

## Materiali per un *Lemmario bio-filosofico*

### FORMA (1)

Manuela Monti, Carlo Alberto Redi

#### **Forma è funzione**

In biologia, per la relazione genoma-forma-funzione, a qualsivoglia scala di organizzazione del vivente (da quella anatomica a quella molecolare e sub-molecolare; Monti e Redi, 2019; Ellis e Griffin, 2020) forma è funzione. Inoltre, dalle forme infinitamente piccole a quelle infinitamente grandi, *forma è creatio ex aliquo*: la *forma* si forma (produce) per effetto dell'informazione genomica.

Si capirà dunque il fascino esercitato sul biologo dal pensiero di Aristotele sulla “forma” quale principio da cui fioriscono tutte le proprietà di ogni essere vivente, così da costituire la realtà che percepiamo. La rinnovata attualità del sinolo aristotelico di forma e materia risiede nell'indissolubile relazione (unità) del sinolo genotipo-fenotipo, con la potenza del genoma (materia) che si realizza in atto (fenotipo, forma).

*Forma è funzione*; la filosofia della biologia trae pertanto dal rapporto morfo-funzionale del vivente la definizione di “estetica” come tutto ciò che eccede la funzione. Anche le forme speculari delle molecole con medesima formula bruta, gli isomeri di tipo conformazionale, sono una bella dimostrazione della relazione morfo-funzionale: levo-giro / destro-giro e *voilà*, funzioni totalmente diverse. Per non dire delle forme cangianti/immutabili dei cristalli e delle gocce d'acqua allo stato solido e liquido, con la capacità di dissezionare e *dare forma* alla luce: l'arcobaleno.

#### **Infinite forme bellissime**

Se la meraviglia ci colpisce sfogliando l'*Atlante di Zoologia poetica* (Pouydebat, 2019) e ammirando le innumerevoli forme della vita animale, è con Ernst Haeckel e con il suo *Kunst Formen der Natur* (Prestel, Monaco, 2010) che le riflessioni degli scienziati sull'estetica della Natura ricevono una chiara formalizzazione concettuale capace di influenzare altre discipline, architettura e stili artistici *in primis*. Lo stesso Haeckel, inizialmente tentato dalla carriera pittorica (paesaggistica), si indirizzò poi a quella scientifica poiché ammaiato dalla bellezza estetica degli organismi animali (primariamente protozoi marini). La monumentale porta di entrata per l'esposizione universale di Parigi (1900), realizzata da René Binet, è un esempio chiarissimo dell'influenza dei disegni dei radiolari marini di Haeckel raccolti al largo di Messina; ancora più chiara è l'influenza esercitata dai suoi disegni nello svilupparsi dello *Jugendstil* (l'equivalente tedesco dell'*Art Nouveau*).

Ancora più grande può essere il piacere estetico nell'ammirare la variabilità delle forme tra le piante: semplici schemi di variazione geometrica dei soli tre costituenti (organi) il corpo vegetativo delle piante superiori (radice, fusto, foglia) assicurano la caleidoscopica variabilità delle forme che tanto ci affascina. La variazione dell'arrangiamento spaziale, delle dimensioni e del numero di ciascuno di questi organi produce tanta bellezza. La foglia è l'organo che presenta maggior variabilità di forma, e dunque di funzione; la tipica foglia piatta ottimizza le funzioni di fotosintesi e scambi gassosi ed è la sua variabilità geometrica quella che ottimizza funzioni non convenzionali, quali stoccaggio e immagazzinamento, supporto, protezione da stress biotici, protezione da stress abiotici, carnivorosità. La forma del fusto varia per numero, ramificazioni e dimensioni dell'asse principale, mentre la forma delle radici per schemi di ramificazioni e dimensioni.

La variabilità delle forme vegetali ed animali che si presenta ai nostri occhi è racchiusa nell'informazione che ogni vivente porta con sé: gli acidi nucleici. Nell'ambito animale, dai virus ai mammiferi, i sequenziamenti dei genomi delle ultime decadi hanno fornito la prova che circa 20-30.000 geni sono costantemente presenti e in grado di produrre la meravigliosa variabilità delle forme (e funzioni) viventi che ci circondano. A nostro giudizio vi è poi un'enorme spiritualità in questo dato che, paradossalmente, sostiene (senza ricorrere a pregiudizi religiosi di trascendenza) l'idea cristiana della “maggior complessità” dell'umano rispetto agli altri viventi. Il “ridotto” numero di geni nel genoma umano rappresenta solo in apparenza un paradosso nel tentativo di dare una “spiegazione scientifica” alla maggior complessità del “glorioso” corpo (forma) di Cristo.

A questo proposito riteniamo utile ricordare quanto abbiamo già proposto a Mechrí<sup>1</sup>, ovvero una

---

<sup>1</sup> Cfr. AA.VV., *Vita, conoscenza*, a cura di F. Cambria, Jaca Book, Milano 2018, pp. 215-228 (in particolare, p. 222).

breve riflessione sulla ridotta differenza del numero di geni (20.000 vs 30.000) tra un vermicello nematode, *Caenorhabditis elegans*, e *Homo sapiens*. Si assegnino alle due specie rispettivamente il minimo (20.000) ed il massimo (30.000) numerico della distribuzione del valore N (numero dei geni nelle specie animali sino ad oggi sequenziate). Impostando la relazione che lega il numero di geni (N) e la complessità biologica (K) come proporzionale (per una dettagliata analisi vedi Monti e Redi, 2018a), la funzione  $K = f(N)$  (assumendo i geni come sequenze di DNA capaci di uno stato attivato e uno inattivato) per un genoma con N geni può teoricamente dare origine a un numero massimo di  $2^N$  stati trascrizionali. Assegnando anche solo 30.000 geni a *H. sapiens* e ben 20.000 a *Caenorhabditis*, risulterà che l'uomo è  $2^{30.000}/2^{20.000} = 2^{10.000}$ , ossia  $10^{3000}$  volte più complesso di un verme nematode, un dato che dovrebbe soddisfare anche le concezioni più idealistiche dell'unicità dell'uomo, essendo più grande del numero totale di particelle elementari dell'universo.

Il sequenziamento dei genomi animali e vegetali ha poi messo in luce che esistono sequenze di controllo della crescita. La meravigliosa architettura delle relazioni geniche che presiedono all'accensione ed allo spegnimento dei geni (ora conosciuti) che controllano crescita e blocco, acquisizione della forma (simmetrie, raggiata o bilaterale; pentamerie e ramificazioni; rapporto superficie/volume; etc.) in relazione all'adattamento ambientale, sono ancora tutte da esplorare. La conoscenza del dettagliato funzionamento di queste circuiterie geniche promette grandi avanzamenti per le applicazioni biomediche.

### **Prendere forma: ontogenesi della forma dell'individuo**

Altro aspetto di rilievo, certamente, è quello del *prendere forma*: il processo ontogenetico per il quale il mutare nel tempo e nello spazio (dello sviluppo embriologico) dell'accendersi e spegnersi di quei circa 30.000 geni porta una singola cellula, lo zigote, a produrre circa  $10^{19}$  cellule ed a costituire il corpo umano adulto con la sua tipica forma, che permette l'identificazione di un umano tra una moltitudine di diverse forme.

La biologia dello sviluppo (dall'embriologia alla biologia della senescenza) ben spiega come il processo del *prendere forma* del corpo umano sia un *continuum* regolato dall'espressione epigenetica del genoma individuale e come il risultato finale dipenda dal contesto sociale, dall'interazione genoma/ambiente, ove l'ambiente è da intendersi nel senso più ampio (da quello chimico-fisico a quello culturale; per una dettagliata analisi vedi Monti e Redi, 2018b). È questo un processo continuo inserito nella storia del ciclo vitale ed è chiaramente impossibile rispondere alla domanda su quando si palesa la presenza di un nuovo individuo. Tuttavia, si conosce con buona precisione il momento in cui un nuovo individuo completa l'embriogenesi ed acquisisce la "forma" umana definitiva; quel momento corrisponde al termine del terzo mese, all'inizio della tredicesima settimana di gravidanza. Su questi temi abbiamo già avuto modo di ragionare a Mechrí negli anni passati<sup>2</sup>. Qui ci preme ricordare solo alcuni punti per noi fondamentali.

La biologia molecolare degli oociti permette oggi di stabilire in modo non ambiguo che le fasi iniziali dello sviluppo dello zigote sono ancora controllate dalle istruzioni genetiche ricevute dal genoma materno e che il processo ontogenetico, che origina e identifica un nuovo individuo, procede dal momento in cui si realizza la formazione della prima copia geneticamente attiva del suo genoma. Su queste evidenze fattuali, anche nell'era della post-verità e delle *fake news*, non è ammessa incertezza (Monti e Redi, 2017). Sotto il profilo biologico, non importa la modalità con la quale si realizza la presenza della prima copia attiva del genoma: per fecondazione, per trasferimento nucleare (clonazione), per riproduzione sessuata uniparentale (partenogenesi) o per altra via ancora. Il risultato finale è quello di produrre un embrione unicellulare chiamato "zigote", il cui genoma è quiescente ed ancora presenta separate le impronte genetiche materna e paterna che contribuiscono alla sua formazione. Solo in momenti temporali successivi (nel topo allo stadio a 2/4 cellule, nella nostra specie a 4/8 cellule, e cioè due giorni dopo la fecondazione) il genoma zigotico si attiva e termina la fase di sviluppo chiamata "transizione materno-zigotica". La prima copia funzionale del genoma umano si presenta nell'embrione a 4/8 cellule: cadono dunque per fallacia, poiché mancano di universalità, sia le posizioni gradualiste (l'individuo umano origina quando compare il sistema nervoso, intorno al 14° giorno di gestazione, oppure intorno al 6°-7° giorno, quando si realizza l'impianto uterino, ed altre ancora), sia la posizione di chi colloca questo inizio nella fecondazione, cioè nella fusione delle membrane dello spermatozoo e dell'oocita. L'applicazione del metodo scientifico, più che il richiamo a principi etici o filosofici, porta poi a far notare che il concetto di "persona" applicato agli embrioni reimpianto crioconservati è impropriamente chiamato in causa. Il concetto di "persona" non appartiene alla biologia né alla scienza fattuale, ha solo validità in filosofia, diritto e teologia, ma anche in queste sfere assume accezioni profondamente differenti e contraddittori. *Persona*, in latino, è la "maschera" con la quale viene evocata la figura del per-

<sup>2</sup> Cfr., in particolare, AA.VV., *Vita, conoscenza*, cit., pp. 235-266.

sonaggio teatrale: ha dunque il valore di “finzione”. Ma la stessa parola assume un significato profondamente diverso e valori trascendenti nella teologia cristiana, quando si discute della natura del Cristo quale “Persona” della Trinità. Per molte religioni, del resto, anche gli animali e gli uragani sono “persone” dotate di anima come l’essere umano.

### **Adattare la forma**

Il mutare dell’accendersi e spegnersi di diverse combinazioni all’interno di quei circa 30.000 geni è anche in grado di produrre fenocopie: individui la cui forma imita quella di altri individui. È questa la base genetica dei fenomeni di mimetismo, ove un organismo imita la forma di un altro organismo, traendone vantaggio.

L’esempio classico è quello di un organismo (preda) che assume la forma di un organismo disgustoso, evitando così la predazione. In questo caso, l’assunzione di una forma mimetica (per mantenersi evolutivamente) prevede l’esistenza di un organismo (forma) *modello* e di un organismo (forma) *mimo*: sarà il loro rapporto numerico a mantenere la selezione in modo tale da assicurare un vantaggio adattativo. Il mimetismo può però anche essere di altra natura, ad esempio prevedere di assumere le caratteristiche morfologiche dell’ambiente per nascondersi, oppure di assumere forme capaci di attirare l’attenzione, come accade nei fiori che morfologicamente paiono organismi (forme) femminili di insetti, così che i maschi della stessa specie ne vengano attratti impollinandoli.

In ambito umano, tatuaggi e piercing, grazie al significato simbolico culturalmente a loro legato, provvedono esempi di auto-mimetismo, mediante il quale un soggetto tenta di allogarsi in una classe di popolazione caratterizzata da specifici codici comportamentali: si procede alla trasformazione artificiale della forma data (per via naturale), così da sollecitare meccanismi emozionali di scelta da parte di altri (*la bellezza è negli occhi di chi guarda*) e di accettazione/desiderabilità sociale.

### **Fisiognomica**

Franco Battiato sostiene di conoscere «... dal taglio della bocca se sei disposto all’odio o all’indulgenza, nel tratto del tuo naso se sei orgoglioso fiero oppure vile, i drammi del tuo cuore li leggo nelle mani, nelle loro falangi dispendio o turcheria», e addirittura «... da come ridi e siedi so come fai l’amore». Al Maestro va concessa ovviamente ogni licenza poetica stante la bellissima melodia della canzone *Fisiognomica* (1988), il cui testo è basato su un’idea tanto semplicistica quanto affascinante e antica.

Aristotele per primo scrisse di fisiognomica e correlò tratti della personalità a forme anatomiche, anche riferendosi all’indole di vari animali, idea poi ripresa nei bellissimi bestiari medioevali con le zoo-icone. Le illustrazioni ottocentesche dei volti in preda alle emozioni più diverse (paura, collera, ira, disperazione, gioia...) trovano una base pseudoscientifica nella moderna frenologia che sostiene le funzioni psichiche dipendere da particolari regioni del cervello. Sarà poi Cesare Lombroso (1835-1909) a fondare la cosiddetta antropologia criminale, antesignana dei moderni sistemi di identificazione personale (la *morfologia molecolare*).

Tra i maggiori esponenti del positivismo scientifico, Lombroso fu grande sostenitore della fisiognomica, con l’idea che i tratti somatici (le forme) determinano le caratteristiche della personalità ed i comportamenti. Dalle osservazioni sui tratti fisici degli internati nei manicomi, Lombroso deduce esserci un legame tra genio e follia. I titoli di alcuni suoi lavori meritano di essere ricordati: *La ruga del cretino e l’anomalia del cuoio capelluto*; *L’origine del bacio*; *Perché i preti si vestono da donne*; *Dante epilettico*. L’analisi dei tratti fisici (le forme) associati ai comportamenti lo porterà a sostenere che l’aspetto fisico generale del genio è caratterizzato da pallore, magrezza, o obesità, e rachitismo. Scrive così opere di rilievo internazionale quali *Genio e Follia* oppure *Genio e Degenerazione*, dove analizza i risvolti caratteriali di Francesco Petrarca, Cristoforo Colombo, Alessandro Manzoni, Lev Tolstoj. È sulla scia delle idee di questo grande scienziato che ancora si svolgono ricerche tese a predire, prevedere, pronosticare, anticipare qualsivoglia tratto della personalità (capacità di studio, dipendenze affettive, dall’alcool o dai video-giochi, aggressività, orientamento sessuale, psicopatologie di varia natura, etc.) e anche della salute (rischio cardiocircolatorio, deposizione di grasso sui fianchi, dipendenze farmacologiche, etc.), misurando tratti somatici (forme). Uno dei parametri più frequenti risulta oggi essere la proporzione tra la lunghezza del secondo (indice) e quella del quarto (anulare) dito, il “mitico” rapporto 2D:4D. Esistono ben più di 1400 lavori, pubblicati negli ultimi vent’anni (Leslie, 2019), dove il rapporto 2D:4D viene legato a caratteristiche della personalità, al rischio di svariate malattie (cancro e addirittura sclerosi laterale amiotrofica), per non dire di ben altri attributi maschili (Choi et al., 2011).

A rinnovare l'interesse per gli studi lombrosiani è il lavoro del biologo evoluzionista dell'Università di Swansea (UK), John Manning (2000), che dimostra l'esistenza di un dimorfismo sessuale del rapporto 2D:4D tra maschi e femmine. Nei maschi il rapporto tende ad essere inferiore (il quarto dito tende ad essere più lungo del secondo) rispetto a quello delle femmine, in correlazione con più alti livelli di testosterone: dal che è breve il passo che porta a sostenere il potere predittivo del rapporto 2D:4D come indice dell'esposizione in utero non solo al testosterone, ma anche ad altri ormoni, in particolare a quelli legati allo sviluppo embrionale del cervello, fino all'idea, mai dimostrata, di un "cervello maschile" contro un "cervello femminile".

Il fascino di questa idea semplicistica (di potere cioè conoscere tratti complessi della personalità da semplici misure delle forme del corpo) risiede probabilmente nel bisogno psichico di essere tranquillizzati, di conoscere davvero profondamente chi incontriamo nel corso della nostra vita. Basta fare una prova per rendersene conto, basta anche solo parlare del rapporto 2D:4D e vedrete che chi vi sta ascoltando immediatamente proverà a guardare la propria mano se non addirittura a misurare il 2D:4D. Diversi mezzi sono stati usati per misurare la lunghezza delle dita: righello, calibro, fotocopiatrice, radiografo, con indagini coinvolgenti sino a 240.000 partecipanti (della BBC), trovando solo differenze irrisorie: 0.984 per i maschi contro 0.994 per le femmine, con grande variabilità della distribuzione delle misure (soprattutto in base all'origine geografica dei partecipanti). L'unico dato che pare resistere alle critiche è quello del legame tra esposizione ad alti livelli di androgeni nel corso dello sviluppo embrionale di una femmina ed il successivo orientamento sessuale omofilo. Famoso il lavoro di Marc Breedlove (University of California, Berkeley, USA), svolto agli inizi degli anni 2000 nel corso di feste ed esibizioni nella Baia di San Francisco (Williams et al., 2000); qui i ricercatori fotocopiarono le mani degli intervistati chiedendo informazioni sul loro orientamento sessuale. Non risultò nulla di significativo per i maschi omo- o etero-sessuali, mentre le femmine che si dichiararono omosessuali presentavano un rapporto 2D:4D "mascolino": la ovvia conclusione fu di ritenere che l'esposizione prenatale agli ormoni sessuali maschili influenzi, nelle femmine, la scelta sessuale da adulte. Questo risultato è però contraddetto dai risultati dell'indagine svolta proprio da Manning con l'aiuto della BBC, dove le conclusioni sono esattamente opposte: l'esposizione al testosterone a livello embrio-fetale influirebbe la scelta omosessuale nei maschi.

### **La forma diviene immagine: percezione della forma (natura/cultura)**

In un lungo processo storico di alfabetizzazione visuale la ricezione della forma diviene costruito culturale, storico: la forma produce un'immagine grazie alla parola che la fa vivere: la folla di immagini che occupa i cervelli contemporanei, la *forma* della vita attuale, occupa e costruisce le nostre emozioni e gli affanni della vita contemporanea.

Vi è oggi un costante ricorso alla forma, all'immagine, come strumento di comunicazione (informazione) non-testuale/verbale (ad esempio *emoticons*, *et al.*). Accade sempre più frequentemente che le immagini mostrate siano prive di didascalie, private dello *studium* barthesiano, creando così un caotico ed imprecisato mondo di *punctum* lasciato in balia delle diverse emotività dei tanti osservatori, veicolando con ciò sensazioni e commenti (*studium*) tanto diversi, trasmessi a tutti in tutte le parti del mondo in una crescente eccitazione dei nostri cervelli contemporanei nell'*Umwelt* dell'*Homo technologicus* (il mondo-ambiente della rete). Tutti noi siamo costretti, in tal modo, ad una contrazione discorsiva parallela ad una contrazione intuitiva, mentre ci sarebbe un bisogno cogente ed urgente, da parte dello *spectator*, di dilatare i tempi della fruizione di quelle forme, di conoscere lo *studium* e il *punctum* che l'*operator* ha voluto immortalare nello *spectrum*. Purtroppo la limitazione testuale/verbale imposta dalla tecnica degli strumenti mediatici (lo *smartphone*, il *tablet* o semplicemente il cellulare, che sono i principali strumenti di fruizione di forme/immagini per tutti noi) non permette di sviluppare appieno quel dialogo tra *operator* e *spectator* che solo potrebbe di conferire presenza luminosa a tutto ciò che è rimasto celato, franteso, non-detto nell'informazione racchiusa in quell'immagine, in quella forma.

Il Roland Barthes de *La camera chiara* (1980) e *Immagine e verità* di Martin Kempt (1999) sono, a nostro giudizio, buoni testi di riferimento.

### **Orgasmo oculare: coscienza (consapevolezza, conoscenza) visiva e coscienza emozionale**

Tra le tante *fashion hot topics* della ricerca biologica, quelle delle scienze neuro-cognitive sono le regine. Oggi sovrafinanziate (1,3 miliardi all'anno per dieci anni il progetto europeo *Human brain project*: <https://www.humanbrainproject.eu/en/>; 3 miliardi all'anno quello statunitense *BRAIN*: <https://braininitiative.nih.gov>) e sovrastimate (scarsi risultati), hanno però alcuni settori di assoluta serietà,

sia per la qualità delle metodiche di studio proposte, sia per l'affidabilità dei risultati ottenuti. Tra questi settori, la scienza della visione è regina, essendo la più rigorosa ed avanzata delle aree di ricerca sul cervello.

La ricezione neuro-cognitiva della forma, la *cosciente* trasposizione in immagine cognitiva della forma recepita a livello neurologico produce accettazione, indifferenza, ripulsa o orgasmo oculare sulla base di esperienze associative pregresse, determinate da codici di comportamento e adesioni a mode culturali. È il contesto storico culturale a determinare l'accensione di processi inconsci che si fanno consci. In ciascun momento della vita reale ciò di cui siamo coscienti emerge da processi cerebrali di non-coscienza, terreno questo tutto da esplorare e studiare (Le Doux, 2020), ma di cui sappiamo essere la coscienza visiva il motore del processo *non-conscious/conscious*. La corteccia visiva è sempre attiva, ma la corteccia prefrontale si attiva solo nel corso dell'esperienza visiva cosciente (quella per la quale siamo in grado *a posteriori* di riferire verbalmente o di redigere un resoconto dell'esperienza vissuta).

Diverse teorie confliggono sul ruolo della corteccia visiva e prefrontale, ma a noi pare chiaro che un conto è spiegare la percezione visiva delle forme di punti e linee e di altre forme luminose in studi di laboratorio (per le quali le teorie sensoriale e cognitiva ben funzionano), altro è spiegare, conoscere, capire cosa succede nella vita reale, quotidiana; per questo, a nostro giudizio, solo la teoria *higher-order* (Brown et al., 2019) è in grado di tener conto del ruolo della memoria nella percezione delle forme (va precisato che la *higher-order* è criticata per eccessiva intellettualizzazione della coscienza). All'esperienza del riconoscere forme è intrinsecamente connesso il ruolo della memoria semantica, dei fatti accaduti e solo ciascuno di noi singolarmente conosce esattamente quella che è stata per lui l'esperienza associata a quella forma. Esempio, in tal senso, è la diversa reazione dinnanzi alla forma di un corpo, per alcuni forma indifferente, per altri forma ripugnante, per altri ancora forma capace di suscitare eccitazione e desiderio: desiderio di quel corpo "dimora del tempo passato", nel quale si desidera confondersi e capace di orgasmizzare alla sola sua vista (meravigliosa biologia!).

Dall'orgasmo dell'occhio (certamente almeno una volta nella vita lo abbiamo provato... per *quel* corpo e non per altri...), una immateriale gioiosa sensazione provocata dalla sola vista di *quel* corpo desiderato (non di altri), sensazione inesplicabile verbalmente e coscientemente (il "colpo d'occhio": nella folla multiforme di immagini che ci colpiscono, è *quello* e non un altro il corpo/forma che desidero): quella forma/corpo rimanda fotoni che colpiscono la retina e, da lì, i segnali neuronali giù a caracollare sino alle regioni del *nucleo accumbens* e alla *corteccia cingolata anteriore* e poi l'*ipotalamo* e l'*area ventrale tegmentale* con la produzione di dopamina, fenil-etilamina ed ossitocina: un cocktail di piccole molecole, capace di procurare un'estasi degna della miglior droga in circolazione. Un miscuglio che produciamo, in minor dose, anche quando stiamo insieme agli amici, nella *Lebenswelt*.

Il corpo è decisamente più sorprendente dell'anima, direbbe forse Nietzsche: «V'ha maggior ragione nel tuo corpo, che non ne contenga la tua miglior sapienza» (*Così parlò Zarathustra*, IV discorso; 1885).

### **La forma, il segno come informazione, la biosemeiotica**

La *forma* esprime segni, e i segni *in-formano*: biosemeiotica. Già Giorgio Prodi ricordava che «la biologia è pura e naturale semeiotica»; mentre Umberto Eco si domandava: «è per legge o per natura che l'immagine di Mickey Mouse ci ricorda un topo?» (Kull, 2018). La biosemeiotica viene da lontano e, per restare ai nostri tempi, basterà ricordare gli incontri del *Theoretical Biology Club* di Cambridge negli anni '30 del secolo scorso, poi proseguiti con i famosi "incontri del lago di Como" dello stesso gruppo di biologi teoretici negli anni 1968-1972 (a uno di quegli incontri ha partecipato anche uno di noi: Redi), fino agli incontri di Biosemeiotica di Copenhagen, Tartu e Praga (i più famosi; ma ne sono stati svolti anche in altre sedi universitarie), tenutisi a partire dal 2001 (Švorcová e Kurismaa, 2016).

Tutti i processi vitali, a qualunque livello di organizzazione del vivente, sono processi informativi capaci di produrre significazione, sono processi di semiosi e, dunque, possono essere ben studiati e compresi in una prospettiva semeiotica. Marcello Barbieri, nel suo *Breve storia della biosemeiotica* (2009), ricorda che vi sono almeno quattro grandi scuole di biosemeiotica: quella fisica (con la sua estensione alla biosemeiotica darwiniana) di Howard Pattee; la zoosemeiotica (con la sua estensione alla biosemeiotica dei segni) proposta da Thomas Sebeok; la biosemeiotica ermeneutica di Anton Markoš; e la biosemeiotica dei codici proposta da Marcello Barbieri stesso. Un esempio per tutti: l'attuale uso dei "riassunti grafici" (*graphical abstract*) nelle pubblicazioni biomediche ed il meraviglioso *Dizionario dei simboli* curato da Mircea Eliade e Ioan Couliano. Il segno, pura grafia, è simbolo e diviene *forma vivente* per l'intrinseco legame tra significante e significato (Emmeche e Kull, 2011).

## **Bibliografia**

- Barbieri M.: A short history of biosemiotics. *Biosemiotics* 2: 221-245, 2009.
- Barthes R.: *La camera chiara*. Einaudi, Torino, 1980.
- Brown R., Lau H., LeDoux J.: Understanding the Higher-Order Approach to Consciousness. *Trends in Cognitive Science* 23: 754-768, 2019.
- Choi I. et al.: Second to fourth digit ratio: a predictor of adult penile length. *Asian Journal of Andrology* 13: 710-714, 2011.
- Claverie J.: What if there are only 30.000 human genes? *Science* 291: 1255-1257, 2001.
- Ellis P. e Griffin D.: Form from Function, Order from Chaos in Male Germline Chromatin. *Genes* 11; doi:10.3390/genes11020210, 2020.
- Emmeche C. e Kull K. (eds): *Towards a semiotic biology. Life is the Action of Signs*. Imperial College Press, Londra, 2011.
- Haeckel E.: *Art forms in Nature*. Prestel, Munich - New York, 2010.
- Kemp M.: *Immagine e verità*. Il Saggiatore, Milano, 1999.
- Kull K.: Umberto Eco on the biosemiotics of Giorgio Prodi. *Sign Systems Studies* 46: 352-364, 2018.
- Joseph E. LeDoux: How does the non-conscious become conscious? *CurrentBiology* 30: R191-R214, 2020.
- Leslie M.: The mismeasure of hands? *Science* 364: 923-925, 2019.<sup>[1]</sup><sub>SEP</sub>
- Manning J. et al.: The 2nd:4th digit ratio, sexual dimorphism, population differences and reproductive success. Evidence for sexually antagonistic genes? *Evolution and Human Behavior* 21: 163-183, 2000.
- Mircea Eliade e Ioan P. Couliano: *Dizionario dei simboli* (a cura di). Jaca Book, Milano, 2017.
- Monti M. e Redi CA.: La vita comincia dopo 50 ore. *La Lettura* 314: 15, 2017.
- Monti M. e Redi CA.: Bisogno (necessità) del dialogo tra Biologi e Filosofi. In: *Vita, Conoscenza* (a cura di Florinda Cambria), pp. 215. Jaca Book, Milano, 2018a.
- Monti M. e Redi CA.: *Genomica sociale. Come la vita quotidiana può modificare il nostro DNA*. Carocci, Roma, 2018b.
- Monti M. e Redi CA.: L'antenato degli animali. *La Lettura* 420: 17, 2019.
- Pouydebat E.: *Atlante di Zoologia poetica*. L'ippocampo, Milano, 2019.
- Švorcová J. e Kurismaa A. (eds): *Sixteenth Annual Gatherings In Biosemiotics*. Faculty of Sciences, Charles University, July 4th - July 8th, Prague, 2016; [www.academia.edu](http://www.academia.edu)
- Williams T. et al.: Finger-length ratios and sexual orientation. *Nature* 404: 455-456, 2000.