

Organismi esemplari. Osservazioni epistemologiche di ordine descrittivo

Guido Caniglia

guidocani@hotmail.com

Abstract

In this article the following questions have been addressed: What are *model organisms*? What is their epistemic value? What are their epistemological characteristics? Is it possible to trace back their experimental features to their epistemic origins? Answers to such questions have been suggested using the kuhnian notion of *exemplar*. The history of *Drosophila melanogaster* in T. H. Morgan's laboratory at the Columbia University serves as a key-study. The author argues that these particular epistemic objects should be considered as *exemplar organisms* rather than as models. The differences between the two definitions are both ontological and epistemological.

Keywords: model organisms, exemplars, epistemic objects

*Bisogna cercare di portare a piena chiarezza...
ciò che aleggia in una non chiarezza fluente*

E. Husserl

*Möbius: «È strano. Ognuno di voi loda una teoria differente,
ma la pratica che mi proponete è identica, e cioè una prigione.*

Allora preferisco il mio manicomio.»

F. Dürrenmat

Premessa

Al titolo di questo lavoro è affidato innanzitutto il compito di circoscrivere l'argomento affrontato nelle pagine che seguono: il peculiare ruolo epistemico giocato da certi organismi nella pratica di alcune scienze del vivente. In secondo luogo, ne individua la tesi principale: questi organismi, solitamente definiti organismi modello, sono, nel senso kuhniano del termine, organismi esemplari. Terzo, il sottotitolo rimanda all'approccio che viene utilizzato: in questo articolo sono infatti contenute osservazioni di ordine descrittivo, ma dal valore epistemologico.

Gli interrogativi ai quali si tenterà di fornire una risposta sono pertanto i seguenti. In che modo, per mezzo di quali strumenti concettuali, può essere affrontato il problema dello statuto epistemologico degli organismi modello nelle scienze biologiche? Basta guardare alle teorie elaborate per comprenderne virtù epistemologiche e caratteristiche epistemiche? Occorre forse prendere in considerazione altre dimensioni dell'impresa scientifica (§1)? Che cosa sono e come è possibile definire tali organismi? Quale approccio viene utilizzato quando



si lavora con essi (§2)? Che cosa è un *esemplare*? Che cosa intendiamo quando diciamo che un oggetto epistemico è un *oggetto esemplare*? In che senso i cosiddetti organismi modello possono essere considerati *oggetti esemplari* (§3)? In che modo, o meglio seguendo quali percorsi epistemici, tali organismi acquistano il valore di *esemplari*? O anche, detto altrimenti, come può essere descritta la loro genesi epistemica (§4)?

L'obiettivo che il presente lavoro si prefigge è quello di mostrare in che modo sia possibile definire il ruolo epistemico e il valore epistemologico degli organismi modello facendo riferimento alla nozione kuhniana di *esemplare*.

La convinzione che lo motiva è invece che tale nozione, se adeguatamente rielaborata, può risultare utile al fine di fornire una descrizione epistemologica degli strati materiali, pragmatici e pre-teorici dell'impresa scientifica, soprattutto di quella che ha per oggetto lo «stato vivente della materia».¹

La peculiarità epistemologica ed epistemica degli *organismi esemplari*, così saranno chiamati gli organismi modello, verrà esposta innanzitutto da un punto di vista statico, vale a dire descrivendo l'uso effettivo che di essi viene fatto all'interno di determinati programmi di ricerca (§3). Questo consentirà di gettare le basi per poter poi analizzare il modo in cui essi sono arrivati, nel corso di complessi percorsi epistemici e sperimentali, ad acquistare il valore ed il ruolo che possiedono attualmente (§4).

Questo obiettivo verrà perseguito prendendo ad esempio il ruolo che un particolare organismo modello, la *Drosophila Melanogaster*, il cosiddetto moscerino della frutta, ha avuto nello studio della trasmissione dei caratteri.² Gli studi condotti nei primi anni del secolo nel laboratorio guidato da Thomas Hunt Morgan presso lo *Zoological Laboratory* della *Columbia University*, anni che segnano la data di inizio della moderna genetica, hanno infatti per oggetto il genere *Drosophila*. In particolare si guarderà con interesse al primo ingresso della *Drosophila* nei laboratori di genetica. La rilevanza epistemologica di questo momento sta nel fatto che la *Drosophila* diviene un oggetto epistemico proprio nel passaggio dallo stato naturale a quello artificiale del laboratorio.³

¹ L'espressione «stato vivente della materia» è ripresa da Buiatti (2001).

² Il genere *Drosophila* fu classificato all'inizio del XIX secolo. La specie più nota, *Drosophila melanogaster*, venne descritta verso la metà del secolo ed è probabilmente originaria delle regioni tropicali. Il moscerino dell'aceto o della frutta comparve fra il 1900 ed il 1901 presso l'Università di Harvard, dove C.W. Woodworth vi si dedicò e suggerì a W. Castle che si trattava di un organismo particolarmente adatto per studi in campo genetico. Castle, con un gruppo di collaboratori, avviò così una ricerca sugli effetti degli incroci ripetuti fra i moscerini. Intorno al 1908, anche Morgan cominciò a lavorare su *Drosophila*. In un primo tempo, questi aveva condotto le sue ricerche sui ratti, ma ben presto li abbandonò a causa dell'elevato costo, dei cicli riproduttivi troppo lunghi e della facilità con cui venivano colpiti da infezioni. Fu probabilmente Frank Lutz, un genetista della Stazione per l'Evoluzione Sperimentale di Washington a Cold Spring Harbor e collaboratore di Castle, a presentargli lo studio del moscerino. La storia sperimentale e teorica della *Drosophila* si trova ricostruita in R. E. Kohler (1991a, 1991b, 1991c, 1993, 1994), Jacob (1998, pp. 33-66), Mayr (1982, pp. 698-723), Carlson (1987), Dunn (1965), Fantini (1979).

³ Mayr (1982, pp. 699-723) ritiene, ad esempio, che sia le novità teoriche sia le innovazioni sperimentali che caratterizzano il lavoro di Morgan e dei suoi collaboratori, siano tanto importanti quanto quelle attribuite al padre della genetica Gregor Mendel. Jacob, un po' enfaticamente, ma significativamente, scrive: «'Capire come funziona una mosca' questa è stata l'ambizione dei genetisti nel corso di tutto il secolo. Fu un americano, Thomas Hunt Morgan, che per primo promosse il moscerino dell'aceto a rango di oggetto privilegiato per lo studio dell'eredità.» (1998, pp. 38-9).



1. Descrivere epistemologicamente il pre-teorico

In via del tutto preliminare è qui il caso di fare qualche osservazione riguardo al genere di analisi che si trovano svolte nel presente lavoro. Occorre innanzitutto chiarire che cosa si intende quando si parla di *osservazioni epistemologiche di ordine descrittivo*.

Nel definire le riflessioni che seguono come descrittive, si vuole metter in evidenza l'ispirazione fenomenologica che le anima.⁴ Esse hanno infatti la pretesa di chiarire alcuni dei tratti caratteristici che la prassi sperimentale presenta all'interno di un particolare e circoscritto ambito della ricerca biologica.

Descrivere significa in questo senso chiarire; mostrare i vincoli che possiede un determinato modo di agire nel mondo, quale è quello scientifico, in un determinato contesto; risalire alle dinamiche che danno vita a particolari oggetti epistemici e così via.

È forse il caso di sottolineare che, per una loro caratterizzazione essenziale, i risultati che l'analisi descrittiva può raggiungere hanno valore e senso in ambiti di discorso estremamente circoscritti e localizzati. In questo senso un approccio che si definisca descrittivo non può che avere a che fare con oggetti, atteggiamenti e approcci epistemici particolari e mai generali o universali.⁵

Rachel Ankeny, ad esempio, definisce le analisi da lei stessa condotte riguardo all'utilizzo degli organismi modello nella moderna ricerca genomica, dicendo che:

[...] viene utilizzato un metodo che potrebbe essere definito '*epistemologia descrittiva*'. Tale metodo fa uso di tecniche storiche al fine di sviluppare resoconti dettagliati che, a loro volta, aiutano a svelare quelle forme di ragionamento che sono esplicite, o più spesso implicite, nella pratica di un campo di ricerca particolare [...] Per questo motivo, l'argomentazione non si sofferma sulle risorse epistemologiche che potevano essere utilizzate al fine di difendere l'utilizzazione di organismi modello in un certo contesto sperimentale, ma al contrario, si concentra sulle strategie *effettive* e sulle assunzioni che assicurano i programmi di ricerca che segnano l'inizio dell' HGP [Progetto Genoma Umano] e sulla loro validità.⁶

L'utilizzazione di un metodo che focalizza lo sguardo epistemologico sul particolare e sulle sue caratteristiche epistemiche in maniera descrittiva ha per oggetto aspetti dell'attività scientifica che non coincidono né con le teorie già costituite, siano esse formate di concetti o di leggi, né con i puri fenomeni osservativi. Al contrario esso mira ad analizzare la prassi scientifica che precede, concettualmente e cronologicamente, teorie, spiegazioni e rappresentazioni. Ad essere analizzato è quindi il livello *pre-teorico* precedente la formulazione di una qualsiasi spiegazione (*pre-explanatory stage*). La direzione della chiarificazione filosofica si dirige verso

⁴ Non è possibile entrare qui nel merito della portata di questa affermazione. Ad ogni modo, si tenga conto del fatto che Husserl concepiva la fenomenologia come *scienza eidetica descrittiva*. Si vedano, a tale riguardo, le pagine del primo volume delle *Ideen* dedicate alle *Considerazioni metodologiche preliminari* (Husserl, 1950, pp. 157-180). Inoltre, l'ispirazione fenomenologica di questo lavoro può essere riconosciuta anche nel fatto che esso muove dalla convinzione che il lavoro filosofico veda nella chiarificazione, sia essa concettuale o di altro genere, uno dei suoi obiettivi prioritari.

⁵ A riguardo, si veda ad esempio: Ankeny (2000, p. S271).

⁶ Ankeny (2001, p. 253, corsivo mio). La stessa Ankeny fa poi esplicito riferimento ai lavori di Ian Hacking (1983) e Allan Franklin (1986) come esempi di approccio non valutativo, né normativo, ma essenzialmente descrittivo ai problemi che emergono in ambito epistemologico.



quel territorio della scienza, per dirla con Rachel Ankeny, «in cui i modelli vengono elaborati, ma spiegazioni generali o teorie non sono state ancora prodotte.»⁷

Poichè fa appello alle virtù del metodo descrittivo e poiché pretende di occuparsi epistemologicamente del *pre-teorico*, questo lavoro può essere collocato all'interno di quello che Evelyne Fox Keller definisce come *escape from the domain of theory*,⁸ o di quello che Hans-Jörg Rheinberger descrive come *post-kuhnian move away from the hegemony of theory*.⁹ Si tratta di un approccio che non dà per presupposta un visione a due piani dell'impresa scientifica, il primo costituito dai fenomeni, siano essi fisici, chimici o biologici, e il secondo dalla teoria, e che non stabilisce un ordine di priorità epistemologiche ed epistemiche tra processi materiali di ricerca e elaborazione teorica, tra aspetti contenutistici e aspetti formali.¹⁰

Osservazioni epistemologiche di ordine descrittivo, infine, tentano di delineare caratteristiche, strutture e vincoli di particolari e determinati processi epistemiche, sperimentali e teorici, che hanno effettivamente avuto luogo, in qualche momento o in qualche luogo. In questo senso l'analisi descrittiva può forse aiutare a comprendere quali sono i limiti imposti alla ricerca scientifica e alle sue pretese euristiche e conoscitive dall'uso di particolari oggetti epistemiche.¹¹

2. Organismi modello

2.1 Definizioni e metafore

Gli organismi modello sono gli «[...] organismi utilizzati per lo studio dei processi biologici di base, ovvero dei normali processi cellulari, sia delle malattie genetiche sia di altre patologie.»¹² In altri termini si tratta di « [...] sottoinsiemi speciali della classe più comprensiva dei sistemi

⁷ Ankeny (2000, p. S261).

⁸ Evelyne Fox Keller critica le posizioni di Nancy Cartwright e Margaret Morrison riguardo al ruolo da loro attribuito ai modelli. «Per lo meno implicitamente, Cartwright, Morrison e Morgan iniziano tutte dando per scontata la separazione fondamentale tra teoria e oggetti, e io sostengo che tale separazione, che avvalorava inoltre una correlativa separazione tra strumenti concettuali e strumenti materiali, ma anche tra costruzione di teorie e costruzione di oggetti, opera lungo tutto il corso dei loro lavori [...]. Concludo pertanto dicendo che non si spingono abbastanza lontano e che una forma di commistione più radicale tra lavoro materiale e lavoro concettuale è richiesto da quel genere pragmatico (e realistico) di filosofia della scienza di cui vanno alla ricerca.» (Keller, 2000, p. 75).

⁹ Rheinberger (1997, p. 26).

¹⁰ «Non solo il ruolo dei modelli, ma anche il presupposto stando al quale le scienze esatte dovrebbero fornire la base per la comprensione dei metodi della scienza e della razionalità in generale sono stati recentemente messi in discussione. Ai sei 'stili di pensiero' che Ian Hacking ritiene caratterizzino le scienze, ad esempio, John Forrester ne aggiunge un altro, 'il ragionamento per casi' (*reasoning by cases*) come settimo metodo della scienza. Tale metodo sarebbe ampiamente utilizzato non solo nelle scienze umane (e biologiche), ma anche in giurisprudenza, medicina ed etica.» (Creager, Lunbeck, Wise, 2007, p. 4). Esempi di analisi epistemologica delle componenti materiali dell'impresa scientifica sono, solo per citarne alcuni: Daston (2004) e Galison (2004), Daston e Galison (2007), Rheinberger (1997), Kohler (1994).

¹¹ In particolare, si vedano i seguenti lavori: Creager, Lunbeck, Wise (2007); Chadaverian, Hopwood (2004); Daston (2004); Daston e Galison (2007), Rheinberger (1997).

¹² Klug, Cummings, Spencer (2007, p. 12). «Il termine *organismo modello* si riferisce ad un organismo utilizzato al fine di acquisire una comprensione profonda e dettagliata di un problema biologico», questa è la definizione di organismo modello fornita da Hubbard (2007, p. 60). È importante inoltre sottolineare che : «L'analisi genetica di questi organismi modello è resa rapida ed efficace poiché per ognuno di essi è a disposizione un vasto archivio di conoscenze genetiche acquisite in vari decenni di ricerca, incluse banche dati delle sequenze del loro intero genoma e collezioni di ceppi che presentano specifiche delezioni e mutazioni» Klug, Cummings, Spencer (2007, p. 568).



modello, dove questi ultimi comprendono non solo l'organismo, ma anche tecniche e metodologie sperimentali che lo riguardano.»¹³ Sull'importanza di questa seconda definizione verrà posto l'accento nei paragrafi successivi, quando si tratterà di definire in che senso gli organismi modello possono essere considerati come organismi esemplari.

Le piante *Zea mais* e *Arabidopsis thaliana*, l'artropode *Drosophila melanogaster*, il fungo *Neurospora crassa*, il mammifero *Mus musculus*, il verme nematode *Caenorhabditis elegans*, il batterio *Escherichia coli*, il lievito *Saccharomyces cerevisiae* e il pesce *Danio rerio*, anche detto zebrafish, sono solo i principali organismi che hanno popolato i laboratori di genetica nell'ultimo secolo.¹⁴

Sia che si tratti di studi sui meccanismi della trasmissione, sia che la ricerca riguardi il problema di come mappare i cromosomi di un determinato ceppo mutante, sia, come succede nella moderna genomica, che il problema consista nel comprendere come alcuni geni giungono ad espressione integrandosi con le funzioni di tutti gli altri, gli organismi modello sono spesso il materiale privilegiato della ricerca in ambito genetico. Alcuni sono stati utilizzati per lo studio dell'ereditarietà dei caratteri; altri invece sono stati oggetto di indagine per la comprensione dei meccanismi di sviluppo; altri ancora, sono entrati nei laboratori per lo studio del funzionamento di tessuti e apparati; infine, molti di essi sono divenuti oggetto di ricerca in campo biomedico al fine di individuare meccanismi e processi utili per lo studio di particolari malattie umane.

In questo paragrafo l'attenzione non si concentra sui criteri che guidano e hanno guidato l'elezione di alcuni organismi al ruolo di organismi modello della ricerca genetica. A questo obiettivo sarà dedicato il § 4.1. Qui verranno invece passate in rassegna alcune delle metafore e delle definizioni utilizzate da scienziati, epistemologi e storici della biologia al fine di designare tali organismi. Questo servirà a mettere in evidenza il ruolo che viene loro attribuito nella prassi scientifica.

Innanzitutto, oltre ad organismi modello, essi vengono detti anche *organismi sperimentali*.¹⁵ Questa prima caratterizzazione mette l'accento sul fatto non banale che gli organismi modello acquistano valore epistemico solo se inquadrati all'interno di una precisa prassi scientifica che è quella sperimentale. In questo senso tali organismi possono essere considerati, mutuando un termine dalle teorie della complessità, come *organismi attrattori*, poiché attorno ad essi si articolano le attività sperimentali di interi settori disciplinari.¹⁶

Gli organismi modello sono inoltre definiti come *organismi standard*.¹⁷ E questo innanzitutto poiché fungono da punto di riferimento per la spiegazione di fenomeni biologici caratteristici di organismi appartenenti sia a un unico *taxon* sia a *taxa* biologici differenti. Questa dicitura rimanda tuttavia anche e soprattutto al fatto che, prima di divenire tali, o meglio per divenire

¹³ Ankeny (2007, p. 47, corsivo mio).

¹⁴ *The Scientist* (2003, 17, n. 5) ha dedicato un numero speciale ad una ricognizione degli organismi modello attualmente utilizzati nella ricerca scientifica. Riguardo a lavori che si sono occupati epistemologicamente del problema degli organismi modello, si vadano in particolare: Ankeny (2000, 2001, 2007), Clarke e Fujimura (1992), Creager (2002), Kohler (1994), Leonelli (2007), Weber (2007), Hubbard (2007).

¹⁵ L'espressione *organismi sperimentali* è di Rheinberger (1997).

¹⁶ L'espressione *organismi attrattori* è di Gagliasso (2001, p. 112).

¹⁷ Questa dicitura è utilizzata in: Kohler (1994), Rheinberger (1997), Bolker (1995), Gest (1995).



tali, gli organismi modello attraversano un vero e proprio processo di standardizzazione.¹⁸ In questo senso, essi arrivano ad essere percepiti come dei veri e propri *organismi originari*, indipendentemente dal fatto che questa originarietà sia supportata o meno da argomenti di stampo filogenetico.¹⁹

Tra le metafore, due sono le più interessanti.²⁰ La prima è quella che considera gli organismi esemplari come oggetti totemici (*totem organisms*).²¹ Condurre un'analisi approfondita di questa metafora sarebbe estremamente interessante, poiché consentirebbe di mettere in evidenza aspetti importanti, sia assiologici che epistemologici, della prassi scientifica in ambito biologico. Essa potrebbe infatti aiutare a comprendere come tali organismi vengono percepiti all'interno di una determinata comunità scientifica e di quale è il valore che viene loro attribuito.²² Tuttavia, ciò condurrebbe l'argomentazione lontano dalla linea principale che si intende seguire in questo lavoro.

Un'altra metafora di estremo interesse epistemologico è quella utilizzata da Gent (1995), secondo il quale gli organismi modello costituirebbero una *chiave sperimentale* per la comprensione di determinati fenomeni biologici. Essi svolgerebbero infatti, nell'ambito della ricerca genetica, un ruolo simile a quello che nella storia della lingua ha avuto la celebre Stele di Rosetta. Gent parla addirittura di *Rosetta Stone Model System*. Come per mezzo della Stele di Rosetta è stato possibile comprendere il significato dei geroglifici attraverso la loro traduzione in una lingua conosciuta, allo stesso modo, quando si tratta di fenomeni biologici, lo studio di fenomeni sconosciuti viene condotto sulla base di quanto è possibile osservare in organismi ben conosciuti e sui quali si possiede una grande quantità di dati, come succede nel caso degli organismi modello.

2.2 Simple System Approach

Nonostante la diversità degli organismi modello e nonostante la varietà di definizioni e metafore utilizzate per descriverli, è possibile circoscrivere un approccio unitario e compatto che vede nella loro utilizzazione il centro delle proprie ricerche.²³ Questo approccio può essere definito *Simple System Approach*.²⁴

¹⁸ Kohler (1994) affronta in particolare il problema della standardizzazione nel caso della *Drosophila melanogaster* all'interno del laboratorio diretto da T. H. Morgan. Mentre Bolker (1995, 1997) si sofferma sull'analisi dei processi di standardizzazione dovuti all'uso sperimentale dei diversi organismi.

¹⁹ Ankeny (2000), ad esempio, con riferimento alla fortuna sperimentale di *Caenorhabditis elegans*, parla addirittura di *ur-worm*, poiché questi organismi, nonostante l'assenza di motivazioni di stampo filogenetico, vengono trattati come fossero organismi originari.

²⁰ Un'altra metafora interessante è quella che considera gli organismi modello come un vero e proprio microcosmo di un importante segmento del macrocosmo che è la natura. Infatti sarebbe utile considerare la rappresentatività che i risultati ricavati attraverso lo studio di organismi modello pretendono di avere nei confronti di individui appartenenti allo stesso *taxon* o nei confronti di *taxa* differenti, proprio in termini di macrocosmo e microcosmo. Si veda, a riguardo, Churchill (1997, p. 260). Non mancano poi metafore più colorite quali quella utilizzata da Richardson (2000) che vede negli organismi modello gli *workhorses* della ricerca genetica.

²¹ L'espressione viene utilizzata da Chargaff (1976) in relazione alla dimensione dei *fashions* che caratterizzano la scelta di metodi e temi privilegiati dalla ricerca scientifica.

²² Ad esempio, si consideri quanto dice Clause: «La metamorfosi del ratto da funesto messaggero della pestilenza a eroe della moderna medicina è il risultato del lavoro di molti ricercatori in differenti luoghi nella prima parte di questo secolo.» (1993, p. 331).

²³ Kellogg e Shaffer (1993, p. 409) delimitano l'uso del *Symple System Approach* alle ricerche svolte nell'ambito dei *Laboratory-based study*. Bolker (1997), inoltre, al fine di denotare l'approccio sperimentale di coloro che lavorano



Il principio che sta alla base di tale approccio è quello che Krebs (1975) definisce *The August Krogh Principle*. Ovvero: «Per un grande numero di problemi, esisterà un animale, o una serie di animali, in cui sarà conveniente studiarli».²⁵ Il principio di Krogh è alla base del cosiddetto *Simple System Approach*. In quella che potrebbe essere considerata come una rielaborazione del principio di Krogh, sebbene da una prospettiva piuttosto critica, Wimsatt scrive: «se devi spiegare un fenomeno che si presenta all'interno di un sistema complesso, cerca un sistema diverso più semplice da analizzare – idealmente, il più semplice – che esibisce quel fenomeno e studialo».²⁶

Le parole di Thomas Morgan, inoltre, mettono in evidenza l'atteggiamento di pensiero tipico di chi fa uso del *Simple System Approach*:

Che gli aspetti fondamentali dell'eredità si siano rivelati così straordinariamente semplici – scrive Morgan – conforta la nostra speranza che, in fondo, la natura sia interamente avvicinabile. Questo è incoraggiante perché se il mondo in cui viviamo fosse complicato come alcuni vorrebbero farci credere, potremmo proprio disperare che la biologia possa mai diventare una scienza esatta.²⁷

L'approccio epistemico basato sull'uso di organismi modello, il *Simple System Approach*, consiste pertanto nel ritenere valido l'assunto stando al quale sarebbe legittimo ricercare la soluzione di un problema o la spiegazione di un fenomeno biologico all'interno di un singolo organismo.²⁸ Gran parte del lavoro di chi crede nell'efficacia di questo approccio consiste innanzitutto nella ricerca dell'organismo adatto per studiare un certo tipo di fenomeno.²⁹

con gli organismi modello, si spinge addirittura a parlare di «model system paradigm». Gest (1995), invece, si limita a parlare di «experimental program».

²⁴ Il termine è mutuato da Schaffner. Questi scrive «L'approccio utilizzato in questo lavoro sarà in un primo momento *bottom-up*, nel senso che procederà prendendo innanzitutto in considerazione il modo in cui un gran numero di scienziati contemporanei elabora spiegazioni del comportamento in semplici sistemi viventi frequentemente chiamati 'organismi modello'. [...] questo approccio rappresenta il corrispondente filosofico di quello che viene definito come '*Simple System Approach*' [...]» (1998, p. 215). Il *Simple System Approach* è definito anche *Model System Approach*. Si veda ad esempio Creager, Lunbek, Wise (2007, pp. 1-20). In questo lavoro, tuttavia, si è preferito utilizzare la locuzione *Simple System Approach*, poiché una delle tesi che lo anima consiste nel sostenere che gli organismi sperimentali sono in realtà *organismi esemplari* e non modelli. Inoltre è di fondamentale importanza sottolineare il fatto che, attraverso l'utilizzazione degli organismi esemplari, processi e fenomeni biologici che si presentano in organismi estremamente complessi vengono analizzati e studiati a partire da, o sulla base di, risultati ottenuti dallo studio degli organismi esemplari.

²⁵ Krogh (1929, p. 247).

²⁶ Wimsatt (1998, p. 268). Wimsatt, inoltre, individua due importanti presupposti che stanno alla base del *Simple System Approach*. Entrambi ne mettono in evidenza alcuni aspetti, quantomeno, problematici. Il primo è che, se i meccanismi che vengono spiegati all'interno dell'organismo modello si trovano anche in quello più complesso, è necessario presupporre che essi funzionino allo stesso modo nell'uno e nell'altro. E questo non è affatto banale. Il secondo, invece, è che i fenomeni che si trovano all'interno dei sistemi più complessi devono poter essere spiegati allo stesso modo dei fenomeni che si trovano nell'organismo modello. Questi presupposti riguardano entrambi il problema di ordine valutativo della generalizzabilità dei risultati ottenuti attraverso lo studio degli organismi modello e quindi della loro rappresentatività. A riguardo, si vedano inoltre Bolker (1995,1997), Gilbert e Jorgensen (1998), Gest (1995).

²⁷ Morgan (1932, p. 19).

²⁸ Churchill (1997) conduce, da un punto di vista storico, un'analisi estremamente interessante di come, all'interno del *August Weismann's Institute of Zoology*, sia avvenuto il passaggio da programmi di ricerca che si concentravano su problemi legati alla variabilità e alla diversità, a programmi che prevedevano l'utilizzo massiccio di organismi modello e quindi del *Simple System Approach*. Mayr (1982) e Kohler (1994) mettono in evidenza, il primo concentrandosi sulla storia delle idee, il secondo invece facendo leva sui temi legati alla dimensione materiale della ricerca scientifica, in che modo il *Simple System Approach* abbia preso piede agli inizi del secolo scorso in



Questa scelta è ancora più importante perchè influenza, implicitamente, il modo di intendere il processo che deve essere spiegato. Infatti, come sottolinea Elisabeth Bolker, a lungo andare la scelta di concentrarsi su un unico organismo che possiede delle caratteristiche particolari, piuttosto che su altri tanto importanti quanto il primo ma meno adatti ad essere utilizzati nella ricerca di laboratorio, condiziona fortemente l'idea di un determinato fenomeno biologico.³⁰ È importante poi sottolineare il fatto che, da questo punto di vista, la scelta di un organismo *poco adatto*, può condurre a ignorare certe regolarità o addirittura a negarne di altre.³¹

In altri termini, la scelta di un certo organismo delimita il campo delle ricerche che possono essere effettivamente intraprese e individua le dimensioni di un fenomeno che possono essere studiate al fine di pervenire alla sua comprensione. Inoltre tale scelta sacrifica complessità e completezza in favore della semplicità e della possibilità di lavorare sperimentalmente su determinati fenomeni.³²

In questo lavoro non si entrerà nel merito della legittimità o meno del *Simple System Approach*. Ad ogni modo non ci si può esimere dal constatarne l'immensa potenza euristica ed epistemica.³³ In analogia con quanto dice Nancy Cartwright a proposito delle scienze fisiche ed economiche,³⁴ si potrebbe infatti sostenere che il *Simple System Approach*, soprattutto in ambito di scienze del vivente, sia un approccio *imperialista*, poiché determina le pratiche epistemiche da utilizzare e monopolizza gli sforzi di intere comunità scientifiche.³⁵ Detto in altri termini, si tratta di un approccio caratterizzato da una grande capacità di propagarsi nella capillarità di diversi ambiti disciplinari.

Alcuni hanno addirittura sostenuto che tale potenza epistemica ha condotto alla creazione di un nuovo grande *taxon* – vale a dire di una nuova classe collettiva di oggetti biologici – costituito da tutti e soli gli organismi modello legati tra di loro dal comune carattere dell'artificialità.³⁶

concomitanza con il passaggio dalla storia naturale alla biologia sperimentale e di laboratorio come genere di indagine privilegiato delle scienze del vivente.

²⁹ Riguardo all'importanza della scelta del giusto materiale per effettuare un determinato tipo di ricerca, si vedano: Clarke e Fujimura (1992), Holmes (1993, p. 312), Krebs (1975, p. 221).

³⁰ Bolker (1995, p. 451) osserva che, se si assume una prospettiva di lunga durata, se un certo fenomeno biologico viene studiato solo all'interno di una certa specie di organismi, è facile che si ottenga un'immagine distorta del processo stesso. Il processo verrebbe infatti plasmato su meccanismi peculiari e poco rappresentativi. Di qui nasce il problema della generalizzabilità dei risultati ottenuti.

³¹ Burian (1993, pp. 352-3) sottolinea come la scelta di un cattivo organismo possa condurre la ricerca verso dei veri e propri vicoli ciechi. Un caso emblematico è rappresentato dall'esempio di Mendel. Quando questi passa dall'utilizzazione del *Pisus* a quella dello *Hieracium*, non emerge più nessuna delle regolarità che aveva consentito la formulazione delle leggi di base della genetica mendeliana. E questo conduce l'abate ad abbandonare le ricerche precedentemente intraprese.

³² Ankeny, ad esempio, scrive: «Sia nelle indagini mediche che in quelle biologiche che fanno uso di organismi modello, complessità, completezza, e 'naturalità' sono sacrificati in favore di una costruzione selettiva di materiale che possa essere facilmente manipolato e di un a cornice teorica all'interno della quale gli scienziati possano lavorare e porre quesiti.» (2007, p. 54).

³³ Schaffner (1998, p. 214), riportando un'espressione di Brenner, parla del *Simple System Approach* come caratterizzato da una « brute force ».

³⁴ Si veda, Cartwright (1999, p. 1).

³⁵ Riguardo a quest'ultimo punto si veda Leonelli (2007).

³⁶ Alla discussione del grado di artificialità degli organismi modello sono dedicati gli ultimi paragrafi del presente articolo. Qui si tenga conto del fatto che Ankeny scrive che: «gli organismi modello possono essere considerati tutti insieme come costituenti un più largo modello descrittivo, oppure una 'famiglia di modelli', per prendere in prestito



Nonostante il potere pervasivo del *Simple System Approach*, esso non è sicuramente l'unico all'interno del variegato e complesso panorama di discipline che studiano la materia vivente. Gent (1995, p. 78-9), ad esempio, al fine di distinguere l'approccio che fonda la propria prassi di ricerca sugli organismi modello dagli altri, utilizza la metafora dei *lumpers* – letteralmente, gli scaricatori di porto, ovvero gli approssimativi – che lavorano in opposizione agli *splitters* – i pedanti, i cavillatori, coloro che spaccano il capello in quattro –. I primi sono unificatori indefessi e ricercano i meccanismi biologici comuni a tutte le forme di vita. In questo modo, sono condotti a sottostimare l'importanza della diversità e della variabilità biologiche. I secondi, al contrario, agiscono in nome della ricerca della complessità e si pongono come obiettivo primario quello di comprendere la natura e il contenuto della variabilità. Essi, diversamente dai primi, agiscono avendo di mira varietà e complessità.

Kellogg e Shaffer (1993, p. 409), dal canto loro, impostano la differenza in termini di aree disciplinari. Essi distinguono tra gli studi condotti nei laboratori di biologia molecolare, genetica e citologia, i quali hanno di mira lo studio dei meccanismi biologici in pochi organismi, e gli studi di sistematica, che si concentrano invece sull'analisi della storia evolutiva e delle relazioni filogenetiche di molti organismi, al fine di individuare cause e motivi di diversità e variabilità genetica o epigenetica.

3. Organismi esemplari

Occorre ora soffermarsi, a partire da alcuni testi di Thomas Kuhn, sulla particolare interpretazione che viene qui fornita della nozione di *esemplare*.

Nel momento in cui questa nozione verrà utilizzata al fine di fornire una descrizione del ruolo epistemico e del valore epistemologico degli organismi modello, è qui il caso di sottolinearlo, essa non potrà non subire essenziali riassetamenti di senso. La nozione di esemplare si troverà infatti ad essere incarnata negli organismi modello, o meglio essa sarà localizzata al loro interno, comportando forti slittamenti di significato rispetto all'originale definizione kuhniana. Nonostante ciò, il pregio dell'equazione concettuale che identifica *esemplari* e *organismi modello* consisterà nel rendere possibile l'osservazione dall'interno del funzionamento degli (*organismi*) *esemplari*. Sarà possibile metter in evidenza, in questo modo, quali sono le loro caratteristiche in quanto oggetti epistemici fondamentali nelle pratiche delle scienze biologiche.

3.1 Esempi per (insegnare a) fare scienza

Nel *Postscript* del 1969 a *The Structure of Scientific Revolutions* gli esemplari sono definiti come "concrete soluzioni di rompicapo che, usate come modelli o come esempi, possono sostituire

un termine, costituita dall'insieme degli stati dei fondamentali sistemi biologici possibili condivisi da tutti gli esseri viventi nei confronti dei quali particolari occorrenze empiriche di organismi possono essere testate attraverso i loro isomorfismi.» (2000, p. 268). Bolker, inoltre, sostiene che: « [...] gli organismi modello sono probabilmente peculiari rispetto ai loro stessi *taxa* di appartenenza, ma sono poi relativamente simili gli uni nei confronti degli altri.» (1995, p. 451).



“concrete soluzioni di rompicapo che, usate come modelli o come esempi, possono sostituire regole esplicite come base per la soluzione dei rimanenti rompicapo della scienza normale.”³⁷

Si prendano poi in considerazione i due passi seguenti:

Una volta che un nuovo problema è visto essere analogo a un problema precedentemente risolto, ne seguono sia un formalismo adatto, che un nuovo modo di applicare le sue conseguenze simboliche della natura. [...] Questa capacità di riconoscere somiglianze approvate dal gruppo è, credo, la cosa più importante che gli studenti imparano nel risolvere i problemi sia con carta e matita che in adatti laboratori. Nel corso del loro addestramento vengono preparati per loro un gran numero di questi esempi, e gli studenti che si preparano per una certa specializzazione fanno in generale quasi sempre gli stessi [...]. Questi esempi concreti con le loro soluzioni sono ciò cui mi sono precedentemente riferito come casi esemplari, esempi standard di una comunità.³⁸

Dopo che lo studente ha risolto molti problemi, può avere acquisito soltanto una maggiore capacità di risolverne altri. Ma all'inizio e per un certo tempo, risolvere dei problemi equivale ad imparare parecchie cose rilevanti circa la natura. In assenza di siffatti esemplari, le leggi e le teorie che lo studente ha precedentemente imparate avrebbero scarso contenuto empirico.³⁹

Al fine di chiarire in che modo gli organismi modello possano essere considerati oggetti esemplari, è innanzitutto il caso di considerare il fatto che gli *esemplari* servono soprattutto ad insegnare *come si fa* scienza. Alla pari degli esemplari kuhniani, gli organismi modello giocano un ruolo fondamentale nell'insegnamento sia nei laboratori che sui banchi di scuola.⁴⁰ Basta dare una rapida occhiata a un manuale di genetica, per accorgersi del fatto che la maggior parte delle informazioni in esso contenute è tratta da organismi modello, a discapito spesso di risultati, anche importanti, ottenuti dallo studio di altri organismi.

Insegnare a fare scienza – sia che si abbia a che fare con l'uso di particolari strumenti e tecniche, con la manipolazione di organismi di laboratorio o con la risoluzione di problemi con carta e penna – significa «mostrare [...] con l'esempio come va fatto il lavoro».⁴¹ Facendo vedere come è possibile risolvere un particolare problema, viene mostrato in che modo devono essere affrontati tutti gli altri.

Come emergerà più chiaramente nei paragrafi dedicati alla genesi epistemica degli oggetti esemplari, determinate tecniche utilizzate in ambito genetico, come ad esempio quella di fondamentale importanza della mappatura, sono state elaborate in riferimento e grazie a specifiche necessità emerse dallo studio e dalla manipolazione sperimentale di una particolare specie di organismi, nel caso specifico della *Drosophila melanogaster*.

Inoltre, poiché gli esemplari tracciano localmente e contestualmente le linee su cui l'impresa epistemica deve muoversi, attraverso di essi la prassi scientifica viene, in qualche modo, incanalata. In questo senso eminentemente pragmatico, vale a dire nel senso in cui essi sono direttamente coinvolti nei modi con cui l'impresa scientifica viene condotta, gli organismi

³⁷ Kuhn (1969, p. 212).

³⁸ Ivi, pp. 143-44.

³⁹ Ivi, pp. 226-7.

⁴⁰ Riguardo all'utilità di determinati organismi a fini didattici e, soprattutto, a proposito della connessione tra importanza didattica e ruolo sperimentale, si vedano: Kohler (1994, pp. 33-37) e Schaffner (1998, p. 214).

⁴¹ Kuhn, 1969, p. 226.



esemplari hanno un ruolo essenziale sia nella trasmissione sia nella produzione di metodi e pratiche.⁴²

In questo senso, se si tiene conto della connotazione essenzialmente pragmatica della nozione di esemplare, è possibile sostenere che gli organismi esemplari hanno un ruolo e delle funzioni di tipo costitutivo. E questo non solo e non tanto nei confronti delle conoscenze che essi consentono di acquisire o di trasmettere, ma anche e soprattutto rispetto alle tecniche e ai procedimenti, detto altrimenti, rispetto alle pratiche euristiche ed epistemiche, da utilizzare per comprendere un certo tipo di fenomeno.

Gli organismi modello, in quanto esemplari, sono in grado di strutturare attorno a sé prassi e percorsi sperimentali. In questo senso essi sono degli attrattori: un organismo esemplare è infatti «produttore di una nuova organizzazione di fenomeni.»⁴³

3.2 Embodied knowledge as practical knowledge

Al fine di comprendere che cosa può essere appreso ed insegnato attraverso l'uso degli organismi esemplari, occorre innanzitutto mettere l'accento sul fatto che, nell'esemplare, sia esso un organismo modello o un problema di fisica, sono incorporate – *embodied* – delle vere e proprie pratiche epistemiche, dei percorsi sperimentali.

È proprio l'acquisizione – tacita e implicita – di queste prassi che consente di apprendere, lavorando con esse, il modo con cui è possibile e ammissibile fare scienza all'interno di una certa comunità. A tal proposito, lo stesso Kuhn scrive:

Quando parlo di conoscenza incorporate in esemplari comunemente condivisi, non faccio riferimento a una maniera di conoscere che sia meno sistematica o meno analizzabile della conoscenza incorporata in regole, in leggi o in criteri di identificazione. Ho invece in mente una maniera di conoscere che viene travisata se ricostruita in termini di regole che vengono dapprima astratte da esemplari e poi funzionano al posto di questi.⁴⁴

Quello che preme sottolineare in questo passaggio argomentativo è che la conoscenza tramandata per mezzo degli esemplari consiste, anche e soprattutto, di pratiche. In questo senso, gli esemplari appartengono alla dimensione pragmatica e pre-teorica della ricerca scientifica: essi sono pragmaticamente costitutivi. Gli esemplari, se osservati da questo punto di vista, devono essere pensati come nodi in cui si intersecano pratiche, di vario genere, ma sempre e comunque pratiche.⁴⁵

⁴² In questo senso può essere considerato valido per gli esemplari quello che Morrison (1999) dice riguardo a modalità e contenuti dell'apprendimento per mezzo dei modelli. Infatti, come per i modelli, anche riguardo agli esemplari è possibile affermare che si apprende attraverso la loro costruzione e attraverso la loro applicazione. È importante inoltre sottolineare che, in entrambi i casi, il processo di apprendimento è portato a termine attraverso azioni pratiche e non per mezzo dell'acquisizione di regole teoriche.

⁴³ L'espressione è di Gagliasso (1998, p. 176) che la utilizza in riferimento al ruolo costitutivo che i concetti, in quanto costitutivi, hanno nelle scienze del vivente.

⁴⁴ Kuhn (1969, p. 231). Per alcune differenze che distinguono la posizione di Polanyi da quella di Kuhn, si veda Casamonti (1999).

⁴⁵ Questa osservazione è pienamente in sintonia con l'approccio epistemologico auspicato da Evelyne Fox Keller quando scrive che: "In questo modo, il dibattito [...] si trova ad essere reimpostato: il suo centro transita da problemi concernenti la veracità di differenti rappresentazioni della realtà a problemi riguardanti le preferenze dimostrate nei confronti di alcuni tipi di azione piuttosto che su altri" (1998, p. 200).



Sono infatti prassi e procedimenti ad essere esemplarizzati, e allo stesso tempo sono modi di trattare epistemicamente gli oggetti della scienza a dare vita e valore epistemici agli esemplari.⁴⁶ In questo senso lo stesso Thomas Kuhn scrive che: «La prassi della scienza dipende dall'abilità, acquisita sulla base di esemplari, di raggruppare oggetti e situazioni in insiemi simili che sono primitivi nel senso che il raggruppamento viene fatto senza dare risposta alla domanda 'Simili rispetto a che cosa?」⁴⁷

In questo senso gli *esemplari*, in generale, e gli organismi esemplari, in particolare, forniscono, sia agli scienziati di professione sia agli apprendisti della scienza, una sorta di tracciato delle possibili linee su cui proseguire nel lavoro di ricerca. Il caso citato più sopra della *Drosophila* rappresenta, a riguardo, un esempio emblematico. Infatti, nel momento in cui il numero crescente di ceppi mutanti di *Drosophila* rende necessario un nuovo modo di classificarli, prende vita la pratica della mappatura cromosomica. Una pratica epistemica e classificatoria emerge, pertanto, grazie al fatto che ad essere studiati sono dei particolari organismi, che possiedono una certa velocità riproduttiva e che non possono essere più classificati attraverso le tradizionali categorie morfologiche. In questo senso gli organismi esemplari contribuiscono a incanalare l'attività di ricerca di intere comunità.

Se è vero quindi che le pratiche si intersecano negli esemplari, è vero altresì che l'identità epistemica di quegli oggetti peculiari che sono gli organismi modello è determinata e dipende proprio da quelle stesse pratiche. È grazie alle pratiche che vi si innestano, infatti, che è possibile usufruire sperimentalmente degli organismi modello. Detto altrimenti, attraverso di loro certi organismi acquistano valore epistemico, o anche, il modo in cui alcuni organismi vengono trattati conferisce loro una certa identità epistemica.

È chiaro pertanto che il valore epistemico di un oggetto non è una proprietà monolitica e fissa che esso possiede, o che può essergli attribuita una volta per tutte. Il ruolo e il valore epistemici di un oggetto sono al contrario relativi e contestuali. Essi possono venire modificati e, anzi, lo sono di continuo. Il caso della *Drosophila* è ancora una volta emblematico. Al cambiare delle tecniche con le quali essa viene indagata, cambia radicalmente il suo statuto epistemico. Il passaggio di questo organismo dallo studio della genetica all'analisi biochimica, ad esempio, è dovuto al cambiamento delle tecniche attraverso le quali esso veniva studiato, dalla mappatura, al trapianto, per finire con la trasfusione.⁴⁸

Si consideri infine quanto Kuhn scrive riguardo al genere di conoscenza che viene tramandata attraverso gli esemplari: «M. Polanyi – scrive Kuhn – ha sviluppato brillantemente un tema molto simile, argomentando che gran parte della riuscita di uno scienziato dipende da una 'conoscenza tacita' cioè da una conoscenza che è stata acquisita attraverso la pratica e che non può venir articolata esplicitamente».⁴⁹

⁴⁶ Leonelli (2007) parla in particolare di *skills* più che di conoscenze apprese.

⁴⁷ Kuhn (1969, p. 240).

⁴⁸ Per una trattazione esaustiva dell'impatto avuto dall'invenzione di queste nuove tecniche sullo studio della *Drosophila*, si veda Kohler (pp. 208-247). Casamonti (1999, p. 304), invece, con particolare riferimento al significato di *esemplare* nell'opera di Kuhn, sottolinea il fatto che l'apprendimento attraverso gli esemplari avviene seguendo binari pragmatici. La pratica permette infatti l'acquisizione di regole che sono conosciute come tali dalla persona che le utilizza. L'ostensione di pratiche contribuisce alla formazione di significati.

⁴⁹ Kuhn (1962, p. 66).



È interessante, a proposito di questo passo, confrontare la posizione di Kuhn con quanto scrive Hans Jörg Rheinberger, il quale definisce la dimensione tacita come luogo dell'*Erfahrenheit*, del *being experienced*. Tale dimensione dell'attività scientifica non può e non deve essere confusa con la semplice esperienza – *Erfahrung* o *experience* –, poiché si tratta di una dimensione che può essere *acquired*, ma non *learned*. E questo poiché non è costituita di regole esplicite da applicare, bensì di «regole che non sono riconosciute in quanto tali da colui che le segue». ⁵⁰ Infatti, queste regole sono «apprese attraverso l'azione». ⁵¹

3.3 Valore costitutivo degli organismi esemplari. Aspetti epistemologici

Al fine di delineare con maggior precisione la peculiarità epistemologica degli organismi esemplari, occorre mostrare in che senso essi svolgono un ruolo differente da quello solitamente attribuito ai modelli. È possibile infatti sostenere che gli organismi modello, nonostante il nome, non sono modelli. E questo per due motivi: il primo di ordine più marcatamente epistemologico (§ 3.3), il secondo invece di stampo ontologico (§ 3.4).

Si prenda in considerazione innanzitutto l'aspetto epistemologico. Da questo punto di vista, come è stato chiarito nei paragrafi precedenti, gli organismi modello hanno un ruolo costitutivo sia nei confronti di pratiche sperimentali sia rispetto alle conoscenze che da esse possono essere ottenute. Al contrario, la funzione che i modelli sono chiamati ad assolvere è essenzialmente di tipo rappresentativo. ⁵²

In secondo luogo, questa volta dal punto di vista ontologico, quando si parla di organismi esemplari, non si fa riferimento a oggetti che intrattengono una relazione di similarità o di analogia con ciò che deve essere spiegato. Al contrario, gli organismi modello *sono* gli oggetti epistemici che devono essere spiegati. Detto diversamente, gli organismi modello non sono studiati in quanto analoghi, o simili, a quelli che si trovano in natura, ma divengono essi stessi la natura che deve essere spiegata. Ma questa assunzione è tutt'altro che banale.

⁵⁰ Rheinberger (1997, p. 78).

⁵¹ Ivi, p. 77. Lo studio di queste caratteristiche pragmatiche dovrebbe divenire, secondo Rheinberger, oggetto di una vera e propria *pragmatogonia*, vale a dire di uno studio che, unendo approccio storico ed epistemologico, chiarisca il ruolo e le caratteristiche delle pratiche che animano e danno vita all'attività scientifica. (Ivi, p. 26) È interessante, dato che l'impostazione utilizzata nel presente articolo si rifà direttamente ad alcuni aspetti della fenomenologia husserliana, sottolineare che lo stesso Rheinberger riconduce l'origine dell'idea di una *pragmatogonia* allo scritto di Edmund Husserl *Vom Ursprung der Geometrie*. Inoltre Rheinberger accosta direttamente l'approccio utilizzato da Husserl in tale scritto al metodo utilizzato da Ian Hacking (1983).

⁵² Non è qui possibile entrare nel merito di una valutazione del valore rappresentativo che viene solitamente assegnato ai modelli. Ad ogni modo è possibile affermare che, secondo accezioni di senso anche a volte differenti, c'è concordia nell'attribuire ai modelli la funzione di rappresentare la realtà. Sia che si tratti di modelli altamente formalizzati, sia che si abbia a che fare con modelli materiali (si veda ad esempio, Chadaverian e Hopwood (2004)) o descrittivi (come ad esempio in Ankeny (2000)), è possibile sostenere che si i modelli hanno, in estrema sintesi, portata rappresentazionale. Nella rassegna fatta da Frigg e Hartmann alla voce *Models in Science* della *Stanford Encyclopedia of Philosophy* riguardo all'uso dei modelli nelle scienze, questi scrivono: «I modelli possono assolvere due tipi di funzioni rappresentazionali fondamentalmente differenti. Da un lato, un modello può essere la rappresentazione di una parte del mondo previamente selezionata (il *'target system'*). In dipendenza dalla natura del *target* tali modelli possono essere suddivisi in modelli di fenomeni e modelli di dati. Dall'altro lato, un modello può rappresentare una teoria nel senso che esso rappresenta le leggi e gli assiomi di quella teoria. Queste due nozioni non sono mutuamente esclusive, poiché i modelli scientifici possono essere rappresentazioni in entrambi i sensi allo stesso tempo.» Si vedano inoltre i lavori contenuti in Morgan e Morrison (1999).



Entrambi gli aspetti, quello epistemologico e quello ontologico, possono essere ricondotti a una riflessione, spesso trascurata, di Hans Krebs:

Poiché i materiali scelti per lo studio sono essi stessi rappresentativi di alcuni principi fondamentali – scrive Krebs –, essi sono esempi (*examples*) piuttosto che modelli (*models*), termine che viene usato spesso in tali contesti. I ‘modelli’ sono solitamente associati a qualcosa che si avvicina alla cosa reale, ma che in realtà non è la cosa reale. Essi sono infatti modelli nel senso di essere analoghi, ma non identici, all’oggetto nel quale vengono ricercate le informazioni.⁵³

In accordo con Krebs, qui si sosterrà che, sia sul piano epistemologico che su quello ontologico, gli organismi modello non possono essere considerati come modelli. In questo modo sarà infatti possibile descrivere la peculiarità epistemologica degli organismi modello *qua* oggetti esemplari.

Gli organismi modello, in quanto esemplari, per poter avere un ruolo all’interno della fitta rete di attività che caratterizza le scienze della vita, non devono necessariamente rappresentare qualcos’altro. Essi sono rilevanti nei confronti di qualcos’altro; sono in grado di aiutare nella comprensione di un fenomeno presente anche altrove, in altri organismi; riescono a indicare le pratiche attraverso le quali qualcos’altro deve essere studiato; sono inoltre in grado di imporre su altri organismi la spiegazione di alcuni fenomeni che si presentano in essi, ma non sono la rappresentazione di qualcos’altro.⁵⁴

In questo senso è possibile sostenere, in sintonia con quanto detto precedentemente, che gli organismi esemplari sono produttori di prassi e conoscenze, senza essere costretti con ciò a dover rappresentare qualcosa.

In questo senso gli organismi esemplari possiedono caratteristiche che li accomunano piuttosto a degli strumenti. Rheinberger, ad esempio, ritiene che essi siano dei semplici strumenti, degli oggetti tecnici che devono essere annoverati tra le *experimental conditions* della scienza e che non possono avere la dignità epistemologica posseduta invece dalle *entità epistemiche*. Occorre tuttavia ricordare che la distinzione che Rheinberger traccia tra *experimental conditions* ed *epistemic entities* non è una differenza di tipo strutturale, ma ha valore solo funzionale. Ad essa viene infatti assegnato il compito di aiutare nella comprensione del gioco delle innovazioni – *game of innovation* –, che coincide poi con l’emergere di novità, con il presentarsi di eventi non ritenuti interessanti fino a quel momento.⁵⁵ La collocazione degli organismi modello tra gli strumenti della scienza, anche se non rende pienamente giustizia alla loro complessità epistemica, consente tuttavia a Rheinberger di mettere in evidenza il fatto che ad essi è affidato il compito fondamentale di articolare la ricerca in un

⁵³ Krebs (1975, p. 225).

⁵⁴ È qui utile distinguere tra ‘rappresentare qualcosa’ e ‘essere rappresentativo di qualcosa’. Si tratta di due relazioni estremamente diverse. Negare che gli organismi modello non costituiscano la rappresentazione di un fenomeno o di un altro organismo, come si fa in questo articolo, non significa negare il fatto che essi possano essere rappresentativi nei confronti di quei fenomeni o di altri organismi. Tuttavia quello della rappresentatività è un problema che non può essere affrontato all’interno del presente lavoro poiché si tratta di un problema di tipo essenzialmente valutativo. Per ulteriori spunti di riflessione su questa distinzione, si vedano Fox Keller (2000) e Creager, Lunbeck, Wise (2007, pp. 1-20).

⁵⁵ Si veda Rheinberger (1997, pp. 31-2).



complesso campo di pratiche epistemiche – *field of epistemic practices*.⁵⁶ Parafrasando lo stesso Rheinberger, il quale parla di spazi di rappresentazione, si può sostenere che gli organismi modello esibiscono il loro significato all'interno di uno spazio di azioni, manipolazioni e pratiche sperimentali.⁵⁷

In questo senso gli organismi modello accampano la pretesa, nella loro effettiva singolarità, di esaurire il dominio dell'*explanandum*: essi sono tutto ciò che deve e può essere spiegato. Essi, poiché soprassedono all'elaborazione delle pratiche sperimentali che danno forma e vita al lavoro scientifico, pretendono di poter fungere da esempio di come qualsiasi organismo deve essere trattato epistemicamente nell'ambito di un approccio che voglia dirsi e ritenersi scientifico. Altrimenti detto, attraverso la loro capacità di articolare pratiche, grazie al ruolo di organismi attrattori che essi rivestono, gli organismi modello possono essere considerati dei veri e propri «luoghi per la produzione di conoscenze».⁵⁸

Inoltre, il fatto di non obbedire a dinamiche di tipo rappresentazionale, rende gli esemplari poco adatti a assolvere quelle mansioni epistemiche di mediazione che vengono solitamente assegnate ai modelli.⁵⁹ Ad essi non può essere infatti assegnato il compito di mediare tra il mondo fenomenico – l'universo dei fenomeni biologici da spiegare, il preteso *explanandum* – e l'insieme delle teorie, le quali devono spiegare quello stesso mondo – in altre parole l'*explanans*. È a questo punto possibile vedere in che senso.

3.4 Organismi come gli altri e diversi dagli altri. Aspetti ontologici

Il fatto che gli organismi modello non abbiano e non possano avere il ruolo di mediatori può essere ricondotto al secondo degli aspetti sottolineati più sopra, vale a dire al fatto che essi, al contrario dei modelli stessi, sono ciò che deve essere spiegato. Al contrario dei modelli, infatti, gli organismi esemplari non rivestono in alcun modo un ruolo rappresentazionale nei confronti dei fenomeni oggetto di ricerca, e questo poiché pretendono di essere quel fenomeno.

In questo senso, diversamente dai modelli, gli organismi esemplari studiati all'interno dei laboratori sono considerati come organismi alla pari degli altri, solo più facili da manipolare sperimentalmente. Ricordando quanto affermato da Krebs, se è vero che «i 'modelli' sono solitamente associati a qualcosa che si avvicina alla cosa reale, ma che non è la cosa reale stessa», lo stesso non potrebbe essere ritenuto valido se affermato in relazione agli organismi esemplari. Agli occhi di chi lavora con un certo organismo modello, ad esempio con la *Drosophila*, il moscerino della frutta non rappresenta, ma è ciò che si vuole spiegare.

In questo ambito di discorso, è utile riprendere in considerazione il fatto che gli esemplari kuhniani consistono di esercizi da risolvere per iscritto, o di simulazioni di situazioni

⁵⁶ Keller, a proposito della dimensione pratica caratteristica dei modelli, scrive: «[...] voglio sostenere che questi modelli sono anche e simultaneamente mezzi o strumenti per il cambiamento materiale, guide per il fare oltre che per il pensare [...]» (2000, p. S77). Ciò può essere ritenuto vero anche per gli organismi esemplari.

⁵⁷ Si veda Rheinberger (1997, pp. 16-18)

⁵⁸ Questa espressione è più volte utilizzata in Creager, Lunbeck, Wise (2007).

⁵⁹ Attorno all'idea per cui i modelli sarebbero entità epistemiche mediatrici ruotano i saggi raccolti nel volume *Models as mediators*, edito da Morgan e Morrison (1999). Si veda in particolare Morrison e Morgan (1999, pp. 10-38). Secondo le autrici il potere che hanno i modelli di riuscire a mediare tra le teorie e i fenomeni sarebbe dovuto alla loro peculiare indipendenza epistémica.



sperimentali che vengono sottoposte all'apprendista fisico durante gli anni della sua formazione. Attraverso la soluzione degli esercizi oppure per mezzo dei protocolli sperimentali che vengono loro sottoposti all'interno dei laboratori, gli studenti apprendono – *acquire* –, tacitamente o implicitamente, come devono risolvere esercizi o altre situazioni sperimentali che si troveranno ad affrontare nel corso delle ricerche successive.

Un esercizio da risolvere, o una situazione di laboratorio da affrontare, non sono modelli analoghi o simili a quanto lo scienziato dovrà fare nel corso delle sue ricerche. Essi sono semmai una sorta di simulazione di quanto lo scienziato dovrà fare in seguito. Essi sono appunto esempi di ciò con cui lo studente, una volta passato al rango di ricercatore, si troverà concretamente ad avere a che fare. Soprattutto nel caso dell'esercizio svolto attraverso l'esperimento di laboratorio, il fisico, nel momento in cui si troverà a fare ricerca, affronterà situazioni differenti allo stesso modo, vale a dire nel modo in cui gli è stato insegnato attraverso le numerose esercitazioni di laboratorio.

I problemi risolti, pertanto, non sono simili, ma possono essere considerati gli stessi che dovranno in seguito essere risolti. Allo stesso modo gli organismi esemplari non sono né rappresentazioni né modelli di organismi presenti altrove. Essi hanno, per così dire, un doppio volto. E proprio in questo sta la forza epistemica dell'approccio, il *Simple System Approach*, che ne fa uso. Essi, come sarà mostrato negli ultimi paragrafi di questo lavoro, possono essere infatti considerati, da un lato, organismi artificiali, poiché hanno subito un lungo processo di adattamento alle pratiche e alle esigenze della ricerca scientifica di laboratorio; mentre dall'altro, sono normali organismi dotati di tutte le caratteristiche che contraddistinguono gli organismi della stessa specie allo stato *wild* fuori dall'ecosistema del laboratorio.⁶⁰ Nel caso della *Drosophila*, ad esempio, in quanto organismo esemplare, essa è, innanzitutto, il risultato di una sorta di addomesticamento, e in secondo luogo, poiché proviene dalla natura e non è il semplice prodotto di pratiche di laboratorio, è un organismo biologico a tutti gli effetti.⁶¹

4. Esemplarizzare. Genesi epistemica degli organismi esemplari

Quanto detto nei paragrafi precedenti interessa organismi esemplari già pronti per l'uso, didattico o euristico che esso sia. Tuttavia, la loro descrizione epistemologica, se ci si limitasse a questo livello, non potrebbe essere considerata esaustiva. Alla pari degli esercizi kuhniani, infatti, i quali devono essere elaborati da qualcuno in modo da risultare adatti al ruolo epistemico che è loro assegnato, anche gli organismi esemplari, per poter diventare tali, devono passare per un processo di elaborazione e costituzione. Per descrivere tale processo, si

⁶⁰ A riguardo si veda quanto dice Ankeny (2007, pp. 49-50).

⁶¹ Creager, Lunbeck e Wise, ad esempio, affrontando il problema con particolare riferimento alle scienze umane scrivono: « I casi, in queste discipline, sono valutati in base alla loro specifica consistenza materiale, per la loro individualità e allo stesso tempo per la loro tipicità. I casi, si dice, catturano le individualità in tutta la loro complessa unicità, e al contempo la rappresentano in una forma generale e analizzabile.» (2007, p. 13). Ciò può essere ritenuto valido anche riguardo all'interpretazione degli organismi modello come organismi esemplari.



parlerà di genesi epistemica degli organismi esemplari, di *processo di esemplarizzazione*, o semplicemente di *esemplarizzazione*.⁶²

Al fine di ripercorrere descrittivamente la genesi epistemica degli organismi esemplari, sarà necessario affrontare un triplice ordine di problemi. Il primo consiste nel comprendere quali sono i motivi che spingono ad eleggere una specie piuttosto che un'altra a ruolo di organismo esemplare. Il secondo consentirà invece nel concentrare l'attenzione su quanto di epistemologicamente interessante accade nel passaggio di alcuni organismi dagli ecosistemi naturali all'ecosistema-laboratorio. Terzo e ultimo, occorrerà vedere come, una volta entrati e stabilitisi all'interno del laboratorio, quegli stessi organismi vengono modificati al fine di essere resi più adatti alle pratiche sperimentali attraverso cui vengono indagati.

In questo modo, considerandone la genesi, sarà possibile muovere i primi passi verso una possibile valutazione della loro utilizzazione.

4.1 Scegliere l'organismo appropriato. I criteri

Tra le tante caratteristiche che possono essere prese in considerazione per giustificare la scelta di determinati organismi, una riassume tutte le altre: «They're practical.»⁶³ In questo modo, emerge la loro caratteristica fondamentale, il fatto che si tratta di organismi particolarmente adatti ad essere studiati sperimentalmente all'interno dei laboratori.

Un organismo esemplare deve essere poco costoso da mantenere in un ambiente artificialmente costruito; abbondante e copioso; capace di riprodursi con facilità; deve produrre una progenie popolosa; è il caso che possieda piccole dimensioni; meglio se ha periodi molto brevi di gestazione; e, infine, per quanto riguarda gli studi particolarmente legati all'ambito genetico, deve possedere un genoma abbastanza piccolo e non particolarmente complesso.

Se questi sono i criteri generali che consentono l'identificazione e l'elezione di particolari organismi a organismi esemplari, ce ne sono altri che riguardano solo particolari fenomeni biologici. In particolare, ad esempio, l'alta capacità di dare vita a ceppi mutanti oppure particolari proprietà legate alle caratteristiche funzionali dei genomi sono decisive nell'ambito delle ricerche genetiche.

⁶² Il riferimento è qui alla nozione di genesi elaborata da Edmund Husserl. In un discorso di ordine epistemologico, fare uso di tale nozione può risultare utile soprattutto in relazione al fatto che, alla fenomenologia genetica viene affidato il compito di rintracciare, attraverso l'esposizione della loro genesi, i percorsi che hanno consentito a certe oggettualità di acquisire il senso e le fattezze che esse possiedono. Si tratta quindi di un metodo che, interrogando all'indietro la costituzione degli oggetti, ritrova il senso di ciò che, attraverso uno sguardo statico, è possibile vedere solo come già definitivamente costituito. In questo lavoro, si parla di genesi epistemica degli organismi esemplari, poiché si tenta di rintracciare le loro origini di senso sperimentale ripercorrendo i tracciati genetico-epistemici che contribuiscono a conferire loro una certa identità sperimentale.

⁶³ *The Scientist* 2003, 17 (Supplement 1), 5. Si prenda in considerazione, ad esempio, quali sono le motivazioni che, secondo Jacob, spinsero Morgan ad abbandonare i topi come organismi modello: «Egli lavorò in un primo momento su topi e ratti, ma li abbandonò molto presto perché i mammiferi erano molto costosi, si producevano troppo lentamente ed erano troppo facilmente colpiti da infezioni. Morgan passò allora alla drosophila. [...] Questa piccola mosca dell'aceto [...] subito mostrò notevoli qualità: molto piccola, facile da allevare in laboratorio; adatta a esperimenti di mutazione ed incrocio; si riproduce tutto l'anno senza sosta; una nuova generazione ogni dodici giorni, ovvero circa trenta generazioni all'anno, da ogni femmina fino a mille uova; maschi e femmine facilmente distinguibili; quattro cromosomi soltanto. Insomma, l'animale ideale per lo studio dell'eredità.» (1998, p. 39).



Particolare attenzione merita ad ogni modo il fatto che, tra i criteri di scelta, spesso non ve ne sia nessuno di ordine filogenetico. Difficilmente cioè, se non mai, è dato leggere motivazioni basate sulla storia dello sviluppo evolutivo degli organismi sui quali si concentra la maggior parte delle ricerche.⁶⁴ Questa mancanza dovrà essere presa in considerazione e attentamente valutata, nel momento in cui l'uso degli organismi modello e i risultati ottenuti attraverso il loro studio dovessero divenire oggetto di valutazione epistemologica e non più di descrizione. Se si guarda infatti alle motivazioni che ne dovrebbero giustificare l'elezione a organismi esemplari, appare evidente quanto sia problematica la loro pretesa di rappresentatività. Sembrerebbe, anzi, che ciò che rende gli organismi esemplari stimabili da un punto di vista sperimentale, non faccia che elevare a regola le loro peculiarità, per dirla con Isabelle Stengers, la loro *singularità*. Ciò che è particolare, e pertanto sperimentalmente significativo, diviene, in qualche modo, standard. Bolker, ad esempio, scrive:

Il modo in cui scegliamo i nostri modelli li rende decisamente meno rappresentativi di quanto noi stessi siamo disposti ad ammettere. Scegliendo delle specie che, rispetto a quelle imparentate con esse, si sviluppano rapidamente, non sono sensibili alle influenze dell'ambiente, sono piccole anche quando raggiungono lo stato adulto e hanno brevi periodi di gestazione, selezioniamo organismi che condividono un particolare tipo di storia evolutiva. Di conseguenza, questi organismi potrebbero condividere una serie convergente di adattamenti che li rende poco rappresentativi dei *taxa* ai quali essi stessi appartengono.⁶⁵

Al di là delle motivazioni specifiche che conducono a scegliere particolari tipi di organismi, il risultato della scelta consiste nel fatto che alcuni di essi assumono un ruolo centrale, sia a livello disciplinare sia su un piano più trasversale. I risultati relativi alle ricerche effettuate su particolari organismi e i dati ad essi relativi, anche grazie all'uso che se ne fa in particolari comunità scientifiche, sono in grado di disseminarsi attraverso la capillarità di una determinata cultura epistemica e sperimentale.

Gli organismi esemplari, per dirla con Nancy Cartwright ed Eveline Fox Keller, arrivano a conquistare una cultura sperimentale. Anzi di più, il loro ruolo di esemplari è direttamente legato alle potenzialità che essi possiedono di propagarsi all'interno della comunità scientifica poiché determina le pratiche sperimentali che essa utilizza.⁶⁶

Se si prende in esame ad esempio il caso della *Drosophila* e se si considerano le motivazioni che l'hanno resa uno degli organismi di riferimento delle ricerche in ambito genetico, emerge chiaramente come il moscerino della frutta sia stato scelto soprattutto per la sua capacità di produrre con grande velocità, attraverso particolari tecniche di induzione, un grande numero di ceppi mutanti.⁶⁷ Inoltre, è significativo come, nel caso della *Drosophila*, gli esperimenti che

⁶⁴ Bolker (1995), ad esempio, scrive: "phylogeny is rarely or never a factor in the choice of model systems." (1995, p. 453).

⁶⁵ Bolker (1997, p.435).

⁶⁶ Queste sono caratteristiche spesso attribuite a particolari modelli sperimentali o ad altri generi di oggetti epistemici. Si veda, ad esempio, Rheinberger (1997, p. 109). Gagliasso, invece, li ritiene attributi dei concetti di cui fanno uso le scienze biologiche «un novo concetto si giustifica attraverso l'uso, ovvero perché si propaga all'interno della comunità scientifica» (1998, p. 176).

⁶⁷ Kohler sottolinea spesso il fatto che la *Drosophila* ha trovato un'accoglienza favorevole nel laboratorio di Morgan proprio a causa della sua alta capacità di produrre ceppi mutanti, detto altrimenti a causa del suo elevato *mutation rate*. Inoltre, il moscerino della frutta possiede altissima velocità di riprodursi, Kohler la definisce come un vero e



originariamente servivano a misurare la selezione, e che fungevano quindi da guida per lo studio dei meccanismi evolutivi, divennero in un secondo momento un mezzo per spiegare, da un lato, i meccanismi dell'ereditarietà, mentre dall'altro servirono per gli studi sulla determinazione del sesso, il tutto all'interno di una matrice teorica di stampo neo-mendeliano.⁶⁸

4.2 Standardizzare. Percorsi epistemici

L'individuazione dei criteri che consentono di selezionare alcuni organismi per particolari obiettivi di ricerca rappresenta solo il primo passo del processo che caratterizza il percorso di genesi epistemica degli organismi modello. Se è vero infatti che certe proprietà fanno sì che alcuni organismi abbiano la precedenza nei programmi di sperimentazione, è anche vero che quegli stessi organismi, una volta selezionati, subiscono un vero e proprio processo di standardizzazione. Essi vengono infatti letteralmente svuotati delle loro peculiarità, diversità e variabilità naturali.

In questo senso, ad esempio, Ankeny (2007) individua due motivi per cui sarebbe possibile addirittura parlare di una loro idealizzazione. Il primo riguarda la scelta del *wild type*, ovvero la selezione della versione di un organismo che deve essere considerata come norma e nei confronti della quale vengono misurate e definite le eventuali anomalie. Questo primo motivo coincide in parte con i criteri che guidano la scelta degli organismi modello. Il secondo, invece, è legato al fatto che i dati ricavati dallo studio sperimentale di un fenomeno biologico in un particolare organismo modello vengono organizzati in un modello descrittivo di tale fenomeno. Un esempio di modello descrittivo è fornito dai *wire diagrams* del sistema nervoso del verme nematode *Caenorhabditis elegans*. Nel momento in cui si fa riferimento a tale raccolta di dati organizzati a formare un modello descrittivo, si ha già a che fare con una situazione in qualche modo idealizzata.

Il processo di creazione di organismi standard, inoltre, si muove su due direttrici.⁶⁹ La prima riguarda l'essenziale relazione che lega un organismo al suo ambiente. Se cambia l'ambiente in cui esso vive, infatti, non si può pretendere che l'organismo rimanga identico. L'organismo intero, in quanto oggetto di pratica sperimentale, nel momento in cui diviene abitante del laboratorio, non può che subire un profondo processo di trasformazione.

La seconda direttrice di standardizzazione interessa invece la relazione che lega l'intero organismo, in primo luogo, con il particolare fenomeno biologico che si vuole studiare in esso, e secondo, con le tecniche impiegate per studiarlo. Un esempio a riguardo è fornito dall'utilizzazione della tecnica della mappatura dei differenti ceppi mutanti di *Drosophila* al fine di fornirne una classificazione adeguata.

proprio *breed reactor*. Questi due fattori presi assieme l'hanno resa l'organismo ideale per gli studi sulla genetica della trasmissione.

⁶⁸ All'inizio della sua carriera di organismo sperimentale, la *Drosophila* veniva utilizzata soprattutto in materia di evoluzione e embriologia. In un secondo momento, con l'invenzione da parte di Sturtevant della tecnica della mappatura, il moscerino della frutta diviene il materiale favorito per lo studio della trasmissione dei caratteri.

⁶⁹ Il fatto che la standardizzazione fosse l'obiettivo della manipolazione di alcuni organismi modello viene sottolineato in particolare da Kohler (1994, pp. 53-91) e da Clause (1993, pp. 341-9).



4.2.1 Cambiare contesto

L'entrata nel laboratorio degli organismi può essere inquadrata da due punti di vista. Il primo riguarda il fatto, non secondario, che, una volta entrati in un qualsiasi laboratorio, gli organismi si trasformano in oggetti epistemici, ovvero diventano oggetto di una attenzione teorica, nonché di una prassi scientifica particolari. Per dirla con Kuhn, cambia il modo in cui essi sono osservati, cambia il *seeing as* a essi rivolto. È possibile tuttavia aggiungere che, oltre al modo in cui essi vengono osservati, cambia anche e soprattutto la maniera in cui vengono trattati. A subire modificazioni essenziali, insomma, non è solo il *seeing as*, ma anche il loro *treating as*.

Gli organismi modello possiedono quasi una seconda natura creata appositamente dagli scienziati.⁷⁰ Essi, infatti, vengono sottoposti a un processo di addomesticamento per far sì che forniscano prestazioni dal particolare valore sperimentale.⁷¹ In questo senso tali organismi possono essere considerati molto simili ai documenti etnografici che consentono lo studio della cultura materiale di una certa civiltà e che assurgono al rango di monumenti solo nel momento in cui sono valorizzati come reperti all'interno dell'ambito museale.⁷²

Il secondo punto di vista che rende epistemologicamente interessante il passaggio dall'ambiente naturale a quello del laboratorio, invece, può essere affrontato a partire dal fatto che l'ambiente è una caratteristica fondamentale per la definizione di un organismo.⁷³ La vita all'interno dei laboratori ha semplicemente altre regole rispetto a quella che si svolge fuori, nel mondo naturale. Differenti sono anche le caratteristiche che un organismo deve possedere per sopravvivere al suo interno. In altre parole, nel laboratorio vigono altre regole di selezione. L'osservatore, lo scienziato, con la sua azione sperimentale, influenza infatti il risultato degli esperimenti, di ciò che può e deve essere osservato. Il vantaggio selettivo che un individuo, o un gruppo di individui, possono avere non deve essere considerato più rispetto all'ambiente naturale o ai gruppi che lo abitano, bensì in relazione agli scienziati e alle loro pretese pratiche e teoriche.

Ad esempio, Kohler scrive: «Le speciali forze selettive dei laboratori sperimentali favoriscono forme mutanti estreme e allo stesso tempo sopprimono la variabilità genetica nascosta. In un ambiente naturale, era esattamente il contrario: in quel caso la pressione dei cambi stagionali e la competizione ostacolavano forme meno autonome, ma favorivano la variabilità».⁷⁴ Questo vantaggio dell'omologazione all'interno dei laboratori, in opposizione al vantaggio fornito dalla diversità nel mondo naturale, sarà un altro degli elementi da prendere in considerazione nel momento in cui si volesse valutare la portata dei risultati ottenuti attraverso l'applicazione del *Simple System Approach*.

⁷⁰ L'espressione «second nature» è utilizzata ad esempio da Kohler (1994, p. 23).

⁷¹ Churchill (1997, p. 266) individua tre tappe che scandiscono il processo di standardizzazione cui vengono sottoposti gli organismi modello: *domestication*, *inbreeding*, *selection*. Anche Kohler sostiene che gli organismi della specie *Drosophila* siano stati sottoposti a un «kind of domestication».

⁷² Si veda ad esempio Solinas (1989, p. 5).

⁷³ « È un principio fondamentale della genetica dello sviluppo che ogni organismo sia il prodotto di un'interazione unica tra geni e sequenze ambientali modulate dagli eventi casuali della crescita e della divisione cellulare e che tutto ciò, congiuntamente, produca alla fine un organismo. Inoltre un organismo cambia nell'arco della sua intera vita. Le dimensioni degli essere umani cambiano, non solo crescendo da bambini, ma anche con l'invecchiamento, diventando più piccole quando giunture e ossa si ritirano.» (Lewontin, 2005, pp.26-7).

⁷⁴ Kohler (1994, p. 54).



Un caso emblematico di come questo passaggio dall'ambiente naturale al laboratorio possa influenzare le caratteristiche dell'*explanandum* è rappresentato dall'ingresso della *Drosophila* nel laboratorio di Morgan, in quella che Mayr definisce « la stanza dei moscerini»⁷⁵. Si tratta infatti di un passaggio di particolare importanza sia da un punto di vista storico che teorico. Da allora e per un certo numero di anni, almeno fino all'arrivo di Dobzhansky alla *Columbia University*, l'evoluzione, ma anche i problemi legati all'ereditarietà dei caratteri, non sono più studiati sul campo, ma esclusivamente per mezzo della riproduzione sperimentale delle variazioni che hanno avuto luogo in natura durante i periodi di speciazione.⁷⁶

4.2.3 Trasformare l'organismo

Il cambiamento di contesto, se considerato isolatamente, non esaurisce la descrizione del modo in cui alcune specie particolari divengono organismi esemplari.⁷⁷ Nel momento in cui un organismo viene portato all'interno di un laboratorio, per poter divenire un esemplare, viene sottoposto a delle pratiche di rimodellamento, pratiche che vengono effettuate in riferimento al particolare fenomeno biologico che si intende studiare.⁷⁸

Rachel Ankeny, ad esempio, mette in evidenza che, per poter studiare il sistema nervoso del *Caenorhabditis elegans*, è stato necessario sottoporlo ad un vero e proprio processo di standardizzazione che ha condotto all'eliminazione delle differenze individuali in favore di uno sistema nervoso canonico.⁷⁹ Nel caso della *Drosophila* il processo di standardizzazione conduce alla creazione di un oggetto epistemico, di un organismo esemplare, rimodellato al fine di rendere possibili, da un lato, indagini relative alla localizzazione dei geni all'interno dei cromosomi e, in secondo luogo, dei meccanismi che presiedono al loro funzionamento.⁸⁰

Più sopra è stata messa in evidenza l'importanza giocata dalla sua capacità di produrre ceppi mutanti nella scelta della *Drosophila* come organismo standard dell'indagine genetica. Questa capacità risultò essere talmente grande che, nel momento in cui i moscerini divennero oggetto di una produzione di massa e i ceppi mutanti aumentarono considerevolmente, i mezzi classici usati per la loro classificazione divennero inadeguati. Infatti, se fino alla primavera del 1910 era stato sufficiente classificare i mutanti attraverso la descrizione delle loro caratteristiche morfologiche, da quel momento in poi questo metodo non consente più una gestione dei dati

⁷⁵ Mayr (1982, pp.699-723).

⁷⁶ Si veda a riguardo Kohler (1994, p. 41). In particolare sull'importanza della svolta impressa all'indagine genetica dal lavoro sperimentale dello scienziato di origine russa, si veda sempre Kohler (1994).

⁷⁷ «La costruzione di una *Drosophila* standard non fu la conseguenza inevitabile dell'addomesticamento. Piuttosto, fu la conseguenza del coinvolgimento del ratto nelle operazioni di mappatura genetica, una modalità particolare di eredità sperimentale.» (Ivi, p. 54).

⁷⁸ Non tutti gli organismi si lasciano standardizzare facilmente allo stesso modo. Clause (1993, pp.346-7), attraverso l'esempio del *mice*, mette in evidenza il fatto che, almeno per un organismo così complesso, al contrario che per la *Drosophila*, gli scienziati si trovano di fronte a numerosissime difficoltà ogni qualvolta si pongono l'obiettivo di tentarne la standardizzazione.

⁷⁹ Si veda Ankeny (2000).

⁸⁰ Viene qui seguita la ricostruzione del processo di standardizzazione fornita da Kohler in *Lords of the Fly* (1994). Questi ritiene tuttavia che a conclusione di tale processo l'organismo modello possiede lo statuto epistemico di un «ridisegnato e ricostruito analogo vivente di altri strumenti»(1994, p. 53). Nel presente lavoro, invece, si sostiene che, a conclusione di tale processo, non ci si trova con in mano uno strumento, bensì un organismo esemplare.



efficiente ed efficace.⁸¹ Al fine di gestire e classificare i numerosi organismi mutanti, si inizia quindi ad utilizzare la tecnica della mappatura.⁸²

Attorno a questo metodo, la cui invenzione e il cui miglioramento sono dovuti in particolar modo a A. Sturtevant, si concentra la maggior parte delle energie dei ricercatori che lavorano nella stanza dei moscerini.

È interessante qui sottolineare come, nella genesi epistemica dell'organismo esemplare *Drosophila*, la tecnica della mappatura abbia giocato un ruolo essenziale. Ciò conferma infatti quanto detto sopra riguardo al fatto che gli esemplari, in quanto oggetti epistemici, nascono dall'incrocio di pratiche sperimentali, anzi che essi sono i nodi attorno ai quali tali pratiche si articolano. Allo stesso modo è importante mettere l'accento sul fatto che la necessità di utilizzare tale metodo sia stata dovuta non solo a interrogativi teorici, ma anche agli imperativi pratici della prassi sperimentale, come li definisce Kohler, originati dalla grande quantità di ceppi mutanti prodotta. Questi ultimi, infatti, vengono da allora classificati in base ai possibili *linkage groups*. Il criterio che ne consente la classificazione diviene, detto altrimenti, quello della collocazione dei geni all'interno dei cromosomi.⁸³

Il metodo della mappatura può essere considerato, in questo senso, oltre che uno strumento di classificazione, anche un modo di rappresentare e gestire quantitativamente i dati utili all'interno della prassi sperimentale del laboratorio. In assenza di una tale tecnica, probabilmente, la *Drosophila* e con essa tanti altri organismi, non sarebbe stata in grado di acquisire il valore di organismo esemplare.

Altro elemento di fondamentale importanza per la descrizione del processo di genesi epistemica degli organismi esemplari è poi il fatto che le caratteristiche importanti per la loro classificazione sono state letteralmente ricostruite fisicamente all'interno della specie *Drosophila*. Le mappe genetiche possono essere infatti considerate come veri e propri stampi per la creazione e per la riproduzione di organismi esemplari standard.

⁸¹ Con *vecchio sistema* si intende qui quello neo-mendeliano che si concentrava sull'obiettivo di individuare quanti e quali fattori sono coinvolti nella formazione delle differenti caratteristiche morfologiche di un organismo. Il criterio classificatorio che ne deriva consiste nella descrizione delle relazioni di sviluppo. Si tratta di quello che Piazza definisce come uno dei tredici segmenti cronologico-tematici in cui è possibile suddividere la storia della genetica: dal gene che si trasmette al gene che si mappa.

⁸² Alla base della possibilità di produrre mappe cromosomiche c'è la teoria cromosomica dell'eredità, elaborata tra i primi da Morgan, secondo la quale i geni sono localizzati sui cromosomi; nei cromosomi si trovano i fattori responsabili dei meccanismi dell'ereditarietà. La creazione di mappe cromosomiche costituisce un passo fondamentale della ricerca citogenetica e dell'intera genetica. La mappatura è la tecnica che consente, non solo di situare sui cromosomi determinati geni, ma anche di trovare il posto che questi ultimi occupano all'interno dei primi. L'idea originaria di tale tecnica viene fatta risalire a Sturtevant. Il suo sviluppo e la sua applicazione sono tuttavia da attribuire, con accenti diversi, a tutti coloro che hanno lavorato all'interno della *Fly room* negli anni venti e trenta del secolo scorso. La produzione di mappe divenne possibile nel momento in cui Sturtevant comprese che «le variazioni nella forza del linkage [...] offrivano la possibilità di determinare la sequenza lineare dei geni su un cromosoma». È infatti attraverso il calcolo della frequenza dei crossing-overs che risulta possibile stabilire la distanza reciproca di due o più geni all'interno dei cromosomi.

⁸³ Una delle prime tecniche utilizzate è stata quella del *back cross*, la quale fu in seguito sostituita dal *three point cross*. A riguardo si veda la particolareggiata descrizione delle due tecniche fornita da Kohler (1994).



5. Conclusioni. Verso caute valutazioni

In questo modo sono stati descritti i tratti essenziali del ruolo che gli organismi modello rivestono all'interno della ricerca biologica. Tale descrizione è stata articolata seguendo due binari: il primo di tipo statico e il secondo di ordine genetico. In entrambi i casi l'obiettivo alla base delle osservazioni qui presentate è stato quello della chiarificazione.

Dalla descrizione di tipo statico è emerso che gli organismi modello possono essere considerati come organismi esemplari.

Essi rivestono infatti il ruolo essenziale di insegnare a *fare* scienza, innanzitutto, poiché sono in grado di dare vita a pratiche epistemiche e, in secondo luogo, perché è proprio attraverso tali pratiche che essi acquistano valore e identità epistemiche. Il tipo di conoscenza in essi incorporato è quindi di tipo essenzialmente pragmatico.

Gli organismi esemplari hanno infatti valore costitutivo sia nei confronti delle pratiche sperimentali sia nei confronti delle conoscenze che possono essere raggiunte attraverso l'applicazione di tali pratiche. Questo consente loro di delimitare e delineare le possibili strade da percorrere nella ricerca e nella sperimentazione.

Infine, gli organismi esemplari possiedono la potenza euristica che viene loro quasi universalmente riconosciuta, poiché non sono modelli analoghi a ciò che deve essere spiegato, bensì, almeno agli occhi di chi ne fa uso, ciò che deve essere spiegato.⁸⁴ Essi hanno semmai natura simulativa, ma sicuramente non possiedono natura rappresentazionale e non intrattengono relazioni di tipo analogico con i fenomeni biologici che devono essere spiegati attraverso il loro studio.⁸⁵

La descrizione della genesi epistemica degli organismi esemplari inoltre ha messo in rilievo, in primo luogo, che il loro successo è motivato soprattutto dal fatto che si tratta di organismi particolarmente adatti a divenire oggetto di ricerche sperimentali e di laboratorio: «They're practical». In secondo luogo, una volta entrati all'interno dei laboratori, essi vengono sottoposti a veri e propri processi di standardizzazione. Tali processi possono essere ricondotti, primariamente, al cambiamento dell'ambiente in cui essi vivono. Le generazioni nate e vissute all'interno dei laboratori presenteranno infatti caratteristiche differenti rispetto a quelle che vivono all'esterno, nei loro habitat naturali. D'altro canto, per poter essere studiati in maniera adeguata, gli organismi esemplari vengono rimodellati. E questo provoca un ulteriore allontanamento delle loro caratteristiche biologiche da quelle degli organismi che vivono fuori dai laboratori.

Una volta chiarite, sebbene in maniera del tutto preliminare, le caratteristiche degli organismi esemplari, sarà forse possibile affrontare in maniera più adeguata gli interrogativi che

⁸⁴ Questo vale soprattutto nel caso in cui gli organismi modello vengono utilizzati al fine di spiegare fenomeni e processi biologici in generale. Se, invece, tali organismi divengono oggetto di studio per la comprensione di particolari patologie umane, il ruolo dell'analogia e della similarità nella valutazione dei risultati ricavati dal loro studio diviene di fondamentale importanza.

⁸⁵ È interessante notare come Rachel Ankeny descriva il funzionamento epistemico degli organismi modello come una sorta di simulazione primitiva. Gli organismi modello sarebbero infatti degli « organismi semplici che consentono di effettuare effettive simulazioni dei processi biologici condivisi da altri organismi » (2001, p. 255).



riguardano la rappresentatività dei risultati raggiunti attraverso il loro studio;⁸⁶ il ruolo giocato dalle considerazioni filogenetiche nella loro scelta; il peso che hanno queste considerazioni sulla validità dei risultati ottenuti attraverso il loro studio e molti altri problemi di ordine valutativo. La valutazione epistemologica di quanto emerso dalle osservazioni di ordine descrittivo non è stata e non sarà però oggetto di analisi del presente lavoro. Qui è tuttavia possibile ribadire che essa consisterà nel valutare la portata e l'ambito di legittimità, vizi e virtù sia epistemiche che epistemologiche, di quanto è stato fino a questo punto solo parzialmente chiarito.

Guido Caniglia

Bibliografia

1. Ankeny R., (2000), *Fashioning Descriptive Models in Biology: of Worms and Wiring Diagrams*, «Philosophy of Science», 67, pp. S260272-S.
2. Ankeny R., (2001), *Model Organisms as Models: Understanding the 'Lingua Franca' of the Human Genome Project*, «Philosophy of Science», 68, pp. S251-S261.
3. Ankeny R. (2007), *Model Organisms as Case-Based Reasoning*, in Creager A. N. H., Lunbeck E., Wise M. N., (a cura di) (2007), *Science without laws. Model systems, cases, exemplary narratives*, Duke University Press, pp. 46-59.
4. Bailer-Jones D., (1999), *Creative Strategies employed in Modelling a Case Study*, «Foundations of Science», 4, pp. 375-388.
5. Bailer-Jones D., (2002), *Scientists' Thoughts on scientific Models*, «Perspectives on science», 10, pp. 275-301.
6. Bailer-Jones D., (2003), *When scientific Models Represent*, «International Studies in the Philosophy of Science», 17, pp. 59-74.
7. Beatty John, (1997), *Why do Biologists argue like they do?*, «Philosophy of Science», 64, pp. S432-443.
8. Bolker J., (1995), *Model Systems in developmental Biology*, in «Bio-Essays», 17(5), pp. 451-455.
9. Bolker J., Raff R., (1997), *Development Commentary beyond Worms, Flies, and Mice: it is Time to widen the Scope of developmental Biology*, «Journal of NIH Research», 9, pp. 35-9.
10. Buiatti M., (2001), *Lo stato vivente della materia*, Utet Torino.
11. Buiatti M., (2005), *Il benevolo disordine della vita*, Utet Torino.
12. Burian R., (1993), *How the Choice of experimental Systems matters: epistemological Reflections on an Aspect of biological Practice*, «Journal of the History of Biology», 26, pp. 351-367.

⁸⁶ Bolker, a riguardo, ritiene che «I problemi sorgono quando si sostiene che un modello semplice (*simple model*) rappresenti una comprensione completa del processo in questione.» La pericolosità di sopravvalutare la rappresentatività dei risultati ottenuti attraverso il *Simple System Approach* consiste nel fatto che, attraverso di esso, si rischia di arrivare ad una comprensione errata, poiché eccessivamente concentrata su poche specie, dei fenomeni biologici e dei processi che devono essere studiati.



13. Carlson E. A., (1974), *The Drosophila Group: the Transition from the mendelian Unit to the individual Gene*, «Journal of the History of Biology», 7, pp.31-48.
14. Carlson E.A. (1966), *The Gene: A Critical History*, W.B. Saunders Company, Philadelphia and London.
15. Cartwright N., (1999), *The dappled World. A Study of the Bundaries of Science*, Cambridge University Press.
16. Casamonti M., (1999), *Kuhn, Polanyi e Wittgenstein sul significato: esemplari, conoscenza tacita e giochi linguistici*, «Rivista di Storia della Filosofia», 2, pp. 283-308.
17. Chadaverian S. de, Hopwood N, (a cura di)(2004), *Models. The third Dimention of Science*, Stanford University Press.
18. Chadaverian S., (1998), *Of Worms and Programs: Caenorhabditis Elegans and the Study of Development*, «Studies in the History and Philosophy of Science».
19. Churchill F.B., (1997), *Life before Model Systems. General Zoology at August Weisman's Institute*, «American Zoologist», 37, pp.260-268.
20. Clarke A. E., Fujimura J., (1992) *The wright Tools for the Job: a work in 20th Century Life Sciences*, Princeton University Press.
21. Clause B., (1993), *The Wistar Rat as a right Choice: establishing mammalian Standards and the ideal of Standardization in Mammals*, «Journal of the History of Biology», 26, pp.329-349.
22. Cooper G. J., (1996) *Theoretical Modeling and biological Laws*, «Philosophy of Science», 63, pp. S28-35.
23. Creager A. N. H., Lunbeck E., Wise M. N. (a cura di) (2007), *Science without laws. Model systems, cases, exemplary narratives*, Duke University Press.
24. Creager A.N.H., (2002), *The Life of a Virus: Tobacco Mosaic Virus, an experimental Model (1930-1965)*, Chicago University Press.
25. Daston L. (a cura di), (2004), *Things that Talk: object lessons from art and science*, Zone, New York.
26. Fantini B. (1979), *La genetica classica*, Loescher.
27. Forrester J., (1996), *If p then What? Thinking in Cases*, «History of the human Sciences», 9, pp. 1-25.
28. Fox Keller E., (2000), *Models of and Models for: Theory and Practice in Contemporary Biology*, «Philosophy of Science», 67, pp. S 72-86.
29. Fox Keller E., (2000), *The Century of the Gene*, Cambridge University Press.
30. Franklin A., (1986), *The Neglect of Experiment*, Cambridge University Press.
31. Gagliasso E., (2001) *Verso un'epistemologia del mondo vivente*, Guerini, Milano.
32. Galison P. (1987), *How esperiments end*, Chicago University Press.
33. Gest H., (1995), *Arabidopsis to Zebrafish: a commentary on 'Rosetta Stone' Model Systems in biological Sciences*, «Perspectives in Biology and Medicine», 39, pp.77-85.
34. Giere R. N. (1988), *Explaining Science. A Cognitive Approach*, University of Chicago Press.
35. Giere R. N. (1999), *Science without laws*, University of Chicago Press.
36. Griesemer J. R., (1990), *Material Models in Biology*, PSA, 2, pp. 79-93.



37. Harwood J., (1993), *Styles of scientific Thought. The German Genetics Community, 1900-1933*, University of Chicago Press.
38. Holmes F.L., (1993), *The old Martyr of Science: the Frog in experimental Physiology*, «Journal of the History of Biology», 26, pp.311-328.
39. Hubbard E. J. A. (2007), *Model Organisms as Powerful Tools for Biomedical Research*, in Creager A. N. H., Lunbeck E., Wise M. N. (a cura di) (2007), *Science without laws. Model systems, cases, exemplary narratives*, Duke University Press, pp. 59-73.
40. Husserl E., (1950), *Ideen zu einer reinen Phänomenologie und Phänomenologischen Philosophie*, I (1913). Erstes Buch: *Allgemeine Einführung in die reine Phänomenologie*, Husserliana III/1, Nijhoff, Den Haag; trad. it. a cura di Filippini E., *Idee per una fenomenologia pura e per una filosofia fenomenologica*. Libro primo: *Introduzione generale alla fenomenologia pura*, Einaudi, Torino, 1965.
41. Husserl E. (1952), *Ideen zu einer reinen Phänomenologie und Phänomenologischen Philosophie*. Zweites Buch: *Phänomenologische Untersuchungen zur Konstitution*, Husserliana IV, Nijhoff, Den Haag; trad. it. a cura di Costa V., *Idee per una fenomenologia pura e per una filosofia fenomenologica*. Libro secondo: *Ricerche fenomenologiche sopra la costituzione*, Einaudi, Torino 2002.
42. Husserl (1952) *Ideen zu einer reinen Phänomenologie und Phänomenologischen Philosophie*. Drittes Buch: *Die Phänomenologie und die Fundamenten der Wissenschaften*, Husserliana V, Nijhoff, Den Haag; trad. it. a cura di Costa V., Libro terzo: *La fenomenologia e i fondamenti delle scienze*, Einaudi, Torino 2002.
43. Husserl E. (1959) *Die Krisis der europäischen Wissenschaften und die Transzendentalen Phänomenologie. Eine Einleitung in die Transzendentalen Phänomenologie*. Husserliana VI, Nijhoff, Den Haag; trad. it. a cura di Filippini E., *La crisi delle scienze europee e la fenomenologia trascendentale*, Il Saggiatore, Milano 2004.
44. Jacob F. (1998), *Il topo, la mosca e l'uomo*, Bollati Boringhieri.
45. Keller A. (2007), *Drosophila melanogaster's Story as human commensal*, in «Current Biology», 17, pp. R77-81,
46. Kellog E. A., Shaffer H. B., (1993), *Model Organisms in Evolutionary Studies*, «Systematic Biology», 42", pp. 409-414.
47. Kohler R., (1991), *Drosophila and evolutionary Genetics*, in «History of Science», 29, pp. 335-375.
48. Kohler R., (1991), *Drosophila: a Life in the Lab*, «Journal of the History of Biology», 22, pp. 87-130.
49. Kohler R., (1991), *Systems of Production: Drosophila, Neurospora and biochemical Genetics*, «Historical Studies in the Physical and the Biological Sciences», 22, pp. 87-130.
50. Kohler R., (1994), *Lords of the Fly. Drosophila genetics and the experimental Life*, University of Chicago Press.
51. Kohler R., (2002), *Landscapes and Labscapes. Exploring the Lab-Field Border Biology*, University of Chicago Press.



52. Krebs H. A., (1975), *The August Krogh Principle: for many Problems there is an Animal on which they can be most conveniently studied*, «Journal of experimental Zoology», 194, pp. 221-226.
53. Krogh A., (1929), *The Process of Physiology*, «America Journal of Physiology», 90, pp. 243-251.
54. Kuhn T. S., (1961) *The Function of Measurement in Modern Physical Science*, «Isis», 52, pp.161–193.
55. Kuhn T. S., (1962) [The Structure of Scientific Revolutions](#). University of Chicago Press, Chicago.
56. Kuhn T. S., (1963) *The Function of Dogma in Scientific Research*, in A. C. Crombie (toim.): *Scientific Change* (Symposium on the History of Science, University of Oxford, 9–15 July 1961). New York and London: Basic Books and Heineman, pp. 347–69.
57. Kuhn T. S., (1977) *The Essential Tension: Selected Studies in Scientific Tradition and Change*. Chicago and London: University of Chicago Press.
58. Lanfredini R., (2000), *Da una teoria della scienza a una teoria della conoscenza: l'ultimo Kuhn*, in C. Sinigaglia, R. Lanfredini, G. Irzik, *Corrado Sinigaglia, Roberta Lanfredini, Gürol Irzik discutono Dogma contro critica, di Thomas S. Kuhn*, «Iride», 31, pp. 631-636.
59. Latour B., (1979), *Laboratory Life*, Sage Publications, Beverly Hills.
60. Lewontin R., (2001), *Gene, Organism and Environment: A New Introduction, Cycles of Contingency, by Oyama, Griffiths and Gray*, pp. 55-58.
61. Lewontin R., (2001b), *Gene, Organism and Environment*, in *Cycles of Contingency, by Oyama, Griffiths and Gray*, pp. 59-66.
62. Magnani L., Nersessian N.J., Thaggard P., (1999), *Model based reasoning in scientific Discovery*, Kluwer Academic Press.
63. Morgan M., Morrison M., (1999), *Models as Mediators: Perspectives on Natural and Social Sciences*, Cambridge University Press, Cambridge.
64. Morgan T. H., (1932), *The scientific Basis of Evolution*, Norton, New York.
65. Morgan T.H., (1911), *An Attempt to analyse the Constitution of the Chromosomes and the Basis of sex-linked Inheritance in Drosophila*, «Journal of experimental Zoology», 11, pp. 365-414.
66. Morrison M., (1998), *Modelling nature: between Physics and physical World*, 35, «Philosophia Naturalis», pp. 65-85.
67. Radder H., (2003), *The Philosophy of Scientific Experimentation*, Pittsburgh University Press.
68. Rheinberger H. J., (1992), *Experiment. Differenz, Schrift: zur Geschichte epistemischen Dingen*, Basiliskenpreis, Margburg.
69. Rheinberger H. J., (1997), *Toward an History of epistemic Things*, Standford University Press.
70. Rubin G.M., (1988), *Drosophila melanogaster as an experiemental organism*, Science, 240, pp. 1453-1459.
71. Schaffner K., (1986), *Exemplar Reasoning about biological Models and Deseases*, «The Journal of Medicine and Philosophy», 11, pp. 63-80.



72. Schaffner K., (1998), *Genes, Behaviour and Development Emergentism: one Process indivisible*, «Philosophy of Science», 65, pp. 209-252.
73. Sidow A., Kelly T., (1994), *A molecular evolutionary Framework for euchariotic Model Organisms*, «Current Biology», 4, pp. 596-603.
74. Stengers I., (1987) *La propagation de concepts*, in Stengers I. *D'une science a l'autre: de concepts nomades*, Paris, pp. 9-26.
75. Sterrett S., (2002), *Physiscal models and fundamental Laws: Using one Piece of the World to tell about another*, «Mind and Society», 5, vol.3, pp. 51-66.
76. Sturtevant A.H., (1913), *The linear arrangement of six sex-linked Factors in Drosophila , as shown by their Mode of Association*, «Journal of experimental Zoology», 14, pp. 43-59.
77. The Scientist (2003), 17, (Sup. 1), S 5.
78. Weber M. (2007), *Redesigning the Fruit Fly: the Molecularization of Drosophila*, in Creager A. N. H., Lunbeck E., Wise M. N. (a cura di) (2007), *Science without Laws. Model Systems, Cases, Exemplary Narratives*, Duke University Press, pp. 23-46.
79. Wartofsky M., (1979), *Models: Representation and Scientific Understanding*, Reidel, Dordrecht.
80. Wimsatt W., (1998), *Simple Systems and Philogenetic Diversity*, «Philosophy of Science», 65, pp. 267-275.
81. Woodward J., (1989), *Data and Phenomena*, «Synthese», 79, pp. 393-472.