

ESSERE UMANI

EDOARDO BONCINELLI (*)

Nota presentata dalla s.c. Antonietta Mira
(Adunanza del 9 giugno 2022)

SUNTO. – Cosa significa «umano» all'epoca dell'intelligenza artificiale e della rivoluzione digitale? Perché sentiamo il bisogno di dire «restiamo umani»? Dove ci porterà il nostro processo evolutivo? La straordinaria molteplicità e diversità di ciò che ci costituisce - materia organica, cervello, mente, coscienza, emozioni - rende ardua la risposta, soprattutto in termini definitivi. L'umano si configura come un cantiere sempre aperto, di grande complessità e in continuo divenire.

ABSTRACT. – What does “human” mean in the age of artificial intelligence and the digital revolution? Why do we feel the need to say «let's stay human»? Where will our evolutionary process take us? The extraordinary multiplicity and diversity of what constitutes us - organic matter, brain, mind, consciousness, emotions - makes the answer difficult, especially in definitive terms. The human is configured as an always open construction site, of great complexity and in continuous evolution.

L'uomo si è sempre interrogato su che cos'è, su dove vive e quali sono le caratteristiche delle cose che gli stanno intorno. Sembra che non ne possa proprio fare a meno. Almeno in Occidente però, le cose sono cambiate drammaticamente più o meno nel Seicento, quando, con l'apporto fondamentale di Galileo, si è passati - in verità bruscamente - dalla speculazione alla sperimentazione. La speculazione è sempre necessaria perché occorre farsi venire le idee, vedere se stanno in piedi

(*) Università Vita-Salute, Università San Raffaele, Milano, Italia.
E-mail: boncinelli.edoardo@hsr.it

da sole, vedere se stanno in piedi in compagnia di altre idee. Se tutto questo è verificato, sembra che il compito sia concluso, ma dal Seicento in poi l'uomo, e in particolare l'uomo di scienza, non si è più accontentato di questo. Questo può sbocciare in una serie di affermazioni - che poi sono quelle che si possono studiare a scuola o in un manuale - se sono comunicabili in maniera affidabile e se sono stati fatti da parte nostra una serie di controlli. Cosa vuol dire controllare in questo caso? In questo caso vuol dire vedere se ciò che noi affermiamo è compatibile con quello che noi osserviamo. Notare l'aggettivo «compatibile», che è un aggettivo abbastanza morbido, ammette diverse possibilità, ma se ci guardiamo bene dentro è veramente quello che il cammino della scienza ha fatto. Quindi le affermazioni della scienza non sono necessarie ma sono sufficienti per dare un quadro del mondo che ci circonda. A forza di formulare idee e di metterle alla prova abbiamo edificato in questi secoli un edificio di conoscenza su tutto quello che ci circonda.

Davanti a questo possiamo reagire in due maniere diverse se non opposte: possiamo mostrarci orgogliosi di quanto abbiamo fatto oppure possiamo esprimerci nel senso che, con tutto il rispetto per quello che abbiamo fatto, ci sono ancora tante cose da fare. Questi sono i due atteggiamenti che informano il modo di vedere la scienza, da parte di tutti in verità, sia dotti sia appena appena informati. È chiaro che noi vorremmo sempre sapere tutto subito, ma è anche vero che è impossibile sapere tutto subito, anche perché non sappiamo cosa vuol dire tutto. Dietro ogni angolo ci può essere qualche altra cosa e questo in fondo è accettabile, ma ci può essere qualche altra cosa che non era stata preventivata e nemmeno immaginata. Questo è successo prevalentemente negli ultimi due secoli, sia in fisica che in biologia: trovarsi davanti a novità spiazzanti, cioè che, pur dovendo noi ammettere che hanno un fondamento, sono molto difficili da accettare per la nostra mente e quindi da pensare. La spiegazione è semplice. Noi siamo il frutto di una evoluzione biologica, la quale è avvenuta negli ultimi due/tre milioni di anni per quanto riguarda il passaggio dalle scimmie superiori all'uomo. Questo passaggio si è riferito e ha dovuto rendere conto al mondo che lo circondava, ma che lo circondava allora. Quindi per noi, per sopravvivere e avere una vita accettabile, è sufficiente che quello che pensiamo, che abbiamo capito, che insegniamo, che ci tramandiamo sia compatibile con un mondo i cui oggetti sono delle nostre dimensioni, cioè lunghe centimetri e che durano secondi. Per questo noi siamo attrezzati. Ma per le cose piccolissime come le particelle subatomiche, che sono di piccole dimensioni e di vita ancora più piccola,

o per le galassie del cielo, che sono grandi e di vita ancora più lunga, il nostro cervello non era preparato, non era stato progettato e realizzato. Nessuno scandalo quindi che noi non riusciamo a capire certe cose, esempi tra tutte sono la teoria dell'evoluzione biologica, la meccanica quantistica e la teoria della relatività. Dobbiamo però accettare quello che la scienza dice, dopo verifiche di tutti i tipi ma verifiche pratiche, e accontentarci per il momento di quello che si è ottenuto, sicuri comunque che il futuro avrà in serbo per noi altre cose, magari sconvolgenti. Ma poiché il futuro è futuro e noi viviamo nel presente, è importante che noi sappiamo cosa ha detto la scienza fino ad oggi o fino a ieri. Non su tutti gli argomenti: alcuni argomenti sono belli e utili, alcuni argomenti sono belli e poco utili, alcuni argomenti sono belli ma la loro utilità è molto dubbia. Per esempio, che esistono i buchi neri o che esistono le onde gravitazionali sono due conoscenze bellissime ed emozionanti, ma è difficile che abbiano un effetto immediato sulla nostra vita quotidiana, mentre l'esistenza dei batteri, dei virus e la maniera per combatterli hanno un impatto maggiore. Con questo non si vuole rinnegare nessun tipo di ricerca, anche perché per dire la verità se c'è qualcosa cui l'Italia rifugge è piuttosto la fisica che la biologia, però bisogna riconoscere questa separazione, perché purtroppo i media a tutti i livelli mettono tutto sullo stesso piano. Che io sappia tutto su un buco nero può essere bello, divertente, indice di una mia profonda curiosità ma non può avere per tutti la stessa importanza che può avere la produzione di un vaccino o la prevenzione di una malattia. Noi siamo esseri viventi quindi il primo pensiero che ci viene è quello di occuparci della vita. Della vita ci se ne occupa da diversi secoli, prima molto lentamente in maniera confusa e poi sempre più velocemente in maniera scientifica, per cui possiamo dire di avere imparato tante cose ma certamente non tutte.

Un esempio che mi viene in mente, perché l'ho letto e commentato proprio in questi giorni, è quello che riguarda le api. Nell'alveare c'è una regina, che è l'unica femmina fertile, ci sono un certo numero di maschi e un certo numero di femmine sterili che fanno il lavoro quotidiano e che noi di solito chiamiamo operaie. Succede che qualche volta si osserva che un gruppo di operaie assalta e uccide la regina. Questo di per sé non è la fine della storia perché si può immediatamente rifare un'altra regina, però la domanda è: Perché? La regina abbiamo detto che è l'unica fertile, che fa maschi e femmine. I maschi però possono nascere di due tipi: la stragrande maggioranza è fertile, anche se profondamente inutile, una minoranza è altrettanto inutile e affamata

ma sterile. Quando in un alveare il numero di maschi sterili comincia a essere cospicuo non ha senso fare fuori loro, ma fare fuori la regina, che ha preso un abbaglio. Studi sperimentali hanno verificato che questo è il motivo per cui la regina viene fatta fuori e questo vale anche per alcune vespe e alcune formiche. Ho raccontato questa storia per dire che c'è sempre qualcosa di nuovo che può essere interessante, può essere divertente, naturalmente basta che sia riproducibile, che sia affidabile, ma come diciamo noi che sia vero.

Noi oggi abbiamo un patrimonio di tutto rispetto di conoscenze, le quali tra l'altro non sono nemmeno tanto difficili da reperire: con la rete presente sui computer si può volendo informarsi su tutto. Purtroppo, ci sono anche informazioni sbagliate e quindi qualcuno si confonde con queste cose sbagliate, ma la stragrande maggioranza è giusta e chiunque ne può fare tesoro. Il volume *Umano. Una storia infinita*¹ è proprio basato su queste conoscenze assodate e affidabili che abbiamo cercato di riassumere, anche se qualcosa degli esseri viventi la sappiamo da sempre, non foss'altro per esperienza diretta. Ma sappiamo anche contemporaneamente che il mondo va avanti perché obbedisce a leggi più generali, per esempio della fisica e certamente anche della chimica. Stiamo parlando di energia, del suo uso e del suo destino.

Dove prendono l'energia gli esseri viventi? La prima fonte, lo abbiamo detto, è la radiazione solare. La radiazione solare è all'origine di tutta l'energia che circola su questo pianeta, e abbiamo detto che da un punto di vista rigoroso è anche l'energia della miglior qualità possibile. Secondo i nostri parametri energia di qualità migliore non c'è. Se poi guardiamo dentro vediamo che questa energia che tanto apprezziamo viene da reazioni all'interno del sole come di tutte le altre stelle che hanno una base nucleare. Anche se la parola nucleare non ci piace, l'energia che viene dal sole viene dalle trasformazioni nucleari. Questa è l'energia migliore di cui possiamo disporre. Noi non siamo capaci di trasformare questa energia direttamente in materia vivente. Esistono però degli organismi verdi perché contengono clorofilla, che siano pluricellulari o unicellulari, che hanno la capacità di fissare l'anidride carbonica, cioè la capacità di costruire tutta la materia organica con la quale abbiamo a che fare quotidianamente - dalla bistecca alle melanzane, dagli esseri umani ai cinghiali - partendo dall'energia ricevuta dal sole. Perché

¹ Boncinelli 2022.

abbiamo detto che l'energia del sole è quella di qualità migliore? Perché l'energia, ci dice la fisica, si conserva in larga parte, non totalmente, ma si trasforma e lo fa secondo un percorso, una serie di tappe, un viaggio obbligato. Questo viaggio dice che l'energia o si conserva o passa da uno stato di minor entropia a uno di maggior entropia. La luce del sole è, per quanto riguarda noi terrestri, l'energia di minor entropia che esista. Quindi sarebbe bello se noi riuscissimo ad adoperare direttamente l'energia del sole come fanno gli organismi verdi, ma non è così. Siamo costretti a mangiare vegetali o altri animali che hanno mangiato vegetali. Questo ormai lo sappiamo da tanto tempo ma è sempre bene ricordarlo. Se qualcuno con la bacchetta magica facesse sparire gli organismi fotosintetici ci troveremmo nella situazione di non avere più energie, anche se stiamo sdraiati in pancioline al sole, perché di per sé quest'energia non la sappiamo adoperare. Che cos'è successo a questa energia passando dalla radiazione solare agli organismi? È successo che è stata utilizzata per una serie di reazioni, la prima delle quali è la produzione di un minimo di quantità organica, qualcosa di simile all'amido, e da qui poi tutta la cascata degli eventi che hanno prodotto tutto quello che ci circonda e verosimilmente anche quello che almeno per qualche tempo ci circonda. Quindi noi dobbiamo mangiare qualcosa che abbia un valore entropico abbastanza alto, mentre non ha proprio senso che noi mangiamo qualcosa che ha un valore entropico basso. Se vogliamo essere spoezzanti non possiamo solamente mangiare i nostri escrementi, a parte il fatto che fa schifo, ma non ci nutrirebbero. Questo non significa però che non ci siano altri organismi che possono utilizzare i nostri escrementi che per loro sono un'energia di sogno, perché loro li possono trasformare ulteriormente in qualcosa di ancora meno pregiato. Il segreto del mondo vivente è questo passaggio di testimone da una mano all'altra, che parte dall'energia del sole e che finisce molto in basso. Più in basso di acqua e anidride carbonica non si va, per ora.

Quindi gli esseri viventi si trovano a fare continuamente questa trasformazione. Cosa se ne fanno gli esseri viventi dell'energia che accumulano? Si dice che gli serve per vivere e su questo non c'è dubbio perché la vita di per sé è energeticamente dispendiosa: basta che io dia un calcio ad un pallone o scuota un albero e ho già consumato una certa quota di energia. Però io prima ancora di utilizzare l'energia devo essere una entità materiale di una certa dimensione che può eventualmente esercitare delle azioni. Quindi anche il nostro corpo, come il corpo di tutti gli altri esseri viventi, è già una maniera di utilizzare l'energia. Abbiamo bisogno di

energia per agire, ma anche per esserci, per essere vivi, per mantenerci vivi. Mantenersi vivi vuol dire, se parliamo di noi, mangiare certe cose, digerirle e nello stesso tempo respirare, perché molte reazioni chimiche hanno bisogno dell'ossigeno. Quando si dice «metabolismo» - che abbiamo detto è uno dei tre requisiti fondamentali della vita - si dice appunto trasformare l'energia, e spesso nello stesso tempo la materia, in modo da poter costruire qualcosa a spese dell'energia che abbiamo preso all'inizio e che continuiamo a prendere quotidianamente.

Il corpo - lo abbiamo detto tante volte - è fatto di cellule, una o tantissime, ma anche di un'unica cellula, come ad esempio un batterio, è un universo piuttosto strutturato. C'è un'informazione biologica, ci sono una serie di proteine che eseguono le istruzioni e c'è una membrana esterna che lo ripara da incidenti imprevisti ma nello stesso tempo non è così impermeabile da non lasciare la cellula in comunicazione con il mondo. La comunicazione con il mondo va sia in direzione mondo-cellula sia in direzione cellula-mondo. I pluricellulari naturalmente hanno tante cellule, anche miliardi di miliardi, che non sono tutte uguali, anzi sono molto diverse, formano per esempio tessuti diversi, organi diversi, apparati diversi, ma tutte hanno in comune il fatto che devono sopravvivere e moltiplicarsi. Quindi quello che è vero per un organismo unicellulare, metabolizzare e moltiplicarsi, è vero per tutti gli altri organismi. Per fare questo c'è bisogno di energia, ma c'è bisogno di un dislivello di qualità dell'energia perché sempre tutto si deve muovere in una direzione.

Si dovrebbe scrivere un intero libro per descrivere in dettaglio tutti questi passi che avvengono dentro una cellula o dentro di noi ed è sostanzialmente quello che racconta un libro di biochimica. Se però ci dobbiamo mantenere a livello divulgativo-culturale dobbiamo riassumere quello che succede: da una parte si passa da una singola cellula a tante cellule, dall'altra si mantiene in vita tutto quel sistema di cellule nonostante i pericoli del mondo esterno e nonostante il tempo che passa. L'uomo ha sempre avuto paura dell'invecchiamento e alla fine della morte, ma non vive molto poco, anche se tutto dipende da cosa si confronta. Quindi la nostra vita è un insieme di processi, tanti, dettagliati e noiosi, ma che fanno questo lavoro. Come fanno a farcela, considerando tutto quello che abbiamo detto all'inizio su cos'è l'energia e su come si muove? Perché da quando nasciamo, se mangiamo e se respiriamo, il nostro corpo vive e fa un sacco di cose? Perché noi siamo fatti essenzialmente di carbonio; siamo fatti ovviamente di idrogeno come tutto l'universo, siamo fatti di ossigeno, siamo fatti di altri mine-

rali, ma la maggior parte dei composti che noi chiamiamo organici sono derivati del carbonio. Accade che, se io scrivo su un foglio tutti i derivati del carbonio che si incontrano nel mio corpo, vedo che sono tanti, e se considero il loro livello energetico è molto vicino l'uno all'altro. Quindi veramente passare da un prodotto all'altro è un piccolo passo. Questo non era né obbligatorio né evidente qualche tempo fa. Il segreto della vita, tra i tanti, è quello di usare l'energia per costruire passando da composti chimici, che noi chiamiamo organici, che distano molto poco l'uno dall'altro dal punto di vista energetico. Non potremmo vivere se qualcuno con una bacchetta magica impedisse l'esistenza di un certo numero di sostanze organiche. È inutile chiedersi perché e per come - anche se sarebbe interessante -, dobbiamo però assegnare al fatto di essere costituiti di derivati del carbonio il massimo del merito nell'essere quello che siamo.

Il carbonio è tetravalente, quindi fa quattro legami chimici. Qualche tempo fa qualcuno disse che anche il silicio era tetravalente, e quindi probabilmente da qualche parte della galassia potrebbe esistere una vita basata sui derivati del silicio. È una cosa molto interessante, per ora puramente teorica perché non ne abbiamo mai incontrata una. Ma questa osservazione permette di alzare un po' la testa rispetto all'osservazione degli esseri viventi terrestri. Se è vero o non è vero, qui abbiamo il carbonio, ce lo teniamo stretto. Notare che nella storia dell'universo il carbonio non è vecchissimo come l'idrogeno, ma è stato costruito dentro alcune stelle che poi sono esplose. Quindi noi dobbiamo ringraziare tante cose ma anche la produzione di carbonio da parte di stelle con certe caratteristiche.

Perché è tanto importante che si compiano piccoli passi? Perché attenua, per così dire, la forza dei requisiti del secondo principio della termodinamica che, come abbiamo detto, controlla tutto. In realtà la sua formulazione corretta sarebbe che in ogni evento spontaneo l'entropia si conserva o aumenta quindi non è obbligata ad aumentare sempre ma può anche idealmente conservarsi. Quando si conserva? Quando gli eventi avvengono reversibilmente, cioè molto lentamente, mentre quando avvengono irreversibilmente e cioè di botto il secondo principio non perdona. Quindi, anche a seguito di queste condizioni di fisica, il fatto che il nostro metabolismo consiste in una serie di successioni di piccoli passi ci aiuta a passare attraverso le Forche Caudine del secondo principio della termodinamica. In noi si ha una degradazione dell'energia ma talmente lenta che è quasi ferma. Naturalmente non è così perché

altrimenti non ci sarebbe l'invecchiamento né la morte, ma non possiamo dire di vivere poco e in fretta. Non lo possiamo dire, anche se la prova materiale non si può avere perché non abbiamo condizioni di altri individui comparabili con noi che abbiano altre forme di vita. Va detto però che approssimativamente ogni organismo vive in proporzione alle proprie dimensioni quindi i piccoli vivono poco e i grandi di più, ma non è una relazione semplice.

La vita ha quindi un andamento lento, lento secondo certi criteri. Obbligatoriamente lento per non mettersi contro il secondo principio della termodinamica. Anzi, in un certo senso, per giovarsene assecondandolo. Ma questa osservazione che la vita ha un andamento lento non riguarda solo il metabolismo, riguarda anche il fatto che gli organismi viventi sono tanti. Cosa vuol dire tanti? Vuol dire che il numero delle specie viventi su questo pianeta non è inferiore al milione e probabilmente è molto di più. Che cosa fanno tutti questi organismi viventi? Alcuni producono ossigeno più di quanto ne consumano, altri producono materia organica come frutta o verdura che può essere mangiata e trasformata in carne di animale o pesce. Non è che tutti gli animali facciano questo, però non c'è angolo della terra in cui le specie non siano tante, anzi le più numerose possibile. Questo è un altro dei problemi posti dalla biologia, problemi dei quali ci si è accorti da tempo inenarrabile. Perché tanta varietà? Certo, mille anni fa non si conoscevano tutte le specie che si conoscono oggi ma ci si rendeva già conto che erano tante. Tante e anche gerarchizzate, cioè messe in una certa successione, che a volte è rappresentata anche dal concetto di «albero della vita». Alla base ci sono gli unicellulari di tipo batterico, che possono essere solo mangiati; poi ci sono gli unicellulari di tipo eucariotico, cioè del tipo animale, che sono molto più grossi e complessi ma occupano nella catena alimentare lo stesso posto; poi ci sono i vegetali e poi gli animali, secondo un criterio molto antropocentrico ma non lontano dal vero. In questa scala bisogna sistemare anche i funghi che non appartengono a nessuna delle categorie che abbiamo elencato. Ogni specie tira l'acqua al suo mulino, ognuna fa il proprio interesse. Anzi, ogni membro di ogni specie fa il proprio interesse. Questa faccenda lascia scettici molti, che ne concludono che il mondo non può essersi formato in una certa quantità di tempo ma deve essersi formato tutto insieme, magari ad opera di una entità superiore che possiamo chiamare dio o con tutti gli altri termini che corrispondono a questo concetto. Oggi sappiamo che non è così, o per lo meno siamo convinti che non è così, però

bisogna ribadire che se la vita ha un andamento lento ce l'ha sia dentro il corpo sia nel mondo, nella biomassa, che è il termine che si usa per indicare tutti gli esseri viventi. La biomassa, che è piuttosto grande, è a sua volta fatta di diverse nicchie ecologiche in ciascuna delle quali ci sono molte specie, non tutte dappertutto perché probabilmente sarebbe un dispendio energetico pazzesco ma in ogni ecosistema ci sono parecchie specie. Queste specie inconsapevolmente collaborano o per lo meno si rendono l'un l'altra la vita possibile senza accorgersene e senza mirarci poiché la materia non ha delle mire, ma il quadro è molto variegato, forse perché altrimenti non potrebbe essere. Questa affermazione non la possiamo fare con sicurezza assoluta, ma è molto probabile che il numero minimo di esseri viventi che possano vivere sulla terra per mantenere la vita non sia tanto basso proprio per questa varietà di mansioni che rispondono a loro volta ad una varietà di livelli energetici e di utilizzazioni energetiche. Quindi la terra con i suoi esseri viventi è una metabolizzazione dell'energia del sole con produzione di anidride carbonica e acqua che va molto lentamente.

Se diamo un'occhiata a queste affermazioni ci viene un brivido. Già siamo un pianeta di una delle tante stelle che stanno nel cielo e che hanno centinaia di miliardi di astri simili. Inoltre, siamo confinati su questo pianeta e «obbligati» a seguire queste trafile energetiche. Ci può fare impressione, ci può non fare impressione, ma la scienza di oggi ci dice che la situazione è esattamente questa. I padroni sono la materia - perché senza di essa non c'è nulla di palpabile -, l'energia e l'entropia.

Voglio introdurre un altro concetto strettamente collegato a quello di entropia. Un concetto che non è più nuovo della Seconda guerra mondiale, un periodo nel quale l'umanità ha fatto dei salti concettuali incredibili, probabilmente stimolata anche dalle vicende belliche. Il concetto a noi più vicino correlato a quello di entropia è quello di informazione. Noi oggi lo abbiamo chiaro ma anche solo 100 anni fa non lo avrebbero proprio avuto, 20 anni fa lo avrebbero avuto sì e no. Noi oggi stampiamo, inviamo, mandiamo fax, mandiamo mail, mandiamo incisioni, mandiamo film, mandiamo un qualsiasi prodotto di qualsiasi tipo di onda elettromagnetica, cioè non solo luminose ma anche alle quali i nostri occhi non sono sensibili. Questo scambiarsi qualcosa - in genere volontariamente ma avviene anche involontariamente -, ha una unità di misura, che è quella dell'informazione: come tutti oggi sanno è il bit o il suo multiplo byte. Sappiamo che tutto il movimento di informazione si misura in bit, che ha una natura sì-no, o c'è o non c'è, infatti i mes-

saggi informatici sono successioni di 1 e 0. Fino a poco tempo fa non era così ma oggi posso anche dire ti devo mandare un messaggio di una certa quantità di bit. Quando si manda un manoscritto, quando si corregge un manoscritto si fa esattamente questo: viene richiesta una certa lunghezza, che si può esprimere con una quantità di righe o meglio di battute, ma le battute si possono facilmente convertire in bit o in kilobit o in megabit. Il concetto di informazione per ragioni storiche viene un po' a contrastare il nostro concetto di informazioni, ma è diverso, è il fratellino luminoso dell'entropia perché l'informazione è l'ordine almeno quanto l'entropia è il disordine. Secondo alcune formule, in alcune circostanze l'informazione è la diminuzione dell'entropia, anche in termini puramente numerici. Noi abbiamo sempre saputo che la vita è una questione di ma ora possiamo dire che l'informazione che circola tra gli esseri viventi e dentro gli esseri viventi non è che l'altra faccia del secondo principio della termodinamica o per meglio dire la versione più comunicabile. Da quello che abbiamo detto va da sé che ogni volta che l'entropia aumenta l'informazione tende a diminuire e viceversa. In un mondo in cui l'entropia è bassissima c'è un'enorme quantità di informazione; in un mondo in cui l'entropia è altissima praticamente non c'è informazione, come abbiamo visto in un universo che si avvia alla morte termica dove non succede nulla e non c'è nulla da raccontare.

BIBLIOGRAFIA

Boncinelli 2022. Edoardo Boncinelli, *Umano. Una storia infinita*. Il Mulino, 2022.