello), forma un organo (bioeffettore di terzo livello) che, interconnesso con altri organi (biogene di terzo livello), forma il corpo (bioeffettore di quarto livello) che, interconnesso con altri corpi (biogene di quarto livello), forma una comunità sociale (bioeffettore di quinto livello) che, in cooperazione con altre popolazioni, società o nazioni (biogene di quinto livello), forma un'organizzazione sovranazionale (bioeffettore di sesto livello)... fino alla biosfera nel suo insieme, che si colloca, come bioeffettore, al settimo livello.

Salendo nella scala gerarchica si sale anche in termini di metacomplexità, per cui si suppone che i meccanismi evolutivi coinvolti nell'integrazione dei diversi livelli siano sorti come risposta alla tendenza ad aumentare l'efficienza termodinamica, ovverosia il guadagno di entropia negativa.

Una conseguenza imprevedibile della teoria di Colombo è che egli riconosce gli attributi vitali sia ai sistemi biotici macromolecolari, sia ai sistemi abiotici tecnologici, formati anch'essi dall'interazione fra effettori e regolatori - tecnologici³⁰⁶.

Comunque sia, biologia o tecnologica, la Vita, per Colombo, può essere riassunta in una definizione semplicissima:

Life is temporally-based macromolecular order.³⁰⁷

³⁰⁶ Secondo Colombo, il "tecnospazio", insieme alla "umanizzazione dell'ecospatio", al "controllo sulla biosfera" e al "noospazio", è una delle quattro maggiori conseguenze dell'enorme potere dell'uomo, conferitogli dalla sua straordinaria memoria. La memoria è la persistenza di un effetto nel tempo (per esempio, le crateri sulla luna sono una forma ambientale di memoria, mentre la persistenza di un prodotto bioregolatorio nel corpo è una forma biologica di memoria). La memoria non è una proprietà positiva *per se*, ma soltanto quando associata al miglioramento delle qualità adattative.

In genere, quanto più la memoria biologica aumenta (sia quella genotipica, ossia, il codice genetico, sia quella fenotipica, ossia, l'esperienza), più le risposte dell'organismo perdono la rigidità. Questo è quello che è successo alla specie umana, la quale possiede la massima capacità di memoria e plasticità di risposte, e conseguentemente le massime conoscenze ed intelligenza.

³⁰⁷ «La Vita è una forma temporale di ordine macromolecolare» (Ivi, p. 39). È interessante notare come l'analisi sviluppata da Colombo e la definizione a cui egli arriva sono, in molti aspetti, state anticipate, già negli anni 30, dalle considerazioni di A.I. Oparin sull'organizzazione temporale della materia vivente (vedi paragrafo 2.3.1, p. 107).

HARTMAN

Lungo il suo testo 'Evolutionary viruses and the origin of life'³⁰⁸, H. Hartman intraprende una decisa difesa dei virus in quanto organismi di un insostituibile valore evolutivo. Grazie al trasferimento orizzontale di geni da essi operato, i virus sono fondamentali per la speciazione, la variabilità e lo sviluppo degli altri esseri viventi. Difatti, così come i batteri portatori di malattie sono soltanto una piccolissima minoranza, così anche gli agenti virali nocivi potranno essere numericamente in significativi, rispetto a tutti quelli che hanno un ruolo prezioso per tutta la biosfera³⁰⁹.

Questa utilità, la possiamo anche inferire dal fatto che se, stando alla teoria di Hartman, i virus sono probabilmente frutto di batteri degenerati, dobbiamo allora trovare una spiegazione plausibile per la loro permanenza nel tempo. E questo implica che vi sia un vantaggio in questa sopravvivenza, vantaggio che sarebbe dunque questo loro ruolo per l'evoluzione.

Il contributo degli agenti virali per l'evoluzione è veramente di importanza incalcolabile, soprattutto perché, secondo l'autore, la Vita "per definizione" **deve evolvere**. Arriviamo dunque alla definizione di Vita in quanto capacità di evolvere, attraverso la replicazione, la mutazione e la selezione naturale.

*If one starts with the definition of life as any set of entities which are able to replicate, mutate, and be subjected to natural selection then viruses are living.*³¹⁰

I virus sono, dunque, le entità più semplici incluse nella definizione di Vita. Tuttavia, per la loro necessità di un ambiente complesso come condizione per la propria replicazione, essi non sono indicativi degli avvenimenti occorsi nei primordi della Vita. Secondo l'autore, nemmeno i ribozimi, pur essendo più semplici dei virus attuali, possono fornirci

³⁰⁸ HARTMAN [1996].

³⁰⁹ In uno strano paragrafo del suo articolo, Hartman difende che i virus virulenti non sono apparsi nel mondo della biologia o nel mondo dei computer per caso, a somiglianza delle parole che, all'inverso di quello che crediamo di solito, non sono state create dagli uomini, bensì "hanno creato gli uomini" e le società umane in modo a potersi replicare. Le parole "egoiste" sono discendenti dei geni egoiste e ne siamo infetti. «Words like War, Race, God, Peace, Communism and Capitalism have driven whole masses of men into frenzies of suicidal action in order to replicate themselves. Beware the self-replicating words that have escaped their contexts and have infected us all».

(Ivi, p. 124. "Parole quali Guerra, Razza, Dio, Pace, Comunismo e Capitalismo hanno portato intere mazze di uomini alla pazzia dell'azione suicida, in modo da potersi replicare. Attenti alle parole auto-replicanti che sono scappate dai loro contesti e ci hanno infettati tutti")

³¹⁰ «Se una parte dalla definizione della Vita in quanto ogni insieme di entità capaci di replicazione, mutazione, e soggezione alla selezione naturale, allora i virus sono esseri viventi» (Ivi, p. 119).

un modello plausibile per le forme originarie della Vita, visto che esigono un ambiente geochimico molto complesso e un'atmosfera primordiale molto improbabile. Ci restano, allora, i catalizzatori argillosi auto-replicanti che Hartman considera siano non soltanto i candidati più semplice al ruolo di primi antenati della Vita ai tempi del “*Clay World*”, ma che difende siano addirittura già vivi – così come vivi a pieno diritto sono, secondo lui, i virus dei computer!

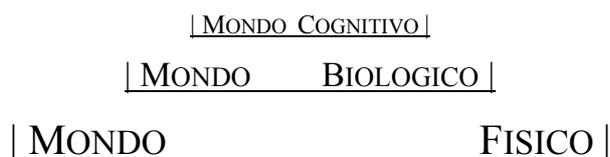
Qualunque sia la direzione verso cui si muove l'autore, per il nostro lavoro l'importante è la definizione di Vita che egli ci propone. Riassumiamola:

La Vita consiste in ogni tipo di entità che sia capace di replicarsi, mutare ed essere soggette alla selezione naturale.

CELA-CONDE

La direzione su cui si sviluppa l'articolo ‘Life as a problem’³¹¹ di C. Cela-Conde, antropologo e filosofo della biologia di Maiorca, è molto insolita. Anche se il suo testo si presenta in un'opera di carattere scientifico e dimostra una considerevole conoscenza biochimica, esso fonda la particolare natura degli esseri viventi sulla loro **imprevedibilità**. Partendo dalla considerazione, ancora comune a molti autori, secondo cui la composizione chimica dei viventi non basta mai a definirli (così come bagnare qualcuno con un litro di acqua non è lo stesso che lanciargli un chilo di ghiaccio in testa), l'autore decide di fare un audace passaggio: dalla biologia alla psicologia.

Riferendosi alla distinzione popperiana fra il mondo fisico, il mondo mentale ed il mondo dei prodotti della mente umana, Cela-Conde divide anch'egli la realtà in tre mondi: **fisico, biologico e cognitivo**. Possiamo rappresentarli così³¹²:



³¹¹ CELA-CONDE [1996].

³¹² Questo schema illustrativo è di responsabilità nostra.

Il mondo fisico è il substrato all'interno del quale emerge il livello biologico, substrato a sua volta del mondo psicologico, anch'esso emergente. Quest'emergenza è fonte di una nuova prospettiva attraverso cui dobbiamo interpretare l'azione dei soggetti dei mondi "superiori". Ogni livello ha un potere "disturbante" nei confronti dell'ordine sottostante. Difatti, senza che arrivi a contraddire le leggi che gli stanno alla base, il mondo biologico fugge alle previsioni fisiche, così come il mondo psicologico fugge alle previsioni biologiche.

L'elemento "nuovo" che distingue il mondo biologico dallo scenario che gli sottostà è la **volontà** (*will*), che tuttavia non presuppone uno stato mentale cosciente. A man mano che saliamo la "scala" degli organismi, si riduce il grado di prevedibilità e aumenta il grado di incertezza. Insieme a questo, aumenta anche, secondo l'autore, il grado di "**libertà**" (*freedom*), parallelamente al grado di "libera volontà" (*free will*)³¹³.

In un certo senso, questo è giustificato dal fatto che, così come afferma Mayr, tra le ragioni per cui vi è un altissimo grado di indeterminatezza fra gli organismi, l'unicità del mondo biologico è forse quella più rilevante.

*One of the immediate consequences is that statistical predictions can only be made for predictable behaviour. Unpredictable elements appear when we descend to the level of the individual.*³¹⁴

Vi sono diversi gradi di volontà. A seconda di questi, la combinazione fra volontà, libertà e imprevedibilità farà sì che vi sia un comportamento automatico, oppure un comportamento controllato, o ancora l'infinita varietà di livelli intermedi.

Cela-Conde ci dice che non si ha troppa difficoltà ad attribuire lo stato di "libertà" ai "piccoli animali" di Van Leeuwenhock, mentre invece è un po' meno facile farlo con i virus. Già abbiamo i nostri dubbi sul fatto che sia così netta la differenza fra la categorizzazione degli uni e degli altri, rafforzati poi dalla nota finale in cui l'autore ammette con strana tranquillità:

This paper refers to "life" and "animate beings" putting aside most living beings. Neither eubacteria nor archaea seem to suit the arguments used here. Among eukaryotic organisms, plants and fungi have been ignored as well. Many unicellular animals are also too far from the criteria which I'm using, consequently, just some animals, most of them pluricellular, qualify to be considered as "living beings". However, the

³¹³ Cfr. pp. 33-34.

³¹⁴ «Una delle conseguenze immediate è che le previsioni statistiche possono essere fatte soltanto per il comportamento prevedibile. Elementi imprevedibili appaiono non appena scendiamo verso il livello del individuo» (Ivi, p. 34).

*characteristics of these species – the human species included – have special importance from the point of view of the folk-concept about what life is. This is the limited field in which this paper has been written.*³¹⁵

La definizione della Vita in quanto libertà e imprevedibilità è dunque limitata ai soli animali “superiori”. E tutti gli altri viventi? Rimangono inseriti nel cosiddetto “mondo fisico”? Ma forse no, visto che l’autore ha anche affermato esplicitamente la libertà dei batteri e dei protozoi.

Ci sorprende che l’unico autore di formazione filosofica che abbiamo trattato in questo capitolo sia precisamente quello che presenta una definizione i cui confini, mutevoli lungo il testo, lasciano inoltre all’esterno la grande maggioranza della popolazione riferita – il che difficilmente può essere considerato legittimo, nonostante la varietà di teorie della definizione che abbiamo presentato prima.

Concludiamo, comunque, con la definizione che ci lascia Cela-Conde:

*Living things are beings which process information in such a way that in the sequence [environmental stimulus _ knowledge construction _ motor response], possible results (motor responses) in terms of inputs (environmental stimuli) cannot be mechanically predicted.*³¹⁶

OMODEO

Nel suo articolo ‘What is a living being?’³¹⁷, P. Omodeo si propone di arrivare ad una completa definizione del vivente (e non della Vita, nozione considerata troppo astratta per una definizione conclusiva e di utilità pratica) attraverso l’analisi dell’itinerario storico

³¹⁵ «Questo lavoro si riferisce alla ‘vita’ e agli ‘esseri animati’, tenendo da parte la maggioranza degli esseri viventi. Né gli eubatteri nemmeno gli archebatteri sembrano rispettare gli argomenti seguiti in questa sede. Tra gli organismi eucarioti, le piante ed i funghi sono stati anch’essi ignorati. Anche molti animali unicellulari rimangono troppo lontani dai criteri che uso, per cui **soltanto alcuni animali, soprattutto pluricellulari, sono tali da poter essere considerati ‘esseri viventi’**. Nonostante questo, le caratteristiche di queste specie – la specie umana inclusa – hanno una speciale importanza dal punto di vista della **concezione corrente su che cosa è la vita**. Questo è il campo limitato entro il quale questo testo è stato scritto» (Ivi, p. 38 [grassetto nostro]).

³¹⁶ «Le cose viventi sono enti che processano informazione in modo tale che nella sequenza [stimoli ambientali _ costruzione di conoscenza _ risposta motrice], i risultati possibili (risposte motrici) in termini di *inputs* (stimoli ambientali) non possono essere meccanicamente previsti» (Ivi, p. 25).

³¹⁷ OMODEO [1996].

percorso dal pensiero umano lungo gli ultimi secoli. Difatti, il suo testo ha proprio come sottotitolo: “History of a long-standing question and its tentative replies”³¹⁸.

Partendo dalla definizione cartesiana del vivente in quanto “macchina”, Omodeo ripercorre il dibattito fra meccanicismo, vitalismo e organicismo, attraversando l’evoluzione di quel concetto fino alla moderna concezione di “sistema”. Adottando egli stesso la definizione di essere vivente in quanto “sistema aperto”, e la definizione di sistema aperto in quanto “sistema attraverso il quale vi è un **flusso di materia e energia**”, l’autore sviluppa un’analisi storica di questi ultimi due termini, essendo il primo considerato tanto antico quanto l’umanità stessa, mentre il secondo è già frutto di un lungo e problematico travaglio.

Vi è tuttavia ancora un terzo flusso attraversante il sistema vivente, flusso che, pur essendo di rado messo in evidenza, è da Omodeo considerato di “valore liberatorio” per la biologia moderna. Si tratta del **flusso di informazione**, concetto che, proposto in seguito a vaghe nozioni quali la “entelechia” di Driesch, il “*élan vital*” di Bergson, la “memoria” di Semon e Hering o il “disegno prestabilito” di Bernard, tra altri, venne finalmente conferire il rigore scientifico che mancava alle idee di questi autori, affermando contemporaneamente l’irrefutabile carattere teleonomico del organismo vivente.

*By resorting to the notion of processing of information flow, it becomes possible to interpret, without finalistic wandering, the purposes that all living beings display. These purposes are hard to make out in a reasonable way if information theory is not taken into account.*³¹⁹

Difatti, questo flusso d’informazione, che consiste in “*stored information which can be issued on request*”³²⁰, e che permette l’auto-controllo interno e dirige i rapporti dell’organismo con l’ambiente circostante, non rimane un concetto astratto, metafisico. Esso presuppone sempre un apposito substrato fisico (mantenuto anche dal flusso di materia) e il sufficiente rifornimento energetico (garantito dal flusso di energia).

*No living being can be imagined in which a flux of information does not take place.*³²¹

³¹⁸ «Storia di una lunga questione e dei suoi tentativi di risposta» (Ivi, p. 187).

³¹⁹ «Con il ricorso alla nozione del processarsi di un flusso di informazione, diventa possibile interpretare, senza speculazioni finalistiche, gli scopi che tutti gli esseri viventi rivelano. Un approccio ragionevole a questi scopi è molto difficile, se la teoria dell’informazione non è tenuta in considerazione.» (Ivi, p. 193).

³²⁰ «[...] informazione immagazzinata che può venire utilizzata sotto richiesta» (Ivi, p. 193).

³²¹ «Nessun essere vivente può essere concepito senza che in esso vi sia un flusso di informazione» (Ivi, p. 194).

L'informazione è quindi una proprietà necessaria al vivente in quanto tale e costituisce, anzi, la base di un'altra sua caratteristica fondamentale: l'evoluzione. Quest'ultima, infatti, dev'essere intesa in quanto modificazione quantitativa e qualitativa dell'informazione posseduta da una popolazione o da una specie.

Insieme all'evoluzione storica dei concetti definitivi del vivente che oggi fanno parte del patrimonio conoscitivo a cui è giunta l'umanità, Omodeo sviluppa anche una rassegna di quelle caratteristiche morfologiche e strutturali che sono state scoperte negli ultimi due secoli, grazie alle fondamentali innovazioni tecnologiche, quali: la **cellularità**, la **riproduzione** (nella quale sono implicite la mutabilità e la conseguente capacità di **evolvere** – sopra riferita a proposito del contenuto d'informazione), la presenza di una **membrana** selettiva e le proprietà rigenerative e **auto-regolative** di tutti gli esseri viventi. Queste caratteristiche, perché comuni a tutti gli organismi, sono anch'esse da lui considerate essenziali. Esse sono, inoltre, indipendenti dalla composizione chimica dell'organismo, il che conferma la natura contingente di quest'ultima.

Per ultimo, l'autore lascia chiaro che i virus non possono essere inclusi nella definizione di vivente, nella misura in cui, per farlo, bisognerebbe togliere la cellularità ed il flusso metabolico di energia e di materia dalla stessa definizione – scelta da lui considerata “non conveniente”.

Concludiamo, citando l'esplicita definizione che Omodeo stesso ci presenta:

*The living being is an open system, cellular, self-reproducing, with self-regulated flows of matter, energy and information which run through it and control its growth and steady state. Because of its attributes such a system is capable of evolution, by adapting itself to changing environmental conditions.*³²²

DEAMER

Nell'articolo ‘Sources and syntheses of prebiotic amphiphiles’³²³, D.W. Deamer descrive parti della sua ricerca di fonti plausibili di molecole anfifiliche prebiotiche. Come presupposto per il suo lavoro, egli considera che le prime forme di **vita cellulare**, “per

³²²«L'essere vivente è un sistema aperto, cellulare, auto-riproduttore, con flussi auto-regolati di materia, energia ed informazione, che lo attraversano e che controllano la sua crescita e la sua stabilità. Grazie ai suoi attributi, questo sistema è capace di evoluzione, attraverso l'adattamento alle mutevoli condizioni ambientali» (Ivi, p. 187).

³²³ DEAMER [1994].

definizione”, richiedevano **membrane**, per cui le molecole necessarie alla formazione spontanea della prima cellula, anche se probabilmente più semplici di quelle attuali, dovevano comunque possedere tre prerequisiti fondamentali: i) la stabilità; ii) la permeabilità; iii) la fluidità.

Le ipotesi su cui lavora l'autore si fondano sul plausibile approdo di composti organici (carboidrati) a partire dai meteoriti e comete che colpivano di frequenza la Terra ai primi tempi. Attraverso l'azione successiva della radiazione UV proveniente dal sole, premessa la presenza di acqua, le molecole anfifiliche necessarie alla formazione delle prime membrane, potrebbero essere state sintetizzate per ossidazione fotochimica.

Grazie agli esperimenti del gruppo di ricerca di Luisi, è stato provato che una vescicola membranosa può autoreplicarsi anche prima che in essa vi sia un apposito sistema chimico di replicazione. È quindi da supporre che l'evoluzione dei sistemi auto-catalitici (*core*) che crescono all'interno delle membrane, possa essersi svolta parallelamente all'evoluzione delle vescicole autoreplicanti stesse (*shell*).

La definizione di cellula minima, ovverosia, di minima forma di Vita cellulare, viene nel seguito di queste considerazioni:

*A minimal cell [can be] defined as a membrane-bounded molecular system that is capable of catalyzed replication.*³²⁴

Si noti che Deamer presuppone la sola “vita cellulare” e, al di là di quest'ultima, non si chiede mai che cosa sia la Vita in sé.

FLEISCHAKER

G.R. Fleischaker inizia la sua argomentazione, nell'articolo ‘A few precautionary words concerning terminology’³²⁵, dal chiarimento sulla differenza di significato dei termini replicazione (*replication*) e riproduzione (*reproduction*). La prima, realizzata attraverso una forma di duplicazione indiretta (per cui lo stampo non è mai la sostanza di partenza, bensì un “negativo” di essa), è di ordine molecolare, mentre la seconda è di ordine sistemico.

³²⁴ «Una cellula minima [può essere] definita come un sistema molecolare capace di una replicazione catalizzata e delimitato da una membrana» (ivi, p. 229).

³²⁵ FLEISCHAKER [1994].

Riassumiamo in una tabella queste differenze:

REPLICAZIONE	RIPRODUZIONE
- delle parti componenti il sistema	- del sistema come un tutto
- consiste nel aumento numerico attraverso l'addizione e la moltiplicazione	- consiste nel aumento numerico attraverso la divisione
- agisce a partire da materiale proveniente dall'esterno	- agisce a partire da materiale proveniente dal proprio interno
- non implica il metabolismo	- implica il metabolismo, nella misura in cui esige la previa crescita interna del sistema

La riproduzione, dunque, al contrario di quello che comunemente si ritiene, non è considerata da Fleischaker una caratteristica necessaria alla Vita. Infatti, la riproduzione presuppone il metabolismo e non vice-versa, per cui è il **metabolismo** la caratteristica primaria sulla quale si fondano le altre proprietà.

La Vita consiste nell'organizzazione cellulare, ossia nella continuità delle operazioni interne, nella continuità dell'operare stesso della cellula. Questa visione unitaria si collega alla teoria dell'autopoiesi e, come quella, propone una definizione di Vita secondi cui essa non risiede nei componenti strutturali o nel prodotto finale dell'attività del sistema, bensì nella rete dinamica che mette in continuo rapporto le parti ed il tutto.

Ogni sistema vivente, in quanto tale, deve presentare tre caratteristiche:

- i) **auto-limitante** (*self-bounding*)
- ii) **auto-generatore** (*self-generating*)
- iii) **auto-perpetuante** (*self-perpetuating*)

Questa è la minima definizione di vivente, rispettata in primo luogo dalla minima unità vitale che è la **cellula**. Nessun particolare componente della cellula può, da solo, definire la Vita, e nemmeno nessun processo metabolico preso isolatamente. La stessa composizione chimica (che ha delle caratteristiche comuni in tutta la biosfera) è irrilevante per la definizione che cerchiamo.

Note that living systems are defined not in particular 'metabolic' processes but in the organization of those dynamic processes as a single unitary operation. By this set of criteria, then, it is not the physical replication of component parts that defines the systems as living but the self-generation of a network of component production. That network of production is the system's end-product and the consequence of its own activity, and it is that network whose operation establishes metabolic activity – itself both effect and cause of systems operations.

[...] What is critical are the operations themselves, not the specific mechanisms or molecules employed in those operations. According to this universal definition, if molecules are organized in such a way that a physical system is produced and perpetuated as the result of a self-generating electrochemical network of production, that system is a living system.³²⁶

Così come è il metabolismo quello che definisce la Vita, allo stesso modo è l'emergenza del metabolismo quello che definisce l'origine della Vita. Il punto di vista di Fleischaker sulle origini non è gradualista, bensì emergentista, il che vuol dire che egli non concepisce una comparsa progressiva e lineare della Vita, come struttura molecolare divenuta nel tempo sufficientemente complessa, in conseguenza di un'evoluzione prebiotica "adeguata". Secondo la concezione emergentista, invece, indubbia continuità materiale ed energetica delle prime forme di Vita rispetto alla realtà pre-biotica è compensata dalla profonda discontinuità in termini dell'organizzazione del sistema. La Vita è apparsa all'improvviso, come una forma totalmente nuova e differente di organizzazione: "a different dimension of doing molecular business in whole-cell systems"³²⁷.

Si noti che, a somiglianza della riproduzione, anche la crescita non è considerata da Fleischaker un fenomeno definitorio del vivente. Entrambe queste proprietà costituiscono soltanto dei fenomeni secondari, dipendenti dal grado relativo di sintesi e degradazione prodotte dal metabolismo, per cui né l'una né l'altra definiscono il vivente.

Nemmeno l'evoluzione è tenuta in considerazione dall'autore, che a questo proposito critica la definizione di Vita data dalla NASA (definizione che abbiamo già citato, insieme

³²⁶ «Si noti che i sistemi viventi sono definiti non da processi 'metabolici' particolari ma dall'organizzazione di questi processi dinamici in *un'unica operazione unitaria*. Secondo questi criteri, dunque, non è la replicazione delle parti componenti quello che definisce il sistema in quanto vivente, bensì l'*auto-generazione di una rete di produzione dei componenti*. Quella rete di produzione è il prodotto finale del sistema e la conseguenza della sua propria attività, ed è quella rete la cui operazione istaura l'attività metabolica – essa stessa sia effetto, sia causa delle operazioni del sistema.

[...] Quello che è determinante sono le operazioni stesse, non i meccanismi specifici o le molecole impiegate in quelle operazioni. **Secondo questa definizione universale, se delle molecole sono organizzate in modo tale da far sì che un sistema fisico sia prodotto e perpetuato come risultato di un'auto-generatrice rete elettrica di produzione, quel sistema è un sistema vivente**» (Ivi, p. 38[grassetto nostro]).

³²⁷ «una dimensione differente di intraprendere le faccende molecolari nei sistemi molecolari» (Ivi, pp. 38-39).

a M. Rizzotti). A suo avviso, l' "essere capace di evoluzione" non può essere una proprietà definitoria, visto che 1) la "capacità di", essendo una qualità potenziale, è logicamente impossibile di dimostrare; e 2) senza una "esibizione" qui ed ora, niente può essere provato.

Concludiamo, allora:

La Vita è l'attività metabolica di ogni sistema organizzato capace di i) auto-delimitarsi, ii) auto-generarsi e iii) auto-perpetuarsi.

BRACK

Nel suo articolo del 1994, 'Are peptides possibile support for self-amplification of sequenze information?'³²⁸, così come nel testo del 1996, 'What is life?'³²⁹, A. Brack ci presenta i risultati della ricerca da egli sviluppata sulla plausibilità dei peptici auto-catalitici come primi sistemi capaci di immagazzinare e di trasmettere informazione.

Per l'autore, ogni sistema chimico auto-replicante è, non solo un sistema vivente, ma è Vita. Dobbiamo riuscire a dissociare il concetto di Vita dalla nozione di complessità che spesso lo accompagna, e a scendere anche al di sotto del livello molecolare. Difatti, alla definizione di Vita si giunge attraverso l'individuazione dei requisiti minimi per la Vita primitiva, i quali, a loro volta, possono essere messi in evidenza dalla ricostruzione della Vita primitiva in laboratorio – la quale, prima di essere cellulare, è soltanto molecolare.

I requisiti comunemente considerati necessari alla Vita minima sono i) la **replicazione** e i) l'**evoluzione** per mezzo degli errori effettuati nella replicazione stessa. In entrambi i testi tenuti in considerazione in questo paragrafo, Brack non mette mai in questione quello che è "*commonly admitted*"³³⁰, per cui supponiamo che egli accolga come suoi i due criteri summenzionati.

L'auto-replicazione $[A-B+A+B _ A-B+A-B]$ consiste in un'autocatalisi selettiva che, proprio in quanto opera una scelta fra le diverse combinazioni possibili (scartando, in questo caso $[A-A]$, $[B-A]$ e $[BB]$), aggiunge un contenuto di informazione al lavoro catalitico.

³²⁸ BRACK [1994].

³²⁹ BRACK [1996].

³³⁰ «comunemente accettato» (BRACK [1994], p. 115).

Oggigiorno, l'immagazzinamento e la trasmissione dell'informazione attraverso auto-replicazione dei componenti di ogni sistema vivente vengono realizzati dagli acidi nucleici. La ricerca dei metodi primitivi che hanno operato l'auto-replicazione nei primordi della storia della Vita ha, tuttavia, messo in evidenza una quantità significativa di difficoltà per quanto riguarda il precoce protagonismo di oligoribonucleotidi come replicatori. Il superamento di queste difficoltà è da Brack considerato poco probabile, anche se spesso questi limiti non vengono ammessi dai protagonisti della ricerca che preferiscono, in certo modo, “truccare” i dati degli esperimenti (per esempio: ad ogni nuova fase di un esperimento, ripartono sempre da composti puri, o semmai da un'elevata concentrazione dei reagenti che interessano loro di più, a scapito dal fatto che il prodotto desiderato, nella fase precedente dell'esperimento, non sia risultato dominante³³¹). Anche i tentativi intrapresi fino ad ora per la sintesi di replicatori più semplici, presenta delle grosse difficoltà³³².

Secondo l'autore, la soluzione sta nelle sequenze peptidiche, le cui formazione spontanea, attività autocatalitica e crescita secondo una conformazione stabile, appaiono come risposta ai limiti sopraccitati.

I **polimeri peptidici** possono avere una conformazione di tipo α (alfa-elica, come una spirale) oppure di tipo β (struttura-beta, come un foglio piegheggiato). La conformazione del secondo tipo è considerata dall'autore un plausibile serbatoio di informazione: essa si forma soltanto sotto determinate condizioni (omochiralità degli aminoacidi e sequenze necessariamente alternate di poli idrofilici e poli idrofobici), condizioni che tuttavia sono mantenute lungo la crescita auto-direzionata della catena, il che permette un guadagno di informazione. Anche se la replicazione non è fatta a partire dall'aggiunta di un aminoacido dopo un altro (come succede, invece, per le sequenze di nucleotidi), bensì per mezzo di corti pezzetti di sequenze che si ripetono, la **stereoselettività** della struttura-beta fa della sua crescita una “*information self-amplification*”³³³.

³³¹ Anche Shapiro ha fatto un riferimento critico a questo tipo di intervento intenzionale e intelligente sullo svolgimento degli esperimenti di sintesi di forme di Vita minima (vedi, in questa sede, pp. 94-99).

³³² Nell'ambito degli esperimenti con gli acidi nucleici, Brack cita l'esempio della ricerca di **Orgel** (il cui principale limite è la non chiusura del cerchio replicatorio, per il mancato ritorno dalla sequenza finale alla sequenza iniziale) e la ricerca di **von Kiedrowski** (che presenta il problema dello distaccamento del prodotto dallo stampo iniziale, perché l'autocatalisi possa continuare). Per quanto riguarda la ricerca di replicatori più semplici, l'autore fa riferimento al lavoro di **Rebek** (che, come nel caso del ricercatore precedente, presenta dei limiti per quanto riguarda la mancata crescita esponenziale dei replicatori, per causa delle difficoltà per lo distaccamento della copia dallo stampo) e di **Luisi** (i limiti del cui lavoro riguardano, secondo Brack, l'instabilità dell'informazione immagazzinata e la conseguente impossibilità di un'evoluzione per selezione naturale).

³³³ «auto-amplificazione dell'informazione» (Ivi, p. 116).

Quello che a noi preme sottolineare è che Brack consideri dunque che i peptidi, in quanto prime strutture auto-replicanti, sono anche le prime forme viventi.

Difatti, come abbiamo già detto, secondo l'autore:

*Life is a chemical system capable to replicate itself by autocatalysis and to make errors which gradually increase the efficiency of autocatalysis.*³³⁴

KORZENIEWSKI

Nel suo articolo, pubblicato recentemente nel *Journal of Theoretical Biology*, 'Cybernetic Formulation of the Definition of Life'³³⁵, B. Korzeniewski espone la sua proposta per una minima definizione di Vita, formulata secondo concetti e termini tratti dalla cibernetica – scienza che si presenta come una “epistemologia applicata”, che cerca la descrizione e comprensione dei limiti dei sistemi in generale (biologici, tecnologici, sociali), utilizzando per questo concetti come “informazione”, “feedback” e “controllo”³³⁶.

L'autore prende l'avvio dalle molteplici definizioni che del fenomeno della Vita sono state proposte nel ultimo secolo e che hanno messo in evidenza variatissime proprietà, quali, la composizione organica, la complessità, la struttura gerarchica, il metabolismo, il movimento autonomo, la capacità di risposta agli stimoli, l'entropia negativa o la struttura dissipativa di sistemi che sono essenzialmente lontani dall'equilibrio, la riproduzione, l'informazione genetica ereditaria, l'evoluzione. A suo avviso, però, nessuna di queste definizioni arriva al “core” dell'essenza della Vita, visto che sono tutte, o troppo ristrette e relative soltanto al fenomeno presente della Vita terrestre, così come la conosciamo noi, oppure troppo ampie, per cui includono al loro interno criteri applicabili anche al mondo dell'inanimato.

Secondo Korzeniewski, la Vita sulla Terra manifesta fundamentalmente tre proprietà che sono assenti dalle entità inanimate:

³³⁴ «La Vita è un sistema chimico capace di auto-replicarsi per mezzo di autocatalisi e di fare errori che gradualmente aumentano l'efficienza dell'autocatalisi» (BRACK [1996], p. 9).

³³⁵ KORZENIEWSKI [2001].

³³⁶ PANGARO [1990], 'Cybernetics', in *Macmillan Encyclopedia of Computers*, Macmillan, London, 1991.

1. l'**individualità** (la Vita è composta da individui particolari)
2. la **riproduzione** (che implica il trasferimento dell'identità alla progenie)
3. l'**evoluzione** (nella quale l'identità soffre cambiamenti da generazione in generazione)

La seconda e la terza caratteristica equivalgono alle ultime tre proprietà già rilevate dagli altri autori menzionati all'inizio del testo. La prima, invece, è un aspetto fondamentale che sorregge tanto la riproduzione quanto l'evoluzione, e che manca di approfondimento. Difatti, quella Vita che si riproduce, che trasmette il suo contenuto di informazione genetica e che evolve, non è, ogniqualvolta che essa compare, una struttura come un'altra, la cui descrizione dipende unicamente dalla mera descrizione delle sue proprietà fisiche, ma incarna invece in un individuo particolare, che possiede un'identità, ovvero, un insieme di caratteristiche che sono "queste e non altre".

La definizione di Vita dovrà dunque partire dalla definizione di "**individuo vivente**", la quale sarà data in termini ciberneticici. Vediamola:

*[...] A living individual is defined within the cybernetic paradigm as a system of inferior negative feedbacks subordinated to a superior positive feedback.*³³⁷

Vi sono, dunque, **due sistemi retroattivi, uno negativo e uno positivo, il primo subordinato al secondo.**

In cosa consistono, più precisamente, questi due sistemi? Quello di retroazioni negative è, in altre parole, il nostro metabolismo omeostatico che, per ogni particolare dettaglio dell'organismo considera che vi sia un valore ottimale, di cui ogni minima alterazione provoca una risposta (retroazione, appunto – *feedback*) che lo riporti al punto iniziale. Spesso questa risposta è sparsa a più livelli gerarchici del organismo, in modo che, per esempio, un cambiamento a livello muscolare implicherà un "contro-cambiamento" a livelli proteici, forse in tutt'altra parte del corpo. Questo sistema è quello che garantisce l'identità dell'individuo (la prima delle tre proprietà menzionate prima).

Per quanto riguarda, invece, il secondo sistema, questo agisce in modo "positivo", per cui, piuttosto che provare a rispondere a dei cambiamenti indesiderati, esso opera effettivamente nel senso di qualcosa di nuovo, obbedendo ad una "legge" secondo la quale,

³³⁷ «[...] Un individuo vivente viene definito, all'interno del paradigma ciberneticico, come un sistema di retroazioni inferiori negative, subordinato ad un sistema di retroazioni superiori positive» (KORZENIEWSKI [2001], p. 278).

maggior è il valore di un determinato parametro e maggiore sarà anche il suo tasso di incremento. Il sistema di retroazione positiva è il responsabile della crescita e della riproduzione (la seconda proprietà osservabile nei viventi).

L'**identità** “creata” e conservata dal sistema di retroazioni negative tende alla **moltiplicazione** di se stessa. Tende, dunque, alla retroazione positiva, chiudendo il ciclo del individuo vivente.

*The full set of negative feedbacks (regulatory mechanisms), working on different hierarchical levels and representing the cybernetic aspect of the function of a living individual, has the “purpose” of sustaining the identity of the individual. In turn, the only “purpose” of this identity is to reproduce itself in as many copies as possible. Furthermore, from the cybernetic point of view, the identity of a given individual is nothing but such-and-not-another unique complex of negative feedbacks. Therefore, life can be presented as a set of different identities focused on themselves, on their own survival and reproduction.*³³⁸

Nella misura in cui costituisce un sistema di sopravvivenza e di auto-riproduzione, l'individuo vivente è automaticamente soggetto all'evoluzione (ecco la terza proprietà che avevamo osservato fosse propria soltanto dei viventi e non degli altri oggetti che troviamo sulla Terra). A questo punto, il vivente acquisisce un nuovo nome: “**evoluone**”.

Essere o non un “evoluone” sarà, dunque, il criterio con cui Korzeniewski separa nettamente il vivente dal non vivente. Nella prima categoria rientrano i virus, i viroidi, le cellule cancerogene, DNA parassitico e plasmidi, tra altre forme solitamente considerate ambigue. Nella seconda categorie rimangono, per esempio, le caste sterili (o anche riproduttrici, come la regina) delle colonie di insetti (perché la profonda interdipendenza fra i diversi ruoli fanno sì che soltanto la colonia come un tutto possa essere considerata un individuo cibernetico (evoluone)).

Infatti, tenendo conto che “*the phenomenon of life consists in a directed-at-itself identity of living organisms*”³³⁹, un organismo altruista non può essere considerato vivo a pieno titolo, mentre, per esempio, le cellule cancerogene, che hanno conquistato la propria “libertà” dal organismo pluricellulare, la cui sopravvivenza e riproduzione doveva essere il loro unico

³³⁸ «L'insieme delle retroazioni negative (meccanismi regolatori), che lavorano a differenti livelli e che rappresentano l'aspetto cibernetico della funzione di un individuo vivente, ha il “**proposito**” di sostenere l'identità dell'individuo. Dal lato suo, questa identità ha come unico “**proposito**” quello di riprodurre tante più copie di se stessa quanto possibile. Inoltre, dal punto di vista della cibernetica, l'identità di un determinato individuo non è altro che questo-e-non-altro complesso unico di retroazioni negative. Quindi, la Vita può essere presentata come **un insieme di identità incentrate su se stesse, sulla loro propria sopravvivenza e riproduzione**» (*Idem* [grassetto nostro]).

³³⁹ «Il fenomeno della Vita consiste in un'identità direzionata-verso-se-stessa degli esseri viventi» (Ivi, p. 286).

proposito in quanto parte di esso, hanno ricevuto, insieme a questa conquista, anche la condizione di viventi.

Secondo Korzeniewski, la “*purposefulness*” degli esseri viventi (che possiamo considerare equivalente alla teleonomia di Monod) è il criterio chiave con cui possiamo distinguere i sistemi biologici dagli altri sistemi inanimati. In questo senso, l’autore ci propose anche una formula con cui si può misurare la “*purposeful information*”, che è l’unica informazione considerata biologicamente rilevante. Con questa formula (che, essendo molto specifica, non troviamo conveniente presentare in questa sede) è possibile, secondo Korzeniewski, misurare la “quantità” di Vita presente nei differenti sistemi analizzati.

Alla luce di questa teoria, il primo essere vivente sorse nella Terra quando, ad un certo momento dell’evoluzione chimica, emerse il primo sistema auto-replicante possedente un’identità e capace di trasmetterla alla progenie. Questo, secondo l’autore, accadde solamente dopo la comparsa del codice genetico, ovverosia, dopo che si stabilì un “iperciclo” che collegava la funzione regolatrice (posseduta, dagli inizi, dalle molecole polipeptidiche) all’ereditarietà (a cui erano indispensabili gli acidi nucleici).

Nel suo ultimo articolo, ‘Confrontation of cybernetic definition of life with the real world’, Korzeniewski ha completato il testo che qui abbiamo trattato, confrontando la definizione cibernetica della Vita con il mondo “reale”, ossia, con la biosfera che troviamo sul nostro pianeta. In questo modo, egli ha provato a dimostrare che, date le restrizioni imposte alla definizione minima della Vita dalla realtà fisica in cui essa si è materializzata, vi sono diverse particolari proprietà che s’impongono e che sono universali sulla Terra. L’autore conclude che la definizione cibernetica della Vita “genera” la proprietà che troviamo presenti nella Vita terrestre, quali: la composizione organica, la struttura dissipativa, la complessità, ecc.

Riassumiamo la definizione della Vita, formulata in termini tratti dalla cibernetica:

*Life (a living individual) is defined as a network of inferior negative feedbacks (regulatory mechanisms) subordinated (being at service of) a superior positive feedback (potential of expansion).*³⁴⁰

³⁴⁰ «La Vita (l’individuo vivente) è definito come un sistema di retroazioni inferiori negative (meccanismi regolatori) subordinato a (al servizio di) una retroazione superiore positiva (potenziale di espansione)» (Ivi, p. 275).

CAPITOLO TERZO

UNA NOSTRA DEFINIZIONE DI VITA

**Tutto ciò che lo spirito conoscitivo ha ispezionato senza residuo,
che egli si trova davanti aperto e svelato oltre ogni mistero,
ha perduto proprio per questo ogni attrattiva per lui.
Il fatto invece che le stesse cose che ci stanno ogni giorno vicine,
che ogni mattina vediamo nella loro esistenza ed essenza,
non ci diventano insopportabili,
deriva dal misterioso carattere della verità,
che è ogni volta più ricco di quanto si percepisce in esso.**

(Hans Urs von Balthasar)

Dopo che abbiamo passato in rassegna alcune delle principali definizioni di Vita, è arrivato il momento di fermare la ricerca bibliografica perché, rallentando il passo e il fiato, possiamo cercare noi una nostra propria definizione. Per fare questo, dovremo prima tentare di individuare una linea coerente di lettura che ci permetta di integrare la grande varietà di posizioni tenute in considerazione lungo il secondo capitolo. Solo allora riusciremo a raccogliere insieme tutto il bagaglio qui disperso, in modo da renderlo disponibile ad una sintesi, con l'obiettivo di una formulazione unica di quella che a noi sembrerà essere la migliore definizione di Vita.

Questo terzo capitolo sarà dunque suddiviso in due parti: una riorganizzazione e sistematizzazione delle differenti posizioni scientifiche a cui abbiamo fatto riferimento nel secondo capitolo; e un tentativo di definizione della Vita, che prenderà come base quello che abbiamo imparato dagli scienziati, tenendo presente anche quello che, delle loro posizioni, vogliamo rifiutare.

3.1. LA PROPOSTA SCIENTIFICA

A nostro avviso, una delle più importanti tappe nella comprensione di un argomento intricato è la schematizzazione analitica. Per questa ragione, consideriamo che il primo passo per il ritrovamento di un filo conduttore che ci aiuti ad ordinare tutti gli autori finora studiati sarà sicuramente la stesura di una scheda che riesca a cogliere alcune tracce decisive delle loro posizioni, in modo da poterne poi identificare le similitudini e le differenze.

Il secondo passo sarà, quindi, la sintesi di questa diversità in un numero ridotto di concetti chiave, attraverso i quali consideriamo sia possibile trarre il nocciolo delle possibili letture della Vita. Questo ci permetterà di racchiudere finalmente tutte le posizioni studiate in poche idee fondamentali che serviranno da tramite per il passaggio verso la seconda parte di questo terzo capitolo, in cui presenteremo la nostra propria interpretazione.

3.1.1. CHE COSA NE DICONO GLI SCIENZIATI

Nel tentativo di raccogliere gli aspetti più determinanti della maniera in cui gli scienziati qui considerati hanno trattato il problema della definizione della Vita, abbiamo scelto di mettere in evidenza i seguenti ambiti:

1. “Vita in sé?”

Con questa domanda vogliamo considerare la separatezza o meno della Vita dai viventi reali, ovvero, capire se gli autori la considerano come qualcosa a se stante, come un “soffio” posseduto da certi oggetti, oppure come un mero termine usato al riguardo delle cose viventi.

2. “Che cos’è la ‘Vita’?”

Se, infatti, la Vita in sé non esiste, allora qual è il significato di questo termine?

3. “Che cosa viene definito?”

Non sempre gli scienziati danno definizioni esplicite della Vita. Spesso riusciamo a trovare nelle loro opere una definizione soltanto degli esseri viventi. Altre volte, troviamo differenti definizioni in differenti opere, casi in cui abbiamo scelto quella che di più si avvicina ad una definizione esplicita della Vita (e l’abbiamo segnata a grassetto).

4. “Proprietà (criteri definitivi)”

All’interno della definizione scelta, che essa riguardi la Vita o il vivente, abbiamo elencato le proprietà che gli autori hanno rilevato in quanto criteri definitivi della Vita, ossia, proprietà che separano il vivente (quello che le possiede) dal non vivente (quello che non le possiede).

5. “Frontiere del vivente”

I differenti autori contemplati da questa rassegna si contraddistinguono, infine, per un ultimo aspetto: il limite inferiore al di là del quale non vi è più un essere vivente - la “Vita minima”. Curiosamente, questa frontiera si stende dai virus dei computer agli organismi pluricellulari.

	VITA IN SÉ?	CHE COS'È LA "VITA"?	CHE COSA VIENE DEFINITO?	PROPRIETÀ (CRITERI DEFINITORI)	FRONTIERE DEL VIVENTE
<i>LETTURA CONVENZIONALE</i>					
<i>- MANUALISTICA</i>					
1. DARNELL ET AL.	NO	il nome che diamo al comportamento delle cellule	il comportamento complessivo dei componenti delle cellule	1) funzionare 2) crescere 3) dividersi	cellula
2. CAMPBELL	SÌ (ma sempre associata alle proprietà)	"qualcosa" che percepiamo nell'attività dei viventi	... non possiamo definire la Vita ma soltanto "osservare ciò che fanno le cose viventi" (in cui essa si manifesta)	1) ordine 2) riproduzione 3) crescita e sviluppo 4) utilizzazione dell'energia 5) risposta all'ambiente 6) omeostasi 7) adattamento evolutivo	cellula
<i>- DIVULGAZIONE</i>					
3. BONCINELLI	NO	un complesso di molecole organizzate in entità fisiche	- la Vita - il vivente	1) organizzazione spaziale 2) durata nel tempo 3) riproduzione 4) cellularità	cellula
4. MAYR	NO	un termine con cui "reificiamo" il processo vitale	il processo vitale (= attributi dei viventi)	1) complessità 2) unicità chimica 3) qualità 4) unicità e variabilità 5) programma genetico 6) natura storica 7) selezione naturale 8) indeterminazione 9) struttura gerarchica 10) emergenza	virus
<i>CLASSICI TEORICI</i>					
5. SCHRÖDINGER	NO	un tipo di organizzazione della materia	sistemi viventi	1) regolarità - "neghentropia" 2) unicità - cristallo aperiodico	?
6. MONOD	NO	concetto che associamo alle proprietà dei viventi	il vivente (tipo particolare di organizzazione della materia)	1) teleonomia 2) morfogenesi autonoma 3) invarianza	?
7. DAWKINS	NO	un ordine materiale complesso	la Vita	1) auto-replicazione 2) evoluzione	molecole auto-replicanti

	VITA IN SÉ?	CHE COS'È LA "VITA"?	CHE COSA VIENE DEFINITO?	PROPRIETÀ (CRITERI DEFINITORI)	FRONTIERE DEL VIVENTE
8. DE DUVE	NO	una manifestazione di speciali proprietà della materia	- la Vita - il vivente - la base chimica della vita	1) lontananza dall'equilibrio 2) crescita 3) moltiplicazione 4) flusso materia e energia	cellula
<i>CLASSICI DELLA RICERCA: - ORIGINI</i>					
9. OPARIN	NO	una forma di organizzazione della materia	la Vita	1) organizzazione spaziale 2) organizzazione temporale 3) individualità 4) flusso materia e energia 5) attività catalitica	cellula
10. FOX	NO	la Vita coincide con le entità viventi	la Vita = i viventi sintetizzati in laboratorio	1) costituzione proteica 2) metabolismo 3) crescita 4) riproduzione 5) risposta agli stimoli 6) informazione 7) mobilità	microsfere proteiche
<i>- TERMODINAMICA</i>					
11. PRIGOGINE	NO	un esempio di auto-organizzazione della materia	la Vita	1) lontananza dall'equilibrio 2) attività metabolica 3) tendenza evolutiva	struttura dissipativa
<i>LA RICERCA OGGI: - BIOFISICA</i>					
12. AGENO	NO	il nome che diamo al processo vitale	il vivente	1) un sistema coerente 2) dotato di un programma	cellula
<i>- ORIGINI</i>					
13. RIZZOTTI	NO	un fenomeno cellulare	la Vita	1) cellularità 2) complessità 3) riproduzione 4) informazione	cellula batterica
14. MAYNARD SMITH E SZATHMÁRY	NO	la duplice natura degli esseri viventi	il vivente	1) metabolismo autocatalitico 2) controllo dell'informazione	cellula (ereditarietà e metabolismo)

	VITA IN SÉ?	CHE COS'È LA "VITA"?	CHE COSA VIENE DEFINITO?	PROPRIETÀ (CRITERI DEFINITORI)	FRONTIERE DEL VIVENTE
<i>- SINTESI DI LABORATORIO</i>					
15. LUISI E VARELA	NO	l'unità (proprietà emergente) di ogni processo autopoietico	il sistema autopoietico = il vivente	1) auto-mantenimento 2) auto-rigenerazione 3) auto-limitazione 4) identità	cellula <i>(shell e core)</i>
<i>- ALTRI</i>					
16. GÀNTI	NO	l'attività di un sistema vivente	il vivente = chemotone	1) sistema chimico operativo 2) sotto-sistema di controllo	"chemotone" (un "programma" e un "computer"; Virus NO)
17. NAKAMURA	NO	una pièce	le cose viventi	1) auto-mantenimento 2) auto-riproduzione 3) evoluzione	cellula
18. GAETA	NO	il nome dato alle capacità evolutive dei viventi	i sistemi termodinamici aperti che chiamiamo viventi	1) riproduzione 2) evoluzione	?
19. COLOMBO	NO	un tipo di ordine macromolecolare (basato sul tempo)	il biogene	1) metacomplexità	"abiogeni" tecnologici (effettori e regolari)
20. HARTMAN	NO	insieme delle entità viventi	i virus	1) auto-replicazione 2) mutazione 3) evoluzione per selezione naturale	cristalli di argilla e virus dei computer (entità auto-replicanti)
21. CELA-CONDE	?	?	gli esseri viventi	1) imprevedibilità 2) libertà	organismi pluricellulari
22. OMODEO	NO	nozione astratta e di poca utilità pratica	il vivente	1) flusso di materia 2) flusso di energia 3) flusso di informazione	cellula
23. DEAMER	NO	sempre "vita cellulare": la forma di esistenza di una cellula	la cellula minima	1) membrana (<i>shell</i>) 2) replicazione autocatalitica (<i>core</i>)	cellula
24. FLEISHAKER	NO	una forma speciale di organizzazione molecolare	la Vita = metabolismo della cellula	1) auto-limitazione 2) auto-generazione 3) auto-perpetuazione	cellula
25. BRACK	NO	ogni sistema auto-replicante	la Vita = sistema vivente	1) replicazione 2) evoluzione	peptidi auto-replicanti
26. KORZENIEWSKI	NO	l'identità degli organismi viventi	la Vita = l'individuo vivente	1) sistema retroattivo negativo: metabol. per la conservazione dell'identità 2) sistema retroattivo positivo: riproduzione ed evoluzione	"evoluone" (virus Si; caste sterili, solo come collettività)

Riassumiamo un po' quello che abbiamo registrato in questa tabella, senza, però, pretendere di fare dei dati qui presentati una trattazione statistica:

1. Vita in sé?

Come abbiamo potuto verificare, per quanto riguarda la prima domanda, praticamente la totalità degli autori ha considerato che la Vita *non è* qualcosa di separato dalla concreta esistenza degli oggetti vivente (soltanto Campbell sembrò proporre una visione più vitalistica, senza che però, a nostro avviso, ne fosse minimamente consapevole).

2. Che cos'è la 'Vita'?

Già per quanto riguarda la specificazione di quello con cui la Vita coincide – visto che non è qualcosa a se stante -, possiamo dire che gli autori si sono divisi fra due possibilità alternative (che hanno chiaramente abbracciato, ognuno a modo suo): la Vita in quanto *materia* organizzata; o la Vita in quanto *attività, comportamento* o *proprietà* della materia organizzata.

3. Che cosa viene definito?

La definizione ha riguardato soprattutto tre oggetti, dei quali i due ultimi possono forse considerarsi quasi coincidenti, nella pratica: la *Vita*; il *vivente* (le sue proprietà); il *processo vitale* (l'attività del vivente).

4. Proprietà (criteri definitivi)

Questi criteri tanto possono essere quattro come dieci o semplicemente due (in genere, se sono solo due criteri, essi consistono nelle proprietà della riproduzione e dell'evoluzione). È sull'interpretazione dei criteri definitivi della Vita che il nostro sforzo di ritrovo di una linea coerente di lettura e di sintesi si dovrà concentrare.

5. **Frontiere del vivente**

La forma minima di Vita più considerata è chiaramente la *cellula*. Non sono, tuttavia, poche le proposte alternative, che vanno dai virus ai cristalli di argilla, alle strutture dissipative, ai peptidi autoreplicanti o a certe nuove categorie ontologiche, quali gli “evoluoni”, “chemotoni” o “(a)biogeni”.

Non è facile capire che cosa trarre da tutta questa informazione. Il nostro obiettivo non è sicuramente quello di fare il conteggio delle risposte del tipo A, B, o C alla terza domanda della scheda. Non vogliamo “ripetere” in un modo “organizzato” le idee che già ci hanno presentato gli scienziati. Vogliamo, invece, attraverso una nostra propria lettura creativa, trovare quello che, nei riguardi del concetto della Vita, vi è di comune e di realmente importante in tutti questi autori. Riconoscere il disegno semplice e chiaro che risulta da tutte le loro parole messe insieme.

3.1.2. UNA CHIAVE DI LETTURA

Nello schema globale appena presentato, abbiamo trovato diversi elenchi di proprietà definitorie, che abbiamo spesso trovato ordinati secondo differenti criteri e modalità di classificazione. Nello studio delle opere e delle proposte dei differenti autori, questo ci ha permesso di verificare come, a seconda della prospettiva a partire da cui si guarda la Vita, le caratteristiche rilevate possano risultare distinte, così come a seconda del modo in cui i differenti aspetti del vivente sono raggruppati e messi in relazione fra di loro, anche il quadro generale che ci appare come un tutto coerente avrà un suo particolare disegno.

Le diverse forme di sistematizzazione adottate dagli scienziati studiati nella presentazione dell'insieme delle proprietà del vivente, costituiscono uno strumento di speciale utilità per il nostro tentativo di ritrovare e ridefinire le frontiere scientifiche del concetto della Vita. Il fatto che le differenti caratteristiche elencate vengano raggruppate

all'interno di altre più ampie "sovraproprietà", fa sì che comincino a venire delineate alcune tracce specialmente marcate del volto della Vita, il che ci permette di avvicinarci sempre di più al nostro obiettivo.

Per esempio, come abbiamo già visto, Maynard Smith e Szathmáry hanno considerato che la ricerca sulla Vita può svilupparsi essenzialmente su due fronti: il fronte che mette in evidenza le capacità metaboliche di **autosostentamento** del vivente o quello, invece, che ne sottolinea l'**evoluzione** per selezione naturale, attraverso cui viene trasformato il suo contenuto di eredità³⁴¹.

Anche Luisi e Varela, difensori dell'autopoiesi, hanno sollevato la differenza fra i due punti di vista sotto cui la Vita può essere analizzata: quello della **popolazione** (per il quale è fondamentale soprattutto la trasmissione ereditaria dell'informazione) e quello dell'**individuo** (per cui è essenziale solamente il processo di sopravvivenza del sistema vivente nel tempo)³⁴².

Infine, anche la distinzione operata da Gánti fra i criteri reali o **assoluti** e i criteri **potenziali** s'inserisce su questa linea, visto che fra le proprietà considerate assolute (del vivente qui ed ora) vi è, innanzitutto, il metabolismo, e fra quelle potenziali (che sono presenti nella biosfera in generale ma possono essere assenti dall'individuo) vi sono la riproduzione e l'evoluzione.

Queste ultime precisazioni riguardano soprattutto il punto di vista che lo studioso della Vita può scegliere come chiave di lettura. Oltre a questo, gli autori che abbiamo presentato nel secondo capitolo mettono spesso in rilievo anche altri modi di semplificare l'analisi del vivente, non più attraverso la scelta di una particolare prospettiva, ma invece per mezzo di un assemblaggio delle caratteristiche fondamentali del vivente - quelle che, sotto un angolo o sotto l'altro, devono venire sempre e comunque rilevate - in pochi (spesso due) grandi gruppi fondamentali.

Gánti, per esempio, come abbiamo visto prima, ha sempre insistito sull'indissociabile complementarità fra le due componenti fondamentali di ogni essere vivente: un sistema informatico che "controlla" (il **programma**) e un sistema operativo

³⁴¹ Il secondo tipo di definizione della Vita è quello più esplorato da Maynard Smith e Szathmáry, visto che costituisce il presupposto di base per la problematica di cui si occupano - le origini e l'evoluzione della Vita (Cfr., in questa sede, pp. 140-144).

³⁴² A differenza degli autori prima citati, Luisi e Varela preferiscono analizzare il vivente sotto la prospettiva del singolo individuo (Cfr., in questa sede, pp. 144-153).

che ne viene “controllato” (il **computer**). In questo caso, possiamo constatare che ambedue questi elementi fanno parte delle caratteristiche “assolute” del vivente, visto che nessun organismo può sussistere senza un permanente controllo da parte del suo patrimonio di informazione – sia che esso venga trasmesso successivamente alle nuove generazioni, o sia che non lo venga³⁴³.

Anche Korzeniewski, con la sua definizione cibernetica della Vita, ha messo in rilievo il rapporto dialettico fra il **sistema retroattivo negativo** (che consiste nel metabolismo volto alla conservazione dell’identità) e quello **positivo** (che ha invece come proposito la riproduzione e l’evoluzione), entrambi formanti l’individuo vivente completo³⁴⁴. Con questo binomio, l’autore ha semplificato enormemente la definizione e il concetto stesso della Vita.

Infine, per quanto riguarda Mayr, uno dei più importanti aspetti della Vita sottolineati è la duplice causalità del vivente, ovverosia, il fatto che quest’ultimo debba obbedire, a livello del suo **fenotipo**, alle leggi universali di tutto il mondo fisico, e, a livello **genotipico**, alle leggi genetiche che ne regolano, come un rumore di fondo, le possibilità di comportamento. Queste due “dimensioni” esistenziali della Vita corrispondono anche a due tipi diversi di spiegazione: il fenotipo viene descritto e spiegato per mezzo delle leggi della fisica e della chimica, mentre il genotipo risponde soltanto alle spiegazioni fornitegli dalla propria storia evolutiva³⁴⁵. Anche se l’autore non l’ha proposta come tale (la duplice causalità della Vita è, infatti, presentata come una proprietà del vivente, fra altre), ci sembra che anche questa divisione possa costituire un’utile semplificazione delle caratteristiche dei sistemi biologici, nella misura in cui tutte le facoltà necessarie all’individuo vivente in quanto tale dovranno rientrare esclusivamente in uno di questi due livelli.

A nostro avviso, le differenti modalità di classificazione a cui abbiamo fatto un breve accenno non devono rimanere sconnesse fra di loro. Esse possono, invece, venire integrate in uno schema unitario di lettura della Vita, con il quale riusciremo forse ad ordinare concettualmente l’insieme delle caratteristiche sparse che osserviamo negli

³⁴³ Anche se entrambi gli aspetti della Vita sono ugualmente essenziali, Ganti ne privilegia quello normalmente più dimenticato, ovvero, quello che riguarda i criteri assoluti e, all’interno di questi ultimi, la continua attività metabolica dell’organismo vivente (Cfr., in questa sede, pp. 153-157).

³⁴⁴ Cfr., in questa sede, pp. 174-177.

³⁴⁵ Mayr considera entrambi questi aspetti come parte integrante di ogni forma di Vita. Tuttavia, secondo il suo avviso, è il possesso di un programma genetico la proprietà più esclusiva e distintiva dei viventi (Cfr., in questa sede, pp. 48-49).

oggetti viventi. Secondo la nostra concezione di questo schema, ne troviamo, in primo luogo, una contrapposizione fondamentale :

LA PROSPETTIVA SINCRONICA *versus* **LA PROSPETTIVA DIACRONICA**
 - l'aspetto autopoietico della Vita - - l'aspetto evolucionistico della Vita -

Questa distinzione fra l'attualità e la storicità della Vita non basta, tuttavia, a riassumere gli schemi esplicativi enunciati. Abbiamo bisogno di un ulteriore binomio che racchiuda in sé altri due aspetti fondamentali del vivente, sia in quanto necessari ad ogni singolo individuo "reale", qui ed ora, sia nella misura in cui sono due diverse prospettive sotto cui possiamo considerare la Vita nel suo svolgersi temporale. Parliamo della contrapposizione fra la componente "attiva" e la componente "informatica" di tutti gli organismi biologici:

L'AZIONE *versus* **L'INFORMAZIONE**
 - l'aspetto metabolico della Vita - - l'aspetto genetico della Vita -

Ambedue queste antinomie sono già state rappresentate dagli schemi utilizzati dagli autori summenzionati per riassumere le proprietà dei viventi. Mettiamo, dunque, in rapporto le suddivisioni propositeci da Maynard Smith e Szathmáry, Gánti, Mayr e gli altri, con le nostre due contrapposizioni, da noi scelte con l'obiettivo di provare, appunto, a racchiudere con un'ancora ulteriore semplicità i vari aspetti dei viventi.

SINCRONIA:
<ul style="list-style-type: none"> - autosostentamento - individuo - criteri assoluti - <i>feedback</i> negativo

versus

DIACRONIA:
<ul style="list-style-type: none"> - evoluzione - popolazione - criteri potenziali - <i>feedback</i> positivo

AZIONE:
- computer
- fenotipo

versus

INFORMAZIONE:
- programma
- genotipo

Nessuna delle due distinzioni risulta priva di ambiguità, visto che ognuno degli aspetti componenti ognuna di esse può venire interpretato in più maniere, grazie, appunto, alle due alternative dimensioni sollevate dall'altra contrapposizione di cui disponiamo. Proviamo a schematizzare quest'intreccio, questo doppio antagonismo, rendendo evidenti le quattro possibili combinazioni fra le differenti dimensioni del vivente:

	- computer - fenotipo	- programma - genotipo
- autosostentamento - individuo - criteri assoluti - <i>feedback</i> negativo	AZIONE SINCRONICA	INFORMAZIONE SINCRONICA
- evoluzione - popolazione - criteri potenziali - <i>feedback</i> positivo	AZIONE DIACRONICA	INFORMAZIONE DIACRONICA

Se uno considera che l'organismo vivente è essenzialmente un processo fenotipico di autosostentamento, allora la teoria della Vita adottata s'inserirà nella prima categoria, quella della "Azione Sincronica". Se invece il fenomeno vitale è analizzato secondo una prospettiva popolazionale, come capacità di evoluzione a livello di un programma morfogenetico che subisce cambiamenti lungo il passaggio delle generazioni, allora sarà la "Informazione Diacronica" la categoria più adatta a ritrattare la definizione della Vita.

Ogni autore non può non prendere posizione riguardo ad ognuna delle due contrapposizioni, orientandosi di più verso l'azione o l'informazione, di più verso l'individuo qui ed ora o verso la popolazione nel succedersi delle sue generazioni, o ancora

pesando nella stessa misura tanto l'azione quanto l'informazione, e tanto l'aspetto autopoietico quanto quello storico. Questo fa sì che noi possiamo inserire gli autori in queste quattro categorie (in soltanto una di loro, o due o tre, e anche tutte e quattro), semplificando moltissimo la loro tanto diversificata lettura della Vita.

Due ultime possibilità devono essere ulteriormente considerate, tuttavia, per quanto riguarda l'ambito della storicità: ad esso, infatti, appartengono tanto l'aspetto riproduttivo della Vita, quanto quello evolutivo; di conseguenza, gli autori possono, sia sottolinearli entrambi, sia anche considerare rilevante soltanto uno di essi. Per questo, le quattro categorie da considerare diventano sei, anche se sempre nel contesto di due grossi ambiti divisi al loro interno in quattro gruppi.

Le categorie verranno adesso cercate, all'interno del lavoro dei vari autori. In modo da farci comprendere meglio a cosa ci riferiamo nell'invocarle, esse saranno così chiamate:

- 1. METABOLISMO**
(azione sincronica);
- 2. RIPRODUZIONE / EVOLUZIONE**
(azione diacronica);
- 3. PATRIMONIO GENETICO**
(informazione sincronica);
- 4. EREDITARIETÀ / MUTABILITÀ**
(informazione diacronica).

	DEFINIZIONE	AZIONE			INFORMAZIONE		
		SINCRONICA	DIACRONICA		SINCRONICA	DIACRONICA	
		METABOLISMO	RIPRODUZIONE	EVOLUZIONE	PATRIMONIO GEN.	EREDITARIETÀ	MUTABILITÀ
1. DARNELL ET AL.	<i>La Vita è il nome che diamo alla capacità di funzionare, crescere e dividersi che hanno gli organismi formati da cellule, ovverosia, appunto, gli esseri viventi.</i>						
2. CAMPBELL	<i>La Vita è qualcosa che si manifesta attraverso le proprietà essenziali degli esseri viventi, a cui sempre viene associata. Queste proprietà sono: l'ordine, la riproduzione, la crescita e lo sviluppo, l'utilizzazione dell'energia, la risposta all'ambiente, l'omeostasi, l'adattamento evolutivo.</i>						
3. BONCINELLI	<i>La vita consiste in un complesso di molecole e macromolecole organizzate nello spazio e nel tempo in cellule, ovverosia, in entità fisiche che sopravvivono per qualche tempo e che si riproducono.</i>						
4. MAYR	<i>La "Vita" è il nome che diamo al "processo vitale" che avviene negli organismi e che conferisce loro dieci attributi: la complessità, l'unicità chimica, la qualità, l'unicità e variabilità, il possesso di un programma genetico, la natura storica, la selezione naturale, l'indeterminatezza, la struttura gerarchica e l'emergenza.</i>						
5. SCHRÖDINGER	<i>La Vita è un speciale tipo di organizzazione della materia che si concretizza in particolari sistemi aperti che chiamiamo viventi, nei quali si manifesta attraverso:</i> - la regolarità (un ordine che, alimentandosi dall'entropia negativa che estrae dall'esterno, mantiene se stesso e produce eventi ordinati); - l'unicità (la presenza di un cristallo aperiodico, ognuno dei cui atomi contribuisce singolarmente alla codificazione di un piano di sviluppo del sistema e dei mezzi per realizzarlo).						

	DEFINIZIONE	AZIONE			INFORMAZIONE		
		SINCRONICA	DIACRONICA		SINCRONICA	DIACRONICA	
		METABOLISMO	RIPRODUZIONE	EVOLUZIONE	PATRIMONIO GEN.	EREDITARIETÀ	MUTABILITÀ
6. MONOD	<i>La Vita è il concetto che associamo all'insieme delle proprietà dei sistemi viventi, ovverosia, la teleonomia, la morfogenesi autonoma e l'invarianza.</i>						
7. DAWKINS	<i>La Vita consiste in un ordine complesso e perfettamente strutturato, che si realizza in "macchine di sopravvivenza" capaci di auto-replicazione e di evoluzione.</i>						
8. DE DUVE	<i>La capacità di un sistema di mantenersi in uno stato lontano dall'equilibrio, di crescere e moltiplicarsi, giovandosi di un continuo flusso di energia e materia fornito dall'ambiente.</i>						
9. OPARIN	<i>La Vita è una forma di organizzazione spaziotemporale della materia, che si realizza all'interno di strutture individuali, grazie ad un continuo afflusso di materia e energia e ad un'intensa attività catalitica.</i>						
10. FOX	<i>La Vita consiste in entità proteiche capaci di metabolismo, crescita, riproduzione, di dare risposte bioelettriche a degli stimoli, di processare e trasmettere informazione macromolecolare e di spostarsi nello spazio.</i>						
11. PRIGOGINE	<i>La Vita è una manifestazione spontanea e complessa delle capacità auto-organizzative della materia in uno stato stazionario di non-equilibrio, sotto la forma di una struttura dissipativa. È, dunque, caratterizzata da una continua attività metabolica e da imprevedibili potenzialità evolutive.</i>						
12. AGENO	<i>La Vita è il nome che diamo al processo che caratterizza gli organismi viventi, ovverosia, alla particolare fenomenologia dei sistemi coerenti dotati di un programma.</i>						

	DEFINIZIONE	AZIONE			INFORMAZIONE		
		SINCRONICA	DIACRONICA		SINCRONICA	DIACRONICA	
		METABOLISMO	RIPRODUZIONE	EVOLUZIONE	PATRIMONIO GEN.	EREDITARIETÀ	MUTABILITÀ
13. RIZZOTTI	<i>La Vita è un fenomeno cellulare che si prolunga nel tempo, sotto condizioni favorevoli, e che è caratterizzato da tre principali proprietà: complessità (auto-organizzazione), riproduzione (auto-duplicazione) e informazione (traduzione).</i>						
14. MAYNARD SMITH E SZATHMÁRY	<i>La Vita è il nome che diamo alla duplice natura degli esseri viventi, ovverosia alle loro due caratteristiche necessarie: - il metabolismo autocatalitico (che conferisce loro la capacità di crescere e di rispondere agli stimoli); - il controllo dell'informazione (tenuto attraverso la moltiplicazione, la variabilità e l'eredità, le quali portano spontaneamente all'evoluzione per selezione naturale)</i>						
15. LUISI E VARELA	<i>La Vita è un processo ciclico di auto-mantenimento e auto-rigenerazione, che avviene entro lo uno spazio racchiuso di un'unità autopoietica che, in questo modo, conserva la propria identità.</i>						
16. GÀNTI	<i>La Vita è l'attività di un chemotone, che è la sua unità minima. Il chemotone consiste in un sistema chimico operativo, controllato da un programma, che è un suo sotto-sistema.</i>						
17. NAKAMURA	<i>Living things are defined as systems simultaneously having three characteristics: i) self-maintenance, ii) self-reproduction, and iii) evolution in interaction with the environment.</i>						
18. GAETA	<i>Life consists in the capacity to reproduce and evolve, possessed by open thermodynamic systems that have developed with their surroundings interactions consenting a continuous acquisition of order.</i>						

	DEFINIZIONE	AZIONE			INFORMAZIONE		
		<u>SINCRONICA</u>	<u>DIACRONICA</u>		<u>SINCRONICA</u>	<u>DIACRONICA</u>	
		METABOLISMO	RIPRODUZIONE	EVOLUZIONE	PATRIMONIO GEN.	EREDITARIETÀ	MUTABILITÀ
19. COLOMBO	<i>Life is temporally-based macromolecular order.</i>						
20. HARTMAN	<i>La Vita consiste in ogni tipo di entità che sia capace di replicarsi, mutare ed essere soggette alla selezione naturale.</i>						
21. CELA-CONDE	<i>Living things are beings which process information in such a way that in the sequence [environmental stimulus _ knowledge construction _ motor response], possible results (motor responses) in terms of inputs (environmental stimuli) cannot be mechanically predicted.</i>						
22. OMODEO	<i>The living being is an open system, cellular, self-reproducing, with self-regulated flows of matter, energy and information which run through it and control its growth and steady state. Because of its attributes such a system is capable of evolution, by adapting itself to changing environmental conditions.</i>						
23. DEAMER	<i>A minimal cell [can be] defined as a membrane-bounded molecular system that is capable of catalyzed replication.</i>						
24. FLEISHAKER	<i>La Vita è l'attività metabolica di ogni sistema organizzato capace di i) auto-delimitarsi, ii) auto-generarsi e iii) auto-perpetuarsi.</i>						
25. BRACK	<i>Life is a chemical system capable to replicate itself by autocatalysis and to make errors which gradually increase the efficiency of autocatalysis.</i>						
26. KORZENIEWSKI	<i>Life (a living individual) is defined as a network of inferior negative feedbacks (regulatory mechanisms) subordinated (being at service of) a superior positive feedback (potential of expansion).</i>						

Come possiamo constatare, con questa chiave di lettura, la posizione di ogni scienziato nei riguardi della Vita comincia ad essere sempre più facile da identificare e da mettere in confronto con le posizioni alternative. Se ci chiediamo: “che cosa ne pensa della Vita Richard Dawkins?”, facilmente arriveremo alla conclusione che, per lui, la Vita consiste soltanto in “azione diacronica”, in particolare, in riproduzione ed evoluzione. E scopriamo anche che la sua visione del fenomeno vitale si colloca agli antipodi di quella di Schrödinger, che considera irrilevante la componente storica della Vita e dà invece un forte rilievo ai suoi aspetti metabolico e informatico.

Anche la comprensione complessiva di tutti questi autori diventa un obiettivo meno lontano se proviamo a riassumere l’ultima tabella, vedendo come si sono distribuiti gli autori nelle sei possibilità che avevano a disposizione. Nel quadro di 26 prospettive diverse e di 6 categorie (vicendevolmente non esclusive) da accogliere o da rifiutare all’interno ogni prospettiva - e quindi, con un possibile totale di 156 possibilità -, vi sono state 61 risposte positive (spazi anneriti) e di conseguenza 95 risposte negative (spazi bianchi). Facciamo il confronto fra il diverso successo di queste sei possibili categorie:

	AZIONE		INFORMAZIONE	
SINCRONIA	21		7	
DIACRONIA	15	10	4	4
	RIPROD.	EVOLUZ.	EREDIT.	MUTABIL.

La categoria più frequentemente considerata necessaria alla Vita è quella della “Azione Sincronica”, ossia, il **metabolismo**. Si seguono le due forme di “Azione Diacronica”, prima la **riproduzione** e poi l’**evoluzione**. In quarto luogo, troviamo la “Informazione Sincronica”, ovvero il **patrimonio genetico**, e, infine, la “Informazione Diacronica”, sia in quanto **ereditarietà** che in quanto **mutabilità**.

Per semplificare ulteriormente questa valutazione, passiamo ora da una tabella di sei categorie ad una di sole quattro. Infatti, la distinzione fra l’aspetto strettamente riproduttivo del vivente e quello più specificamente evolutivo può essere ora ignorata (soprattutto dal momento in cui ne siamo già consapevoli), visto che i quattro grandi

gruppi che abbiamo costruito a partire dai due antagonismi vitali sono sufficienti a ritrattare le vie alternative che gli scienziati possono intraprendere nel trattamento della Vita e dei viventi.

	AZIONE	INFORMAZIONE
SINCRONIA	21	7
DIACRONIA	16	5

L'ordine di preferenza rimane identico a quello della prima scheda riassuntiva³⁴⁶: la "Azione Sincronica" rimane in primo piano, seguita dalla "Azione Diacronica"; in terzo luogo, troviamo la "Informazione Sincronica" e, per ultimo, la "Informazione Diacronica".

Nella tabella, osserviamo anche una netta preferenza all'interno di ognuna delle due grosse contrapposizioni che avevamo rilevato all'inizio:

AZIONE: 37	<i>versus</i>	INFORMAZIONE: 12
SINCRONIA: 28	<i>versus</i>	DIACRONIA: 21

³⁴⁶ Anche se facilmente potremo rilevare, per quanto riguarda queste due schede, un'incoerenza fra i numeri. Come mai la "punteggiatura" dell'azione non coincide con la somma fra 21 (azione sincronica), 15 (azione diacronica – riproduzione) e 10 (azione diacronica – evoluzione)? E come mai l'aspetto storico della Vita non ha ricevuto un numero di "voti" equivalente alla somma di 15 (riproduzione), 10 (evoluzione), 4 (ereditarietà) e 4 (mutabilità)?

La ragione è che, a volte, gli autori hanno considerato contemporaneamente entrambi gli aspetti della categoria diacronica - la riproduzione/ereditarietà e l'evoluzione/mutabilità - senza che, per questo, noi pensiamo che sia giusto considerare che vi sia stato un doppio voto per questa prospettiva, presa globalmente. Quindi, se consideriamo separatamente il successo della riproduzione, dell'ereditarietà, dell'evoluzione o della mutabilità, i numeri saranno il riflesso indipendente di ognuna di queste sub-categorie (e ci saranno, quindi quattro categorie diacroniche distinte, come nella prima scheda). Se guardiamo, invece, all'aspetto storico della Vita in modo indiscriminato, il conteggio terrà in considerazione le volte in cui le categorie "azione diacronica" o "informazione diacronica" sono state votate da ogni autore, indipendentemente dal fatto che ne siano stati sottolineati entrambi gli aspetti, oppure soltanto uno (e allora ci saranno solo due valori da considerare per la diacronia, come nella seconda scheda).

Per questa ragione, quando facciamo il confronto fra i due estremi delle contrapposizioni, è il momento presente che ha la vittoria sulla temporalità, e non il contrario.

Con queste schede piene di valori numerici non è, forse, facile capire il confronto che ci troviamo di fronte, né il complesso contenuto dei quattro possibili concetti di Vita abbracciati dagli scienziati. Speriamo, tuttavia, che il secondo capitolo di questo lavoro sia stato sufficientemente approfondito, in modo che la lettura delle tabelle e delle schede non sia vuota, bensì facilmente completata dal riferimento ai contenuti sviluppati prima, con base nei quali soltanto possiamo giocare con questi concetti.

Vediamo, comunque, a che conclusioni siamo arrivati, per quanto riguarda il complesso delle prospettive adottate dagli scienziati del ventesimo secolo:

1° - AZIONE SINCRONICA	(21 su 61)	“La Vita è l' attività metabolica degli individui viventi”
2° - AZIONE DIACRONICA	(16 su 61)	“La Vita è la capacità di autoriproduzione e/o di evoluzione delle popolazioni viventi”
3° - INFORMAZIONE SINCRONICA	(7 su 61)	“La Vita è il possesso di un patrimonio genetico da parte dei viventi”
4° - INFORMAZIONE DIACRONICA	(5 su 61)	“La Vita è l' ereditarietà e/o mutabilità dell'informazione genetica nel seno delle popolazioni viventi”

La Vita in quanto “ATTIVITÀ METABOLICA DEGLI INDIVIDUI VIVENTI” è, dunque, la prospettiva predominante fra gli autori che abbiamo studiato.

3.1.3. CHE COSA NE DICE LA SCIENZA

Non vorremmo passare avanti ancora, senza prima trovare la tesi che “la scienza”, presa globalmente in quanto ampio ambito della conoscenza umana sviluppato secondo una sua particolare metodologia e regole di obiettività, difende nei riguardi di questo fenomeno tanto speciale che è la Vita.

Ma sarà possibile trarre una qualche visione ancora più unitaria dalle differenti prospettive analizzate e già sintetizzate in quattro idee fondamentali? Sarà possibile riassumere in poche righe il fondamento scientifico minimo, sul quale ogni autore ha provato successivamente a costruire una visione “personale” della Vita? Noi crediamo di sì, che almeno alcune poche idee chiave le possiamo considerare come sicure e unanimi. Quello che le tiene insieme è un **materialismo** rigoroso.

Innanzitutto, la scienza non accetta che la Vita venga vista come qualcosa di diverso e di astratto rispetto ai corpi concreti che incarna. La Vita in sé non esiste, è soltanto un nostro concetto a cui non corrisponde nessun altro riferimento che non la materia organizzata stessa che, per una o altra ragione, chiamiamo “vivente”. Non vi è, dunque, alcuna proprietà che animi le cose e le faccia diventare viventi. Nella realtà studiata dalla scienza, non vi è spazio per nessun “soffio” vitale posseduto dagli organismi biologici e assente dalle pietre, dal legno e da tutti gli altri oggetti inanimati.

La Vita non è, quindi, che una particolare forma di organizzazione spontanea della materia in individui che posseggono determinate proprietà - quali l’attività continua, la riproduzione o il possesso di un programma di sviluppo e di coordinamento delle parti. Ed è all’insieme di queste proprietà che applichiamo il termine “Vita”.

Tutta la biosfera è fatta soltanto di materia inerte ed è il frutto spontaneo delle proprietà aggregative ed integrative della materia stessa. I mattoni (*building blocks*) con cui “si” costruiscono tutte le forme di Vita, non sono in sé vivi. Il risultato, tuttavia, lo è, il che implica che è nella complessa **organizzazione** di questi mattoni che risiedono le proprietà inedite del tutto. Il segreto della Vita sta nel passaggio dalla materia prima al prodotto già pronto.

Essendo il frutto casuale delle proprietà della materia e delle leggi dell’energia dell’universo, a cui appartiene pienamente, il mondo vivente non è sorto per alcuna causa esterna a quest’ultimo, e non ha un “senso” che vada al di là di sé stesso e della sua concreta attualità. È qui, esiste, così come esistono i pianeti. Come essi sorse come frutto della materia che esisteva prima. Oltre alla comprensione dei meccanismi per cui questo processo di evoluzione fisico-chimica ebbe luogo, e alla spiegazione di come oggi funziona questa “esplorazione del regno dei possibili”³⁴⁷ che chiamiamo Vita, la scienza non pretende di addentrarsi.

³⁴⁷ BONCINELLI, cit. nel presente lavoro a pagina 40.

3.2. LA NOSTRA PROPOSTA

Vista la considerevole diversità trovata fra le opinioni degli scienziati dell'ultimo secolo, dobbiamo ammettere che non basta adottare la scienza ed i suoi principi metodologici come cornice perché la nostra lettura del fenomeno vitale sia certa e ci conduca ad una definizione determinata. Vi è ancora molto spazio libero dove girovagare, vi sono molti sentieri che possiamo prendere oppure lasciare ad altri, a quelli che adottano concezioni differenti dalla nostra.

È arrivato il momento di fare anche noi delle prese di posizione. Non delle scelte di fondo, visto che i principi di base della scienza, con cui abbiamo chiuso la prima parte di questo capitolo, valgono anche per noi. Finché guardiamo attraverso la grossa lente del cannocchiale dell'interpretazione scientifica (che si oppone, per esempio, all'interpretazione biblica o alle teorie *new age*, che provano a catturare quel medesimo oggetto – la Vita - con altri strumenti e sotto altri angoli completamente distinti), le nostre scelte rappresentano, piuttosto, le preferenze “estetiche” di chi decide di fotografare un paesaggio in un modo o in un altro, in verticale o in orizzontale, a colori o a bianco e nero, guardando verso destra o verso sinistra, mettendo al primo piano la pecora bianca in fondo o l'albero a metà strada.

Certo che, se il nostro obiettivo è una definizione completa, corretta e unica, diventa non triviale la scelta di mettere a fuoco questo particolare dell'oggetto in mira, e non quell'altro aspetto, che invece troviamo banale o meno interessante. Non possiamo fare due fotografie complementari. Quindi, quello che decideremo di riprendere, sarà quello che ci sembrerà più rilevante – quello senza di cui il paesaggio non è più lo stesso.

3.2.1. CHE COSA NE DICIAMO NOI

E quali sono, allora, le caratteristiche della Vita che determinano che essa sia tale, e senza le quali ci rimane fra le mani soltanto la non-vita? Quali sono, secondo noi, i lineamenti distintivi di questo paesaggio?

Innanzitutto, per avvicinarci sempre di più ad una nostra definizione, facciamo a ritroso il cammino che hanno percorso in questo lavoro gli autori da noi studiati. Mentre essi ci hanno per prima presentato la loro visione della Vita, e soltanto dopo hanno permesso che facessimo rientrare loro nelle quattro categorie che avevamo creato, noi ora faremo l'inverso. Cominceremo proprio da questo punto, prendendo una nostra posizione nei confronti dei quattro principali aspetti del fenomeno vitale, sorti a partire dalle due contrapposizioni principali che abbiamo trovato nella storia delle definizioni scientifiche della Vita, e soltanto in seguito cercheremo di identificare quelle proprietà necessarie e sufficienti alla formulazione della nostra definizione.

FRA LE QUATTRO CATEGORIE

I ventisei autori che abbiamo studiato ci hanno fatto capire che, in una trattazione del mondo biologico, possiamo rilevare due contrapposizioni fondamentali, stese fra alcuni punti di vista o aspetti importanti della Vita che possono venire più o meno valorizzati. Ormai le conosciamo bene:

<u>La prospettiva sincronica</u>	<i>versus</i>	<u>La prospettiva diacronica</u>
(l'aspetto autopoietico ed individuale della Vita)		(l'aspetto evolucionistico e popolazionale della Vita)
<u>L'azione</u>	<i>versus</i>	<u>L'informazione</u>
(l'aspetto metabolico della Vita)		(l'aspetto genetico della Vita)

Le guardiamo e non abbiamo dubbi nella scelta. Dalla prima contrapposizione, prendiamo soltanto la prima possibilità; dalla seconda contrapposizione, invece, ne prendiamo entrambe le alternative. Adottiamo personalmente tre di queste quattro categorie, perché la Vita si trova nel vivente attuale, in quanto attività e, insieme, controllo e ordine.

Questo vuol dire anche che, quando metteremo in rapporto fra di loro i quattro estremi, come abbiamo fatto poco prima, abbracceremo due delle quattro categorie possibili - la “**Azione Sincronica**” e la “**Informazione Sincronica**” - mentre ci lasceremo alle spalle le altre due categorie di stampo evolucionistico - la “Azione Diacronica” e la “Informazione Diacronica”.

Per la nostra decisione ci fondiamo essenzialmente su due principali considerazioni:

1. La riproduzione e l'evoluzione non sono condizioni necessarie alla Vita

La storicità della Vita è una constatazione di fatto, almeno per quanto riguarda la situazione che ci è stato dato conoscere in questo nostro pianeta. Tuttavia, la riproduzione e, a maggior ragione, l'evoluzione, non sono un presupposto bensì una conseguenza della Vita.

La Vita è tale, e solo dopo si riproduce. Una specie vivente è tale, e soltanto dopo potrà evolvere. Difatti, anche gli organismi sterili sono viventi. Se l'albero delle forme biologiche avesse portato alla luce una qualche specie nuova ma incapace di generare una progenie (come sicuramente sarà più volte avvenuto negli ultimi milioni di anni della storia della Vita), essa si sarebbe estinta senza alcuna altra ipotesi alternativa. Ma finché esisteva, quella specie "era in vita"... era una specie viva³⁴⁸.

Per questa ragione, visto che la Vita può sussistere senza riprodursi e senza evolvere, non ci sembra corretto da parte degli scienziati considerare né l'evoluzione e nemmeno la riproduzione, come proprietà definitorie della stessa³⁴⁹.

2. Sia l'azione che l'informazione, sono condizioni necessarie ma non sufficienti alla Vita

Il vivente è sempre in azione, ma non sempre dove vi è l'azione vi è anche la Vita (es. la fiamma). Il vivente possiede sempre un contenuto d'informazione ma non sempre l'informazione è vivente (es. il cristallo). In effetti, il cristallo possiede un contenuto d'informazione che gli conferisce un'organizzazione interna delle parti - ma è "fermo". Dal canto suo, la fiamma è qualcosa di sempre rinnovato, esistente solo in continua attività - ma questa attività è "disordinata". E un sistema la cui attività non

³⁴⁸ È indubbio che le forme di Vita in genere si riproducono ed evolvono lungo le generazioni, ed è per questo che il nostro pianeta conosce non un organismo solo, ma tutta una biosfera che continua nel tempo ed avvolge tutta la Terra. La riproduzione e l'evoluzione potrebbero, dunque, fare parte di una **definizione ostensiva** della Vita, che si dedichi a descrivere i fatti, più che a definirne teoricamente il concetto. Noi, tuttavia, siamo venuti alla ricerca delle proprietà necessarie e sufficienti ad ogni forma di Vita possibile. Vogliamo una **definizione per genus et differentiam**. E quindi, quello che vogliamo trovare è quella o quelle proprietà che fanno sì che ogni soggetto rientri o meno nell'estensione dell'insieme che ha come comprensione il termine e il concetto di "vivente".

³⁴⁹ Forse sembrerà strano che non solo l'evoluzione, ma anche la riproduzione, tante volte addirittura elevata a condizione necessaria e sufficiente per il passaggio dalla non-vita alla Vita, non sia, secondo noi, considerata nemmeno una condizione necessaria alla stessa. Ma infatti, a nostro avviso, la riproduzione potrà essere vista come inerente al vivente, semmai, nel senso di un passato e non di un futuro, nel senso di una provenienza e non di una destinazione - *omni ovo ex ovo*, ogni cellula proviene da nient'altro che da un'altra cellula. Questa origine esclusiva del vivente a partire dal cordone ombelicale di qualcuno della propria specie è, senza dubbio, una caratteristica onnipresente nel mondo biologico. Tuttavia, essa è più propria di una **definizione causale** del vivente, che non di una definizione *per genus et differentiam*.

Questa caratteristica si potrà collegare, se vogliamo, a quello a cui chiameremo, fra poche righe, la capacità di "auto-generazione" del vivente, ovvero, i suoi spontanei sviluppo e crescita per i quali non vi è bisogno di nessun "orologio" esterno all'organismo stesso.

obbedisca ad una coerenza interna, ad un “piano d’azione”, non può ancora essere considerato vivo.

L’azione senza l’informazione manca di ordine. L’informazione senza l’azione manca di dinamismo. Soltanto entrambe queste proprietà insieme costituiscono una condizione necessaria e sufficiente alla presenza della Vita³⁵⁰.

Tenendo in conto questi fatti, consideriamo, dunque, che una buona definizione della Vita potrà venire cercata soltanto nella concreta esistenza di un essere vivente singolo. E, nel contesto di questo tempo presente, dovrà essere trovata nella complementare valutazione delle sue due componenti, metabolica e genetica, senza tralasciarne nessuna. La Vita, cioè, in quanto “AZIONE ED INFORMAZIONE IN UNA PROSPETTIVA SINCRONICA”.

Ma questo non basta, questo non è ancora la definizione, è solo un ulteriore chiarimento sulla direzione del nostro sguardo verso il paesaggio. Manca ora specificare che cosa esattamente intendiamo noi per “Azione” e per “Informazione”, in modo da poterci avvicinare di più a quella che sarà la fotografia finale.

LE PROPRIETÀ DEFINITORIE DEL VIVENTE

Infatti, per arrivare alla nostra definizione del vivente - ora che abbiamo già capito non solo la base scientifica su cui ci muoviamo, ma anche il nostro orientamento generale riguardo alle quattro alternative possibili - dobbiamo ancora andare più a fondo nella comprensione dell’oggetto in causa. L’attività del vivente, in cosa consiste? Il suo contenuto d’informazione, in che modo si manifesta?

Nel fare questo, ci faremo aiutare da alcuni concetti prestatoci dagli autori studiati:

I.

Innanzitutto, incominciamo dalla nozione di “**organizzazione spazio-temporale**”, recentemente messa in rilievo da Colombo e Nakamura e sottolineata, molte decadi prima, già da Oparin.

³⁵⁰ Ribadiamo, anche qui, che stiamo parlando di informazione “processata” e non “trasmessa”. Un ciclo autopoietico macromolecolare, che processi ma non trasmetta informazione, come in una logica circolare e chiusa, non smetterà, per questo, di essere vivente, se ad esso non mancheranno tutte le caratteristiche che adesso presenteremo in quanto definitorie della Vita.

Dobbiamo figurarci ogni organizzazione non solamente nello spazio, ma anche nel tempo.³⁵¹

Questa è quella caratteristica meravigliosa dei viventi che differenzia la loro modalità di organizzazione da quella di un cristallo. Più che basata sulla loro struttura fissa, l'ordine che contraddistingue il vivente si fonda sull'armonia degli innumerevoli processi che in esso hanno luogo e che si integrano e si stimolano vicendevolmente. Come una *pièce*³⁵², che ha un senso soltanto nella dinamicità del suo essere recitata, o come la catena di produzione di una fabbrica - solo che infinitamente più complessa. È quello che Colombo ha chiamato la "metacomplexità" - una complessità a quattro dimensioni (4D): perché essa non dipende soltanto dalla disposizione organizzata delle parti nelle tre dimensioni dello spazio, ma anche nella quarta dimensione del tempo.

*Life is temporarily-based macromolecular order.*³⁵³

Questa forma temporale di ordine macromolecolare è, secondo noi, la caratteristica generale che, più di qualsiasi altra, definisce il vivente. Infatti, la dimensione temporale interna del vivente è anche la dimensione della sua azione, e quest'azione è organizzata e ordinata secondo i principi dettati dal suo contenuto di informazione. Ed ecco che vediamo, dunque, come nell'organizzazione spazio-temporale ritroviamo la complementarità dell'azione e dell'informazione che abbiamo appena stabilito in quanto punti saldi nella nostra ricerca. E che adesso proviamo a descrivere un po' meglio.

II.

Quando parliamo di **azione**, parliamo della continua ed "inquieta" (citando Boncinelli³⁵⁴) attività del vivente, capace di rimanere se stesso soltanto attraverso la continua trasmutazione di se stesso. Capace di auto-generarsi e di auto-rigenerarsi ad ogni momento, per mezzo di un'ininterrotta sostituzione di ciascuno dei suoi piccolissimi componenti e attraverso il fondamentale flusso di materia e di energia che lo attraversa e che alimenta i suoi bisogni.

Azione, quindi, in quanto:

³⁵¹ OPARIN [1936], p. 220. Vedi "La Vita secondo Oparin", pp. 105-112, cap. 2.3.1. del presente lavoro.

³⁵² Cfr. Nakamura, pp. 157-158, cap. 2.4.4. del presente lavoro.

³⁵³ COLOMBO [1996], p. 39 (grassetto nostro). Su Colombo, vedi pp. 160-162, cap. 2.4.4. del presente lavoro.

A. continui **scambi** con l'ambiente e incessabili processi di **trasformazione** di materia ed energia:

- quella caratteristica del vivente che Prigogine chiama la qualità di essere un “sistema aperto”³⁵⁵, e che Ageno specifica ancora più a fondo come l'essere un “sistema coerente”³⁵⁶;

B. capacità di **auto-(ri)generazione**:

- la proprietà di ciascun vivente di darsi una propria forma e di auto-conservarsi, nonostante la quotidiana usura per l'esistenza in un mondo dove regna l'entropia; ovvero, quello a cui Monod si riferisce come una “morfogenesi autonoma”³⁵⁷.

III.

Per quanto riguarda l'**informazione**, invece, l'espressione che di più traduce quello che con questo concetto vogliamo intendere è quella di un “programma di controllo”, così come ce lo propone Gànti³⁵⁸. Il programma può essere semplicissimo, soprattutto se consideriamo un'ipotetica cellula primitiva. Può essere anche un semplice meccanismo circolare fatto di poche parti interconnesse che possa, però, in qualche modo, garantire l'ordine temporale e la reciproca causalità delle successive reazioni chimiche, e che riesca a rimanere stabile e a ripetere le medesime operazioni, ciclo dopo ciclo. “Invariante”, come direbbe Monod³⁵⁹.

Per mantenere questo contenuto d'informazione (che consiste concretamente in determinate configurazioni di determinate molecole e macromolecole), il vivente deve acquisire nuovi “rifornimenti” di materia organizzata dall'esterno. Quel flusso di energia e materia a cui ci siamo riferiti prima, infatti, si collega non soltanto all'azione - nell'implicare la “inquietudine” di continue trasformazioni -, ma anche all'informazione, che è, in fondo, il suo principale obiettivo. La materia assimilata da un organismo vivente non è indiscriminata, bensì selezionata al più infimo dettaglio in vista del contenuto

³⁵⁴ Su Boncinelli, vedi pp. 39-43, cap. 2.1.2. del presente lavoro.

³⁵⁵ Su Prigogine, vedi pp. 116-122, cap. 2.3.2. del presente lavoro.

³⁵⁶ Su Ageno, vedi pp. 125-132, cap. 2.4.1. del presente lavoro.

³⁵⁷ Su Monod, vedi pp. 63-67, cap. 2.2.2. del presente lavoro.

³⁵⁸ Su Gànti, vedi pp. 153-157, cap. 2.4.4. del presente lavoro.

³⁵⁹ Anche se egli si riferiva più specificamente al contenuto di informazione che rimane invariato storicamente, anche dopo essere stato trasmesso nella riproduzione alla progenie, lungo innumerevoli generazioni.

d'informazione che approderà all'organismo stesso. Per questo, Boncinelli afferma che i viventi sono “informivori”!

La presenza di un programma garantisce all'organismo una estrema coerenza dinamica, per quanto complessa sia la sua attività. Come il copione della *pièce* di Nakamura, sul quale gli attori continuamente improvvisano le battute. Ogni reazione, ogni movimento, per quanto imprevedibili, contribuiscono all'organizzazione del tutto, integrandosi con tutta la perfezione nel piano generale. Questa è la “teleonomia” di Monod e la “*purposefulness*”³⁶⁰ di Korzeniewski. A questo proposito, Mayr afferma:

Questo programma [...] conferisce agli organismi la capacità di svolgere attività e processi teleonomici, una capacità del tutto assente nel mondo inanimato. Eccetto per l'incerto periodo dell'origine della vita, il possesso di un programma genetico introduce una differenza assoluta tra organismi e materia inanimata.³⁶¹

Noi abbiamo scelto di riferirci a questa proprietà come una **finalizzazione interna ad un progetto** seguendo in gran parte la terminologia kantiana della *Critica del Giudizio*, del 1790. Parlando del giudizio teleologico, I. Kant affronta l'argomento del vivente, strana creatura prodotta interamente dalla natura e che manifesta tuttavia una chiara finalità. La forma degli occhi serve la loro funzione, e le ossa forate e leggere degli uccelli servono il progetto del volo. Tutto sembra essere il frutto di un'intenzione intelligente che ha messo insieme mezzi e fini - e pure non lo è.

È frutto soltanto della selezione naturale, diciamo noi oggi, dopo che Darwin ci ha tracciato la strada della spiegazione evoluzionistica di questa misteriosa finalità della natura. Ma Kant, anche se non poteva ancora ricorrere alla teoria dell'evoluzione per selezione naturale, era comunque certo delle origini strettamente materiali e non intelligenti di tutti gli esseri biologici.

Per questa ragione, il filosofo di Königsberg ha operato una chiara distinzione fra la “finalità esterna” o “relativa” che l'uomo attribuisce alle cose secondo i suoi criteri di utilità o convenienza, e che implica che qualcosa funga da mezzo per un fine estraneo a se stessa, e la “finalità interna” che caratterizza i viventi e che consiste nella loro propria organizzazione interna in cui ogni parte è contemporaneamente mezzo e fine, ogni piccolo componente è al servizio dell'insieme, e tutto è funzionale.

³⁶⁰ Questo non è un termine di facile traduzione, visto che in italiano la “obiettività” o la “propositività” hanno altri significati che non quello di “essere dotati di uno scopo” o di un “progetto”, così come intendeva l'autore. Preferiamo lasciare dunque il termine in lingua originale. Su Korzeniewski, vedi pp. 174-177, cap. 2.4.4. del presente lavoro.

³⁶¹ MAYR [1990], p. 56. Su Mayr, vedi pp. 43-57, cap. 2.1.2. del presente lavoro.

È un prodotto organizzato dalla natura quello che in cui tutto è reciprocamente mezzo ed insieme fine.³⁶²

L'integrazione fra le parti ed il tutto nei viventi è, di fatto, speciale e inedita. Non solo ogni parte è mezzo per un'altra e fine di un'altra ancora, ma tutte queste interdipendenze sembrano lavorare armonicamente in direzione ad un progetto comune. È come se ogni parte, proprio nel rispetto che ha del progetto totale, contenesse in sé, in qualche modo, l'intero organismo. Questa coerenza ha fascinato l'uomo già dai tempi antichi (pensiamo alla "forma" di Aristotele!), ma oggi non costituisce più un mistero, perché sappiamo che è dovuta alla presenza di un programma generale in ogni singolo componente dell'organismo, per quanto infimo - presenza che è all'origine di quell'ordine e unicità al livello dell'infinitamente piccolo che, già nel '44, meravigliavano il fisico Schrödinger³⁶³.

Fu necessaria la nascita della scienza dei calcolatori perché il concetto di questo programma divenisse attendibile.³⁶⁴

IV.

E nella schiera della finalità interna di cui trattò Kant nel contesto del suo studio sulla teleologia, abbiamo oggi fra le mani altri due termini, "teleonomia" e "*purposefulness*", usati nel medesimo senso di una dipendenza dell'attività organizzata di ogni sistema vivente, rispetto ad un fine interno ad egli stesso. Questo fine, secondo noi, consiste nell'auto-conservazione dell'organismo. Secondo altri, invece, è la propria riproduzione il progetto del vivente. Secondo altri ancora, come Korzeniewski, il fine è doppio e gerarchizzato, incominciando dall'auto-mantenimento ma proseguendo verso la meta superiore dell'auto-replicazione.

Secondo la nostra prospettiva, l'associazione fra l'azione e l'informazione - intese in quanto a) capacità di auto-generazione e rigenerazione, attraverso scambi e trasformazioni di materia ed energia, e b) finalizzazione interna ad un progetto - è proprio quello che dà forma all'organismo vivente e costruisce la sua identità individuale³⁶⁵. Quell'identità in cui risiede il progetto che l'informazione codifica e a cui si sottopongono attivamente tutte le

³⁶² KANT [1790], p. 346.

³⁶³ Su Schrödinger, vedi pp. 58-63, cap. 2.2.1. del presente lavoro.

³⁶⁴ MAYR [1990], p. 56. Cit. a pagina 48 del presente lavoro.

³⁶⁵ Tanti autori hanno considerato la presenza di una membrana come proprietà necessaria alla Vita. A noi sembra che, molto più che la membrana, sia l'identità individuale, in quanto tale, la proprietà definitoria a considerare. Se, poi, questa "distinzione" fra il singolo soggetto vivente e il mondo circostante è fatta da una membrana, questo sarà soltanto un dettaglio strutturale e, in quanto tale, contingente e irrilevante per la nostra definizione. Difatti, come si può facilmente capire da quanto detto fino a questo momento, noi siamo

parti componenti l'insieme che è l'individuo vivente, “*the living individual*” di Korzeniewski.

A quest'identità del singolo organismo individuale, noi vorremmo chiamare l'**auto-determinazione** del vivente. Perché è un'identità intesa in senso autopoietico, non ricevuta passivamente bensì costruita da sé, momento dopo momento, in una commedia ininterrottamente recitata. Un'identità che, inoltre, è fatta di trasformazione e cambiamento, una pseudo-identità fatta di non-identità.

Ci rifacciamo alla teoria di Luisi e Varela sull'autopoiesi³⁶⁶. Il vivente che si “pone” nel mondo e si afferma dinamicamente, il vivente che, in un'azione coerente, ininterrotta e circolare afferma una propria individualità. Varela definisce l'autopoiesi in questo modo:

*[...] a self-producing dynamical organization.*³⁶⁷

*[...] a self-produced coherence.*³⁶⁸

Una coerenza, appunto, una circolarità dinamica, che si auto-costruisce come, insieme, materia-prima e prodotto della propria attività.

Il vivente è causa e conseguenza di se stesso, giorno per giorno. Esiste per continuare ad agire. Dedica ogni momento di Vita alla propria permanenza nel mondo. Con il solo scopo di rimanere identico a se stesso anche nell'attimo successivo, e dedicare quell'attimo all'azione rivolta all'attimo dopo, e quell'altro ancora, e così sempre. Frenetico, inquieto, inesorabile, l'organismo vive per continuare a vivere, lavora per sopravvivere, in un'instancabile attività che porta avanti fino all'esaurimento, alla morte.

E così abbiamo concluso la nostra revisione delle proprietà che caratterizzano il vivente. Siamo partiti dalla constatazione della presenza di un ordine spazio-temporale che organizza la configurazione e la disposizione dei pezzi del sistema e che garantisce la giusta successione delle reazioni fra di essi. Abbiamo visto che questo tipo di organizzazione è reso possibile dalla co-presenza dell'azione e dell'informazione, che, con la loro interazione finalizzata all'auto-conservazione, sono condizione di possibilità anche della costruzione dell'identità del singolo individuo. Vediamo dunque che l'associazione

dell'avviso che la definizione del vivente dovrà essere totalmente “*structure-free*”, a somiglianza della concezione della Vita preconizzata dai fautori dell'autopoiesi.

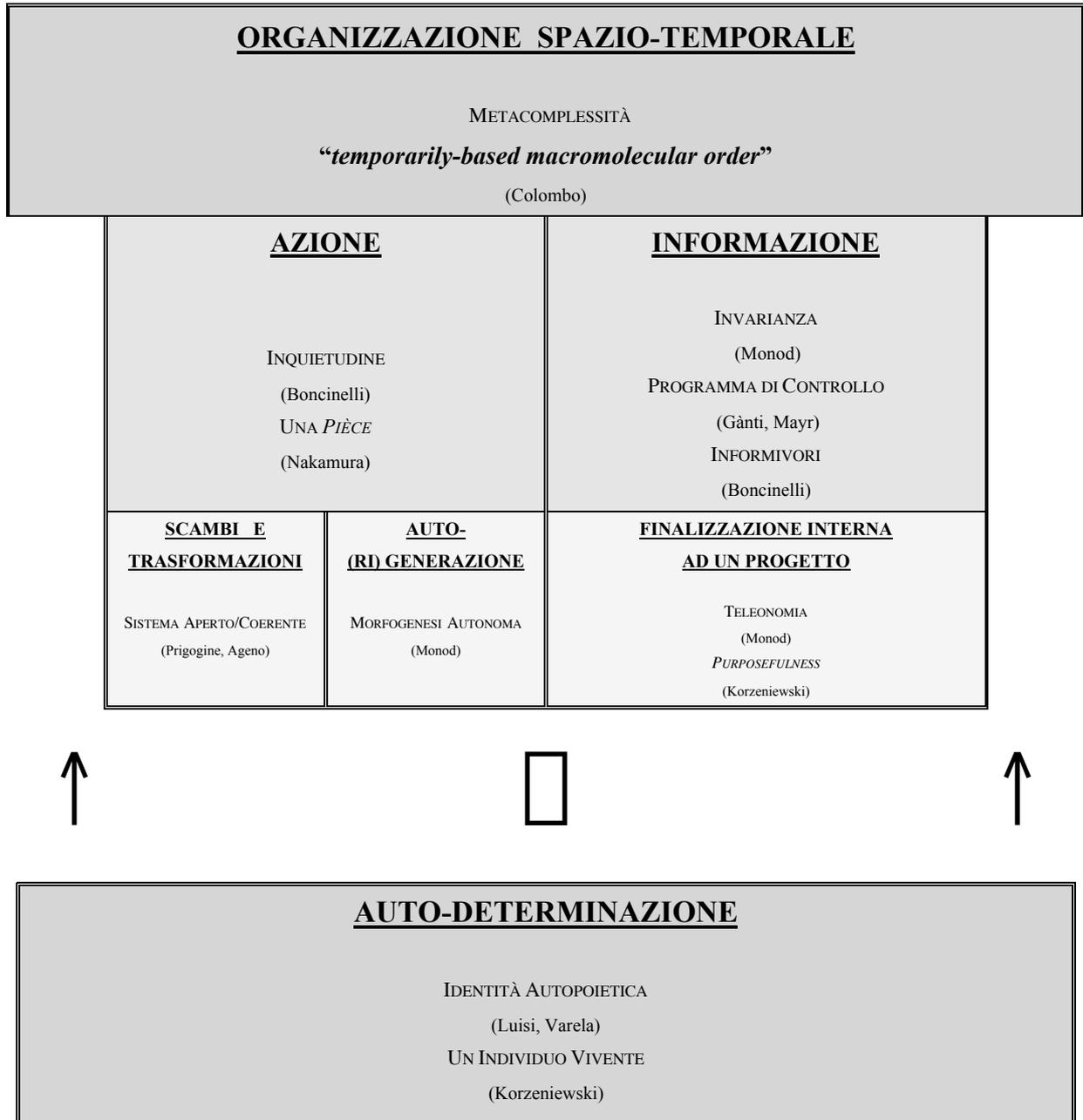
³⁶⁶ Sull'autopoiesi, secondo Luisi e Varela, vedi pp. 147-153, cap. 2.4.3. del presente lavoro.

³⁶⁷ «un'organizzazione dinamica che si auto-produce» (VARELA [1994], p. 23).

³⁶⁸ «una coerenza auto-prodotta» (Ivi, p. 26)

fra la dinamicità dell'azione e l'ordine dell'informazione, funge da base per lo stabilimento di entrambi i nostri punti di partenza e di arrivo: l'organizzazione spazio-temporale e l'identità. Si chiude il cerchio, allora, poiché questi due elementi coincidono.

Il seguente schema ci permetterà di sintetizzare quanto detto:



3.2.2. QUALCOSA RIMANE DELLA VITA ?

Ecco la **co-presenza di azione e informazione, in un organizzazione spazio-temporale capace di mantenere una propria identità**. Sembra che stiamo per arrivare finalmente alla nostra definizione di Vita, sembra che stiamo per concludere questa tesi. Ma ancora una volta ci fermiamo quasi prima della meta, sentendo l'esigenza di proporre un qualche ragionamento in più. Purtroppo non si possono saltare tappe, se vogliamo andare oltre alle conclusioni facili e superficiali. Poniamoci dunque un paio di domande, guardando alla sintesi grafica che abbiamo appena presentato:

- che cosa vi è stato schematizzato? La Vita? O il vivente?
- se possiamo trarre una definizione dalle considerazioni fatte in queste pagine, quale sarà il suo riferimento? E in quale tipo di definizione consisterà?
- noi, come anche gli autori studiati, abbiamo dato la nostra "opinione"; ma è possibile fuggire dalla convenzione e trovare qualcosa di "predefinito"?

Per riuscire a dare una risposta alla questione, dobbiamo intraprendere un percorso di andata e ritorno al primo capitolo di questo lavoro, per ricordarci ancora dei nostri propositi nella stesura della rassegna che abbiamo presentato. Nel riconsiderare quello che ci proponevamo di fare, potremo allora verificare se l'abbiamo o no conseguito. E forse proprio lungo queste considerazioni, riusciremo a trovare le risposte che cerchiamo.

Nel primo capitolo avevamo detto che avremmo inseguito un particolare tipo di definizione: la **definizione reale**. E abbiamo anche aggiunto che, per giungere a questo scopo, la nostra ricerca avrebbe dovuto trovare una "rassomiglianza di famiglia" fra tutti gli oggetti a cui si poteva applicare il termine da definire, rassomiglianza che potesse riuscire dunque ad esprimere, in "comprensione", l'unità di quel concetto che conoscevamo soltanto in "estensione". In questo modo, avremmo trovato una definizione *per genus et differentiam*.

Tutto questo, però, presupponeva la concreta esistenza dei detti oggetti da classificare:

Come base per la ricerca di questo tipo di definizione abbiamo la "credenza" in una "realtà" della Vita che sottostia alla nostra esperienza particolare e alla capacità limitata del nostro linguaggio di afferrarla.³⁶⁹

Ci siamo decisi ad intraprendere “una ricerca anacronistica dell’essenza”³⁷⁰, visto che, più che la definizione in sé, ci interessava la realtà che essa pretendeva di tradurre, la realtà per noi irraggiungibile senza la mediazione del linguaggio, ma sempre e comunque esistente, e sempre e comunque perseguita.

Il nostro problema non è tanto quello di delimitare il concetto (che cosa intendiamo per), quanto piuttosto quello di provare ad afferrare proprio la **realtà** della Vita, dietro al termine e ai mille usi che ne facciamo, e dietro soprattutto al rapporto che la scienza ha stabilito con il mondo vivo negli ultimi decenni e che ne ha cambiato la/le definizioni/e.³⁷¹

Curiosamente, per quanto riguarda questa nostra impostazione teorica che, nei confronti delle definizioni reali, conserviamo tuttora, ci rifacciamo anche a Dawkins, autore dalla cui definizione di Vita, basata esclusivamente sulle capacità di auto-replicazione ed evoluzione di complessi molecolari, ci siamo tuttavia totalmente discostati. Quando, però, Dawkins passa dal piano della definizione al piano della teoria della definizione, lo seguiamo nelle sue considerazioni. Secondo egli e secondo noi, infatti, vi è una realtà che rimane impassibilmente uguale a se stessa, oltre le parole, oltre le definizioni.

Dovremmo allora dire che i replicatori originali sono “viventi”? E che importa? Potrei dirvi: “Darwin è l’uomo più grande che sia mai esistito” e voi potreste dire: “No, è Newton”, ma spero che non ne faremo una questione. Il punto è che nessuna conclusione sostanziale deriverebbe da una simile diatriba. Che noi la consideriamo “grande” o no, la realtà della vita e delle imprese di Newton e di Darwin resta totalmente invariata. Allo stesso modo, la storia dei replicatori si è svolta in un modo simile a come l’ho raccontata, indipendentemente dal fatto che noi decidiamo di chiamarli “viventi”.³⁷²

³⁶⁹ Vedi, nel presente lavoro, cap. 1.2.4., p. 20.

³⁷⁰ Vedi, nel presente lavoro, cap. 1.2.4., p. 23.

³⁷¹ *Idem.*

³⁷² DAWKINS [1976], p. 21.

Fino a questo punto, le nostre prospettive sembrano coincidere del tutto. Però l'autore non si ferma qui, ed aggiunge:

Molte sofferenze umane sono state causate dal fatto che troppi di noi non riescono a capire che le parole sono soltanto strumenti da usare e che la semplice presenza nel dizionario di una parola come "vivente" non implica necessariamente che questa si riferisca a qualcosa di definito nel mondo reale.³⁷³

Vediamo, dunque, che la credenza in una realtà indipendente dal linguaggio implica, per Dawkins, un'illimitata libertà. Se le parole possono o no corrispondere alla loro denotazione, se le parole sono soltanto strumenti da usare, allora "possiamo definire una parola nel modo che si adatta meglio ai nostri scopi, purché lo facciamo chiaramente e senza ambiguità"³⁷⁴. Ma questa è la conclusione opposta a quella a cui siamo arrivati noi! Secondo la nostra prospettiva, in effetti, il fatto che vi sia un riferimento fisso, al di là di tutte le diverse tesi che possiamo stendere su di esso, implica un grosso rispetto per le nostre parole e definizioni, che dovranno provare ad **avvicinarsi** sempre di più a quella denotazione invariante.

È interessante che, dalla stessa considerazione "essenzialistica" con cui proclamiamo la nostra fede comune in una realtà che sottostà alle nostre affermazioni su di essa, siamo partiti in due direzioni totalmente contrarie. Dawkins ha rinunciato dall'inizio all'odissea della ricerca del riferimento reale, ed è partito nella direzione più libera della "pro-convenzionalità" (se, comunque, non ci arriveremo mai a questa realtà, non cambia niente quello che ce ne azzarderemo a dire e possiamo usare le parole e le definizioni come meglio ci serve!). Noi, invece, abbiamo imboccato una strada diversa e più auto-limitante, la quale, pur nella consapevolezza della necessità di un tramite linguistico e convenzionale, crede nella comprensibilità e traducibilità della realtà (visto che esiste un riferimento reale dietro alle parole, non possiamo dire tutto quello che vogliamo, ma dobbiamo invece cercare di adeguarci il più possibile a questo stesso riferimento).

Su questa strada, non cerchiamo una definizione "possibile" e "utile", bensì una "buona" definizione di Vita, secondo i nostri criteri. Una definizione, cioè, che non solo ci proponga delle proprietà necessarie, esaustive e mutuamente indipendenti³⁷⁵, ma che sia soprattutto la più conforme al reale - la più "vera". In fondo, vogliamo una definizione che

³⁷³ *Idem.*

³⁷⁴ *Ivi*, pp. 31-32.

³⁷⁵ Si vedano i nostri criteri, proposti a pagine 21-22 del primo capitolo.

sia, indipendentemente dai nostri scopi e dai nostri interessi nel cercarla, la **migliore** definizione reale di Vita che ci è dato trovare. Vedremo se ci riusciamo.

LA REALTÀ DIETRO AL TERMINE

Dopo che ci siamo proposti ad intraprendere un percorso in questa direzione, abbiamo attraversato molti autori che ci hanno aiutato a delineare un nuovo concetto di Vita, ovvero una nuova connotazione del concetto da ridefinire, fondata ora sulle basi stabilite dalla scienza del ventesimo secolo. Abbiamo seguito la loro ricerca, abbiamo imparato dai loro dati, abbiamo analizzato il processo vitale con i loro occhi, e ne abbiamo anche già tracciato le proprietà fondamentali.

Tuttavia, quando abbiamo provato a sistematizzare le diverse prospettive studiate, la prima conclusione che abbiamo potuto trarre dall'approccio scientifico in generale è stata che **la Vita in sé**, la Vita in quanto qualcosa di a se stante, qualcosa che sussiste indipendentemente dagli oggetti che "incarna", **non esiste**. Un approccio scientifico parte da questo presupposto di base: possiamo soltanto "osservare ciò che fanno le cose viventi"³⁷⁶.

Allora, anche la stesura di una definizione scientifica di Vita dovrà tenerne conto.

E difatti, dobbiamo ammettere che la Vita... non l'abbiamo trovata.

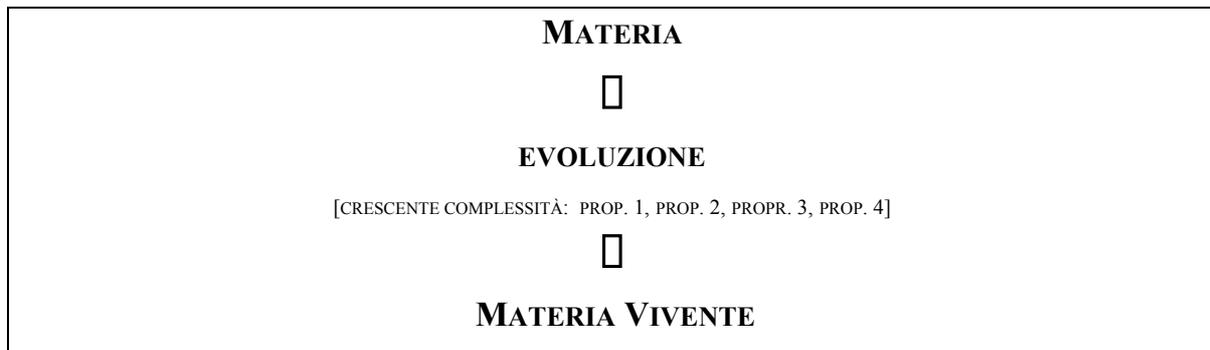
Abbiamo trovato i viventi, abbiamo compreso la loro speciale organizzazione, abbiamo determinato le caratteristiche che ne fanno i rappresentanti della "vita", in quanto termine. Abbiamo, cioè, trovato una loro "rassomiglianza di famiglia". Ma le proprietà che possiamo individuare sono caratteristiche loro, dei viventi, e non della Vita in sé. Non è la Vita che si organizza spazio-temporalmente, sono i viventi. Non è la Vita che scambia materia e energia con l'ambiente, non è la Vita che ha le direttive della propria azione codificate in un programma informatico. Sono i viventi. Semmai, la "vita" può essere un termine collettivo che applichiamo alla contemporanea presenza di queste proprietà, semmai la "vita" coincide con esse. Però queste proprietà non le appartengono e non la definiscono. Definiscono soltanto il vivente.

³⁷⁶ CAMPBELL [1993], p. 5.

Questo cambia tutto. Prima della scienza del ventesimo secolo, la Vita era vista come qualcosa che si aggiungeva alla materia e che, da quel momento in poi, le conferiva delle proprietà nuove:

MATERIA + VITA = MATERIA VIVENTE [PROP. 1, PROP. 2, PROP. 3, PROP. 4]

Invece ora, se assumiamo un'impostazione scientifica, dobbiamo cambiare del tutto l'ordine delle cose e vedere la Vita solamente come un "nome" che, *a posteriori*, diamo all'insieme delle proprietà che la materia stessa ha portato alla luce.



L'evoluzione chimica della materia ha seguito spontaneamente un corso di complessificazione - con base, semplicemente, nelle sue stesse proprietà, nelle leggi a cui obbedisce, nelle forze che possiede e nelle forme di energia che l'attraversano. Nel lungo tempo di evoluzione dell'universo, e nell'ampio spazio nel quale ancora oggi coabitano diversi livelli di organizzazione materiale, si è stabilito un "*continuum of complexity*"³⁷⁷, un **continuum di complessità** della materia. E ad un certo punto di questa scala senza salti qualitativi, senza soluzioni di continuità, apparvero i sistemi che chiamiamo "viventi".

Abbiamo detto i "viventi". E la Vita? Non rientra più in questo schema?

O potremmo invece dire che, proprio nel momento della comparsa dei viventi, sia apparsa anche la Vita, quella Vita che in sé non esiste, ma che empiricamente percepiamo, nel

³⁷⁷ POTTER [1986], p. 3.

percepire le manifestazioni che raccogliamo sotto questo nome, nel percepire le proprietà che consideriamo caratteristiche della “Vita dei viventi”? Vediamo.

La Vita non esiste in quanto oggetto a se stante, materiale o immateriale che sia. Tuttavia, in quanto proprietà emergente, essa esiste sì. Come prodotto spontaneo della materia, che emerge a un certo punto della sua evoluzione, come frutto di questa evoluzione.

Se inteso in questo senso, il termine “vita” ha una realtà a cui si applica, a cui corrisponde. E questa realtà è la forma stessa di esistenza del vivente, quello che lo distingue dalle altre cose.

Quello che accomuna tutti i viventi, la loro “rassomiglianza di famiglia”, è una **proprietà emergente** della materia, una proprietà fatta di molte altre proprietà della materia organizzata. È la Vita stessa, che esiste, ma solo come concetto astratto, perché non è una cosa, bensì una proprietà delle cose, senza le quali non può sussistere.

È una convenzione che all’insieme di certe proprietà che contraddistinguono i viventi noi chiamiamo Vita. Lo prova la mancanza di consenso al riguardo. Nella scala crescente di complessità, a che punto sorge, dove sono le sue frontiere? Non vi è un accordo, alcuni collocano il passaggio prima, altri lo collocano dopo. Noi, per esempio, lo abbiamo collocato al punto della co-presenza di azione e informazione, in un’organizzazione spazio-temporale capace di mantenere una propria identità.

Per comprendere meglio questa strana forma di esistenza, usiamo l’esempio del colore:

- la definizione di colore, è nominale o reale? Il colore esiste? O esiste soltanto la materia colorata, ovvero, la materia che riesce a riflettere la luce in un particolare modo, di fronte a degli occhi che la percepiscono in un determinato modo? Senza gli occhi, il colore esiste? E senza la materia e la luce, il colore esiste? No.

A somiglianza della Vita, il colore è qualcosa di soggettivo, di immateriale, di “irreale”, ma di comunque universalmente percepito. Esiste soltanto nella concretezza di un **oggetto** colorato, come proprietà emergente di quel particolare pezzo di materia, e sempre in rapporto ad un **soggetto** che lo classifica, appunto, come “colore” e come “verde”. Le proprietà della materia che fanno “emergere” il colore sono come le proprietà della materia che fanno “emergere” la Vita. La presenza di una convenzione soggettiva che connota il colore è come la presenza di una convenzione soggettiva che connota la Vita. E così come

senza un nome che gli corrisponda, in quanto “tutto”. **Gli manca quella proprietà emergente che era la sua identità in quanto aereo.** Gli manca quella “aereetà” che, per un aereo di Lego, è come la Vita per un vivente.

Abbiamo detto che, nel cercare una definizione reale, volevamo cercare la “comprensione” di un concetto di cui possiamo osservare soltanto la “estensione”. Ma riguardo alla Vita, questo non è proprio possibile.

Noi conosciamo l’estensione degli esseri viventi. Loro sì che esistono. La Vita, invece, è un’altra cosa, e la sua estensione è **un insieme vuoto**. Perché, per quanto noi possiamo cercare qualcosa come “la Vita” nel mondo, non la troveremo mai.

Quest’estensione a cui ci riferiamo è quello che chiamiamo la denotazione del concetto, denotazione che abbiamo affermato essere invariante, al di là delle parole del nostro linguaggio e dei concetti del nostro pensiero. E rimaniamo dello stesso avviso: se esiste, la denotazione è la medesima di sempre (difatti, come afferma Dawkins, alla Vita non interessa quello che pensiamo di lei!). Purtroppo, però, anche se abbiamo sempre parlato della Vita, anche se le sue definizioni sono cambiate, così come si è trasformato il suo concetto nella testa degli uomini... essa non è mai esistita. **Non vi è una “realtà dietro al termine”**. Non vi è, dunque, nemmeno una denotazione da cercare. Abbiamo fatto tutta questa strada per, alla fine, scoprire questo inganno.

Al concetto di Vita (inteso tanto nel senso della “vecchia” quanto della “nuova” connotazione) corrisponde, nella realtà materiale, una denotazione inesistente. O meglio, quando cerchiamo la sua denotazione, quello che troviamo nel mondo sono denotazioni appartenenti non ad esso ma ad altri concetti reali – come siano la “materia organizzata”, il “vivente”, la “macromolecola autoriproduttrice” ecc.

Della “Vita”, rimane la parola. E dietro a questa, rimane ciò che vi è sempre stato: la sola materia.

Visto questo, nel momento in cui proveremo a ritrovare, alla luce della scienza di oggi, la nuova connotazione del concetto di Vita, dovremo riformulare tutta la sua definizione, ristabilendola ora su un nuovo piano. Difatti, se la scienza ci ha mostrato che la Vita in sé non esiste, ma esiste solo come proprietà emergente della materia, e se la nostra riflessione filosofica ha dovuto confrontarsi con la mancata denotazione del concetto in causa, questo implica il passaggio da una definizione reale ad una definizione nominale, il che non è un passaggio da poco.

Abbiamo cercato un'essenza, ma ci siamo accorti dell'impossibilità di un approccio essenzialistico.

E alla fine, dobbiamo ritornare a Dawkins che, evidentemente, si era già reso conto della vanità di una tale ricerca:

Il punto è che nessuna conclusione sostanziale deriverebbe da una simile diatriba.

CHE COS'È LA “VITA” ?

Nel loro *Life Beyond Earth*, Feinberg e Shapiro³⁸⁰ considerano la Vita come l'attività di un'intera biosfera. A noi sembra di non discostarci troppo da questa prospettiva quando affermiamo che la Vita è proprio quella “rassomiglianza di famiglia” che possiamo osservare negli organismi viventi. Difatti, sia che arriviamo alla conclusione dei due biologi o che finiamo per presentare, invece, la nostra prospettiva, il presupposto di base è il medesimo: solo i concreti sistemi biologici esistenti sono reali, indipendentemente da un osservatore esterno che li classifichi. La Vita, invece, è quella proprietà emergente che noi, rappresentanti del pensiero umano, “vediamo” in tutti loro: sia come il risultato globale della loro esistenza comune, sia come quello che rende comune la loro esistenza globale. Perché, ripetiamolo un'ultima volta: **la Vita**, senza la concretezza di un essere vivente che la renda visibile e senza un soggetto che la identifichi come tale, **non esiste!**

Dunque, abbiamo di fronte a noi un insieme di elementi reali da definire, la “estensione” di cui sono tutti i viventi che conosciamo. La “comprensione” dell'insieme sarà la nostra definizione del vivente, dove enumereremo diverse proprietà necessarie e sufficienti alla loro identificazione. All'unità integrata di queste proprietà si è convenzionato di chiamare “Vita”. E siano le proprietà definitorie del vivente, sia la proprietà collettiva che include in sé tutte quelle, sono proprietà emergenti della materia. Quest'ultima, in fondo, costituisce, da sola, tutta la realtà.

La Vita, quindi, la possiamo definire comunque, guardando *a posteriori* l'insieme dei viventi, ma sempre con la coscienza della convenzionalità di ogni proposta a questo riguardo, e dell'assenza di una denotazione invariante che le sottostia, se presa isolatamente.

³⁸⁰ Cfr. FEINBERG, SHAPIRO [1980].

Alla fine di questa tesi, ci sembra di poter concludere anche che gli scienziati, a volte, mancano di rigore teorico. Essi non dovrebbero mai pretendere di dare definizioni reali della Vita. Anzi, ogniqualvolta dovessero intraprendere un lavoro di riflessione su questo argomento, in speciale un lavoro di chiarimento definitorio di concetti, essi dovrebbero anteporre esplicitamente:

- che stanno parlando di un “termine” che traduce un “concetto”, e niente di più;
- che la Vita non corrisponde a niente, oltre che alla semplice organizzazione della materia;
- che le proprietà a cui possiamo applicare il concetto sono convenzionali, ovvero, dipendenti da una ragione che le stabilisce, al di là della realtà concreta;
- che, per quanto riguarda il concetto di “Vita”, oltre a mere definizioni nominali non potremo mai andare;
- che solo del “vivente” possiamo dare una definizione reale (ed è proprio per questo, secondo noi, che tanti scienziati non hanno dato una definizione della Vita bensì del vivente, nonostante non abbiano ragionato su questo sottile passaggio).

Infine, dobbiamo chiarire un ultimo punto che, nel lettore attento, potrà avere suscitato alcuna diffidenza: quando affermiamo che la definizione di “essere vivente” è del tipo reale, non vogliamo togliere il carattere convenzionale alle proprietà definitorie che in essa verranno citate.

Le proprietà che noi “decidiamo” siano tali da permetterci di parlare della “vita”, sono le stesse che ci permettono di parlare del “vivente”. Tuttavia, a differenza della Vita, che consiste soltanto in un nome con cui ci riferiamo a questo insieme di proprietà, il vivente esiste veramente, nel concreto della realtà del mondo fisico, per quanto siamo noi, pensatori umani, che decidiamo quando e come conferirgli quel nome. Le frontiere del vivente, nel nostro linguaggio concettuale, appaiono mobili, prive di consenso, spesso scivolanti nei confronti di casi ambigui. Ma questo è dovuto soltanto all’intrinseca convenzionalità del nostro linguaggio e dei nostri concetti: non siamo platonici! Non ci aspettiamo che le idee con cui classifichiamo il paesaggio a noi circostante, siano scritte da sempre in una qualche tavola imperitura!

È evidente che il nostro concettualizzare il mondo implica una convenzione. È evidente che è la mente umana che fa corrispondere le parole alle cose. Anche per la definizione di “tavolo” ci potranno essere dubbi e dissensi! Ma non per questo il tavolo è meno reale o il vivente meno “vivo”. Non per questo, infatti, la sua denotazione smette di esistere.

La differenza, quindi, fra la Vita e il vivente, non risiede nella convenzionalità ma nell’esistenza. Il vivente esiste, la Vita no. Il vivente, anche dopo che si è saputo fosse soltanto un pezzo di materia casualmente organizzata, è continuato ad esistere. La Vita no. Se non vi è più bisogno di un “soffio” perché le cose si animino, non vi è più bisogno della Vita. La sua denotazione si è rivelata inesistente, la sua realtà si è rivelata vuota, e pure la sua classificazione nella scala delle definizioni dovette tenerne conto: è passata nel gruppo nominale dell’unicorno e del Babbo Natale. Il vivente, invece, ha soltanto cambiato pelle ai nostri occhi, ma è rimasto di carne ed ossa.

Tenendo presenti queste considerazioni e quelle che abbiamo steso poco prima a proposito delle proprietà che associamo alla Vita, passiamo finalmente alla presentazione delle nostre definizioni, che terremo ovviamente distinte: quella del vivente e quella della Vita.

DEFINIZIONE REALE DI “ESSERE VIVENTE” :

Il vivente è un **sistema materiale organizzato spazio-temporalmente**, che sussiste attraverso un’incessante attività di 1) scambio e trasformazione di materia e energia, e di 2) continua auto-(rigenerazione), regolata da un patrimonio informativo e finalizzata alla conservazione dell’identità del sistema stesso.

DEFINIZIONE NOMINALE DI “VITA” :

La Vita è una proprietà emergente della materia, che consiste nella forma di **organizzazione spazio-temporale** caratteristica di quei sistemi materiali capaci di mantenere la propria identità attraverso una continua attività coerente.

3.2.3. CONCLUSIONE: IL PERSISTENTE BISOGNO DI SENSO

La Vita che - per quanto materialisti, evolucionisti o atei possiamo essere - abbiamo la tendenza ad immaginare ci sia, la Vita così come la “sentiamo” in noi, come un’animazione intrinseca a certi oggetti, che sembra li “svegli” dall’interno così come ha svegliato noi, apparentemente a partire dal nulla, nel grembo di una madre, questa Vita è un’illusione, un inganno, non è mai esistita. La Vita come proprietà da noi posseduta, che ci conferisce “poteri” speciali e ci distingue dalle pietre e dai ruscelli, è soltanto uno dei nostri vecchi fantasmi, un vestigio superstite di quella medesima superstizione che credeva nella generazione spontanea dei topi dalle immondizie, o che era capace di bruciare una “strega” posseduta dal demonio. Quello che noi chiamiamo “Vita” non è più che un insieme organizzato e dinamico di mattoni chimici, così come un robot è un insieme di pezzi elettronici.

E allora, leggendo Monod, che parla del vivente come di un “calcolatore terrestre”³⁸¹, o rivedendo Dawkins, dove ci troviamo descritti come mere “macchine di sopravvivenza”³⁸², pensiamo: “è proprio così? saremo soltanto questo?”

E dobbiamo insistere con noi stessi: “sì, siamo soltanto questo”, non possiamo più ignorare la nostra realtà concreta, immanente, materiale. Ma facciamo sincera fatica ad assumere del tutto la prospettiva scientifica, che ci sembra troppo riduttiva quando riguarda la nostra propria Vita.

Perché, finché la scienza spopola l’oceano dai mostri dopo i viaggi dei grandi navigatori del quattro e cinquecento, lo accettiamo tranquillamente. Sono passati alcuni secoli, l’umanità in generale si è abituata all’idea e ci conviene anche che i mari siano sicuri.

Finché la scienza ci rivela una schiera scimmiesca di antenati, ci ridiamo sopra. Dopotutto, è passato veramente tanto tempo dalla comparsa del primo nostro simile, e riconosciamo comunque nello scimpanzé alcune tracce indubbiamente famigliari.

Quando la scienza arriva, inoltre, al “infinitamente grande” delle stelle e ci fa capire la nostra piccolezza, dobbiamo ammettere che comprendiamo a stento questa nuova scala di misura. Tuttavia, l’insignificanza dell’uomo è un processo lento da digerire e non tutti

³⁸¹ MONOD [1970], p. 75.

³⁸² DAWKINS [1976], p. 19.

riescono ad assumerlo. E se l'antropocentrismo rimane nella cultura della società, è comprensibile che anche noi ce ne spogliamo con difficoltà. Inoltre, se anche non lo facciamo, comunque la nostra esistenza la dobbiamo condurre sulla Terra e, questa sì, è fatta (quasi) alla nostra misura.

Dal momento che la scienza tocca perfino il "infinitamente piccolo" degli atomi e delle particelle subatomiche, rimaniamo già abbastanza più sconvolti, abbiamo alcuna difficoltà a capire la confusione di quella materia infima che a volte materia non è, che è imprevedibile e non ha frontiere definite, che è in fondo completamente diversa da tutto quello che vediamo nel quotidiano. Ma comunque questo ci incuriosisce e affascina o, semmai, ci rende indifferenti, senza che ci riguardi personalmente. E proseguiamo sulla nostra strada di sempre, tranquillamente, come sempre abbiamo fatto.

La dura prova è, invece, quando la scienza ci dice che noi siamo della stessa natura di un pezzo di metallo o di un tavolo, o nel migliore dei casi, di un mangiacassette o un televisore. Che siamo come un computer complicato nel cui programma è inclusa anche la funzione di generare un altro computer. Oppure, come abbiamo definito noi in questa sede, come un robot macromolecolare nel cui programma fu deciso che dovrà conservarsi sempre in azione. Questa è la dura prova, perché non solo ci crolla il mondo, naturale o soprannaturale, non solo ci crolla la determinazione fissa della materia, o le nostre nobili origini. In questo caso, **crolliamo proprio noi**. Quello che pensavamo di essere, non lo siamo più.

Siamo soltanto dei puzzles infinitamente complessi. Tutti i nostri segreti e misteri, affascinanti capacità e potenzialità imprevedibili, si riducono ad incastri perfetti fra i piccolissimi pezzi di cui siamo fatti. È tutto una questione di geometria, di configurazioni spaziali sulle quali si basa questo gioco temporale di reazioni e contro-reazioni. Noi siamo un complicatissimo "Tetris"! Siamo una recita teatrale predeterminata da un copione scritto in un linguaggio macromolecolare. **Siamo chimica**, e nient'altro. Almeno non se uno abbraccia a pieno titolo, e con esclusiva fedeltà, la prospettiva scientifica.

Allora... la Vita ha perso il suo senso?

Il senso, lo intendiamo come l'identità globale di qualcosa fatta di molti pezzi, sia nel tempo che nello spazio. L'essere parte di una storia più grande di noi, che ci attraversa. Essere parte di un tutto che rende, appunto, **più significativa** la "esistenza" di ogni pezzo, che amplifica la sua utilità, la sua funzionalità, che gli conferisce cause e implicazioni che

lo trascendono. Il senso della totalità è la totalità stessa. E il senso di ciascun pezzo, è proprio quel “fare parte” di un’identità più grande di lui, più ampia.

Allora, *in questo senso*, la Vita ha un senso. Anzi, essa “è” il senso del vivente. L’aereo di Lego di cui parlavamo prima, riceve un senso quando aggiungiamo quell’ultimo pezzo (un’ala, un motore) che ci permette di riconoscerlo e di esclamare: “guarda! è un aereo!”. Perché prima non lo era ancora, prima non era niente. Allo stesso modo, quella costruzione perde il senso quando perde un pezzo importante, smette di essere un “aereo” e torna ad essere materia senza nome.

Un insieme di pezzi diventa vivo quando assume un’identità e la conserva. Quest’identità è il senso del tutto, è quello che dà l’unità alle parti, che ne dà quel nome che appartiene a tutte loro, al loro insieme. Un’identità, un nome, un senso globale, fatti appunto dal lavoro di tutte le componenti per il mantenimento di quella sovrastruttura a cui tutte contribuiscono.

Questo “modo di essere” della Vita è sempre stato così, stiamo già parlando di qualcosa che viene prima di noi e continuerà dopo di noi. Tuttavia, questo non è ancora il senso che l’uomo cerca. Questo senso interno della Vita a noi non basta e spesso ne cerchiamo un altro, un senso più ampio, che vada molto al di là della Vita stessa, che sia il tutto di cui essa possa essere, questa volta, solo una parte. E non lo troviamo, sembra non esista.

LO STUPORE : SCIENZA, ARTE E RELIGIONE COSMICA

*Life's but a walking shadow;
a poor player, that struts and frets his hour upon the stage, and then is heard no more:
it is a tale told by an idiot, full of sound and fury, signifying nothing.*

(Shakespeare, *Macbeth*, atto V, scena V)

A questo punto, ci domandiamo se la bellezza della Vita intesa esistenzialmente, in quanto esperienza personale di ciascuno di noi, non venga fatalmente compromessa da tutto quello che abbiamo scoperto. Da questo esservi solo chimica, solo puzzles dinamici fatti di incastri momentanei fra piccolissimi pezzi sempre in moto.

Se vi è solo questo... l’amore non esiste più? E l’intesa fra le persone, e l’intelligenza umana, e la bellezza, e l’arte? Sono incastri cerebrali e nient’altro?

Delle medesime paure ha sofferto Keats nella scrittura del suo poema ‘Lamia’:

*There was an awful rainbow once in heaven
We know her texture; she is given
In the dull catalogue of common things,
Philosophy will clip an Angel's wings,
Conquer all mysteries by rule and line,
Empty the haunted air, and gnomed mine
Unweave a rainbow...*³⁸³

Dopo l'interpretazione newtoniana dell'effetto dell'arcobaleno attraverso la sua riduzione ai colori prismatici, Keats teme che in questo modo esso venga “disfatto”, e che tutta la realtà venga svuotata da quelle figure che la popolavano e la rendevano più “abitabile” all'uomo.

Questo lamento è stato ripreso da **Dawkins** in una sua opera del 1998, *Unweaving the Rainbow: Science, Delusion and the Appetite for Wonder*, nella quale l'autore ha provato a difendere il contributo alla bellezza che la scienza stessa può dare, piuttosto che cancellare, proprio grazie al suo svelamento “tecnico” del mondo. A sua volta, M. **Konner**³⁸⁴, in una recensione del 1999 pubblicata sulla *Scientific American*, ha criticato il lavoro di Dawkins, lamentandosi del maldestro fallimento del suo tentativo di contrariare i timori di Keats – timori che, davanti alla “ottusità” di un approccio scientifico alla poesia, vengono addirittura confermati. Difatti, il suo mancato “senso tragico”³⁸⁵ della Vita, e la sua ridotta sensibilità poetica impediscono Dawkins di comprendere il problema e, dunque, di saper rispondere ad esso.

Konner, invece, insiste sul fatto che dobbiamo mantenere aperti i due mondi, quello della spiegazione scientifica della realtà e quello della conoscenza empirica, interpretata dal senso comune e abbellita nella poesia. Mescolarli o scegliere fra di essi sarebbe assurdo, così come assurdo sarebbe pretendere di sostituire l'esperienza estasiante di un pittore, stordito dal colore folgorante del fiore che prova a dipingere, con la spiegazione

³⁸³ «Vi era, una volta, un immenso arcobaleno in cielo / conosciamo la sua testura; esso è presente / nel sciocco catalogo delle cose umane, / la filosofia taglierà le ali di un Angelo, / conquisterà tutti i misteri per mezzo di leggi e lignee, / svuoterà l'aria da fantasmi, e la mina dagli gnomi, / stesserà un arcobaleno...» (cit. in DAWKINS [1998] e KONNER [1999]). È evidente che la “filosofia” viene qui menzionata nel senso in cui oggi giorno, e nel presente lavoro, ci riferiamo alla scienza.

³⁸⁴ Ph.D. in antropologia biologica, professore di antropologia, psichiatria e neurologia alla Emory University.

³⁸⁵ «the tragic sense of life» (KONNER [1999], p. 4).

evoluzionistica della comparsa di quel colore in funzione del lavoro “seminatorio” degli insetti.

*If it is possible to think clearly about the coevolution of flowers and insects (a fascinating subject I lecture on in my courses) and at the same time to have the experience the painter had, this must occur in a different sort of brain from mine.*³⁸⁶

Dobbiamo mantenere distinti i due livelli di conoscenza, quella “professionale”, scientifica e logica, che lavora dalle nove alle cinque, assumendo fino in fondo le conclusioni dei suoi ragionamenti, e quella esistenziale, empirica, quotidiana, che ci portiamo a casa come uomini più che scienziati, e che ci fa credere nel legame dell’amore, nella sacralità della Vita umana e nei misteri dell’arte. Altrimenti, il mondo davvero perde il suo “incanto” e la sua “magia” (parole, si noti, che di solito vengono usate nel senso di “ambiente” piacevole, di bellezza poetica, ma che, se prese alla lettera, ci riportano, appunto, al mondo delle favole e della superstizione popolare: un mondo che oggi si è perso, perché la realtà non è più “incantata”, non è più “magica”, bensì fatta di materia per sempre inerte, mossa soltanto da cause ed effetti).

Nel caso del tema di cui ci siamo occupati in questa tesi, il problema è specialmente grave. Non riguarda soltanto lo scenario da noi osservato, ma proprio il punto di vista da dove guardiamo qualsiasi cosa, la nostra autocoscienza esistenziale: chi siamo, che cosa siamo, da dove proveniamo, dove andiamo. La consapevolezza della mancata esistenza della Vita, così come ce la immaginavamo, può far spazzare via la sua bellezza e annientare la “nostra” vita, insieme alla nostra umanità.

Il consiglio di Konner, dunque, è di goderci i frutti della nostra sensibilità estetica e della nostra continua ricerca di senso in tutte le cose, sospendendo per alcuni momenti il nostro giudizio scientifico³⁸⁷.

Tale monito ha ancora più valore se teniamo in conto che questa onnipresenza di un’impostazione rigorosamente oggettiva può diventare addirittura pregiudiziale per la scienza stessa. La conoscenza scientifica dovrebbe essere il frutto di quel sentimento, vecchio quanto l’umanità stessa, di ammirazione e di stupore nei confronti della realtà, e

³⁸⁶ «Se è possibile pensare chiaramente sulla coevoluzione dei fiori e degli insetti (un argomento affascinante di cui tratta alle mie lezioni) e, allo stesso tempo, avere l’esperienza che ebbe il pittore, questo occorrerà sicuramente in tipo di cervello diverso dal mio» (KONNER [1999], p. 3).

³⁸⁷ Cfr. ivi, p. 5: «*by suspending, for a few minutes, my scientific judgement*».

non di un distacco freddo, quale quello di un qualunque bambino curioso che distrugge il proprio giocattolo solo per il capriccio di vedere ciò che vi è dentro.

A questo proposito, il biologo canadese D. **Susuki**, rinomato professore e divulgatore televisivo, dopo tutta una vita dedicata al lavoro scientifico, afferma con eloquenza:

Senza un senso di rispetto e timore reverenziale, la scienza dimentica qualcosa e inevitabilmente diventa distruttiva.³⁸⁸

E aggiunge l'ammonizione:

[...] Distaccandoti dalla natura finisci per non amarla più.³⁸⁹

E allora, inferiamo noi dalle parole di Susuki, la scienza perde il senso di esistere, se non serve più ad avvicinare l'uomo al mondo che lo circonda.

Susuki ci racconta anche che, un certo giorno, un amico di A. Einstein gli chiese se era convinto che tutto l'Universo potesse venire spiegato dalla scienza. Einstein rispose di sì, che ciò era possibile, ma che sarebbe stata una spiegazione senza senso.

Quello che Einstein intendeva dire era che una descrizione lineare trascura i significati più profondi. Se le persone interessate al Progetto del Genoma Umano pensano che, registrando tutti i tre miliardi di basi del genoma, acquisiranno una conoscenza di che cosa è l'essere umano, stanno perdendo tempo.³⁹⁰

Il mondo in sé, inclusa la Vita in quanto semplice frutto delle capacità creatrici dell'universo, rimane quello che è, pura materia e basta. Ma rispetto all'uomo, in funzione dello sguardo dell'uomo, può acquisire un'ulteriore bellezza e vestirsi di un nuovo senso (rimanente comunque quello che è oggettivamente, al di sotto di quel vestito e di quello sguardo).

Lo stesso vale per la biosfera in generale, per l'immenso universo, o per l'arcobaleno di Keats. Le variazioni di compressione dell'onda sonora previste dallo spartito della Nona Sinfonia e eventualmente spiegate da un fisico, non ci diranno mai niente di significativo sull'opera di Beethoven. E allo stesso modo, così come ci aveva già prevenuti **Mayr**,

³⁸⁸ SUSUKI [1993], in CAMPBELL [1993], p. 269.

³⁸⁹ *Idem.*

³⁹⁰ *Idem.*

sarebbe assurdo pretendere di descrivere un quadro di Rembrandt con base nelle lunghezze d'onda riflesse da ogni millimetro quadrato del dipinto³⁹¹.

E proprio **Einstein**, il maggior scienziato del ventesimo secolo, non si è mai accontentato di una visione schiettamente scientifica del mondo e ha sempre cercato di guardare l'universo e la Vita con i suoi occhi di uomo, e attraverso anche la sua sensibilità artistica.

Qual è il senso della nostra esistenza, qual è il significato dell'esistenza di tutti gli esseri viventi in generale? Il saper rispondere a una siffatta domanda significa avere sentimenti religiosi. Voi direte: ma ha dunque un senso porre questa domanda? Io vi rispondo: chiunque crede che la sua propria vita e quella dei suoi simili sia priva di significato è non soltanto infelice, ma appena capace di vivere.³⁹²

Il suo bisogno di senso ha portato Einstein allo sviluppo di una forte religiosità, fatta di umile rispetto per qualcosa di incomprensibile e affascinante allo stesso tempo, quel mistero che si manifesta nella magnifica struttura del reale. E second'egli, questo è il vero sguardo umano sul mondo, quello sguardo che trascende la piccolezza dell'individualità per, in qualche modo, provare a fondersi con tutta la realtà esistente.

La più bella sensazione è il lato misterioso della vita. E il sentimento profondo che si trova sempre nella culla dell'arte e della scienza pura. Chi non è in grado di provare né stupore né sorpresa è per così dire morto; i suoi occhi sono spenti.³⁹³

Lo stupore e la riverenza provati davanti alla perfezione dell'ordine universale sono proprio i moventi di quella religiosità cosmica di cui Einstein si diceva colpito e che, in un modo o in un altro, non può non colpire ogni scienziato. Proprio nella misura in cui lo scienziato si confronta quotidianamente con la bellezza della struttura del reale, l'ammira, l'assorbe e se ne sente parte. Perché l'ordine dell'universo è un ordine intelligente. Un ordine che si fa conoscere gradualmente, stimolando la nostra ricerca ed il nostro rispetto per la grandezza che ci circonda.

Quel che vedo nella natura è una struttura magnifica che possiamo capire solo molto imperfettamente, il che non può non riempire di umiltà qualsiasi persona razionale. Si tratta di un autentico sentimento religioso che non ha niente a che fare con il misticismo.³⁹⁴

³⁹¹ Cfr. MAYR [1982], p.55. Citato, nel presente lavoro, a pagina 47.

³⁹² EINSTEIN [1934], p.1.

³⁹³ *Idem.*

³⁹⁴ EINSTEIN, in DUKAS, HOFFMAN [1979], pp. 37-38.

Questo è il più grande mistero: che la realtà dell'universo si faccia scoprire, che la sua struttura sia comprensibile agli occhi della mente umana. Einstein, forse inconsapevolmente, è tornato sull'antico problema della razionalità del reale, considerandolo la chiave per un incontro fra l'uomo e la natura in cui si trova immerso. La chiave, anzi, per il senso del mondo, che dipende non da una qualche trascendenza, ma dalla presenza intelligente di un soggetto che guardi la realtà e la comprenda.

Il fatto stesso, che la totalità delle nostre esperienze sensoriali sia tale che mediante il pensiero (operazioni con concetti, creazione e uso di relazioni funzionali ben definite fra essi e coordinazione delle esperienze sensoriali con tali concetti) essa può venir ordinata, ci lascia pieni di stupore, ed è un fatto che non riusciremo mai a spiegarci. Si potrebbe dire che "l'eterno mistero del mondo è la sua comprensibilità". Una delle grandi scoperte di Immanuel Kant fu il riconoscimento che **la costruzione di un mondo esterno reale sarebbe priva di senso senza la sua comprensibilità**.³⁹⁵

L'arte e la scienza hanno in comune proprio questa capacità, emotiva o razionale, di entrare internamente in sintonia con il mondo, attraverso la bellezza immediata delle cose o attraverso la bellezza dell'intesa intellettuale fra una mente che comprende e scopre, e una realtà che si fa scoprire. E in questa sintonia, esse superano l'angoscia della mancanza di un senso che sia "altro", che vada "oltre", che spieghi "di più" della mera realtà immanente. Superano, anzi, quella mancanza stessa.

Mi basta sentire il mistero dell'eternità della vita, avere la coscienza e l'intuizione di ciò che è, lottare attivamente per afferrare una particella, anche piccolissima, dell'intelligenza che si manifesta nella natura.³⁹⁶

È qui che risiede il senso per Einstein: nella meraviglia, nell'incredulità di uno sguardo sul reale, sentimento al cuore della scienza, così come dell'arte e della religione. E se la ricerca scientifica si muove in funzione del fervore di questo desiderio di intesa con il mondo, non vi sarà niente di più bello e di più significativo.

Il senso ritorna. Anzi, non si è mai perso.

La religione cosmica è l'impulso più potente e più nobile alla ricerca scientifica. [...] Quale gioia profonda a cospetto dell'edificio del mondo e quale ardente desiderio di conoscere sia pure limitato a qualche debole

³⁹⁵ EINSTEIN [1950], pp. 38-39 (grassetto nostro). È interessante il rispetto con cui Einstein parla di Kant, soprattutto tenendo conto del «processo di dissoluzione del *sintetico a priori* [in cui] dobbiamo porre la teoria della relatività se vogliamo giudicarla dal punto di vista della storia della filosofia» (REICHENBACH in EINSTEIN [1949], p.195).

³⁹⁶ EINSTEIN [1934], p.1.

raggio dello splendore rivelato dall'ordine mirabile dell'universo dovevano possedere Kepler e Newton per aver potuto, in un solitario lavoro di lunghi anni svelare il meccanismo celeste!³⁹⁷

Questo stupore di Konner, Susuki o Einstein, di fronte alle meraviglie della natura e alla nostra capacità di assorbirne la bellezza e di comprenderne la struttura razionale, ci prende a maggior ragione davanti a «quell'eccezionale esperimento naturale, quell'esplorazione del regno dei possibili che noi chiamiamo vita»³⁹⁸. Proprio in quanto parte integrante dell'universo, proprio in quanto il suo frutto più maturo, la Vita ci meraviglia e ci stordisce. Quante potenzialità nuove non ci rivela la materia, proprio nel suo essere Vita! Questa materia che ci costruisce e ci “porta alla luce”, e che ci mette in comunione con le stelle! Di “*star dust*” (polvere stellare) siamo fatti, lo diceva Carl Sagan in uno dei suoi bellissimi documentari divulgativi sui misteri del cosmo³⁹⁹.

Sono, dunque, tre i “mondi” che richiedono un'interpretazione e un senso: L'UNIVERSO, LA VITA, L'INTELLIGENZA. Un approccio come quello di **De Duve** riesce a raccogliere insieme tutti e tre questi aspetti. Difatti, secondo la sua prospettiva, l'universo è Vita e la Vita è intelligenza. Era necessario che la Vita sorgesse - e noi, esseri viventi e capaci di pensiero, siamo il frutto di questa necessità. In questa unione a catena troviamo un senso globale.

Se l'universo non è privo di significato, qual è il suo significato? Per me il significato va ricercato nella struttura dell'universo, la quale è tale da produrre il pensiero attraverso la vita e la mente. Il pensiero, a sua volta, è una facoltà attraverso la quale **l'universo può riflettere su se stesso**, scoprire la propria struttura e apprendere entità immanenti come la verità, la bellezza, la bontà o l'amore. **È questo il significato dell'universo**, come lo vedo io.⁴⁰⁰

Uno scienziato deve tenere conto soltanto dei fatti. E il fatto è che noi ci siamo e abbiamo la capacità di guardare noi stessi e l'universo da cui proveniamo, provando, nello studio dei suoi principi, a trovare un “significato” alla Vita, un senso che ci riassicuri come uomini abbisognosi di un qualche ruolo da recitare nello scenario che ci ospita. Questo “fatto” è di per sé talmente eccezionale, soprattutto se teniamo in conto la nostra provenienza

³⁹⁷ Ivi, p. 4.

³⁹⁸ BONCINELLI [2001], p. 3.

³⁹⁹ SAGAN [1989].

⁴⁰⁰ DE DUVE [1995], p. 491 (grassetto nostro).

strettamente materiale, che paradossalmente nessun'altra spiegazione della realtà potrebbe soddisfarci di più.

Quel che è importante in questa visione non è la verità assoluta, probabilmente inaccessibile al nostro livello di sviluppo, bensì la ricerca della verità.⁴⁰¹

L' IN-CREDULITÀ : UN *ÉLAN VITAL*, TENUTO VIVO DALL'UOMO

There are more things in heaven and earth, Horatio, than are dreamt of in your philosophy.

(Shakespeare, *Hamlet*, Atto I, sc. V)

Quello che abbiamo trovato in questi autori, tuttavia, è una prospettiva positiva e entusiasta, ma non propriamente consensuale. È evidente che non tutti e non sempre riescono a trovare bellezza in una spiegazione scientifica. Non tutti riescono a meravigliarsi dell'incredibile perfezione dell'universo - e della Vita in quanto parte integrante di questo -, proprio per il fatto che nell'assenza di un intervento esterno (o almeno senza alcun bisogno di tale), l'organizzazione della materia abbia potuto dare origine a questo spettacolo che ci troviamo di fronte, sulla nostra Terra.

Alcuni, ancora ai nostri giorni, guardano questa continua rivelazione dei nostri segreti così come la guardava Keats: come una diminuzione del mistero, una triste riduzione della poesia della Vita alla sola materia, a qualcosa di "minore", qualcosa di limitato e limitante. Una materia totalmente priva di senso, priva di progetti e respiri ampi, priva di umanità. **Monod** descrive questo senso di desolazione umana in un suo noto passaggio:

[...] L'uomo deve infine destarsi dal suo sogno millenario per scoprire la sua completa solitudine, la sua assoluta stranezza. Egli ora sa che, come uno zingaro, si trova ai margini dell'universo in cui deve vivere. Universo sordo alla sua musica, indifferente alle sue speranze, alle sue sofferenze, ai suoi crimini. Ma allora chi definisce il crimine? Chi il bene e il male?⁴⁰²

⁴⁰¹ Ivi, p. 492.

⁴⁰² MONOD [1970], p. 157.

Altri, di formazione scientifica, sviluppano una oggettiva freddezza nel guardare la realtà, provando ad affrontare coraggiosamente e senza mezze misure la mancanza di senso dell'universo. Assumono personalmente la prospettiva della scienza, caricandosi le conseguenze della sua analisi rigorosa della struttura della realtà, dove esiste soltanto ciò che è, nella la sua mera fattualità, senza altri significati, esaltazioni estetiche o sentimenti religiosi. E così come la comprensibilità dell'universo portava Einstein o De Dève a sentirsi immersi in una ancora maggiore pienezza di senso, così questa comprensibilità può semplicemente portare ad una fredda constatazione della mancanza di un "nord" per l'uomo. Leggiamo Weinberg, nel suo *The first three minutes*:

*It is almost irresistible for humans to believe that we have some special relation to the universe, that human life is not just a more-or-less farcical outcome of a chain of accidents reaching back to the first three minutes, that we were somehow built in from the beginning... It is very hard to believe that all this is just a tiny part of an overwhelmingly hostile universe... **The more the universe seems comprehensible, the more it also seems pointless.***⁴⁰³

Questa capacità di sopportare il peso di un universo comprendente tutte le cose secondo la legge implacabile della casualità, è tuttavia intollerabile per molti, quasi tutti.

Per questo, vi è chi semplicemente si rifiuti di crederci. Infatti, molti oggi si inseriscono ancora sulla schiera di **Rousseau**, che si opponeva ai materialisti del suo tempo (es. La Mettrie e d'Holbach), paragonandoli ad un sordo che, per la sua incapacità di percezionarli, afferma che i suoni non esistono:

Supponiamo un sordo che neghi l'esistenza dei suoni perché questi non hanno mai colpito il suo orecchio. [...] Quanto più rifletto sul pensiero e sulla natura dello spirito umano, tanto più trovo che il ragionamento dei materialisti rassomiglia a quello di questo sordo. Essi, infatti, sono sordi alla voce interiore che grida loro, con tono difficile a disconoscersi: Una macchina non pensa, non c'è né movimento né figura che produca la riflessione: qualche cosa in te cerca di rompere i legami che la comprimono: lo spazio non è la tua misura, l'universo intero non è abbastanza grande per te: i tuoi sentimenti, i tuoi desideri, la tua inquietudine, il tuo stesso orgoglio hanno un principio diverso da questo corpo stretto, nel quale tu ti senti incatenato.⁴⁰⁴

⁴⁰³ «È quasi irresistibile per gli umani credere che noi abbiamo un qualche rapporto speciale con l'universo, che la vita umana non è soltanto un prodotto più-o-meno farsesco di una catena di casualità rimontante ai primi tre minuti, che noi eravamo in qualche mondo previsti dall'inizio... È molto difficile credere che tutto questo sia soltanto una infima parte di un universo terribilmente ostile... **Più l'universo sembra comprensibile, più esso sembra anche privo di senso**» (WEINBERG [1977], p. 148 [grassetto nostro]).

⁴⁰⁴ ROUSSEAU [1762], p. 279.

Quest'incredulità, in fondo, è come una forma di fede, una tenace e fedele credenza in una realtà immateriale, sottostante la naturale tendenza all'autoesaltazione e all'antropocentrismo dell'uomo. Forse questa è ancora oggi la reazione più frequente nei confronti dei risultati scientifici.

Anche in ambito scientifico vi sono stati dei ritorni ad una specie di fede in un disegno superiore, da parte dei difensori del "**principio antropico**" (da *anthropos*, uomo), soprattutto fisici e cosmologi, come B. Carter, J.D. Barrow e F.J. Tipler, fra altri⁴⁰⁵. Questi autori, probabilmente spinti dalla quasi-fantascientifica realtà che la fisica moderna riesce ad ipotizzare, sono arrivati alla considerazione che, alla domanda: "perché l'universo è fatto così?", vi è soltanto una risposta logica: "l'universo è fatto in modo tale da poter essere conosciuto". In qualche modo, dunque, l'universo "ci voleva" far nascere.

Vi sono formulazioni diverse di questo principio.

- quella "forte": l'universo dev'essere tale da produrre esseri intelligenti;
- quella "debole": noi conosciamo l'universo perché esso è conoscibile; altri universi, invece, non sono conoscibili e, dunque, logicamente, non sono conosciuti; "**soltanto un universo come il nostro può produrre la vita intelligente necessaria per conoscerlo**"⁴⁰⁶;
- quella addirittura "partecipatoria": J.A. Wheeler considera necessaria la presenza dell'osservatore intelligente per l'effettivazione dell'universo, come una specie di "creazione retroattiva" da parte della mente, dopo la sua comparsa.

F. Dyson, eminente fisico e professore a Princeton, anche se non ha mai usato esplicitamente l'espressione, è rimasto attratto anch'egli da una certa forma di "principio antropico". Come i difensori di questo principio, anche Dyson rimase colpito da quelle "coincidenze numeriche" i cui valori, se fossero stati diversi, avrebbero impedito lo sviluppo di un ambiente adatto alla nascita della Vita.

⁴⁰⁵ Sul "principio antropico", cfr. DE DUVE [1995], pp. 472-475.

⁴⁰⁶ Ivi, p. 472. Si chiarisca che l'autore sta presentando il principio antropico, ma non lo sta difendendo.

*The more I examine the universe and study the details of its architecture, the more evidence I find that the universe in some sense must have known that we were coming. There are some striking examples in the laws of nuclear physics of numerical accidents that seem to conspire to make the universe habitable.*⁴⁰⁷

Anche questo è un modo, per quanto scientifico, di trovare ragioni che ci permettano di sfuggire alla triste visione di una Vita folgorante ma strettamente immanente e casuale. Anche gli scienziati stessi, a volte, non sono capaci di sopportare il peso della mancanza di senso.

Ma noi non siamo molto d'accordo con questa strategia. Non ci sembra, infatti, che la questione della probabilità⁴⁰⁸ o improbabilità⁴⁰⁹ della Vita, della probabilità⁴¹⁰ o improbabilità⁴¹¹ dell'intelligenza, sia minimamente rilevate per quello che riguarda la questione del senso. In un caso o in un altro, la Vita è soltanto materia! Materia che sorge spontaneamente come frutto delle sue intrinseche proprietà e che sparisce nello stesso modo. Cosa cambia che sorga per necessità o che sorga per puro caso?

Oltre alle reazioni chimiche che avvengono in un sistema biologico, non vi è niente di "vivo" che superi la dimensione materiale delle cose. È qui che il senso può o non mancare, può o non essere ritrovato – indipendentemente della maggiore o minore probabilità dell'evento.

E il segreto del ritrovo risiede laddove lo aveva trovato Einstein: nello stupore di fronte alla perfezione, alla ragione e alla bellezza.

Lo ammette lo stesso De Duve - difensore talmente acerrimo della probabilità della Vita, che sembrava trovasse solo qui il senso da egli cercato:

Quand'anche la vita e la mente fossero rare, sarebbero tuttavia manifestazioni della materia in grado di incutere reverenza.⁴¹²

In fondo, anche le dispute varie fra i teorici della Vita sulla prospettiva riduzionistica o olistica, con un accento più genetistico o più organiscistico, in cui ognuno pensa di trovare

⁴⁰⁷ «Più io esamino l'universo e studio i dettagli della sua architettura, più evidente io trovo che l'universo, in un certo senso, dovette aver saputo che noi stavamo arrivando. Vi sono alcuni esempi impressionanti nelle leggi della fisica nucleare di casualità numeriche che sembrano cospirare per rendere l'universo abitabile» (DYSON [1979], p. 250 [grassetto nostro]).

⁴⁰⁸ Vedi DE DUVE [1995], p. 478.

⁴⁰⁹ Vedi MONOD [1970], p. 132.

⁴¹⁰ Vedi DE DUVE [1995], p. 488.

⁴¹¹ Vedi MAYR [1993], intervista in CAMPBELL [1993].

⁴¹² Ivi, p. 490.

la miglior comprensione nelle parti o nel tutto, sono ancora un ulteriore tentativo di recuperare quella vecchia “empatia” dell’uomo con la propria Vita, in modo che, attraverso una comprensione sempre più totalizzante della propria sostanza, gli possa venire restituito il dominio su ciò che è.

Lungo questa inchiesta, tuttavia, l’equilibrio viene spesso perduto: sopraffatto o da un’eccessiva “scientificità”, in cui la freddezza prende il posto allo stupore, oppure da un debole scivolamento verso categorie meno rigorose, la cui poesia raramente è compatibile con la validità scientifica.

Quasi goffo, ridicolo l’intellettuale olistico-organicistico-panteista, nella sua inconsapevole e puerilmente auto-giustificata ricaduta.

E così l’uomo, scienziato o meno, ritorna alla superstizione, aspirando di nuovo e con rinnovato piacere quel soffio che, pur saputo inesistente, gli conferisce la Vita come un privilegio sacro. Guardando se stesso, quelli che ama, un figlio che nasce, si lascia meravigliare dal miracolo. Di fronte alla morte, piange l’insostituibilità di ogni uomo. E riguardando ancora una montagna o un tramonto, dimentica per un momento quello che ha imparato sui libri, si lascia “incantare” dalla bellezza, e sente, anche se forse non lo vuole ammettere, che “non può essere tutto lì”.

La bellezza è un “gratis” che non era previsto nell’economia del mondo.

Perché dev’essere anche bello, il mondo?

Eppure è quella la sua sostanza.⁴¹³

⁴¹³ Parole di Erri de Luca, in un incontro del 21 gennaio 2003.

BIBLIOGRAFIA

TESTI CARTACEI

AGENO, M. [1986], *Le radici della biologia*, Feltrinelli, Milano.

ARISTOTELE, *Organon*, a cura di G. Colli, Einaudi, Torino, 1955.

AZZONE, G.F. [1994], *Il senso della vita. Natura, scienza ed etica nell'evoluzione mediante il caso*, Laterza, Roma-Bari.

BOHLER, C., BANNWARTH, W., LUISI, P.L. [1994], 'Self-replication of oligonucleotides in reverse micelles', in FLEISCHAKER, G.R., COLONNA, S., LUISI, P.L. [1994], pp. 249-253.

BONACCIO, S., CESCATO, C. WALDE, P., LUISI, P.L. [1994], 'Liposomes from lipidonucleotides and from lipidopeptides', in FLEISCHAKER, G.R., COLONNA, S., LUISI, P.L. [1994], pp. 255-259.

BONCINELLI, E. [2000], *Le forme della vita*, Einaudi, Torino.

BONCINELLI, E. [2001], *Prima lezione di biologia*, Laterza, Bari.

BONIOLO, G. [1999], *Metodo e rappresentazione del mondo. Per un'altra filosofia della scienza*, Bruno Mondadori, Milano.

BONIOLO, G. [2003], 'Kant's explication and Carnap's explication: the *redde rationem*', *International Philosophical Quarterly*, forthcoming.

BONIOLO, G., VIDALI, P. [1999], *Filosofia della scienza*, Bruno Mondadori, Milano.

BONIOLO, G., VIDALI, P. [2003], *Argomentare. Corso di Filosofia*, Bruno Mondadori, Milano.

BRACK, A. [1996], 'What is life?', in RIZZOTTI [1996], pp. 9-23.

BRACK, A. [1994], 'Are peptides possible support for self-amplification of sequence information?', in FLEISCHAKER, G.R., COLONNA, S., LUISI, P.L. [1994], pp.115-124.

CAMPBELL, N. [1993³], *Biology, Third Edition*, trad. it. M. Bisardi, B. Brizzi, G. Delfino, S. Jantra, A. Pieri, G. Santini, *Biologia*, Zanichelli, Bologna, 1995.

CELA-CONDE, C. [1996], 'Life as a problem', in RIZZOTTI [1996], pp. 25-38.

COLOMBO, L. [1996], 'The biogen: the ultimate living unit', in RIZZOTTI [1996], pp. 39-66.

CORBELLINI, G. [1999], *Le grammatiche del vivente. Storia della biologia e della medicina molecolare*, Ed. Laterza.

COVENEY, P. [1994], 'Chemical oscillations and non-linear chemical kinetics', in FLEISCHAKER, G.R., COLONNA, S., LUISI, P.L. [1994], pp. 157-176.

COVENEY, P., HIGHFIELD, R. [1990], *The Arrow of Time*, W.H.Allen, New York.

DARNELL, J., LODISH, H., BALTIMORE, D., BERK, A., ZIPURSKY, S.L., MATSUDAIRA, P. [1995³], *Molecular Cell Biology*, Scientific American Books, W.H. Freeman and Company, New York.

DARWIN, C. [1859-1872⁶], *The origin of species by means of natural selection*, trad. it. C. Balducci, *L'origine delle specie per selezione naturale*, introd. P. Omodeo, Newton & Compton, Roma, 2000.

DAWKINS, R. [1976], *The Selfish Gene*, trad. it. G. Corte e A. Serra, *Il gene egoista. La parte immortale di ogni essere vivente*, Oscar Mondadori, Milano, 1995.

DAWKINS, R., HURST, L.D. [1992], 'Life in a test tube', *Nature*, 375, pp. 198-99.

DAWKINS, R. [1998], *Unweaving The Rainbow: Science, Delusion and Appetite for Wonder*, Houghton Mifflin Company, Boston & New York.

DEAMER, D.W. [1994], 'Sources and synthesis of prebiotic amphiphiles', in , in FLEISCHAKER, G.R., COLONNA, S., LUISI, P.L. [1994], pp. 217-229.

DEAMER, D.W., FLEISCHAKER, G.R. [1994], *Origins of life. The central concepts*, Jones and Bartlett Publishers, Boston and London.

DE DUVE, C. [1991], *Blueprint of a cell*, Carolina Biol. Supply, Burlington 1991.

DE DUVE, C. [1995], *Vital Dust*, trad. it. L. Sosio, *Polvere vitale*, Tea Scienze, Milano, 2001.

DUKAS, H., HOFFMANN, B. (a cura di) [1979], *Albert Einstein. The Human Side*, trad. it. A. Gilberti, *Albert Einstein. Il lato umano. Frammenti di un "autoritratto"*, Giulio Einaudi, Torino, 1980.

DYSON, F. [1979], *Disturbing the Universe*, Harper & Row, New York.

GALILEI, G. [1632], *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo, tolemaico e copernicano*, a cura di L. Sosio, Giulio Einaudi, Torino, 1970⁴.

EINSTEIN, A. [1936], 'Physik und Realität', trad. L. Bianchi, 'Fisica e realtà', in ZANIN [1992], pp. 47-136.

EINSTEIN, A. [1940], 'Considerations concerning the fundamentals of theoretical physics', *Science*, 91, pp. 487-92.

EINSTEIN, A. [1949], *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*, a cura di P.A. Schilpp, trad. it. A. Gamba, *Autobiografia scientifica*, Boringhieri, Torino, 1979.

EINSTEIN, A. [1950], *Out of my later years*, trad. it. L. Bianchi, *Pensieri degli anni difficili*, Boringhieri, Torino, 1974.

FEINBERG, G., SHAPIRO, R. [1980], *Life beyond Earth*, Morrow, New York.

FLEISCHAKER, G.R. [1994], 'A few precautionary words concerning terminology', in FLEISCHAKER, G.R., COLONNA, S., LUISI, P.L. [1994], pp. 33-41.

FLEISCHAKER, G.R., COLONNA, S., LUISI, P.L. (a cura di) [1994], *Self-production of Supramolecular Structures. From synthetic Structures to Models of Minimal Living Systems*, Kluwer Academic Publishers and NATO, Boston.

FOX, S [1996], 'A definition of life derived from synthesis of protolife', in RIZZOTTI [1996], pp. 67-75.

FREGE, G. [1884], 'Die Grundlagen der Arithmetik', trad. it. C. Mangione e L. Geymonat, 'I fondamenti dell'aritmetica', in FREGE [1965], pp. 211-353.

FREGE, G. [1893-1903], *Grundgesetze der Arithmetik. Begriffsschriftlich Abgeleitet*, trad. ing. e introd. M. Furth, *The basic laws of Arithmetics. Exposition of the System*, University of California Press, Berkeley and Los Angeles, 1964.

FREGE, G. [1965], *Logica e Aritmetica*, a cura di C. Mangione, pref. L. Geymonat, Boringhieri, Torino.

GAETA, F.S. [1996], 'Definition of life', in RIZZOTTI [1996], pp.77-102.

GÀNTI, T. [1971], *Az élet princípiuma*, trad. ing. L. Vekerdi, *The Principle of Life*, Omikk, Budapest, 1987.

GÀNTI, T. [1989], *Kontra-Crick, avagy az élet rivolta, Contra Crick, or The essence of life*.

GÀNTI, T. [1996], 'The essence of the living state', in RIZZOTTI [1996], pp. 103-117.

GIOVANELLI, F. (a cura di) [2001], *The Bridge between the Big Bang and Biology*, CNR, Roma.

GODFREY-SMITH, P. [2000], 'Information, Arbitrariness, and Selection: Comments on Maynard-Smith', *Philosophy of Science*, 67, pp. 202-207.

HARTMAN, H. [1996], 'Evolutionary viruses and the origin of life', in RIZZOTTI [1996], pp. 119-127.

HAWKING, S. [1988], *A brief history of time*, trad. it. L. Sosio, *Dal big bang ai buchi neri. Breve storia del tempo*, introd. C. Sagan, Rizzoli, Milano, 2001.

HEIDEGGER, M. [1983], *Die Grundbegriffe der Metaphysik. Welt, Endlichkeit, Einsamkeit*, ed. originale a cura di F.W. von Herrmann, trad. it. C. Angelino, *Concetti fondamentali della metafisica. Mondo-finitezza-solitudine*, ed. italiana a cura di C. Angelino, Il melangolo, Genova, 1992.

HORGAN, J. [1991], 'In the beginning', *Scientific American*, 264(2), pp. 100-109.

JAVOR, G.T. [1989], 'A new attempt to understand the origin of life: The theory of surface metabolism', *Origins*, 16 (1), pp. 40-44.

KANT, I. [1790], *Kritik der Urteilskraft*, trad. it. *Critica del giudizio*, a cura di A. Bosi, UTET, Torino, 1993.

KANT, I. [1781-1787²], *Kritik der reinen Vernunft*, trad. it., introd. e note G. Colli, *Critica della Ragion Pura*, Adelphi, Milano, 1995.

KORZENIEWSKI, B. [2001], 'Cybernetic Formulation of the Definition of Life', *J.Theor.Biol.*, 209, pp. 275-286.

LAHAV, L. [1999], *Biogenesis. Theories of life's origin*, Oxford University Press, New York.

LARRALDE, R., ROBERTSON, M.P., MILLER, S.L. [1995], 'Rates of decomposition of ribose and other sugars: Implications for chemical evolution', *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 92, pp. 8158-8160.

LEVY, M., MILLER, S.L. [1998], 'The stability of the RNA bases: Implications for the origin of life', *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 95(14), pp. 7933-7938.

LUISI, P.L. [1994^a], 'Introduction', in FLEISCHAKER, G.R., COLONNA, S., LUISI, P.L. [1994], pp. xi-xiii.

LUISI, P.L. [1994^b], 'The chemical implementation of autopoiesis', in FLEISCHAKER, G.R., COLONNA, S., LUISI, P.L. [1994], pp.179-197.

LUISI, P.L., BACHMANN, P.A., LANG, J. [1992], 'Autocatalytic self-replicating micelles as models for prebiotic structures', *Nature*, 357, pp. 57-59.

LUISI, P.L., LAZCANO, A., VARELA, F.J. [1996], 'What is life?', in RIZZOTTI [1996], pp. 149-165.

LUISI, P.L., OBERHOLZER, T. [2001], 'Origin of Life on Earth: Molecular Biology in Liposomes as an approach to the minimal cell', in GIOVANELLI [2001] pp. 345-355.

MAYNARD SMITH, J., SZATHMÁRY, E. [1999], *The Origins of Life. From the Birth of Life to the Origins of Language*, trad. it. A. Panini e G. P. Panini, *Le origini della vita. Dalle molecole organiche alla nascita del linguaggio*, Einaudi, Torino, 2001.

MAYNARD SMITH, J. [2000a], 'The concept of Information in Biology', *Philosophy of Science*, 67, pp. 177-194.

MAYNARD SMITH, J. [2000b], 'Reply to commentaries', *Philosophy of Science*, 67, pp. 214-218.

MAYR, E. [1976], *Evolution and the Diversity of Life*, trad. it. N. Calef e J. Carboni, *Evoluzione e varietà dei viventi*, introd. G. Montalenti, Einaudi, Torino, 1983.

MAYR, E. [1982], *The growth of biological thought. Diversity, evolution, and inheritance*, trad. it. B. Continenza, P. Ghisleni, M. Stanzione, A. Zucchi, *Storia del pensiero biologico. Diversità, evoluzione, eredità*, a cura di P. Corsi, Bollati Boringhieri, Torino, 1990.

MAYR, E. [1988], *Toward a New Philosophy of Biology. Observations of an Evolutionist*, Harvard University Press, Cambridge.

MAYR, E. (intervista con) [1993], in CAMPBELL [1993], pp. 462-465.

MAYR, E. [1997], *This is Biology - The Science of the Living World*, trad. it. A. Vezzaro, *Il modello biologico*, McGraw-Hill, Milano, 1998.

MONOD, J. [1970], *Le hazard et la nécessité*, trad. it. A. Busi, *Il caso e la necessità*, Oscar Mondadori, Milano, 1997.

NAKAMURA, H. [1996], 'The definition of life', in RIZZOTTI [1996], pp. 167-186.

NICOLIS, G., PRIGOGINE, I. [1987] *Exploring complexity. An introduction*, trad. it. M. Andreatta e M.S. De Francesco, *La complessità. Esplorazione nei nuovi campi della scienza*, Einaudi, Torino, 1991.

OMODEO, P. [1984], *Creazionismo ed evoluzionismo*, Laterza, Bari.

OMODEO, P [1996], 'What is a living being?', in RIZZOTTI [1996], pp.187-198.

OPARIN, A.I. [1936], *Vozniknovenie izni na Zemle*, trad. it. G. Segre, *L'origine della vita sulla Terra*, Einaudi, Torino, 1956.

PASCAL, B. [1654-1658], 'De l'esprit géométrique e De l'art de persuader', trad. it. In A. Bausola e R. Tapella, 'Lo spirito geometrico e l'arte di persuadere', in PASCAL [1978], pp. 331-368.

PASCAL, B. [1978], *Pensieri, Opuscoli, Lettere*, a cura di A. Bausola, Rusconi, Milano.

PEANO, G. [1921], *Le definizioni in matematica*, in PEANO [1948], II Vol., pp. 423-435.

PEANO, G. [1958], *Opere scelte*, a cura dell'Unione matematica italiana e col contributo del Consiglio nazionale della ricerche, Cremonese, Roma.

PERUZZI, A. [1997], *Definizione*, La Nuova Italia, Firenze.

PONNAMPERUMA [1995], 'From Oparin to the present', in POGLAZOV, B. F. [1995], pp. 13-17.

POGLAZOV, B.F. [1995], *Evolutionary biochemistry and related areas of physicochemical biology: dedicated to the memory of Academician A. I. Oparin*, Institute of Biochemistry and ANKO, Moscow.

POPPER, K. [1956], *Realism and the aim of science. From the Postscript to the Logic of Scientific Discovery*, a cura di W.W. Bartley III, trad. it. M. Benzi e S. Mancini, *Poscritto alla Logica della Scoperta Scientifica I. Il Realismo e lo scopo della scienza*, Il sagggiatore, Milano, 1984.

PRIGOGINE, I. [1954], *Introduction to Thermodynamics of Irreversible Processes*, a cura di A.M. Liquori, *Introduzione alla termodinamica dei processi irreversibili*, "Leonardo" Edizioni Scientifiche, Roma, 1971.

PRIGOGINE, I. (intervista con) [1993], interv. A. Zanazzo, trad. it. G. Albio, A.G. Calabrese, E.De Cecco, G. Romano, in SAETTI [1996], pp. 129-135.

PRIGOGINE, I., STENGERS, I. [1979], *La nouvelle alliance. Metamorphose de la science*, a cura di P.D. Napolitani, *La nuova alleanza, metamorfosi della scienza*, Giulio Einaudi Editore, Torino, 1981.

REICHENBACH, H. [1949], 'Il significato filosofico della teoria della relatività', in EINSTEIN [1949], pp. 175-198.

RIZZOTTI, M. [1984], 'Il concetto di artificiale', *Memorie: Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali*, Istituto Veneto di Scienze, Lettere e Arti, Venezia.

RIZZOTTI, M. [1995], 'Lipid vesicles: are they plausible primordial aggregates?', *Journal of Biological Physics*, 20, pp. 155-162.

RIZZOTTI, M. (a cura di) [1996], *Defining life: the central problem in theoretical biology*, University of Padova, Bologna.

RIZZOTTI, M. [2001], 'Che cos'è la vita?', in BONIOLO, VIDALI [2003], Vol. V.

RIZZOTTI, M. [2002], 'The origin and evolution of early life', in *EOLSS, Encyclopedia of life supporting systems*, UNESCO, cap. 6.71.2.

ROUSSEAU, J.-J. [1762], *Émile ou de l'Éducation*, trad. it. L. de Anna, *Emilio e altri scritti pedagogici*, G.C. Sansoni Editore, Firenze, 1954.

SAETTI, L. (ed.) [1996], *Appuntamenti con la Filosofia 2*, Giancarlo Politi Editori per Flash Art Books, Milano.

SARFATI, J. [1999], 'Origin Of Life: Instability of Building Blocks', *Creation Ex Nihilo Tecnical Journal*, 13(2), pp. 124-127.

SARKAR, S. [2000], 'Information in Genetics and Development Biology: Comments on Maynard Smith', *Philosophy of Science*, 67, pp. 208-213.

SCHILPP, P.A. (a cura di) [1949], *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*, trad. it. A. Gamba, *Albert Einstein, scienziato e filosofo*, Paolo Boringhieri, Torino, 1958.

SCHRÖDINGER, E. [1944], *What is life?*, trad. port. M. L. Pinheiro, *O que é a vida? Espírito e Matéria*, Fragmentos, Lisboa, s/d; trad. it. M. Ageno, *Che cos'è la vita?: la cellula vivente dal punto di vista fisico*, Adelphi, Milano, 1995.⁴¹⁴

SHAPIRO, R. [1986], *Origins: A Skeptic's Guide to the Creation of Life in the Universe*, Penguin, London.

SOMENZY, V. (a cura di) [1965], *La filosofia degli automi*, Boringhieri, Torino.

STERELNY, K. [2000], "The 'Genetic Program' Program: a commentary on Maynard Smith on Information in Biology", *Philosophy of Science*, 67, pp. 195-201.

STRYER, L. [1995⁴], *Biochemistry. Fourth Edition*, trad. it., A. Pessino, B. Sparatore, *Biochimica*, Riv. E. Melloni, Zanichelli, Bologna, 1996⁴.

SUSUKI, D. (intervista con) [1993], in CAMPBELL [1993], pp. 266-269.

VARELA, F.J. [1994], 'On defining life', in FLEISCHAKER, G.R., COLONNA, S., LUISI, P.L. [1994], pp. 23-31.

VON NEUMANN, J. [1958], *The computer and the brain*, trad. it. B. Cermignani e S. Muscetta, *Il calcolatore e il cervello*, in SOMENZY [1965], pp. 157-221.

VON NEUMANN, J. [1948], *The general and logical theory of automata*, trad. it. C. Cellucci, *La logica degli automi e la loro autoriproduzione*, in SOMENZY [1965], pp. 222-245.

WÄCHTERSCHÄUSER, G. [1988], 'Before enzymes and templates: theory of surface metabolism', *Microbiological Reviews*, 52, pp. 452-484.

WEINBERG, S. [1977], *The First Three Minutes*, Basic Books, New York, 1977; trad. port. Ana Isabel Simões, *Os primeiros três minutos do Universo. Uma análise moderna da origem do Universo*, Gradiva, Lisboa, 1987.⁴¹⁵

WICK, R., WALDE, P., LUISI, P.L. [1994], 'Giant vesicles', in FLEISCHAKER, G.R., COLONNA, S., LUISI, P.L. [1994], pp. 295-299.

ZANIN, R. (a cura di) [1992], *La scienza come problema*, Rumor, Vicenza, 1993.

⁴¹⁴ Benché sia abbia consultato anche la traduzione portoghese, i riferimenti presenti in questa tesi sono relativi all'edizione italiana.

⁴¹⁵ Benché sia abbia consultato anche la traduzione portoghese, i riferimenti presenti in questa tesi sono relativi all'edizione originale.

VIDEO

SAGAN, C. [1989], *A vida das estrelas. Episodio 9*, Carl Sagan Productions, Inc. Turner Home Entertainment.

RISORSE INTERNET

www.angelfire.com/on2/daviddarling:

DARLING, D., 'Cairns-Smith, A. Grahlan'.

DARLING, D., 'Fox, Sidney W. (1912-)'.

DARLING, D., 'Haldane, J.B.S. (John Burdon Sanderson) (1892-1964)'.

DARLING, D., 'Oparin, Aleksandr Ivanovich (1894-1980)'.

DARLING, D., 'Oparin-Haldane Theory'.

DARLING, D., 'coacervate'.

DARLING, D., 'microspheres'.

DARLING, D., 'thermal proteins'.

www.grifo.ath.cx/lite/Einst/e1.html:

EINSTEIN, A. [1934], 'Società e personalità', in *The World as I see it, Come io vedo il mondo*.

www.grifo.ath.cx/lite/Einst/e2.html:

EINSTEIN, A. [1934], 'Religione e scienza', in *The World as I see it, Come io vedo il mondo*.

www.theharbinger.org/articles/rel_sci/fox.html:

FOX, S.W., 'My Scientific Discussions of Evolution for the Pope and His Scientists', 1997.

GOTTLIEB, S., 'Introduction'.

www.members.aol.com/Heraklit1/einstein.htm:

HARRISON, P. 'Einstein: the cosmic pantheist', 1996

www.accessexcellence.org/WN/NM/miller.html:

HENAHAN, S., 'From Primordial Soup to the Prebiotic Beach. An interview with exobiology pioneer, Dr. Stanley L. Miller, University of California San Diego', 1996.

www.ScientificAmerican.com:

KONNER, M., 'One Man's Rainbow', 03.15.1999.

www.mol.uj.edu.pl/~benio/cyber_life_2.pdf:

KORZENIEWSKI, B., 'Confrontation of cybernetic definition of life with the real world'.

www.planetarybiology.com:

MORRIS, T.E., 'The Origin of Earth and Life', *Principles of Planetary Biology*, Cap. 6, 1999.

www.geocities.com/CapeCanaveral/Lab/2948/orgel.html:

ORGEL, L.E., 'Origin of Life on Earth', 1997.

www.mikrotron.com/alife/:

POLOWICK, M., 'Artificial life', 1998.

www.ibiblio.org/jstrout/uploading/potter_life.html:

POTTER, S.M., "The meaning of 'life'", 1986.

www.omnimag.com/archives/interviews/prigogin.html:

PRIGOGINE, I. (interv. TUCKER, R.B.), 'Ilya Prigogine: Wizard of Time', 1983.

www.nobel.se/chemistry/laureates/1977/prigogine-autobio.html:

PRIGOGINE, I., 'Ilya Prigogine – Autobiography', 2002.

www.siu.edu/~protocell/:

RABB, W., 'USA scientist credited with discovering life's origins' (*The Mobile Register*, 28.8.1998, p. 1)

www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=10868906&dopt=Abstract:

SHAPIRO, R., 'A replicator was not involved in the origin of life', 2000.

www.ishipress.com/volcanic.htm:

WADE, N., 'Experiment Supports Theory That Life Began on Volcanic Environment', 1998.

www.pbs.org/wgbh/aso/databank/entries/do53am.html:

'Amino acids are created in laboratory, 1953', *A science Odissey: People and Discoveries*, a cura di WGBH Educational Foundation, 1998.

www.crs4.it/CISST/Curriculum-Prigogine.html:

'Curriculum Vitae Ilya Prigogine'.

www.xrefer.com/entry/460530:

'Deamination'.

'Half-life'.

www.brunel.ac.uk/depts/AI/alife/al-vonne.htm:

'John Von Neumann: 1903-1957', a cura della Brunel University.

www.orpheus.ucsd.edu/speccoll/testing/html/mss0176d.html:

'Leslie Orgel Papers. Background'.

www.salk.edu/gg/discouvertes/orgel.html:

‘Leslie Orgel, Ph. D. Chemical Evolution Laboratory’.

www.earthsky.com/2000/esmi000804.html:

‘More Information on “Life in Droplets?”’, 2000.

www.godandscience.org/evolution/rnamodel.html:

‘Origin of life: latest theories/problems’.

order.ph.utexas.edu/peopele/Prigogine.htm:

‘Prof.Ilya Prigogine @ Prigogine Center’.

www.fi.edu/qa97/biology/biopoint2.html:

‘The Origin of Life’, 1997.

www.steve.gb.com/science/tutorials/originoflife.doc:

‘The origin of life’.

*The proper ending to any story about people it seems to me,
since life is now a polymer in which the Earth is wrapped so tightly,
should be that same abbreviation, which I now write large because I feel like it, which is
this one:*

E T C.

*And it is in order to acknowledge the continuity of this polymer
that I begin so many sentences with “And” and “So”,
and end so many paragraphs with “...and so on.”*

And so on.

Kurt Vonnegut, Jr., *Breakfast of Champions*

RINGRAZIAMENTI

Prima di tutto, un grazie al mio relatore, Professor Giovanni Boniolo, che mi permise di studiare gli argomenti che di più mi affascinano e che ha avuto la pazienza di dedicarmi molto del suo tempo.

Ringrazio anche il Professor Luca Illetterati per l'amicizia, gentilezza e continua disponibilità con cui mi accolse all'Università di Padova.

Ma una tesi di laurea non può che risultare dalla vita di chi la scrive. Questo lavoro è, dunque, il frutto delle persone e situazioni che hanno costruito me e il mio modo di pensare e che, in un modo o in un altro, hanno inoltre permesso che il mio percorso scolastico potesse arrivare fino a questo punto, senza che io quasi me ne sia resa conto.

Ringrazio innanzitutto la mia meravigliosa famiglia, nel seno di cui, fra nonni, genitori e fratelli, sono cresciuta nella passione della conoscenza – tanto in ambito scientifico (attraverso i miei nonni materni, insegnanti fino a più di settant'anni, attraverso anche il percorso dei miei zii, e soprattutto grazie a mia madre e ai miei carissimi fratelli), come anche nell'ambito umanistico (attraverso i miei nonni paterni, pieni di vecchi libri attorno, attraverso mio padre, sempre affascinato dalle piccole storie della grande storia e eterno ricercatore dei poeti della *saudade*, e grazie alle fotografie, disegni, poesie e racconti infantili di mio fratello Paolo).

Da quando ero piccola, tutti hanno sempre avuto una risposta affascinante per qualsiasi mia domanda, facendo crescere in me il desiderio di imparare anch'io tutte le cose.

E attraverso l'esempio del loro vagabondaggio per il mondo, mi hanno stimolata alla continua ricerca della ricchezza dei posti nuovi e della diversità delle genti, ricerca che oggi fa parte integrante di me e, spero, dei miei cammini futuri.

Giorno per giorno, con la loro "solarità", la loro capacità di critica costruttiva e il loro amore, mi hanno dato la grazia di essere sempre felice. Questa è la mia maggiore ricchezza.

Anche la mia famiglia italiana è “responsabile” per i risultati di questa tesi, perché senza l’accoglienza calda, paziente e generosa che mi hanno offerto in questi tre anni e mezzo, io non sarei di sicuro qui adesso. Grazie, dunque, DI TUTTO (dall’intimità delle chiacchierate e dal letto caldo, all’uso del computer e del telefono o alla buonissima cucina italiana) alla nostra “mamma” e a Paolo, e anche ai carissimi nonno, zia Paola e zio Carlo. Tutti gli altri zii e cugini mi hanno ugualmente accolta come parte della famiglia e, con molta amicizia, ringrazio loro per questo.

Alla Vale va inoltre un tenero abbraccio per le lezioni di fisica (!) e per l’apertura ad una nuova cugina.

Spero di poter un giorno retribuire la generosità di voi tutti, accogliendovi, ogni volta che volete, nel mio paese o dovunque io sia... o semplicemente nel riuscire ad assimilare in me stessa i principi di vera fraternità cristiana che mi avete trasmesso in questi anni.

Un saluto importante anche a tutti gli amici che, in Portogallo, hanno accompagnato la mia crescita e mi hanno riempito gli anni di cose buone, e a tutti quelli che, in Italia, mi hanno lasciato fare parte delle loro vite e diventare loro vicina: grazie per la colorata presenza di tutti voi, perché siete stati i costruttori della mia identità come persona e non mi avete mai fatto sedere nel cammino della mia formazione.

Tutti gli insegnamenti e l’affetto dei miei amici, insieme alla loro mostruosa pazienza per la mia energia esagerata, hanno permesso che io riuscissi a farmi una Casa in ogni posto, e che, in mezzo a tanta apparente instabilità, rimanessi serenamente felice.

Un abbraccio fortissimo e più speciale di qualsiasi altro è dedicato, come in ogni momento importante della mia vita, alla mia Mariana, migliore amica di sempre e ora mio angelo custode.

Grazie, infine, ad Andrea, che è la mia ancora, porto di rifornimento, bussola, vela e vento, per l’amore fedele, per l’accettazione dei miei difetti, e per lo stimolo e la complicità di ogni singolo giorno.

***“It’s all like an ocean!” cried Dostoievski.
I say it’s all like cellophane.***

Kurt Vonnegut, Jr., *Breakfast of Champions*