



# **I Congreso de la Asociación Iberoamericana de Filosofía de la Biología**

Valencia (España) 28-30 de Noviembre de 2012

## **Editado por:**

Antonio Diéguez  
Vicente Claramonte  
Jesús Alcolea  
Gustavo Caponi  
Arantza Etxeberría  
Pablo Lorenzano  
Alfredo Marcos  
Jorge Martínez-Contreras  
Alejandro Rosas

2012  
Universitat de València

# I Congreso de la Asociación Iberoamericana de Filosofía de la Biología

Valencia (España) 28-30 de Noviembre de 2012

Editado por:

Antonio Diéguez  
Vicente Claramonte  
Jesús Alcolea Banegas  
Gustavo Caponi  
Arantza Etxeberría  
Pablo Lorenzano  
Alfredo Marcos  
Jorge Martínez Contreras  
Alejandro Rosas

2012  
Universitat de València

Actas del I Congreso de la Asociación Iberoamericana de Filosofía de la Biología  
Editado por Antonio Diéguez, Vicente Claramonte, Jesús Alcolea, Gustavo Caponi,  
Arantza Etxeberría, Pablo Lorenzano, Alfredo Marcos, Jorge Martínez Contreras,  
Alejandro Rosas

Publicacions de la Universitat de València, 2012

ISBN: 978-84-370-9040-5

# Índice

Prefacio [10](#)

## Comunicaciones

### Sección A: Aspectos metodológicos y epistemológicos de la Biología

GUSTAVO CAPONI “Grados de sobreviniencia y expectativas  
reduccionistas en biología” [14](#)

ANTONIO DIÉGUEZ “La función explicativa de los modelos en  
biología” [20](#)

JAIME FISHER “Biología y filosofía: en torno al naturalismo de  
John Dewey” [28](#)

JORDI MAISO BLASCO “Para un análisis filosófico de la  
biología sintética” [34](#)

ANA SÁNCHEZ “Entre el pavo real y los bonobos. Refutaciones  
e hipótesis *ad hoc* en la construcción de la teoría de la selección  
sexual” [40](#)

CELIA OLIVER MORALES y CARLOS R. CORDERO MACEDO  
“El papel femenino en los procesos de paternidad” [48](#)

### Sección B: Autoorganización, complejidad e información

CARMEN CECILIA ALLENDES GONZÁLEZ “Autopoiesis  
y complejidad: orden y caos en los seres vivos” [54](#)

ANTONIO BENÍTEZ LÓPEZ “Animat, un animal artificial” [60](#)

ÁLVARO CHAOS CADOR “La máscara del caos. Azar,  
selección natural y autoorganización” [71](#)

JORGE IBÁÑEZ GIJÓN “Lo psicológico en una teoría enactivista  
de la agencia” [78](#)

CRISTIAN SABORIDO “Normas Naturales y Funciones Biológicas” [88](#)

ALBERTO PASCUAL-GARCÍA “About the Epistemology of Complex Networks Theory”	<a href="#">95</a>
---	--------------------

### **Sección C: Biología y sociedad**

JUAN BAUTISTA BENGOETXEA, JOSÉ LUIS LUJÁN y OLIVER TODT “El concepto de información mecanística en la evaluación de riesgos”	<a href="#">104</a>
ALONSO GUTIÉRREZ NAVARRO “Sustentabilidad y Teoría de Construcción del Nicho”	<a href="#">109</a>
FRANCISCO VERGARA-SILVA “Mex-bio-byte\$: relaciones biosociales de producción, bioinformática de genes y biocapital en México”	<a href="#">117</a>

### **Sección D: Evolución, cognición y cultura**

PAULO C. ABRANTES “Culture and transitions in individuality”	<a href="#">126</a>
IRENE AUDISIO “Teorías de la evolución biológica y la hipótesis de la “mente extendida”: posibles vinculaciones”	<a href="#">132</a>
ÓSCAR BARBERÁ MARCO, CRISTINA SENDRA MOCHOLÍ y JOSÉ MARÍA SANCHIS BORRÀS “La enseñanza de la evolución biológica en secundaria y bachillerato: una visión general del estado actual”	<a href="#">139</a>
BEATRIZ CONTRERAS MEZA y NICOLÁS MARÍN MARTÍNEZ “Tipos de aprendizaje en biología y constructivismo orgánico”	<a href="#">149</a>
MARIANA A. CRUZ “Adaptación y cognición: aportes desde la epistemología de sistemas complejos”	<a href="#">155</a>
MELINA GASTÉLUM VARGAS y XIMENA GONZÁLEZ GRANDÓN “La corporización como sustrato del desarrollo mental”	<a href="#">162</a>
MAXIMILIANO MARTÍNEZ y LUIS ENRIQUE SEGOVIANO “Análisis multinivel de la cooperación: Constreñimientos y selección culturales en el origen y evolución del altruismo”	<a href="#">169</a>
MERCEDES TAPIA BERRÓN “Lectura y escritura. ¿Qué nos puede decir un proceso de “aprendizaje” sobre	

un proceso de adquisición?”	<a href="#">175</a>
<b>BERNARDO YÁÑEZ y MERCEDES TAPIA BERRÓN</b>	
“Cooperación y competencia: requisitos para una estrategia comunicativa evolutivamente estable. Un enfoque bio-antropológico”	<a href="#">183</a>

### **Sección E: Historia de la biología**

VIOLETA ARÉCHIGA “El retorno de la morfología”	<a href="#">191</a>
JOSÉ MARÍA ATENCIA “¿Hay un ámbito para la filosofía de la naturaleza?”	<a href="#">198</a>
GUILLERMO FOLGUERA y ALFREDO MARCOS “El concepto de especie y los cambios teóricos en biología”	<a href="#">208</a>
BÁRBARA JIMÉNEZ PAZOS “La descripción de la naturaleza en Charles Darwin”	<a href="#">215</a>
JULIO MUÑOZ RUBIO “Una aproximación preliminar a los componentes dialécticos en la obra de Charles Darwin”	<a href="#">223</a>
CARLOS ALBERTO OCHOA OLMOS “El debate entre Darwin y Owen: La biología británica en las décadas de Darwin”	<a href="#">229</a>
RICARDO SANTOS DO CARMO, LUISA FERREIRA RIBEIRO y CHARBEL NIÑO EL-HANI, “Há Objetividade nas Primeiras Pesquisas em Ecologia Marinha?”	<a href="#">236</a>
MANUEL TAMAYO HURTADO “Los cambios en las teorías biológicas evolutivas en textos de enseñanza en Chile”	<a href="#">246</a>
JON UMEREZ “El enfoque jerárquico en el núcleo de los planteamientos organicistas y sistémicos en biología”	<a href="#">252</a>

### **Sección F: Problemas filosóficos sobre Biología Molecular, Genética,**

#### **Ecología y otras ciencias biológicas**

MARÍA LUISA BACARLETT PÉREZ y ROSARIO PÉREZ BERNAL	
“Uexküll desde Deleuze: una nueva forma de concebir al sujeto”	<a href="#">260</a>
ANNA ESTANY PROFITÓS “Reflexiones sobre la biología aplicada: el caso de la investigación del cáncer”	<a href="#">267</a>

NEI DE FREITAS NUNES-NETO, ALVARO MORENO BERGARECHE y CHARBEL NIÑO EL-HANI “An epistemological framework for the functional explanations in contemporary Ecology”	<a href="#">273</a>
ELSA MURO “La funcionalidad biológica de los genes desde un enfoque organizacional”	<a href="#">280</a>
ABIGAIL NIEVES DELGADO “Mestizo genómico (mexicano): de la mezcla de «razas» a la mezcla de «genes»”	<a href="#">290</a>
TELMO PIEVANI y EMANUELE SERRELLI “From molecules to ecology and back: the hierarchy theory view of speciation”	<a href="#">296</a>

### **Sección G: Problemas filosóficos en la evolución y en el desarrollo**

CÉSAR ANTONIO ABARCA GARCÍA, JESSICA PÉREZ ALQUICIRA y CÉSAR AUGUSTO DOMÍNGUEZ PÉREZ-TEJADA “Evolución y dioecia”	<a href="#">304</a>
JUAN RAMÓN ÁLVAREZ “Selección natural y construcción de nichos: una ¿«dialéctica»? evolucionista”	<a href="#">310</a>
JUAN MANUEL ARGÜELLES SAN MILLÁN, BERNARDO YÁNEZ MACÍAS VALADEZ y FRANCISCO VERGARA SILVA “Extrapolaciones de la ‘homología profunda’: problemas epistémicos en los esquemas explicativos de corte ‘evo-devo’ en ciencias cognitivas”	<a href="#">318</a>
ARGYRIS ARNELLOS, KEPÁ RUIZ-MIRAZO y ALVARO MORENO “Autonomy as a property that defines individual organisms among multi-cellular communities”	<a href="#">325</a>
VÍCTOR J. LUQUE MARTÍN “La Compatibilidad de Matthen: sobre el papel causal de la Selección Natural”	<a href="#">331</a>
FRANCISCO VERGARA-SILVA “La ‘topobiología’ de Gerald Edelman: un ‘evo-devo’ en arresto ontogénico”	<a href="#">336</a>

### **Sección H: Origen, definición y clasificación de la vida**

LEONARDO BICH “Stability, regulation and their role in minimal living systems”	<a href="#">344</a>
---	---------------------

CRISTIAN GARVIA ARAOZ “Teleonomía o teleología, o el error de Monod”	<a href="#">352</a>
VICTOR MARQUES y CARLOS BRITO “A metáfora da máquina e a nova imagem da vida – naturalismo para além do mecanicismo”	<a href="#">358</a>
SARA MURILLO y KEPÁ RUIZ-MIRAZO “On the origin of self-constructing functional protocells: the lipid-peptide model”	<a href="#">363</a>

## Simposios

1. LAUREANO CASTRO, LUIS CASTRO y MIGUEL A. CASTRO (Coords.), MIGUEL A. TORO y ANDRÉS MOYA “Darwinismo y ciencias sociales: la hipótesis de <i>Homo suadens</i> ”	<a href="#">371</a>
LAUREANO CASTRO y MIGUEL A. TORO “La cultura como estrategia: la hipótesis de <i>Homo suadens</i> ”	<a href="#">372</a>
LUIS CASTRO y MIGUEL A. CASTRO “Transformando la matriz heurística de las ciencias sociales desde la óptica naturalista de <i>Homo suadens</i> ”	<a href="#">378</a>
ANDRÉS MOYA “La ciencia en el futuro del hombre”	<a href="#">386</a>
2. VICENTE CLARAMONTE (coord.), JUAN RAMÓN ÁLVAREZ BAUTISTA, ANTONIO DIÉGUEZ, JOSÉ SANMARTÍN, RAUL GUTIERREZ LOMBARDO y JORGE MARTÍNEZ CONTRERAS “Carlos Castrodeza, <i>in memoriam</i> ”	<a href="#">391</a>
JUAN RAMÓN ÁLVAREZ BAUTISTA “Carlos Castrodeza: inquietud erudita y filosofía de una pieza”	<a href="#">392</a>
ANTONIO DIÉGUEZ “Carlos Castrodeza: de la filosofía de la biología a la biología de la filosofía”	<a href="#">398</a>

3. ALEJANDRO ROSAS (coord.), CRISTINA ACEDO, INTI BARRIENTOS, TONI GOMILA, ARTURO LARA y HUGO VICIANA “Evolución y psicología de las preferencias sociales” [404](#)
4. FRANCISCO GÜELL (coord.), GLORIA DEL CARMEN BALDERAS, LUIS ECHARTE, PILAR FERNÁNDEZ BEITES, MIGUEL GARCÍA-VALDECASAS, JOSÉ IGNACIO MURILLO “Función y causalidad en los seres vivos” [406](#)
- GLORIA DEL CARMEN BALDERAS “Análisis funcional y selección natural” [407](#)
- LUIS ECHARTE “Función biológica y función meta-biológica. ¿Qué significa mejorar la condición humana?” [418](#)
- PILAR FERNÁNDEZ BEITES “Causalidad biológica y motivación personal” [425](#)
5. LAURA NUÑO DE LA ROSA (coord.), SERGIO BALARI, ARANTZA ETXEBERRIA, GUILLERMO LORENZO, DIEGO RASSKIN-GUTMAN, MIQUEL DE RENZI “Desafíos conceptuales de la evo-devo actual” [434](#)
- SERGIO BALARI y GUILLERMO DE LORENZO “Biolingüística Evolutiva del Desarrollo” [435](#)
- ARANTZA ETXEBERRIA “Sobre el carácter formal versus experimental de la morfología en evo-devo” [443](#)
- LAURA NUÑO DE LA ROSA “El problema de la función en evo-devo” [449](#)
- DIEGO RASSKIN-GUTMAN “Restricciones, constreñimientos, limitaciones, desarrollos y evoluciones” [457](#)
- MIQUEL DE RENZI “Biomorfodinámica y evo-devo: ¿es todo funcionalidad?” [461](#)

6. MAXIMILIANO MARTÍNEZ (coord.), GUSTAVO CAPONI,  
MARIO CASANUEVA, CHARBEL NIÑO EL-HANI,  
FRANCISCO VERGARA SILVA “Evo-devo: perspectivas filosóficas” [469](#)
- GUSTAVO CAPONI “La evo-devo y la articulación de una nueva  
teoría de la evolución” [470](#)
- MAXIMILIANO MARTÍNEZ “Causalidad multinivel y la *Síntesis  
Extendida*” [476](#)
- FRANCISCO VERGARA SILVA “Inferencia abductiva, deductiva  
e inductiva en la construcción y justificación de hipótesis y  
modelos en ‘evo-devo’” [483](#)
7. PABLO LORENZANO (coord.), KARINA ALLEVA, DANIEL  
BLANCO, LUCÍA FEDERICO, SANTIAGO GINNOBILI  
“El estructuralismo metateórico en las ciencias biológicas” [490](#)
- KARINA ALLEVA y LUCÍA FEDERICO “De ‘esquemas’ a  
‘modelos’. La explicación en biología molecular y bioquímica  
desde una perspectiva estructuralista” [492](#)
- DANIEL BLANCO “Aspectos iluminadores de la reconstrucción  
estructuralista de la teoría del origen común” [500](#)
- SANTIAGO GINNOBILI “Conceptos faltantes en las presentaciones  
habituales de la teoría de la selección natural” [505](#)
- PABLO LORENZANO “La genética clásica y sus problemas” [510](#)
8. MIQUEL DE RENZI (coord.), ARANTZA ETXEBERRIA, LAURA  
NUÑO DE LA ROSA, DIEGO RASSKIN-GUTMAN  
“Pere Alberch y la revalorización de la biología evolutiva del desarrollo” [520](#)

## Prefacio

EL PRESENTE VOLUMEN RECOGE TODAS LAS COMUNICACIONES que se presentaron en el I Congreso de la Asociación Iberoamericana de Filosofía de la Biología (AIFBI) (Valencia 28, 29 y 30 de noviembre de 2012), así como una buena parte de las intervenciones en los simposios que se organizaron bajo la cobertura del congreso. No ha sido ésta la primera vez que filósofos de la biología de habla hispana o portuguesa se han reunido en congresos o en seminarios para discutir temas de su interés, pero sí ha sido la primera ocasión en que han mostrado su voluntad explícita de unirse en una asociación capaz de integrarlos a todos y que pueda servir como apoyo a su tarea investigadora, haciendo sobre todo de portavoz institucional de los resultados de la misma. Con este propósito central es, pues, como quiere presentarse ante todos la Asociación Iberoamericana de Filosofía de la Biología (AIFBI) desde este mismo congreso fundacional.

La comunicaciones aceptadas fueron distribuidas en 8 secciones, que creemos que cubren casi todos los temas de interés que pueden suscitarse en el momento actual en la filosofía de la biología. Se trata de las siguientes:

Sección A: Aspectos metodológicos y epistemológicos de la Biología

Sección B: Autoorganización, complejidad e información

Sección C: Biología y sociedad

Sección D: Evolución, cognición y cultura

Sección E: Historia de la biología

Sección F: Problemas filosóficos sobre Biología Molecular, Genética, Ecología y otras ciencias biológicas

Sección G: Problemas filosóficos en la evolución y en el desarrollo

Sección H: Origen, definición y clasificación de la vida

Por otro lado, se incluyeron 8 simposios, coordinados por destacados especialistas en cada tema, con los siguientes títulos:

“Darwinismo y ciencias sociales: la hipótesis de *Homo suadens*”

“Carlos Castrodeza *in memoriam*”

“Evolución y psicología de las preferencias sociales”

“Función y causalidad en los seres vivos”

“Desafíos conceptuales de la evo-devo actual”

“Evo-devo: perspectivas filosóficas”

“El estructuralismo metateórico en las ciencias biológicas”

“Pere Alberch y la revalorización de la biología evolutiva del desarrollo”

Los organizadores del congreso queremos dejar constancia expresa de nuestro agradecimiento a todos aquellos que han aportado su granito de arena para que finalmente el proyecto pudiera llegar a buen puerto, haciendo especial énfasis en la generosa ayuda que ha prestado en todo momento la Universitat de València y algunos de sus miembros, tanto del personal docente como del de administración y servicios. Agradecemos también la buena disposición y la colaboración, cuando fue solicitada, de los miembros del Comité Científico del congreso. Finalmente, tanto el Ministerio de Ciencia y Competitividad como el Vicerrectorado de Investigación de la Universitat de València concedieron subvenciones que ayudaron de forma decisiva a la organización de este evento.

Nuestras aspiraciones se verían más que colmadas si esta iniciativa que ahora comienza tuviera la continuidad que se merece y encontrara siempre el mismo apoyo y entusiasmo que hemos encontrado nosotros. Es asimismo nuestro deseo ferviente que aquellos investigadores y personas interesadas en la filosofía de la biología que no han podido participar en esta ocasión por diversos motivos, encuentren en el futuro la ocasión de unirse a este ilusionante proyecto. Y, por supuesto, pedimos disculpas por los errores y omisiones que hayamos podido cometer. Siempre habrán sido involuntariamente cometidos. Estamos seguros de que, con la colaboración de todos, las cosas serán mejores en las ocasiones venideras.

El Comité Organizador

Antonio Diéguez, Vicente Claramonte, Jesús Alcolea, Gustavo Caponi, Arantza Etxeberria, Pablo Lorenzano, Alfredo Marcos, Jorge Martínez-Contreras, Alejandro Rosas

## **Comunicaciones**

## **Sección A**

### **Aspectos metodológicos y epistemológicos de la Biología**

## GRADOS DE SOBREVINIENCIA Y EXPECTATIVAS REDUCCIONISTAS EN BIOLOGÍA

GUSTAVO CAPONI

*Universidade federal de Santa Catarina (Brasil)*

[gustavoandrescaconi@gmail.com](mailto:gustavoandrescaconi@gmail.com)

ACEPTANDO EL TRATAMIENTO QUE ELLIOT SOBER le dio a la relación existente entre sobrevivencia y reduccionismo en Biología, se llega a esta conclusión: reconocer que existen propiedades biológicas que son sobrevivientes a las propiedades moleculares, no implica que los programas de investigación biológica de corte reduccionista sean inviables o ilegítimos. La aceptación de esa sobrevivencia sólo nos exonera de la obligación de tener que comprometernos, necesariamente, con tales programas. Es decir: aceptar que existen propiedades biológicas que son sobrevivientes a las propiedades moleculares, nos permite asumir el fisicalismo sin desestimar la posible legitimidad y la posible relevancia epistemológicas de programas de investigación pautados por preguntas que no puedan ser respondidas en términos de Biología Molecular; aunque eso no implique postular un límite infranqueable para la búsqueda de explicaciones moleculares de los fenómenos orgánicos. El fisicalismo le promete el mundo al reduccionismo; pero la idea de *sobreviniencia* parece relativizar esa promesa o tolerar la indefinida postergación de su cumplimiento, alentando así la apuesta en líneas de investigación que no son reduccionistas.

En definitiva, se podría decir, el recurso a la idea de *sobreviniencia* sólo nos brinda algo así como una *salida negociada* para la *querrela del reduccionismo*. Una salida que deja la solución de la cuestión librada a lo que el propio devenir de la Biología pueda decirnos sobre ella. Cosa que no está nada mal. Decidir a priori hasta dónde puede llegar un emprendimiento cognitivo en pleno desarrollo, y por dónde habrá de hacerlo, parece ser algo que escapa a las posibilidades de una reflexión

epistemológica que no quiera arrogarse conocimientos *transcientíficos*. Será el propio futuro de la Biología el que dirá si el enfoque molecular puede desarrollarse y progresar al punto de tornar ociosos todos los demás modos de enfocar a los fenómenos biológicos; o si, en lugar de eso, continuará existiendo margen y motivo para el desarrollo de emprendimientos cognitivos que no obedezcan a ese punto de vista reduccionista.

De todos modos, lo cierto es que la idea de *sobreviniencia* puede servirnos para algo más que para justificar esa salida negociada de la querrela del reduccionismo. Ella puede ayudarnos a la hora de juzgar posiciones y decisiones que deben tomarse actualmente en el desarrollo de las ciencias de la vida: posiciones y decisiones que tienen que ver con comprometerse, o dejar de comprometerse, con agendas de investigación que sean, o no sean, de corte reduccionista. La idea de *sobreviniencia* puede servirnos para juzgar la legitimidad que tienen las agendas de investigación que no siguen el vector epistemológico de la Biología Molecular; y ella también puede servirnos para estimar los lucros cognitivos que cabe esperar de esos programas de investigación que sí intenten seguir tales lineamientos.

La clave de lo que quiero decir puede enunciarse así: las propiedades sobrevinientes a las propiedades físicas no son, todas ellas, sobrevinientes en el mismo grado. La *sobreviniencia* no es una cuestión de todo o nada, no es una cuestión de 0 a 1. Es posible establecer comparaciones de niveles o grados de *sobreviniencia*; y esos niveles de *sobreviniencia* pueden indicarnos dónde, en que subdominio de las ciencias de la vida, es dable esperar que la molecularización de la Biología avance de forma significativa y en dónde es dable esperar lo contrario. Dicho de otro modo: reconocer, aunque sea de vaga e informalmente, que existen distintos grados de *sobreviniencia*, puede ayudarnos a determinar en dónde dable esperar que la molecularización de la Biología genere problemas solubles y en dónde es de temer que ella pueda empantanarse en atolladeros estériles.

La idea de *sobreviniencia* conlleva dos elementos; el primero de los cuales puede ser formulado como si fuese la enunciación de un fisicalismo mínimo e innegociable que, a primera vista, parece obligarnos al reduccionismo explicativo: *no hay diferencia sin diferencia física*. Sin alentar la esperanza de que las leyes o generalizaciones biológicas puedan ser un día reducidas a teoremas de las leyes físicas,

ese fisicalismo mínimo parece comprometernos con la idea de que todo fenómeno biológico es descriptible y analizable en términos físicos o químicos y que, consecuentemente, todo los fenómeno biológico, a la larga, podrá ser explicado en esos términos. Es el segundo elemento de la idea *sobreviniencia* el que, sin menoscabar ese *fisicalismo mínimo*, deja margen para perspectivas explicativas que no están fundadas en conocimientos puramente físicos o químicos: *puede haber semejanza sin semejanza física*. La idea de *sobreviniencia* se juega en esa tensión: *no hay diferencia sin diferencia física, pero puede haber semejanza sin semejanza física*; y las propiedades sobrevinientes son las que permiten establecer esas semejanzas sin correlato físico. Las propiedades sobrevinientes permiten delinear clases naturales que no tienen un referente físico acotado y definido.

Dos fenotipos posibles, en dos especies diferentes, pueden ser caracterizados como teniendo la misma *eficacia darwiniana*, aun cuando esas especies sean físicamente tan diferentes cuanto pueden serlo un ratón y una mariposa; y dos órganos pueden ser caracterizados como ojos aun cuando su estructura física, y el modo de registrar imágenes que uno y otro tienen, sean tan diferentes cuanto pueden serlo el ojo de un pulpo y el ojo de un águila. Pero ya en esos dos ejemplos se insinúa una diferencia que no parece muy difícil de enunciar: *ojo* o *visión* son conceptos que parecen físicamente más acotados que *eficacia darwiniana*; aun cuando pueda pensarse que ese acotamiento, esa sinuosa línea que delimita la extensión física de lo que un ojo y la visión pueden ser, no sea lo único que tengamos que conocer para poder entender qué es un ojo y qué es la visión.

*Ver* es algo que puede ser hecho por estructuras que son físicamente muy diferentes. Lo mismo ocurre con *digerir*. Sin embargo, esa analogía funcional que se establece entre estructuras físicamente tan disímiles como el ojo de un pulpo y el ojo de un águila, o el rumio de una vaca y el buche de una cucaracha, supone, pese a todo, cierto grado de semejanza física que no puede ignorarse. Un ojo y un estomago son sistemas físicamente pluri-realizables: la propiedad de ser un ojo, o de ser estomago, es sobreviniente a las propiedades físicas de las estructuras que pueden ser caracterizadas como ojos o estómagos. Pero, aun así, para que algo pueda ser considerado un ojo o un estómago, su funcionamiento normal debe tender a producir ciertos efectos, como registrar imágenes o contribuir en la descomposición de los alimentos ingeridos de

forma tal que sus nutrientes puedan ser absorbidos y asimilados por el organismo; y esos efectos no dejan de tener una semejanza físicamente delimitable. Físicamente hablando, digerir y ver puede ser hecho de muchas formas; pero no cualquier proceso físico puede ser caracterizado como una digestión o como una visión. Hay algo, un conjunto de efectos físicos análogos que suponemos presente en todo lo que hemos de llamar 'digestión' o 'visión'.

Pero si *ser un estómago* o *ser un ojo* supone tener algún grado mínimo de semejanza física con otra cosa que también lo sea, a primera vista por lo menos, *tener una eficacia darwiniana 1,5* no parece exigir nada de eso. Ese mismo índice de eficacia le puede ser atribuido a una variante presente en una población de cucarachas urbanas y a una variante presente en una población de camarones marinos. Es decir, dos fenotipos tan diferentes cuanto pueden serlo el de una cucaracha y el de un camarón, sometidos a condiciones ambientales tan disímiles como las que cucarachas urbanas y camarones marinos deben enfrentar, pueden presentar una semejanza que no parece atada a ninguna semejanza física que sea relevante apuntar o conocer. Ahí parece haber un grado de sobrevivencia, o de pluri-realizabilidad, mucho mayor que en el caso de una caracterización funcional de una estructura como la que hacemos cuando decimos que algo es un ojo o un estómago. No creo, sin embargo, que la realizabilidad variable, o la sobrevivencia, de un índice de *eficacia darwiniana* sea exacta y definitivamente absoluta; es decir: no creo que ella sea totalmente independiente de todo y cualquier substrato de semejanza física.

Creo, incluso, que nadie se animaría a afirmar la existencia de una propiedad, atribuible a objetos empíricos, que quepa considerar como 'infinitamente sobreviviente' o 'infinitamente pluri-realizable'. Hasta me atrevo a afirmar que, en rigor, tampoco existen propiedades que sean nulamente sobrevivientes. Creo, en todo caso, que existen propiedades cuya sobrevivencia es despreciable por *aproximarse indefinidamente a cero*; y que, en el otro extremo de la escala, existen propiedades cuya pluri-realizabilidad es tan grande que su delimitación difícilmente llegue a ser cognitivamente relevante. Y esa referencia a la relevancia cognitiva también es importante para aclarar la diferencia que existe entre, por un lado, *decir que algo es un ojo* y, por otro lado, *atribuirle a un fenotipo un cierto índice de eficacia darwiniana*. Es que, diferentemente de lo que ocurre con la atribución de una propiedad funcional como *ser un estómago*, la

atribución de un determinado índice de eficacia darwiniana no exige un conocimiento, ni siquiera vago o aproximado, del conjunto de propiedades físicas compartidas por todo y cualquier fenotipo al cual quepa atribuirle ese índice de eficacia.

No es que esas propiedades físicas definitivamente no existan; sino que su conocimiento resulta mucho menos relevante que en el caso de una identificación anátomo-funcional; y ahí, en la consideración simultánea del aspecto ontológico y del aspecto epistemológico de la cuestión, está la clave para darle una forma un poco más clara a la idea de *grados de sobreviniencia* que aquí estoy procurando explicitar: *dados dos sistemas u objetos, cuando menor sea el grado de semejanza física entre ellos del que depende la correcta atribución de una propiedad común a ambos, y cuando menos relevante sea un conocimiento preciso de esa semejanza para justificar tal atribución, mayor será el grado de sobreviniencia, o de pluri-realizabilidad, de dicha propiedad.*

“Ser un tubo digestivo” o “ser un organismo fotosintético” son, en este sentido, propiedades *menos sobrevinientes* que “ser una homoplasia” o “ser una adaptación”; y estas dos últimas propiedades son ciertamente *más sobrevinientes*, o más *pluri-realizables*, que “ser una característica mimética” o que “ser un predador”, aun cuando estas últimas lo sean en menor grado que las dos primeras. Pero, lo que aquí más me interesa destacar, es la relevancia, o la utilidad, que esa idea de niveles o grados de sobreviniencia puede tener para un mejor planteamiento de la cuestión del reduccionismo.

Conforme lo apunté al inicio, aceptar que existen propiedades biológicas sobrevinientes a las propiedades físicas no conlleva una condena de las expectativas reduccionistas que podrían estar implicadas en el proyecto de una molecularización integral de la Biología. A lo que esa aceptación conduce, en todo caso y como también ya fue dicho, es a un reconocimiento de la legitimidad de los programas de investigación no-reduccionistas que se desarrollan en Biología. Comprometerse con estos últimos programas no implica ir en contra del fisicalismo; aunque eso no quiera decir que en los fenómenos biológicos exista algo que sea irremediabilmente ajeno a un enfoque puramente molecular. Es obvio, sin embargo, que existen fenómenos biológicos que se han mostrado menos permeables que otros a ese enfoque; y eso puede ser entendido apelando a la idea de niveles de sobreviniencia: aquellos fenómenos biológicos cuya caracterización envuelve propiedades menos sobrevinientes, se prestan

más a los desarrollos reduccionistas que aquellos fenómenos que pueden ser caracterizados haciendo referencia a propiedades más sobrevinientes. La Fisiología sería un ejemplo de lo primero y la Ecología Evolucionaria lo sería de lo segundo.

Cuanto mayor el grado de sobreviniencia de las propiedades estudiadas, más libertad tenemos para no intentar explicar los fenómenos a ellas asociados desde una perspectiva reduccionista, y más inciertos son los lucros cognitivos que podrían esperarse de ese intento. Propiedades altamente sobrevinientes son difíciles de encarar desde una perspectiva reduccionista y es posible que el esfuerzo no pague; y si el reduccionismo no paga, vale intentar por otra vía.

# LA FUNCIÓN EXPLICATIVA DE LOS MODELOS EN BIOLOGÍA

ANTONIO DIÉGUEZ

*Universidad de Málaga (España)*

[dieguez@uma.es](mailto:dieguez@uma.es)

ES AMPLIAMENTE ACEPTADO que una de las funciones principales de los modelos científicos es proporcionar una explicación de los fenómenos que representan. Se dice, por ejemplo, que el modelo operón de la lactosa explica cómo funciona la regulación genética en algunas circunstancias; que el modelo Lotka-Volterra de competencia interespecífica explica los resultados posibles de la competición entre dos especies por el mismo nicho ecológico; que el modelo de Fisher de la ratio entre sexos explica por qué, en condiciones habituales, la proporción entre machos y hembras es de 1:1; que el modelo de doble hélice del ADN explica los patrones de difracción de rayos X detectados por Rosalind Franklin. Sin embargo, a pesar de algunos avances notables en las últimas décadas, la cuestión de cómo explican los modelos sigue siendo muy controvertida.

La situación se torna particularmente apremiante en el caso de la biología, ya que, si bien el recurso habitual para la formación de explicaciones en física y en química, que son las leyes científicas, en biología, en cambio, son los modelos los que se emplean como herramientas explicativas. Se ha dicho incluso que “la explicación en biología es obtenida siempre a través de la intervención directa de modelos de los fenómenos a explicar” (Leonelli 2009, p. 192). Es, pues, razonable preguntarse si lo que es válido según los diversos modelos de explicación científica, y muy particularmente el modelo de explicación por cobertura legal, es aplicable de algún modo a la explicación mediante modelos.

En esta comunicación se discutirán algunos problemas en relación con la posibilidad de explicar mediante modelos en biología. Se argumentará que los modelos tradicionales de explicación científica no encajan bien con el modo en que se realiza la explicación mediante modelos. Los modelos pueden ofrecer explicaciones de formas muy diversas, entre otras razones porque hay muchos tipos de modelos, de modo que, muy posiblemente no sea factible reducir a un patrón único la explicación mediante modelos. No obstante, si hay un rasgo común a estos diferentes modos de proporcionar explicación, y que, por tanto, merece un análisis detenido, éste es el logro de una mejor comprensión de los fenómenos (cf. De Regt *et al.* 2009).

Se argumentará asimismo que esta noción de comprensión no es, como a veces se objeta, irremediablemente subjetiva. Pueden proporcionarse algunos criterios justificables para establecer cuándo podemos suponer que un sentimiento subjetivo de comprensión se corresponde con una comprensión genuina. Este problema no es en el fondo más irresoluble que el problema clásico de distinguir entre conocimiento y creencia. Sin embargo, estos criterios no pueden ser los mismos para todo tipo de modelos. En particular, es necesario distinguir entre “modelos contrastantes” y “modelos representacionales”.

La diversidad de modelos de explicación científica que han sido propuestos en las últimas décadas no debe ocultar que hay algunos puntos acerca de la explicación científica en los que se da un amplio consenso. Son muchos los autores que coinciden en señalar que la explicación científica de un fenómeno consiste en proporcionar una respuesta a una pregunta por-qué y esa respuesta debe incluir por lo general una identificación de la causa del fenómeno o, al menos, la incorporación del fenómeno a una estructura causal. Por otro lado, aunque hay varios disidentes, se sostiene habitualmente que una explicación científica debe incluir como elemento indispensable el recurso a una ley científica o, al menos, de una generalización que permanezca invariable bajo algunas intervenciones (cf. Wookward 2001). Si trasladamos esto al modo en que un modelo científico puede proporcionar una explicación de un fenómeno, tendríamos entonces que concluir que sólo los modelos que contestan a preguntas por-qué y que contienen leyes o que son ellos mismos leyes de cierto tipo podrían ser considerados como explicativos. Sin embargo, si asumimos, con la mayoría de los filósofos de la biología, la inexistencia (o escasez) de leyes en la biología, entonces

deberíamos aceptar asimismo que esta ciencia apenas tiene capacidad para proporcionar explicaciones. Y, no obstante, lo que observamos es que muchos modelos biológicos que no contienen leyes (biológicas) son considerados habitualmente como explicativos.<sup>1</sup>

Una dificultad importante en el análisis de esta cuestión la ofrece la polisemia del término ‘modelo’. En biología, en particular, ‘modelo’ puede designar cosas muy diferentes: organismos concretos (como *Drosophila melanogaster*); objetos materiales que representan de forma simplificada a otras entidades (como los modelos moleculares hechos con plástico y metal); soluciones paradigmáticas a problemas empíricos (como el modelo de operón de la lactosa); interpretaciones teóricas e idealizadas de la estructura y mecanismos funcionales de algunas entidades o procesos biológicos (como el modelo de bicapa lipídica, el modelo llave-cerradura de la acción enzimática, el modelo de McArthur y Wilson de la biogeografía insular, el modelo de Mitchell de fosforilación oxidativa); conjunto de ecuaciones que describen algunos aspectos del comportamiento de sistemas biológicos complejos (como el modelo Lotka-Volterra de competencia interespecífica, el modelo cinemático Michaelis-Menten para la determinación de la velocidad de la acción enzimática, o el modelo metapoblacional de Levins); programas de simulación en ordenador (como los programas de Vida Artificial); etc. Demetris Portides (2008, p. 385) ha señalado que la mayor parte de estos sentidos de ‘modelo’ están ligados a las ideas de representación e idealización. Pero otros autores niegan incluso este mínimo común denominador. ¿Puede encontrarse, entonces, algún elemento común a las explicaciones proporcionadas por estos diversos tipos de modelos?

En general, puede afirmarse que, tanto en la ciencia como en la vida cotidiana, se logra una explicación de un hecho cuando este hecho es incorporado a un cuerpo previo de conocimientos mediante conexiones que muestren que el hecho es causalmente posible dado ese cuerpo de conocimientos. La concepción heredada de la explicación científica capturaba esta intuición mediante la idea de que pedir una

---

<sup>1</sup> Podría argüirse que el modelo de van Fraassen –que no exige que la explicación sea un argumento ni que haga uso de una ley científica– podría ser adaptado para describir cómo explican los modelos biológicos. Sin embargo, creo que este no es el mejor camino a tomar. El modelo pragmático de explicación de van Fraassen sigue siendo demasiado restrictivo. En primer lugar, no todo modelo es una respuesta a una pregunta por-qué. En segundo lugar, los modelos no son siempre capaces de establecer una clase de contraste en cualquier asunto. Y, finalmente, los criterios que van Fraassen propone para evaluar las respuestas dadas en una explicación establecen condiciones muy estrictas –tal como favorecer una clase de contraste en lugar de otra– que muchos modelos explicativos no pueden satisfacer.

explicación científica de un fenómeno era equivalente a preguntar *por qué* sucedió el fenómeno. Sin embargo, es fácil ver que muchos modelos en la ciencia no pueden interpretarse como buscando respuestas a preguntas por-qué (*why-questions*), sino más bien a preguntas cómo-es-posiblemente (*how-possibly-questions*), cómo-es-de-hecho (*how-actually*) y cómo-es-plausible-que-sea (*how-plausibly*) (cf. Salmon 1989, pp. 136-138, Machamer, Darden & Craver 2000, and Craver 2006).

Por ello, propongo entender la explicación científica en un sentido amplio como una respuesta a una pregunta (no necesariamente a una pregunta por-qué) suscitada en un contexto científico que proporciona una *mejor comprensión* de algún fenómeno o conjunto de fenómenos. Esta definición amplia permite incluir fácilmente a los modelos como herramientas explicativas. Si hay algo en común en el modo en que explican los diferentes tipos de modelos es esto: la explicación aumenta nuestra comprensión del sistema representado por el modelo. Esta conexión entre explicación y comprensión no es nada nuevo. Frente a la tradición historiográfica antipositivista decimonónica y a la filosofía hermenéutica, que ha tendido a contraponer la explicación científica a la comprensión de acciones y significados, son muchos los autores que han conectado ambos conceptos (cf. Scriven 1962, Friedman 1974, Kitcher 1981, Achinstein 1983, Kim 1994, Salmon 1998, Faye 1999).

Si nos centramos en los modelos en lugar de en las teorías, parece haber diversos modos en los que éstos pueden mejorar nuestra comprensión de los fenómenos. Una de las formas más importantes, y posiblemente la más frecuente, en las que puede hacerlo es describiendo, de una forma simplificada, los mecanismos causales que producen el fenómeno. Éste es el caso más estudiado en la literatura sobre el tema (cf. Salmon 1998, p. 77, Machamer, Darden & Craver 2000, Bechtel & Abrahamsen 2005, Craver 2006, Darden 2008, Bechtel 2011). Pero no debe pensarse que esta es la única forma en la que lo hacen. Otra forma de hacerlo es poniendo de relieve por medio de ecuaciones matemáticas las relaciones estructurales entre los rasgos fundamentales del fenómeno representado. Otra, que ha sido defendida por Michael Friedman y por Philip Kitcher, es mediante la unificación de fenómenos constitutivamente diferentes. Otra, como en el modelo de Fisher de proporción de sexos, es mostrando cómo diversos escenarios causales con diferentes condiciones iniciales conducen sin embargo al mismo resultado.

Y hay más formas. En este asunto, como en tantos en filosofía de la biología, el enfoque pluralista se torna necesario (cf. Plutynski 2004, Bokulich 2011, Brigandt 2011).

A pesar de la importancia de este asunto, el análisis preciso de la noción de comprensión científica en relación con los fenómenos naturales está aún en sus comienzos. Y si quiere ser de alguna utilidad para la clarificación de la noción de explicación, ha de enfrentarse a algunas dificultades. Entre ellas no es la menor la que hace años ya señalara Hempel (1965, pp. 425-6), a saber: que la comprensión es un asunto meramente subjetivo, una noción atribuible sólo a estados subjetivos de individuos concretos, y por tanto un concepto relativo y no generalizable.

El problema, por tanto, consiste en averiguar si hay algún criterio para distinguir entre la mera *sensación de comprensión* y la comprensión genuina. Éste es, de hecho, un viejo problema: fue la crítica principal que recibió el método de *Verstehen* en el debate clásico en metodología de las ciencias sociales.

Ciertamente, es imposible proporcionar un conjunto exhaustivo y permanente de criterios que permita señalar cuándo estamos ante una comprensión genuina, puesto que estos criterios poseen elementos contextuales que han cambiado a lo largo de la historia de la ciencia (de Regt & Dieks 2005). No obstante, creo que pueden ofrecerse algunas indicaciones útiles que permitan decidir de forma razonable si un modelo científico nos proporciona o no una comprensión genuina. Para ello hemos de comenzar por distinguir entre dos tipos diferentes de modelos a los que denominaré '*modelos contrastantes*' y '*modelos representativos*'.

Entiendo por modelos contrastantes aquéllos contruidos intencionalmente como recursos explicativos extremadamente no-realistas, como es el caso de los modelos falsos en biología (e.g. poblaciones con más de dos sexos, poblaciones con herencia mezclada en lugar de mendeliana). Son modelos que no tratan de representar ningún sistema real y que no se hacen más precisos mediante un proceso de des-idealización. El sistema representado es completamente ficticio, aunque es propuesto para entender algunos aspectos de un sistema-diana real. En este tipo de modelos, la carga explicativa reside justamente en las disimilitudes que el modelo presenta con el sistema-diana.

Para este tipo de modelos, propongo un criterio cualitativo simple de comprensión genuina:

Un modelo contrastante nos proporciona una comprensión genuina del comportamiento de un sistema real si el contraste entre las consecuencias lógicamente derivables del modelo y el sistema-diana real permite revelar cómo algunas características interesantes del comportamiento del sistema real dependen de la presencia o ausencia de ciertas circunstancias que están ausentes o presentes respectivamente en el modelo.

Por modelos representativos entiendo aquellos que encajan de algún modo con el sistema-diana, o, en otros términos, aquellos que son construidos con el propósito de representar algunos aspectos de los fenómenos presentes en un sistema real.

Para este tipo de modelos, dada su variedad, es más difícil seleccionar criterios que sirvan como indicadores de comprensión genuina. No obstante, creo que los siguientes, puramente negativos, pueden ser una base mínima, permitiendo excluir algunos modelos:

Un modelo representacional *no* proporciona una comprensión genuina del sistema-diana si:

- (1) Las analogías entre el modelo y el sistema-diana son débiles, *ad hoc*, o científicamente infundadas.
- (2) Formula abstracciones sobresimplificadas que excluyen factores funcionales relevantes, esto es, factores que son necesariamente constitutivos del comportamiento del sistema modelado.
- (3) Realiza idealizaciones extremadamente irreales o inútiles, esto es, idealizaciones que están tan alejadas de las condiciones con las que ha de enfrentarse el sistema modelado que, incluso tras correcciones progresivas, no ayudan a ver cómo este sistema varía en las circunstancias usuales bajo algunas manipulaciones.
- (4) Postula una ontología fantástica o pseudocientífica.
- (5) Los mecanismos postulados carecen de analogías con los mecanismos que funcionan en el sistema real.
- (6) Sus predicciones adicionales fracasan sistemáticamente.

## REFERENCIAS

- Achinstein, P. 1983: *The Nature of Explanation*. New York: Oxford University Press.
- Bechtel, W. 2011: Mechanism and Biological Explanation, *Philosophy of Science*. Vol. 78, No. 4, pp. 533-557.
- Bechtel, W. & Abrahamsen, A. 2005: Explanation: A Mechanist Alternative, *Stud. Hist. Phil. Biol. & Biomed. Sci.*, 36, pp. 421-441.
- Bokulich, A. 2011: How Scientific Models Can Explain. *Synthese*, 180 (1), 33-45.
- Brigandt, I. 2011: Explanation in Biology: Reduction, Pluralism and Explanatory Aims. *Science and Education*. (Online first). doi:10.1007/s11191-011-9350-7
- Craver, C.F. 2006: When Mechanistic Models Explain, *Synthese*, 153, pp. 355-376.
- Darden, L. 2008: Thinking Again about Biological Mechanisms, *Philosophy of Science*, 75, pp. 958-969.
- De Regt, H.W. & Dieks, D. 2005: A Contextual Approach to Scientific Understanding, *Synthese*, 144, pp. 137-170.
- De Regy, H. W., Leonelli, S. & Eigner, K. 2009: Focusing on Scientific Understanding, en H. W. de Regt, S. Leonelli & K. Eigner (Eds.) *Scientific Understanding: Philosophical Perspectives* (pp. 1-17). Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
- Faye, J. 1999: Explanation Explained, *Synthese*, 120, pp. 61-75.
- Friedman, M. 1974: Explanation and Scientific Understanding, *The Journal of Philosophy*, 71, pp. 5-19.
- Hempel, C.G. 1965: *Aspects of Scientific Explanation and Other Essays in the Philosophy of Science*. New York: Free Press.
- Kim, J. 1994: Explanatory Knowledge and Metaphysical Dependence, *Philosophical Issues*, 5, pp. 51-69.
- Kitcher, Ph. 1981: Explanatory Unification, *Philosophy of Science*, 48, pp. 507-531.
- Leonelli, S. 2009: Understanding in Biology: The Impure Nature of Biological Knowledge, en H. W. de Regt, S. Leonelli & K. Eigner (Eds.) *Scientific*

- Understanding: Philosophical Perspectives* (pp. 189-209). Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
- Machmer, P.K., Darden, L., Craver, C.F. 2000: Thinking about Mechanisms, *Philosophy of Science*, 57, pp. 1-25.
- Plutinski, A. 2004: Explanation in Classical Population Genetics. *Philosophy of Science*, 71, 1201-1214
- Salmon, W. 1989: Four Decades of Scientific Explanation, en Ph. Kitcher and W. Salmon (eds.) *Scientific Explanation. Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, vol. XIII, Minneapolis: University of Minnesota Press, pp. 3-219.
- Scriven, M. 1962: Explanations, predictions, and laws, en H. Feigl and G. Maxwell (eds.) *Scientific explanation, space, and time*. Minneapolis: University of Minnesota Press, pp. 170-230.
- Woodward, J. 2001: Law and Explanation in Biology: Invariance is the Kind of Stability That Matters, *Philosophy of Science*, 68, pp. 1-20.

# BIOLOGÍA Y FILOSOFÍA: EN TORNO AL NATURALISMO DE JOHN DEWEY

JAIME FISHER

*Instituto de Filosofía, Universidad Veracruzana (México)*

[jaimе.fisher@gmail.com](mailto:jaimе.fisher@gmail.com)

SOSTENDRÉ QUE LA PRINCIPAL INFLUENCIA de la biología sobre la filosofía es el *naturalismo*, y que ésta influencia se manifiesta fundamentalmente *en* y *a través* de la obra de John Dewey. En tal sentido esta comunicación tiene también el objetivo de hacer volver la mirada hacia el pragmatismo, y en particular al experimentalismo, como método filosófico de gran fertilidad, relevancia y actualidad. Intentaré articular esto siguiendo los conceptos relacionados de *evolución, cognición y cultura*.

Para Dewey la teoría darwinista exigía en su momento -y creo que hoy lo exige más- efectuar un cambio no sólo en el contenido de nuestros problemas, sino en las maneras de formularlos y pensar cómo resolverlos; esto implica una reconstrucción *en* y *de* la filosofía o, como yo quiero proponer, su adaptación permanente al medio ambiente físico y simbólico-cultural. En muy apretada síntesis puede decirse que si la mente humana es una propiedad emergente de formas de vida previas carentes de ella, y en tanto se ha mantenido con la especie, entonces tal propiedad debe generar una explicación de lo que sea el conocimiento, la moralidad y la política; es decir, formular una guía de la acción. En este sentido, el naturalismo de Dewey, de clara impronta darwinista, es en su médula un proyecto de naturalizar la razón y, a través de esto, de toda práctica humana intencional, científica, tecnológica, artística, política, y, en general, cultural.

Por naturalismo entiendo tres cosas vinculadas entre sí: 1) que la ontología se agota en la naturaleza y, por tanto, que la ciencia es capaz de producir conocimiento suficiente, aunque falible, respecto al mobiliario del mundo; 2) que hay un *continuum* entre naturaleza y cultura en el sentido de que los fenómenos culturales son un

subconjunto de los fenómenos naturales; y 3), derivado de lo anterior, y existiendo también un *continuum* entre ciencia y filosofía, que ésta última no debe llevar a cabo sus especulaciones ni diseñar sus métodos al margen, ni mucho menos en contra del conocimiento científico.

Dewey afirmó muy optimistamente que ‘la influencia de Darwin sobre la filosofía estriba en haber conquistado los fenómenos de lo vivo para el principio de transformación y, con ello, haber liberado a la nueva lógica para su aplicación a los fenómenos de la mente, la moral y la vida propiamente humana’. Me parece que esto no ha sido así, aunque, por supuesto, así *debería* haber sucedido. La mente de los seres humanos, incluidos muchos filósofos, parece obsesionada aún con ideas de lo fijo, lo inmutable, lo perfecto y lo eterno, es decir, precisamente con ideas supernaturalistas.

*El origen de las especies* es un título por sí mismo disolvente de esos viejos problemas, concepciones y métodos filosóficos, y, en particular, de la preocupación por la búsqueda de esencias, formas, ideas, cosas en sí, mónadas y otras entidades no accesibles directa ni indirectamente, bien a la razón, bien a la experiencia, o bien a ninguna. Dewey rechazaría esa tarea y, siguiendo a Peirce, se inclinará por un falibilismo que caracteriza al conjunto de su obra en lógica, epistemología, filosofía moral y política, y que dará sentido a su experimentalismo; un método que, según mi punto de vista, sería el análogo intencional, al tiempo que una derivación de los tanteos del ‘relojero ciego’.

Así como *El ensayo sobre el principio de la población* de Malthus influyó a Darwin, la teoría de la evolución impactó en Dewey y su método filosófico. De la misma manera en que la teoría de la evolución significa una revolución en biología, la obra de Dewey significa el reconocimiento de la necesidad de una reconstrucción urgente *de* y *en* la filosofía. La teoría de la evolución -vía Dewey- se convierte en un revulsivo de la filosofía en el sentido de que la crítica filosófica no puede hacerse ya al margen ni mucho menos en contra de los resultados obtenidos por las ciencias.

Escribe Dewey al respecto que “la tarea característica, los problemas y la materia de la filosofía surgen de las presiones y reacciones que se originan en la vida de la comunidad misma en que surge una filosofía determinada [esto es, en el medio ambiente biocultural humano] y que, por tal razón, los problemas específicos de la filosofía varían [es decir, la filosofía se adapta] en consonancia con los cambios que se

producen constantemente en la vida humana”. De acuerdo con esto -y en buena medida derivado de las ideas contenidas en *El origen de las especies*-, la filosofía debería ser en su esencia una crítica de la cultura; y, siendo la primera una parte de la segunda, la filosofía sería entonces una crítica de sí misma, crítica que desembocaría de manera necesaria en un ajuste o adaptación permanente de ambas, filosofía y cultura.

Si esto es así como creyó Dewey -y como yo creo que debería serlo-, ha sido el mismo éxito científico y tecnológico lo que ha generado la necesidad de una evolución adaptativa en el método filosófico, cosa que implica un cambio en sus objetos y preocupaciones. Pero debo apresurarme a aclarar algo cuando se habla ante biólogos y filósofos de la biología, no vaya a ser que además de concitar su desacuerdo termine haciéndolo por razones equivocadas: es obvio que esta ‘adaptación evolutiva de la filosofía’ tendría un mecanismo de variación intencional; pero, siguiendo la metáfora, su mecanismo de selección no difiere tanto al del mundo meramente biológico, pues tal mecanismo resulta ser un ambiente biocultural, es decir, un ambiente en el que existe un *continuum* entre naturaleza y cultura, o, como a mí me gustaría proponer de manera quizá muy temeraria; entre naturaleza y técnica.

En la filosofía y en la cultura en general sí es posible un diseñador, y, además, es posible que sea inteligente. Lo que hará Dewey impulsado por Darwin es intentar poner en sintonía a la filosofía -entendida como crítica de la cultura- con los descubrimientos de las ciencias y con los requerimientos prácticos -en el sentido kantiano de práctica- que nos impone el desenvolvimiento científico y tecnológico. Esto hará de su obra una filosofía moral y política preocupada fundamentalmente por la *libertad*.

La primera referencia que se encuentra en Dewey a la teoría de la evolución data de 1883. ‘Knowledge and the Relativity of Feeling’, que yo quiero traducir como ‘El conocimiento y lo relacional de la sensibilidad’ apunta contra toda idea de absoluto, oponiéndole la idea evolucionista de relación entre organismo y medio ambiente.

El concepto de *transacción* en Dewey, es base y eje de su ontología antiesencialista, cimiento que servirá también al desarrollo de una epistemología y una axiología naturalistas, dando con ello consistencia a su sistema filosófico. Su idea consiste en que tanto en el mobiliario del mundo físico, como en el biológico y el simbólico-cultural, nunca encontramos ‘entidades’, ‘cosas en sí’, ni ‘esencias’, sino sólo *transacciones*. En el concepto se instila un naturalismo radical enderezado contra todo

dualismo y, en el mundo biológico, contra la dicotomía entre organismo y medio ambiente. Por *transacción* entiende el complejo de condiciones situacionales en que se producen simultáneamente tanto el medio ambiente como el organismo. Su referencia empírica está constituida por dos hechos entrelazados: 1) que *ambiente* y *organismo* emergen en el mismo vínculo fundacional material: que no pueden existir -en un sentido ‘ontológico’-, el uno al margen de su *relación* con el otro; y 2) que en sus sentidos *lógico* y *cronológico* no pueden existir *antes* de esa *transacción*, misma que expresa entonces una *relacionalidad* básica: el vínculo funcional en que ambos, organismo y ambiente, se fundan y originan.

Es sobre y en torno a esta concepción que Dewey establece su ontología, su epistemología, su axiología y su filosofía moral y política. Él mismo afirmará (en “From Absolutism to Experimentalism”) que las ideas de Darwin generaron en él “un sentido de interdependencia y unidad interrelacionada que dieron forma a [sus] primeros tanteos intelectuales, creando una forma de ver las cosas al que debía adaptarse cualquier campo de interés”. Tal sentido de interdependencia y unidad interrelacionada constituye precisamente su concepto de *transacción*.

A través de este concepto clave Dewey remarca constantemente el papel del medio ambiente físico y simbólico cultural, tanto en la formulación de los problemas humanos como en sus posibles vías de solución. En relación especial con la filosofía sostendrá que sus ideas y métodos deberán adaptarse al medio ambiente, y que la prueba de su adaptación o inadaptación, es decir, de su selección positiva o negativa, será si funcionan a no lo hacen al conducir una práctica determinada. Hacer y padecer, y en su caso corregir el hacer para evitar el padecer, es la particular transacción mayor que Dewey denomina experiencia. Esta ocurre *en* la naturaleza, *a través* de la naturaleza y es *de* la naturaleza, tanto en el sentido en que su objeto es alguna parte del medio ambiente natural, como en el sentido de que su sujeto es también un organismo natural. Esto lo conduce en cierto momento a definir su método como empirismo naturalista y como naturalismo empirista.

En la crítica al concepto de arco reflejo en psicología, de 1896, rechazará la dicotomía entre estímulo y respuesta, y entenderá los procesos cognitivos como una transacción organismo-medio ambiente. La cognición tendrá entonces una función adaptativa en el sentido de la supervivencia. En el caso del ser humano, ese centauro

ontológico al que se refiere Ortega en su *Meditación de la técnica*, la cultura aparece como una ‘segunda naturaleza’ que le permitirá eventualmente no sólo sobrevivir sino, más específicamente, bienvivir, o por lo menos intentarlo.

Puede decirse entonces que para Dewey nada hay más práctico que una buena teoría filosófica. Pensó siempre al pragmatismo, y a su versión instrumentalista o experimentalista, como parte de un movimiento más amplio y general de permanente reconstrucción intelectual cuyo impulso inicial habría sido *El origen de las especies*; una constante reconstrucción no sólo en las ciencias, sino también en la filosofía, la moral, y la política. Un proyecto, en todo caso, no sólo para sobrevivir, sino fundamentalmente para bienvivir, es decir, para el crecimiento de la libertad humana. La cultura aparece en Dewey como la respuesta a la pregunta socrática: ¿cómo se ha de vivir? La propuesta de reconstrucción de Dewey consistirá en que esa crítica de la cultura y de la filosofía que ha de ser llevada a cabo por la filosofía misma, comience por reconstruir los objetos y métodos de ésta, a imagen y semejanza de los objetos y métodos de la ciencia.

En resumen, la idea seminalmente darwinista de *transacción* constituye el eje a través del cual se edifica el experimentalismo como versión naturalista del pragmatismo, permitiendo afirmar una influencia nodal de la biología evolucionista en el pensamiento de Dewey, cosa que anima a explorar y ampliar esa influencia sobre el resto de la filosofía en su necesidad de reconstrucción permanente.

La principal influencia de Darwin -vía Dewey- sobre la filosofía es verla como una crítica de la cultura. Siendo la filosofía una parte de la cultura, esa influencia, tal como la plantea y desarrolla Dewey, radica en considerarla como objeto de su propia crítica, como metafilosofía, para, entonces, reconstruirla y adaptarla a las condiciones históricas de cada momento. El rechazo darwinista a la concepción eidética de las especies tendría así su correlato filosófico -claramente visible en la obra de Dewey- en el rechazo a la metafísica y a la búsqueda de la certeza. El ensayo y error que ocurre en la naturaleza por los mecanismos de variación y selección tendría su análogo filosófico y práctico en el experimentalismo de su *Teoría de la valoración*, es decir, en la capacidad de formular y elegir fines para la conducción de una práctica, y la inteligencia para decidir cuales de sus resultados aceptar o rechazar y, así, elegir o seleccionar entre esos resultados, prácticas y valores asociados. La libertad sería el baremo

experimentalista para evaluar toda respuesta particular a la pregunta sobre cómo se haya de vivir, conduciéndonos a la ética pragmatista, tema que, aunque muy importante, no podremos tocar aquí, al menos por el momento.

# PARA UN ANÁLISIS FILOSÓFICO DE LA BIOLOGÍA SINTÉTICA

JORDI MAISO

(CCHS-CSIC) (España)

[jordi.maiso@cchs.csic.es](mailto:jordi.maiso@cchs.csic.es)

LA BIOLOGÍA SINTÉTICA (EN ADELANTE BS) combina conocimientos de la biología y principios de la ingeniería para fabricar componentes biológicos que no existen en la naturaleza o para re-diseñar y modificar sistemas biológicos ya existentes. Su objetivo último sería la industrialización de sus productos.

Ante todo se impone distinguir la BS de la ingeniería genética: su propósito no es tanto recombinar la información genética, sino de re-escribirla. La técnica de síntesis artificial de ADN es cada vez más barata y sencilla, y posibilita producir sintéticamente genomas enteros, pero también diseñar circuitos biológicos basados en el ADN; es decir, pequeñas secuencias de genes con una función precisa que pueden ser implementadas en un organismo para que lleven a cabo determinadas tareas “programadas genéticamente” (p.e. producir una determinada proteína o desactivar una función celular).

La BS parte de la asunción de que es posible diseñar sistemas biológicos complejos del mismo modo en que se diseñan máquinas y artefactos técnicos. Se trata de una visión mecanicista, en la que el ADN sería el *software* que instruye al *hardware* del organismo vivo (a su maquinaria celular) cómo crecer, funcionar y desarrollarse, y por tanto el organismo podría ser “re-programado” de forma intencional. La modificación y el control de los genes reguladores posibilitarían reestructurar procesos moleculares dentro de las células y entre éstas, transformando su comportamiento y su lógica funcional de acuerdo con un diseño –hasta dar lugar a sistemas computacionales complejos de carácter biológico, como organismos provistos de un chip que les programa para reaccionar ante determinados escenarios. La biología pasaría así a

convertirse en una disciplina de ingeniería. Esto permitiría rebasar los límites de las formas de vida existentes para crear vida “hecha a medida”, lo cual abriría un enorme campo de expansión para el desarrollo de biotecnologías.

Este *paper* presenta el programa de trabajo de un equipo de filósofos con base en el CCHS-CSIC en el proyecto europeo sobre biología sintética St-flow, que se encuadra en el FP7 de la UE.

### **1. St-flow: hacia la ingeniería biológica**

El proyecto St-flow aspira a sentar las bases para que la ingeniería de organismos vivos deje de ser una analogía y pase a convertirse en un método. Su objetivo es que la implementación de funciones programadas genéticamente pueda funcionar con un nivel de robustez y predictibilidad hasta ahora impensable.

Con este propósito, el proyecto tiene dos grandes objetivos:

Estandarización de los “módulos de construcción” para el ensamblaje físico de secuencias de ADN, concebidas como las piezas de un Lego biológico que codifican determinadas funciones genéticas. La estandarización es clave para que la BS se convierta en una disciplina de ingeniería: permite crear “cajas de herramientas” en las que los diferentes elementos puedan ser re-utilizados, re-combinados o intercambiados, facilitando el establecimiento de sistemas jerárquicos de partes estandarizadas funcionales compartidas por toda la comunidad *synbio*.

Ortogonalización: permite que los diferentes circuitos implementados en un organismo no interfieran entre sí ni afecten al resto de funciones celulares, eliminando interacciones no deseadas y previendo posibles reacciones y evoluciones. La ortogonalización permite por tanto contener los riesgos de la ingeniería aplicada a la biología. La cuestión de si es posible aplicar este principio a organismos vivos sigue siendo controversa para muchos biólogos.

De esta manera, St-Flow pretende sentar los fundamentos de una ingeniería de organismos vivos que permitiría el paso a una “bio-economía basada en el conocimiento” (KBBE). Entre los principales intereses destaca la tentativa de convertir a los microorganismos en “fábricas vivas”: lo mismo que la levadura produce etanol a partir del azúcar de caña, la ingeniería de sistemas biológicos aspiraría a “programar” microorganismos para que produzcan sustancias que no producirían de forma natural,

generando productos con una aplicación inmediata en la nueva bio-economía. Entre sus posibles aplicaciones se promete una nueva generación de fuentes energéticas y biocarburantes, agentes descontaminantes, avances para la industria agroalimentaria, la química industrial, la biomedicina y la farmacia. Por ello hay quien vaticina una “nueva revolución industrial” que podría reemplazar los recursos fósiles y minerales por el uso de materias biológicas, y no falta quien afirma que estas innovaciones podrían ser decisivas para detener el cambio climático. Otros son más pragmáticos: “Las interesantes posibilidades económicas son el aumento de la productividad, la obtención de nuevos productos, la aceleración de los tiempos de desarrollo mediante la estandarización de módulos biológicos y el establecimiento de nuevos conceptos de producción”.<sup>1</sup>

Pero la BS comporta también potenciales nocivos, sobre todo porque exigiría cantidades ingentes de biomasa, lo cual podría acarrear consecuencias nefastas para la biosfera y para la distribución de recursos a nivel global. Además la investigación se desarrolla muy rápido, y el paso del laboratorio a la comercialización es casi inmediato. Por ello grupos de la sociedad civil insisten en establecer responsabilidades ante posibles daños ambientales y de salud pública y en la necesidad de regirse por el principio de precaución y de prohibir toda intervención para cambiar la dotación genética humana. Asimismo exigen información sobre riesgos y promover la participación de la población en la toma de decisiones, señalando también la urgencia de crear regulaciones específicas para BS.<sup>2</sup>

## 2. Planteamiento de trabajo

La BS suscita cuestiones éticas y filosóficas que están comenzando a ser analizadas, pero la discusión está todavía en una fase inicial. No hay una unidad de criterios sobre si comporta problemas específicos o simplemente relanza las cuestiones ya planteadas por el desarrollo de la ingeniería genética, las técnicas de clonación, reprogramación celular y las nanotecnologías –lo cual implicaría que no es necesaria una ética específica de BS.

---

<sup>1</sup> DFG/Acatech/Wiley-VCH/Leopoldina: *Synthetische Biologie. Stellungnahme*, Weinheim, 2009, 27.

<sup>2</sup> *The Principles for the Oversight of Synthetic Biology*: <http://www.foe.org/projects/food-and-technology/blog/2012-03-global-coalition-calls-oversight-synthetic-biology>

Pero la cuestión es dirimir qué se entiende exactamente por ética de la BS. Algunos científicos consideran que ésta se referiría exclusivamente a gestionar las resistencias que este tipo de investigación genera en la opinión pública; otros la reducen a cuestiones de gobernanza. Sistemáticamente se señala que la BS no sólo comporta “nuevas oportunidades”, sino también “riesgos”, y se intenta ver cómo equilibrar los dos platillos de la balanza. Pero ¿bastaría analizar el uso y las consecuencias de los organismos sintéticos –es decir, una ética consecuencialista que tendría que guiarse por el principio de precaución y la asesoría del riesgo en cada caso concreto– o habría que articular una ética de principios? Si bien no se puede dejar de lado el análisis del riesgo y la gobernabilidad, éstas no pueden sustituir una reflexión de mayor alcance.

Creemos que, al plantear como objetivo la ingeniería de sistemas biológicos, la BS nos sitúa ante un escenario nuevo, que plantea problemas ético-filosóficos específicos. Su investigación aspira a un control extremo sobre los organismos sintéticos (desde su creación “a la carta” hasta el perfecto control de su posterior desarrollo, tipificado en las consignas de “robustez” y “predictibilidad”). Pese a que sus planteamientos no impliquen una ruptura con técnicas precedentes, sí que implican un salto cualitativo, que no puede concebirse al margen del marco socio-económico.<sup>3</sup> Por ello creemos que responder a los retos ético-políticos que plantea la BS requiere una reflexión sobre sus presupuestos.

Lo que está en juego es una transformación de la relación del ser humano con la naturaleza y con lo viviente a partir de una determinada concepción de la vida.<sup>4</sup> De hecho, es aquí donde se revela el verdadero impacto filosófico-antropológico de la BS. Y es que, pese a que de momento aspire tan sólo a una ingeniería de bacterias y microorganismos, su modelo de intervención tiene implicaciones de largo alcance. Por ello centramos nuestro trabajo en dos grandes ejes temáticos:

*a) Supuestos filosóficos y biológicos de la BS:*

Con todas las dificultades y controversia en torno a la definición de vida,<sup>5</sup> ¿se la puede reducir unilateralmente a información y replicación? ¿No se desdibujan así los confines que distinguían a los organismos vivos de los autómatas y las máquinas? Si la

---

<sup>3</sup> B. Bensaude-Vincent/D. Benoit-Browaey: *Fabriquer la vie*, Paris, 2011.

<sup>4</sup> N. Rose: *The Politics of Life Itself*, Princeton, 2007.

<sup>5</sup> A. Diéguez: *La vida bajo escrutinio*, Barcelona 2012, 23 ss.

ingeniería biológica robusta lograra producir organismos totalmente predecibles, diseñados para actuar como artefactos técnicos, ¿podrían considerarse vida?

Su perspectiva determinista y geneticista, ¿es compatible con los avances recientes en biología evolutiva del desarrollo? Los genes reguladores, ¿pueden controlarse hasta el punto de dar lugar a una ingeniería robusta y predecible? La creciente importancia de la epigenética parece desmentir esta pretensión, así como la de “superar el contexto biológico”. ¿No incurre la BS en un reduccionismo geneticista que hoy resulta problemático?<sup>6</sup>

El planteamiento de su ingeniería de sistemas biológicos parece regresar a planteamientos de un mecanicismo casi cartesiano. ¿No reproduce de nuevo los antiguos modelos dualistas de dominio del espíritu sobre la materia y de la información sobre la estructura? ¿No sería más adecuada una comprensión de la vida más cercana al modelo de la autopoiesis y la autonomía?<sup>7</sup>

Desde el punto de vista ético, esta ingeniería que aspira a manufacturar organismos “a la carta”, ¿no supone un salto cualitativo en la intervención y la apropiación de la vida con criterios instrumentales? ¿Cómo se justifica la legitimidad de este propósito? La relación con lo viviente no cambia sólo a nivel de concepciones, sino de praxis. ¿Qué consecuencias tiene esta comprensión de lo viviente para el ser humano?

#### *b) Implicaciones tecnológicas y sociales:*

Algunos científicos señalan que la BS supone un punto de inflexión en la lógica evolutiva: podría comportar el fin del modelo darwiniano, basado en el lento y azaroso proceso de selección natural, para permitir al ser humano dirigir y orientar el destino de la evolución.<sup>8</sup> Este planteamiento, ¿no abre las puertas a una ingeniería social? La tentativa de la BS de presentarse como respuesta al cambio climático, la contaminación y el hambre, ¿no impone un modelo tecnocrático de gobierno de lo social, que responde a problemas socio-económicos con respuestas de ciencias naturales? Los avances en BS,

---

<sup>6</sup> J. Schummer: *Das Gotteshandwerk*, Frankfurt a.M., 2011.

<sup>7</sup> A. Brenner: *Leben*, Leipzig, 2009; K. Ruiz-Mirazo/A. Moreno: “Basic Autonomy as a fundamental step in the synthesis of life”, *Artificial Life* 10 (3), 235-259.

<sup>8</sup> M. Schmidt: “Xenobiologie”, en Boldt/Müller/Maio (eds.): *Leben Schaffen*, Paderborn, 2012, 75 y A. Moya: *Naturaleza y futuro del hombre*, Madrid, 2011.

que se presentan como un crecimiento del dominio del ser humano sobre la naturaleza, ¿no implicarán la imposición de un modelo inexorable de desarrollo tecno-científico?

Por su parte, la aplicación terapéutica de organismos sintéticos podría abrir la puerta al mejoramiento biológico de los seres humanos. En 2008, John Harris vaticinaba que para finales de este siglo podría imponerse un modelo de *enhancement evolution* capaz de “darnos poderes sin precedentes”, incluso de reemplazar la humanidad por algo “mejor”. ¿Podría la BS converger con los fines del transhumanismo?

La BS asume que la naturaleza es infinitamente dúctil y maleable, que no ofrece límites para su re-funcionalización.<sup>9</sup> En momentos de crisis, sus promesas de valorización parecen anteponerse a cualquier otra consideración. Pero la nueva bioeconomía, ¿no exige también nuevas cotas de responsabilidad? ¿Quién se hace cargo de la evolución y reproducción de los organismos sintéticos? ¿Cómo contrarrestar los costes de la expropiación de biomasa para grandes estratos de población? La estandarización en BS, ¿no impondrá el liderazgo de quienes patenten los standards, acrecentando desigualdades también a nivel científico-industrial? El modelo tecnomimético en BS, ¿es el único posible? ¿No cabría una alternativa que aprendiera de las soluciones ya existentes en la naturaleza, resultado de la evolución?<sup>10</sup>

En definitiva, no basta contraponer potenciales beneficios y riesgos de la BS, sino que hay que considerar para quién son los beneficios y quién cargará con las eventuales consecuencias de los riesgos. La exigencia de innovación no debería frenar toda reflexión sobre, y esto exige pensar a largo plazo, teniendo en cuenta el impacto de la BS sobre las relaciones que establecemos con lo viviente a nivel económico, de utilidad, simbólico y social.

---

<sup>9</sup> J. Boldt/O. Müller: “Newtons of the leaves of grass”, *Nature biotechnology* 26, 2008, 388.

<sup>10</sup> J. Benyus: *Biomímesis*, Barcelona, 2012.

# ENTRE EL PAVO REAL Y LOS BONOBOBOS. REFUTACIONES E HIPÓTESIS *AD HOC* EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA TEORÍA DE LA SELECCIÓN SEXUAL

ANA SÁNCHEZ

*Institut Universitari d'Estudis de la Dona,*

*Universitat de València (España)*

[Ana.Sanchez@uv.es](mailto:Ana.Sanchez@uv.es)

## **1. ...del pavo real**

EL RELATO COMENZÓ POR EL ASOMBRO que le suscitaban a Darwin los dimorfismos sexuales. Para explicar la existencia de determinadas características anatómicas que no tenían significado en términos de supervivencia propuso la teoría de la selección sexual que establece que la competencia por la pareja tiene alcance evolutivo. En *El origen de las especies* Darwin sugirió que las hembras de las especies animales se aparearían con machos que exhibieran colores brillantes, enormes astas, etc. El postulado darwiniano se resumía así: *los machos de las especies compiten y las hembras eligen*. Todo ello tenía un trasfondo evolutivo que Darwin planteaba en forma de leyes. La cuestión es que tales leyes evolucionistas no son deterministas y que Darwin fue consciente de su complejidad. Pese a ello, en el s.XX, con el auge de la Sociobiología (Wilson, Bateman, Trivers, Dawkins, etc.), que complementaba a Darwin con la biología molecular, prevaleció el paradigma reduccionista/determinista.

El debate sobre la selección sexual tiene su origen en el dimorfismo sexual que se caracterizaba por tres elementos:

- anisogamia
- dimorfismo de órganos sexuales internos y externos, tamaño, pilosidad, voz, etc.

- comportamientos típicos de sexo.

Trivers propuso la noción de inversión parental (*parental investment*) para describir las diferencias de comportamiento que se observaban. Esta noción amplía la idea de éxito reproductivo de Bateman para incluir el cuidado de la prole: “La relativa inversión parental de los sexos en sus crías es la variable clave que controla la operación de la selección sexual” (p.173). Se dan, no obstante, tres posibilidades combinatorias:

- a) mayor inversión parental de la hembra: el macho competiría y la hembra elegiría;
- b) semejante inversión parental: conllevaría conductas de apareamiento similares;
- c) mayor inversión parental del macho: la hembra sería competitiva y el macho elegiría

La cuestión es que se dio por supuesto que la norma era la competición de los machos y la elección de la hembra. Tal es así que para describir la tercera posibilidad se habla de “sex-role reversal” (Clutton-Brock y Vincent).

Recordemos, siguiendo a Joan Roughgarden, que en biología “sexo” significa simplemente mezcla de genes en el proceso reproductivo. Y añadamos que, en los modelos deterministas esta categoría biológica es trasladada a lo social: este salto de lo biológico a lo social es sin duda un error epistemológico que ella denomina *esencialismo*. Tal vez sea preferible el término *naturalismo* para denotar la reducción de un análisis necesariamente transdisciplinar (Morin) en los humanos –antropo, socio, psico, histórico, biológico– a la sola categoría biológica. Esta intención de someter lo biológico a las leyes de la naturaleza está sin duda en la base de la intención universalizada de la teoría de la selección sexual. Según esta reducción “femenino” significa producir gametos grandes y escasos y “masculino” gametos pequeños y abundantes: como hemos dicho, la anisogamia se convirtió en una de las claves explicativas de las conductas de apareamiento y crianza para los sociobiólogos. Y con el consiguiente salto de gametos a conductas y, más allá, a aptitudes y capacidades diferenciales en mujeres y varones.

## 2. ...a los bonobos

*La universalidad y validez de esta teoría en el propio reino animal: de cómo explicarla diversidad.* La homosexualidad de muchas especies animales, el pene de las hienas hembras de Tanzania son observaciones que refutan la teoría de la selección sexual. Joan Roughgarden, bióloga evolucionista de la Universidad de Stanford, afirma que esta teoría no alcanza a explicar la diversidad del reino animal: existen más de 3000 especies de vertebrados que tienen órganos sexuales masculinos y femeninos, otros cambian de sexo, otros experimentan variaciones de sexo y de género... Joan Roughgarden considera que la teoría de la selección sexual, en su afán universalizador tiene dificultad en explicar la *diversidad tanto en la expresión del sexo cuanto la del género*. En el reino animal encontramos muchos contraejemplos de cambio de sexo, así como de animales con más de dos géneros. La causa de estos hechos podría ser explicada por la epigenética, de nuevo por una concepción menos rígida y determinista del modelo dominante en genética. Curiosamente, la diversidad que hallamos en el reino animal, al no adecuarse al modelo darwiniano, se considera anomalía: “en biología molecular y en medicina la diversidad se patologiza”. Al considerar que la teoría de la selección sexual ha sido falsada por los hechos de la diversidad esta autora contrapone una teoría de la selección social que, lejos de abandonar el paradigma evolucionista plantea un enfoque evolucionista de la conducta social. Disponemos de muchos contraejemplos de diversidad que se alejan de la norma monogámica/heterosexual:

### *Especies con múltiples géneros:*

- Rana catebeiana: 2 tipos de macho (de mayor y menor tamaño) y una hembra que se aparea con ambos tipos de macho
- pez luna: 3 tipos de macho y una hembra
- gorriones albicolli: 2 tipos de macho y 2 de hembras (muestran dos colores de franjas –blancas y marrones- siendo los y las de franjas blancas más agresivos
- lagarto utastransburriana: 3 tipos de macho y 2 de hembra. Muestran 3 (los machos) y 2 (las hembras) colores diferentes en la garganta. Machos y hembras naranjas son más agresivos y machos y hembras de garganta amarilla son más tolerantes.

*Monogamia*: el sesgo descriptivo resulta interesante con la monogamia: el 10% de las aves son descritas como monógamas y el 90% de los mamíferos como polígamos: aquí la proyección consiste en no distinguir entre *monogamia doméstica y reproductiva*, es decir que formar una unidad doméstica no conlleva tener intercambios sexuales únicamente con la pareja doméstica.

*Hermafroditismo*: en percebes, caracoles, estrella de mar, anémonas, etc. Joan Roughgarden nos propone una inversión conceptual: teniendo en cuenta que es una forma de vida con éxito para muchas especies, el hermafroditismo sería la norma original. Al contrario, lo que tendríamos que preguntarnos es porqué organismos con movilidad y terrestres favorecen sexos separados en cuerpos separados.

*Cambio de sexo*: sabemos que hay hembras que devienen machos y viceversa; peces que son hembras y machos al mismo tiempo; en otros se pasa de macho a hembra y, después, de hembra a macho (*crisscrossing*).

En fin se ha descrito hermafroditismo secuencial, simultáneo, alternativo.

*Homosexualidad*: ¿Cómo compaginar la teoría de la selección sexual con las conductas homosexuales, dado que el apareamiento, según Darwin, tiene un fin: transmitir espermia con la finalidad de tener descendencia (y según la sociobiología del s. XX, transmitir los genes a las siguientes generaciones)? Pensemos en nuestros cercanos primates, como los macacos japonés, ampliamente estudiados (Vasey y Gautier). Un intento de explicación consiste en decir que la homosexualidad no tiene significado evolutivo pero, como es inocua no ha desaparecido en el curso de la evolución. A esta explicación *neutralista* (simplemente da placer) responde Joan Roughgarden con una propuesta adaptacionista: hay que mantener el dictum de que casi todas las conductas y rasgos benefician a los organismos. Dentro de su propuesta de una teoría de la selección social la homosexualidad sería un rasgo social incluyente.

*Primates*: Pensemos ahora en nuestros ancestros más cercanos: la primatología es una disciplina muy sesgada por la inclusión del sujeto observador en el objeto de investigación. La conducta de los primates se utiliza para reflexionar sobre la humana,

así como de línea divisoria para caracterizar esta última: los primates son situados en ese punto de inflexión entre animalidad y homo sapiens. Reforzadas ahora las semejanzas debido al conocimiento actual de su proximidad genética, analogías y procesos de empatía resultan inevitables. La conducta de los primates sirve para “explicar” la de los humanos. Y, sin embargo, su organización social y, en lo que nos ocupa, sus conductas de apareamiento son bien distintas entre unas especies y otras. Es interesante remarcar qué especie se elige para analogizar con los humanos: sociobiólogos como Barash prefieren los babuinos para remarcar las conductas agresivas e incluso violadoras por parte de los machos. Los chimpancés machos son tremendamente agresivos con las hembras, mientras que en la sociedad bonobos el intercambio sexual parece resolver conflictos... Qué hacemos pues con los bonobos. Parecen refutar toda posible predicción hecha desde la teoría de la selección sexual.

Volviendo a Rogharden: la observación de la conducta de los bonobos le sirve para defender el uso social de la sexualidad: algunos datos: las hembras son receptivas casi siempre; 1/3 de los apareamientos son cara a cara; se dan relaciones sexuales hembra-hembra y macho-macho.

Seis situaciones muestran según esta autora el sentido social del sexo (149)

1. Los cuerpos no se conforman a un modelo binario
2. Los géneros no se conforman a un modelo binario
3. Los roles de sexo son reversibles
4. El esperma no es tan barato
5. Las hembras no eligen “grandes genes”
6. El tamaño de la familia se negocia. No se tiende siempre al máximo éxito reproductivo
7. El engaño social no está demostrado
8. La sexualidad dentro de un mismo sexo es común
9. El intercambio sexual no se produce primariamente para transferir esperma
10. Las características sexuales secundarias no son simplemente en razón del encuentro heterosexual.

*La aplicación de la teoría de la selección sexual a los humanos* intenta explicar los comportamientos típicos de sexo relativos a las conductas de apareamiento y posterior crianza de los vástagos. El salto epistemológico fundamental es la correlación que se establece entre (a) las supuestamente universales conductas de apareamiento: los machos compiten, las hembras eligen y (b) la fijación de habilidades y capacidades diferenciales propias de cada sexo. Ya el mismo Darwin fijó determinismos acerca de las facultades intelectuales: decía en *El Origen del Hombre*, p., 468: “Las facultades más altas de la imaginación y la razón se han desarrollado en el hombre... en parte por la selección sexual, es decir por la concurrencia con otros machos rivales y en parte por la selección natural, es decir por el éxito en la lucha por la existencia... El hombre concluyó por ser superior a la mujer”.

Darwin ya fue “contestado” en 1875 por Antoniette Blakcwell, pero fue mediado el siglo pasado cuando la querrela se amplió en parte como consecuencia del auge de la Sociobiología. Y ello, no sólo por causas teóricas, sino político/sociales. La emergente teoría feminista necesariamente tenía que cuestionar las consecuencias de esta teoría cuando se la interpreta de forma determinista. Biólogas (Ruth Bleier, Anne F. Sterling), primatólogas (Sandra Hrdy, Nancy M. Tanner, Donna Haraway, etc.) han entrado en el debate. Y también Lewontin y S.G.Gould, que se posicionaron frente a postulados deterministas de la sociobiología. ¿Existen diferencias genético-evolutivas ineludibles entre hombres y mujeres? Como decía Hrdy, dado que el protagonista del relato evolutivo había sido el hombre –no olvidemos la creencia en que la superioridad intelectual del hombre se había originado en la presión selectiva de la caza–, *la mujer nunca evolucionó*.

*La génesis del relato*: Mayr, Browne, y tantas y tantos otros han enfatizado la influencia de la sociedad victoriana en la gestación de las teorías darwinianas. En aquel momento, la herencia era un fuerte principio de organización social, Y las conductas típicas de sexo eran la pasividad y recato de las mujeres y la promiscuidad y actividad de los hombres. La cuestión es cómo sobrevive el relato a lo largo de siglo y medio y por qué los cambios acaecidos en la organización social –el lento acceso de las mujeres a la igualdad– siguen conviviendo con explicaciones fijistas de las conductas de hombres y mujeres: en este tipo de explicación se confunde la existencia de diferencias en roles atribuidos a mujeres y hombres en nuestra sociedad con su inevitabilidad

genético/evolutiva. Aunque casi nadie niega la interrelación naturaleza/cultura, existe una grave tendencia a considerar los hechos sociales como inevitablemente “naturales”. Famosísimas autoras como Helen Fisher (*Anatomy of Love*), o Joan Brizendine (*El cerebro femenino*) son ejemplo de ello.

Así que no da cuenta de la variabilidad en animales, aunque tampoco en humanos: esta perspectiva es patriarcal (por la primacía del macho), monogámica (por basarse en última instancia en las reglas del matrimonio occidental) y heterocéntrica. Al fundamentar los encuentros sexuales en cuestiones reproductivos (anisogamia) olvida el complejo entramado cultural, emocional y biológico (desde luego) que acompaña a estas conductas. Y no alcanza a explicar la homosexualidad, transexualidad, intersexualidad

La biología no es sino uno más de los factores que, interactivamente, modelan la conducta humana. A la manera moriniana propondré un bucle explicativo: Cerebro/consciencia/cultura/biología

Las concepciones biologicistas hacen omisión de este complejo entramado al fijar los roles, habilidades y actitudes como algo dado, ajeno al entorno ecológico y sociocultural.

Si el modelo de Darwin fue la sociedad victoriana, ¿cuál es el modelo del siglo XXI?

## BIBLIOGRAFÍA

- Bateman, A.J., (1948), Intrasexual selection in *Drosophila*, *Heredity* 2:349-364
- Browne, Janet (2008). *Charles Darwin. El viaje. Una biografía Vol. I*. Universitat de Valencia.
- (2009) *Charles Darwin. El poder del lugar. Una biografía Vol. II*. Universitat de Valencia.
- Clutton-Brock, T. y Vincent, A.C.J., (1991), Sexual selection and the potencial reproductive rates of male and female, *Nature* 351:58-60
- Dawkins. R., (1979), *El gen egoísta*, Labor, Barcelona
- Gould, S.J., (1984), *La falsa medida del hombre*, A.Bosch, Barcelona

- Haraway, Donna, (1989), *Primate visions*, Routledge, Nueva York
- Hrdy, S.B., (1981), *The woman that never evolved*, Massachusetts, Harvard University Press
- Lewontin, R., Rose, S. y Kamin, J., (1987), *No está en los genes*, Crítica, Barcelona
- Mayr, Ernst (1991) *One Long Argument: Charles Darwin and the Genesis of Modern Evolutionary Thought*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Morin, E. (2003) *El Método V, La identidad humana*, Cátedra, Madrid
- Roughgarden, Joan (2004), *Evolutions's Rainbow. Diversity, Gender and Sexuality in Nature and People*, Univ. of California Press, California
- Sánchez Torres, Ana (1993), El debate sobre la selección sexual: complejidad versus determinismo, *Arbor*, 565: 141-170
- Tanner, N.M., (1981), *On Becoming Human*, Cambridge University Press, Nueva York
- Trivers, R., (1972), Parental Investment and sexual selection, *Sexual Selection and the descent of man*, Aldine, Chicago
- Vasey P. y Gauthier, C., (2000), Skewed sex-ratios and female homosexual activity in Japanese macaques: An experimental analysis, *Primates* 41:17-25
- Wilson, E., (1980), *Sociobiología. La nueva síntesis*. Omega, Barcelona

## EL PAPEL FEMENINO EN LOS PROCESOS DE PATERNIDAD

CELIA OLIVER MORALES

*Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma. Departamento de Ciencias Ambientales, Lerma de Villada, Estado de México (México)*

[celia\\_oliver@hotmail.com](mailto:celia_oliver@hotmail.com)

CARLOS R. CORDERO MACEDO

*Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ecología, Departamento de Ecología Evolutiva, México, DF (México)*

DARWIN, EN SU OBRA *EL ORIGEN DE LAS ESPECIES*, planteó que todos los organismos presentan características que bajo determinadas circunstancias pueden favorecer la supervivencia de éstos. Sin embargo, también observó que dentro de la población se mantienen otras características que ponen en riesgo la supervivencia de los organismos puesto que los vuelven más conspicuos hacia sus depredadores. Además por las cualidades de estas características se pueden asumir costosas. Darwin, para explicar la prevalencia de estas características planteó en 1871 la Teoría de la Selección Sexual. En esta teoría propone que esas características que los hacen más evidentes a sus depredadores también pueden hacerlos más conspicuos al sexo contrario y facilitar la atracción y el acceso a una pareja. La variación de esta misma característica en la población se espera que potencialmente refleje resultados diferenciales en variables reproductivas como el número de hijos que puede tener determinado organismo. Por otro lado, por medio de la Teoría de la Selección Sexual se puede explicar cómo se establecen las diferencias en el tamaño, la forma y la coloración entre los sexos, esto es el dimorfismo sexual.

Para explicar la Teoría de la Selección Sexual Darwin distinguió dos procesos.

A) La selección intrasexual o competencia entre organismos del mismo sexo. En este tipo de selección se establecen enfrentamientos directos cuerpo a cuerpo por

acceder al sexo opuesto y se favorece la evolución de estructuras para excluir como son los espolones en gallinas, astas en los berrendo o mandíbulas desarrolladas en los escarabajos. Generalmente, estas características se presentan en los machos por lo que se conoce como competencia entre machos.

B) La selección intersexual, o elección de la pareja es una interacción en la que organismos del mismo sexo muestran sus atributos para ser elegidos por el sexo contrario. En este tipo de interacciones se favorecen características como cantos de las ranas, colores o bailes de las aves como *Pipra filicauda* o aptitudes para proveer recursos o formación de nidos muy estéticos como en el pájaro *Ptilonorhynchus violaceus*.

Los trabajos sobre conducta sexual realizados desde Darwin hasta antes de los años setentas asumían que una vez obtenida la cópula las hembras ya no eran receptivas a otros machos hasta después de tener a los hijos. Por lo tanto, esos machos automáticamente eran los padres de sus hijos. Además ese macho en el periodo que la hembra esta gestante puede fecundar a otras hembras. Si el éxito reproductivo se mide por el número de hijos que se tienen, las hembras tendrían menor éxito reproductivo que los machos, puesto que ellas presentan un número finito de gametos y los machos al aparearse con varias hembras incrementan las probabilidades de tener más hijos con cada apareamiento. Esta idea cambió en 1970, cuando Parker demostró que las hembras se aparean con más de un macho y dentro de ellas pueden almacenar esperma de los diferentes machos. Esto permitió comprender que la competencia no termina cuando se gana el apareamiento, sino que aún puede continuar dentro de la hembra y la competencia se establece con los gametos de los diferentes machos que se encuentran cerca de los sitios de fecundación. A este proceso se le denominó competencia espermática. Por lo tanto, ya no es suficiente contar el número de cópulas para conocer el éxito reproductivo masculino, sino que hay que estimar el número de óvulos que puede fecundar.

Bajo el marco de selección intra e intersexual (Darwin 1871—enfrentamientos entre machos y elección femenina) y competencia espermática (Parker 1970) se asumía que las hembras no desempeñaban un papel activo en las decisiones acerca de la paternidad y eran consideradas como un reservorio de eyaculado. Sin embargo, se ha encontrado evidencia morfológica, fisiológica y conductual que sugiere manipulación

femenina de la paternidad en los organismos con reproducción interna. Un ejemplo de ello son las modificaciones en las estructuras reproductivas de las hembras, la presencia de macrófagos en el tracto reproductivo, la manipulación en la duración de la cópula o la manipulación del eyaculado durante la cópula.

En 1983 Thornhill planteó que las hembras pueden manipular los resultados de la paternidad al reducir o aumentar el número de hijos de un padre putativo después de cada apareamiento, dependiendo de la “calidad” del macho o machos con los que se han apareado. Él observó una tendencia entre la duración de la cópula y el tamaño de puesta del mecóptero *Harpobittacus nigriceps*. Las puestas de mayor tamaño pertenecían a las hembras que se habían apareado con machos que habían entregado regalos nupciales mayores (*machos superiores o de alta calidad*); los cuales lograban cópulas más largas que aquellas que se habían apareado con los machos que habían entregado regalos nupciales pequeños (*machos inferiores o de baja calidad*). Lo que muestra que las hembras pueden responder diferencialmente a los machos con los que se han apareado o incluso con el que se están apareando. Este tipo de elección de pareja (selección intersexual) postcopulatoria, se realiza dentro de las hembras y es poco conspicua para el observador por lo que se le denominó “elección críptica de la hembra”.

La elección críptica de la hembra puede llevarse a cabo si las hembras favorecen una cópula sobre las otras, por medio de barreras morfológicas, fisiológicas o conductuales que les permiten controlar la entrada de eyaculado, el transporte de éste cerca de los óvulos, inhibir la ovulación o eliminar los óvulos fertilizados por machos de baja calidad, ya sea por digestión o por el movimiento del esperma hacia lugares con mayores probabilidades de ser desplazados durante cópulas posteriores.

En 1985 Eberhard identificó que las hembras pueden evaluar a los machos por las conductas que realizan durante la cópula. Si las pautas conductuales realizadas por los machos durante la cópula pueden promover la fecundación del mayor número de gametos durante la elección postcopulatoria de pareja por parte de las hembras, entonces estas conductas estarían bajo elección críptica.

En este trabajo se expone parte de un estudio en donde se puso a prueba experimentalmente si las pautas conductuales que realizan los machos durante la cópula tienen efecto sobre los siguientes componentes del éxito reproductivo masculino: a) la duración de la cópula, b) la transferencia de eyaculado y c) el control de la hembra

sobre la duración de la cópula. Para la realización de este proyecto se utilizó como sujeto de estudio el heteróptero *Stenomacra marginella*. Esta chinche una vez que alcanza el estado adulto tanto los machos como las hembras pueden aparearse varias veces. Existe un marcado dimorfismo sexual siendo las hembras más grandes (12 a 15 mm) que los machos (9 a 12 mm). El macho en el último segmento caudal presenta un edeago retractil y un par de ganchos de queratina. Las hembras presentan un par de placas que cubren los genitales y en el interior una estructura esférica de queratina que le permite almacenar el esperma (espermoteca). Para iniciar la cópula, los machos abren las placas de las hembras por medio de sus ganchos e introducen el edeago. Una vez que el macho introduce el edago dentro de la hembra se considera que se han acoplado los genitales de la pareja y el macho gira 180° de la hembra quedando en una posición cola-cola. En ese momento consideramos el inicio de la cópula. Los machos durante la cópula y entre cópulas realizan tres tipos de pautas conductuales que se repiten indistintamente (Oliver, 2004; Oliver, 2010). Para dar inicio a cada una de estas pautas el macho levanta una de las patas de su tercer par y a continuación gira hacia la hembra para realizar las siguientes pautas: a) tocar con las patas y antenas la parte dorsal de hembra, b) después de tocar con las patas y antenas la partes dorsal de hembra la sujeta, c) o bien se monta sobre ella. También pueden observarse movimientos en el punto donde se acoplan los genitales del macho y la hembra, estos sugerimos pueden ser por el bombeo del eyaculado o bien estimulación interna por parte del macho. También se ha observado que las hembras con una de sus patas del tercer par pueden jalar hacia ellas a los machos y someterlos bajo ellas hasta concluir la cópula.

En nuestro proyecto se manipuló las pautas conductuales colocando un acetato transparente de 1 x 2 cm entre la hembra y el macho cuando éste comenzaba alguna de las conductas eviando que lograra tocar a la hembra y así ella no pudiera percibir ese tipo de estimulación. Se diseñó un experimento para evaluar cada una de las variables propuestas. En el experimento para evaluar la duración de la cópula se comparó un grupo control al que se le permitió una cópula libre contra un grupo que se evitó el 50% de las pautas y otro en el que se evitó el 100%. En el experimento para evaluar la transferencia de eyaculado se manipuló tanto la duración de la cópula como la frecuencia de las pautas conductuales. En el experimento para determinar la capacidad de las hembras en la duración de la cópula se manipuló la frecuencia de las pautas

conductuales de los machos y se removi6 en las hembras la tibia del tercer par.

Nuestros resultados muestran que a hay una correlaci6n positiva entre la duraci6n de la c6pula y la frecuencia de las pautas conductuales realizadas por los machos ( $F_{(3)} = 10.1$ ,  $p = 0.0006$ ). Por otro lado, se encontr6 diferencias estadisticamente significativas cuando se evalu6 la transferencia de eyaculado a traves del tiempo ( $F = 3.76$ ,  $p = 0.03$ ), pero no por la frecuencia de las pautas conductuales durante la c6pula ( $F = 0.42$ ,  $p = 0.51$ ). Finalmente las hembras si pueden controlar con su tercer par de patas la duraci6n de la c6pula ya que al remover la tibia del tercer par de patas las c6pulas fueron significativamente m6s prolongadas ( $F_{(3)} = 5.6$ ,  $p = 0.0014$ ).

Nuestros resultados en conjunto indican que las pautas conductuales que realizan los machos de *S. marginella* durante la c6pula se pueden considerar como una forma de comunicar la "calidad" de 6stos a las hembras, y ellas puedan evaluarlos durante el apareamiento. Las hembras al controlar la duraci6n de la c6pula de acuerdo con la frecuencia de las pautas conductuales realizadas por los machos durante el apareamiento, controlan la cantidad de eyaculado que les pueden transferir. La variaci6n en la transferencia de eyaculado modifica las probabilidades de fecundaci6n de un macho determinado cuando se establece la competencia esperm6tica, siendo mayor cuando aumenta el tiempo que se mantienen en c6pula. Por lo tanto, los resultados de este trabajo apoyan la hip6tesis que propone que las hembras eligen cr6pticamente.

Para concluir, en este documento no s6lo pretendo aportar datos e informaci6n que contribuyen a robustecer una nueva forma de interpretar parte de la teor6a de la selecci6n sexual, sino tambi6n en mostrar c6mo los prejuicios sociales influyen en el 6mbito cient6fico. 6mbito en donde se ostenta a la imparcialidad y ecuanimidad para explicar la realidad que nos rodea. Por lo tanto cabe preguntarnos ¿c6mo podemos ser objetivos al interpretar un fen6meno?

## **Sección B**

### **Autoorganización, complejidad e información**

# AUTOPOIESIS Y COMPLEJIDAD: ORDEN Y CAOS EN LOS SERES VIVOS

CARMEN ALLENDES GONZÁLEZ

*Periodista, Master en Comunicación Social, DEA UV (España)*

[Carmen.allendes@yahoo.es](mailto:Carmen.allendes@yahoo.es)

SIN DUDA EL TÍTULO ES AMBICIOSO y su desarrollo daría para un trabajo extenso en profundidad y cantidad de páginas para abordarlo de manera cabal. Ahora sólo trazo pinceladas de un tema apasionante que voy conociendo en los últimos años al acercarme a la Filosofía de la Ciencia desde una disciplina distinta, pero que se caracteriza por la curiosidad, como es el periodismo.

## **1. Lo Vivo**

Qué es lo propiamente vivo, qué permite hacer la distinción que lo reconozca como tal. Qué criterios definen lo vivo. A lo largo de la historia los exponentes de la biología han propuesto varios criterios para distinguir lo vivo; el movimiento, la composición química, la capacidad de reproducción, la mezcla de estos criterios, entre otros.

Como respuesta a dichas interrogantes los biólogos chilenos Humberto Maturana y Francisco Varela plantean a principios de los años setenta que lo que distingue a un ser vivo es su organización, que “son aquellas relaciones que tienen que existir o tienen que darse para que ese algo sea” (1996:36), pero esta organización tiene una particularidad, y es que los seres vivos se producen continuamente a sí mismos, motivo por el que la llaman *organización autopoietica*.

Y explican: esta organización se centra en el nivel primario, el nivel celular. Los componentes moleculares de una unidad discreta como la célula están dinámicamente relacionados en una continua red de interacciones, cuyas transformaciones químicas se conocen como metabolismo celular. Metabolismo que genera componentes que integran la misma red que los produjo, conformando algunos un borde o membrana que participa

en las transformaciones y limita la extensión de esta red. Así utilizan información del entorno para realizar modificaciones, conservando las estructuras y procesos fundamentales.

Subrayan Maturana y Varela que el atributo 'vivo' se refiere a dicho proceso y no a las materialidades ni propiedades. La idea es que la descripción de éste proceso sea a nivel específico y universal, de modo tal que permita reconocer los sistemas vivos como una clase, sin una referencia esencial de los componentes materiales, con estructuras distintas, pero iguales en cuanto a organización.

En el devenir histórico algunas especies moleculares lograron constituirse en organizaciones autopoieticas originando estructuras de las que nosotros mismos provenimos.

El sistema autopoietico se constituye distinto del medio circundante por su dinámica y límites propios, siendo por esto unidades autónomas. La propuesta conceptual fue que el mecanismo que hace de los seres vivos sistemas autónomos es la autopoiesis que los caracteriza como tales y que lo particular es que su único producto son ellos mismos, donde no hay separación entre productor y producto. Entonces, el ser y el hacer resultan inseparables y esto constituye la manera específica de organización de las unidades autopoieticas.

Es así como manifiestan que para comprender la autonomía del ser vivo se debe comprender la organización que lo define como unidad y que a través del operar del sistema –interdependencia del metabolismo y la estructura celular– se genera toda la fenomenología.

## **2. Orden y Azar**

La teoría determinista y la teoría del caos representan los modelos teóricos imperantes en el siglo XX. La primera, con la concepción de que el universo funciona como un reloj acorde a leyes inexorables cuyo conocimiento permitiría predecir el devenir, no acepta el azar sino el desconocimiento de las causas naturales. Por su parte, el paradigma del caos propone que la realidad contiene ciclos sucesivos de orden, desorden, emergencia de una autoorganización (endógena) que permite que del caos nazca un nuevo orden, nuevas estructuras llamadas disipativas, por la liberación de energía que realizan de un cambio a otro, por lo que se aleja del equilibrio mediante una

serie de bifurcaciones. “En esos puntos pueden producirse espontáneamente estados de orden, en el sentido de la probabilidad de los estados en que se encuentra el sistema, aunque la entropía total de este último continúe aumentando, lo cual no significa un incremento en desorden, sino que los estados de orden y desorden convergen en una danza de creación simultánea, conocida como intermitencia” (Pichín, Fariñas, Miyares 2004: 8). Acepta la probabilidad y el determinismo.

El estado caótico aparece en sistemas dinámicos no lineales, sujetos a cambios y movimientos constantes, llamado también caos determinista y que es propio de los seres vivos. De hecho, un sistema dinámico se define por el cambio de las variables que lo determinan en relación al tiempo. “La no linealidad es realmente la causa por la que cambios ínfimos en algunas variables de estado de un sistema, llegan a producir efectos desproporcionados en otras. Ese proceso de amplificación desmesurado se genera en los bucles de realimentación propios de la no linealidad” (Roldán 1999: 80). Vale decir, precisa el profesor argentino Pablo Cazau, “circuitos circulares; circuitos que empiezan y terminan en sí mismos, y que por ello a veces reciben también el nombre de ‘bucles’”.

Un sistema autopoietico está organizado o definido como unidad, en la que operan procesos de producción, síntesis y destrucción de componentes, de manera tal que estos componentes continuamente se regeneran y realizan la red que los produce, constituyendo el sistema como una unidad distinguible en el dominio en que existen.

Es así como el reconocimiento de esta interconexión e interdependencia no lineal entre los sistemas otorgó una nueva visión de la complejidad de la realidad a través de la teoría del caos, alejándose del análisis cuantitativo para focalizar la atención en las relaciones funcionales que conforman los patrones sistémicos o de organización que fundamentan el proceso de interacción entre los elementos que componen la red.

Por lo mismo, dice Roldán, algunos científicos prefieren utilizar el término ‘complejidad’ en vez de ‘caos’. Henri Atlan define la complejidad como un desorden aparente donde se tienen razones para suponer un orden oculto; o también, como un orden cuyo código no se conoce (Atlan, 1990: 82). “Implica –continúa Roldán– que sobre ella se tenga al mismo tiempo una percepción global, por un lado, y por otro la sensación de que no se domina en sus detalles. Por ello se la mide por la información que no se posee y que sería necesaria para especificar el sistema en todos sus detalles”. Y aquí es clave el término ‘información’, dado que una situación u objeto es complejo

si la información es difícil de obtener. Para Edgar Morin, el sistema es la unidad de complejidad, el concepto complejo de base bajo el que se desarrollan los fenómenos organizados; la diversidad en la unidad, la autonomía de los individuos, las formas de interrelación cada vez más flexibles, los polisistemas cada vez más ricos y emergentes, pero –manifiesta– la complejidad va a desbordar la noción de sistema de modo que cuando se aborde la organización de los seres–máquinas y existentes, sin dejar de ser sistemas son mucho más que sistemas (Morin 2001: 177-178) .

Francisco Varela plantea la idea de Bio-lógica como la caracterización del sistema autopoietico, debido a que la comprensión de este tipo de organización básica de lo vivo ha sido desarrollada por los avances de la biología celular contemporánea. Y para Jorge Wagensberg el paradigma de la complejidad lo representa la biología.

Resumiendo. El término autopoiesis hace referencia a la relación entre el organismo y su entorno en la que los aspectos de autoconstitución y autonomía son elementos fundamentales de este organismo. Determina así una distinción categorial de lo vivo frente a lo no-vivo, generando la idea de identidad.

Y esa identidad es a sí misma en relación con su entorno, lo que conlleva concebir la complejidad sistémica con la que se halla interrelacionada, lo que lo hace sistemas abiertos, inestables, en permanente evolución. Como entidad distinguible el mecanismo de concatenación de procesos se mantendrá mientras haya perturbaciones que pueda asimilar, permitiéndole mantener su identidad; situación que cambiará si las perturbaciones del entorno superan el nivel de viabilidad necesario para la mantención del sistema. Podríamos hablar de sensibilidad a las condiciones iniciales. Por lo anterior, podemos hacer mención que mientras se mantenga un umbral manejable de perturbaciones la organización contará con una dinámica invariante, dado que le es propio su auto-referencialidad para estar en el tiempo y en el espacio. El punto de bifurcación puede generar la destrucción de la estructura disipativa o pasar a un nuevo orden dependiendo de la estabilidad del intercambio o energía de la perturbación proveniente del entorno.

En este estar, la entidad tiene relación recíproca con el entorno físico-químico a través de sus requerimientos constitutivos. Así el sistema vivo diferenciado de su entorno mantiene al mismo tiempo su acoplamiento con éste, debido a que es por ese mismo contraste que el organismo surge como unidad diferenciada. En ese

acoplamiento dialógico la unidad viva posee un rol activo, ‘determinando’ qué queda fuera de él, vale decir, su entorno.

El definir el resultado de los encuentros –sean estos perturbaciones, acoplamiento, choques– parte desde la significación que tienen para el organismo vivo, en cuanto inciden en sus procesos, otorgándole la posibilidad de manejarse o no con su entorno. Existe, entonces, una “relación indisoluble entre estructura –organismo– y patrón de organización del sistema –red biológica– a partir del intercambio de materia y energía, que lo convierte en un sistema abierto, con las características de estructura disipativa durante las inestabilidades, a lo cual responden todos los seres vivos”. (Pichín, Fariñas, Miyares 2004: 8)

Cabe destacar que la identidad básica o unidad primaria adquiere mayor complejidad con la superposición de mecanismos de reproducción, compartimentalización, dimorfismo sexual, formas de nutrición, simbiosis, entre otros que –sin embargo– pueden no ser intrínsecos a la lógica mínima de lo vivo. La reproducción –por ejemplo– resulta esencial para la viabilidad de lo vivo, pero debe antes existir una identidad para que una unidad se reproduzca, por lo que ésta –la identidad– tiene en este caso una prioridad lógica y ontológica sobre la reproducción. Conviene dejar en claro que la reproducción no es constitutiva de lo vivo y por tanto no forma parte de la organización del ser vivo. “La reproducción no puede ser parte de la organización del ser vivo porque para reproducir algo, *primero* es necesario que ese algo esté constituido como unidad y tenga una organización que lo defina” (Maturana y Varela: 49). De hecho, “la no admisión de reproducción es también un fenómeno muy frecuente en el universo” (*Op.cit:* 55).

Y volvemos al debate coloquial ¿Quién fue primero, el huevo o la gallina?

## REFERENCIAS

ATLAN, Henri. *Entre el cristal y el humo. Ensayo sobre la organización de lo vivo*. Editorial Debate. Madrid. 1990.

MATURANA, Humberto y VARELA, Francisco. *El Árbol del Conocimiento. Las bases biológicas del conocimiento humano*. Editorial Debate. Madrid. 1996. pág. 36

MORIN, Edgar. *El Método. La Naturaleza de la Naturaleza*. Editorial Cátedra. Sexta edición. 1977.

ROLDAN, Ismael. *Caos y Comunicación. La teoría del caos y la comunicación humana*. MERGABLUM. Edición y Comunicación S.L. Sevilla. 1999.

En la red:

CAZAU, Pablo. La teoría del caos. [http://galeon.com/pcazau/artfis\\_caos.htm](http://galeon.com/pcazau/artfis_caos.htm)  
Consultada 07/09/2012.

PICHIN Quesada M de J, FARIÑAS Salas AO, MIYARES Quintana S.M. Los sistemas vivos y las ciencias de las complejidades. Relación entre soma y red biológica (artículo en línea). MEDISAN 2004:8 (3).

[http://bvs.sld.cu/revistas/san/vol8\\_3\\_04/san07304.htm](http://bvs.sld.cu/revistas/san/vol8_3_04/san07304.htm)

Consulta 13/09/2012.

# ANIMAT, UN ANIMAL ARTIFICIAL

ANTONIO BENÍTEZ

*Universidad Complutense de Madrid (España)*

[abenitez@filos.ucm.es](mailto:abenitez@filos.ucm.es)

## 1. Introducción

EN ESTA COMUNICACIÓN PRESENTO ALGUNOS EXPERIMENTOS realizados con el modelo Animat. En dicho modelo es necesario distinguir entre el entorno o el mundo, por un lado, y el autómeta (Animat), por el otro. En estos experimentos, el entorno es siempre el mismo. Lo que cambia, de un experimento a otro, es la estructura y la dinámica del sistema que hemos llamado ‘Animat’. En la primera sección expondré la composición del entorno y en las siguientes la composición de Animat en cada caso.

## 2. Entornos

El Entorno está formado por una matriz de datos de  $f$  filas y  $c$  columnas. En todos los experimentos que estudiaremos, las filas serán 50 y las columnas también 50. En cada posición de la matriz ( $f_i, c_j$ ) hay un objeto.

Cada objeto, excepto Animat, es una instancia o ejemplar de la clase `elemento%`, una subclase de la clase `color%`. Por esto último, cada ejemplar tiene un valor de rojo, verde, azul y de opacidad, es decir, valores R G B O. Además, cada ejemplar tiene otras propiedades: estado, dureza y olor. La propiedad estado se utiliza sólo en un entorno cambiante por computación local (autómetas celulares). Dureza es una propiedad de cada objeto correlativa al receptor sensitivo tacto. Por último, olor es una propiedad cuyo valor es un objeto de la clase `olor%`. A continuación sintetizo estas propiedades y sus posibles valores:

Tabla : Distintos tipos de objetos

nombre	estado	dureza	olor	color
blanco	0	0	olor0	255 255 255 1.0
rojo	1	5	olor0	255 0 0 1.0
verde	2	2	olor2	0 255 0 1.0
azul	3	7	olor0	0 0 255 1.0
negro	4	10	olor0	0 0 0 1.0

De los anteriores tipos de objetos, hay dos (blancos y verdes) que son especiales, y son especiales por las siguientes razones: 1ª, porque sólo con el tipo de objetos blanco es posible intercambiar la posición. Es decir, Animat sólo puede avanzar a una posición donde haya un blanco; 2ª, porque Animat sólo puede comer objetos del tipo verde.

La matriz de datos del Entorno contiene toda la información, incluida la propia de Animat porque es un objeto más del Entorno. Por ello, en cada iteración el Entorno tiene una cierta *configuración*.

Todos los objetos excepto Animat están quietos porque carecen de dinamismo propio (Entorno-0). Animat sí tiene dinamismo propio. Sin embargo, veremos experimentos en que el dinamismo del entorno es distinto (Entorno-celular).

Tanto el intercambio de posiciones de Animat y un blanco como el cambio que implica la desaparición de un verde (sustituido por un blanco) porque es comido no se produce hasta que esta información no se asienta en la matriz de datos.

### 3. Animat del primer experimento

En este experimento Animat está dotado de un receptor sensitivo con el que contacta con el entorno, recibiendo de éste tres estímulos. Estos estímulos son procesados por una red formada por 15 fotorreceptores, cada uno de los cuales producirá una respuesta cuyos valores posibles son 0 o 1. La salida de esta retina es procesada por una red de tres capas del tipo *perceptrón multicapa*. La salida de esta red

es una *orden motora*, que constituye la entrada de los *efectores* de Animat. Los efectores están constituidos por dos tipos de capacidades: una, de cambio de posición; otra, de giro sobre su propio eje con el consiguiente cambio de orientación.

### 3.1. Receptor sensitivo

La retina está formada por fotorreceptores. Cada fotorreceptor es un ejemplar de una clase de nombre fotorreceptor%. Lo característico de esta clase consiste en que cada ejemplar pertenece a un *tipo* por el que es sensible al rojo, verde, azul, blanco o negro. Los fotorreceptores se agrupan en tres unidades de 5 ejemplares. Con cada una de estas agrupaciones se analiza un estímulo. La salida de cada agrupación sigue, por tanto, el esquema siguiente:

*Rojo Verde Azul Blanco Negro*

#### 3.1.1. Computación de un fotorreceptor

La computación de un fotorreceptor depende del tipo al que el ejemplar pertenece y sigue la regla siguiente:

1. si la composición RGB del estímulo es igual al tipo RGB del fotorreceptor, devuelve 1
2. en otro caso, devuelve 0.

#### 3.1.2. Estructura de cada agrupación de fotorreceptores

Cinco ejemplares de fotorreceptor% conforman una agrupación de fotorreceptores según el esquema siguiente:

tipo\_rojo tipo\_verde tipo\_azul tipo\_blanco tipo\_negro

La computación de una agrupación consiste en lo siguiente:

- Cada fotorreceptor pertenece a un tipo; cada estímulo es un objeto perteneciente a un tipo (rojo, verde, azul, blanco o negro).
- Si coinciden el tipo del fotorreceptor y el del objeto, la neurona

fotorreceptora devuelve 1 ; en caso contrario, 0.

- El esquema de la salida de una agrupación de fotorreceptores es :  
(0/1 0/1 0/1 0/1 0/1)

### 3.1.3. La red de fotorreceptores

La retina está formada por tres agrupaciones de fotorreceptores según el esquema siguiente:

agrupación\_1 agrupación\_2 agrupación\_3

La computación de la red puede ser expresada así:

- Cada uno de los tres estímulos (un objeto de un cierto tipo) estimula una de las tres agrupaciones de fotorreceptores.
- La salida de la retina está formada, por tanto, por las salidas de las agrupaciones.
- La salida de la retina puede tratarse, según convenga, como una única lista de 15 elementos o como una lista formada por tres listas de 5 elementos cada una.

### 3.2. Control central

El cerebro está formado por una única red de neuronas artificiales. Esta red, del tipo perceptrón multicapa, está formada por tres capas:

1. Capa de entrada formada por 15 neuronas de entrada. Cada una de estas neuronas recibe uno de los 15 valores de la salida de la retina.
2. Capa oculta formada por 15 neuronas. Cada una de estas está conectada con cada una de las 15 neuronas de la capa de entrada.
3. Capa de salida formada por 4 neuronas, cada una conectada con cada una de las 15 neuronas de la capa oculta.

Los parámetros de la red, pesos y umbrales, han sido obtenidos mediante la aplicación de un Algoritmo Genético. La red produce una orden motora según el esquema siguiente:

Tabla 2: Esquema orden motora

vec_1	vec_2	vec_3	giro
blanco	0	0	0
0	blanco	0	0
0	0	blanco	0
0	0	0	1

Si hay un blanco en cualquiera de las tres posiciones de los estímulos, el esquema seguido será uno de las tres primeras filas. En ese caso, no habrá giro (valor 0). En cualquier otro caso, cuando no hay un blanco entre los estímulos, el esquema seguido será el de la última fila, y habrá giro porque su valor será 1.

### 3.3. Efectores

Animat tiene tanto la capacidad de avanzar a una posición vacía (donde hay un blanco) como la capacidad de girar cambiando de orientación. Mientras que la capacidad de avanzar es una locomoción o cambio de lugar, la capacidad de girar no es una locomoción puesto que no hay cambio de lugar, pero sí es un movimiento que produce un cambio de orientación en el aquí de Animat.

## 4. Animat del segundo experimento

En este segundo experimento Animat está dotado de tres receptores sensitivos: vista, olfato y tacto. Y tiene un efector más: la acción de comer. No es la vista sino el tacto y el olfato los receptores que proporcionan información, de modo distinto, sobre comida.

Otra novedad es que cada receptor sensitivo se prolonga en una red de tipo ART cuya función es clasificar la información analizada por cada receptor. Si se conciben estas redes como un córtex-visual, córtex-táctil y córtex-olfativo, los órganos sensoriales se conectan con zonas corticales. La salida de cada uno de esas tres zonas corticales es el *input* de una red de tipo perceptrón multicapa.

Además he añadido otra zona cortical. Esta zona esta formada por un sensor de energía, sensor que mide la energía existente en el sistema y un autómata de órdenes, que discrimina entre necesidades y construye la orden motora. El sensor está, en cada iteración o instante temporal, en un estado: 0, 1, y 2. Según el estado de este sensor, la orden motora se construye en esta zona cortical según la idea siguiente: predomina la

vista, si no hay necesidad de comer; predomina el tacto, si hay poca necesidad de comer; y predomina una combinación de tacto y olfato, si hay mucha necesidad de comer.

#### 4.1. *Receptores sensitivos*

Animat dispone de tres receptores sensitivos: retina, tacto y olfato. En el diseño del tacto y el olfato he seguido el modelo de la retina del primer experimento. Por tanto, hay neuronas fotorreceptoras, receptoras de lo tocado y quimiorreceptoras, estas dos últimas siguen la misma idea ensayada en los fotorreceptores. Comparo sintéticamente la estructura y composición de la retina, tacto y olfato en los apartados siguientes.

##### 4.1.1. *Estímulos y receptores sensitivos*

La vista es estimulada por los tres objetos que están frente a Animat. Esos mismos objetos son los que Animat toca. Sin embargo, Animat es capaz de oler cada uno de los ocho vecinos que le rodean (vecindad de Moore).

La retina está formada por tres agrupaciones de fotorreceptores. Una agrupación analiza un estímulo.

Tabla 3: Salida de una Agrupación de fotorreceptores

rojo	verde	azul	blanco	negro
1/0	1/0	1/0	1/0	1/0

El tacto está formado por tres agrupaciones de sensores del tacto. Cada agrupación analiza un estímulo.

Tabla 4: Salida de una Agrupación de sensores táctiles

dureza-rojo	dureza-verde	dureza-azul	dureza-blanco	dureza-negro
1/0	1/0	1/0	1/0	1/0

El olfato está formado por ocho agrupaciones de quimiorreceptores. Cada agrupación analiza igualmente un estímulo.

Tabla 5: Salida de una Agrupación de quimiorreceptores

olor-rojo	olor-verde	olor-azul	olor-blanco	olor-negro
1/0	1/0	1/0	1/0	1/0

#### 4.2. Región cortical de los sentidos

Cada uno de los tres receptores sensitivos se conecta con una red ART. Como es sabido, este tipo de redes es eminentemente clasificatoria. La salida de una red ART es el identificador de la categoría en que la red ha clasificado el *input* recibido.

#### 4.3. Redes de discriminación. Pre-órdenes motoras

Cada uno de los tres córtex sensitivos conecta con una red del tipo *perceptrón multicapa*. La función de estas redes es discriminar entre dos categorías de estímulos: los que representan una *facilidad* y los que representan una *dificultad* respecto a una necesidad prioritaria.

Así, cuando Animat no necesita comer, sí necesita moverse: es un semoviente. En estos casos Animat se guía exclusivamente por su vista. Y su vista le informa de dos tipos posibles de estímulos: lugares vacíos (blancos) o *facilidades* para el avance; cosas (objetos no-blancos) o *dificultades* para el avance.

Cuando Animat necesita comer, aunque su energía sea aún positiva, se guía por el tacto para buscar comida y por la vista para cambiar de lugar. El tacto, como la vista, le informa de dos categorías de estímulos: comida (verdes) o *facilidad* para incrementar la energía del sistema; resto de objetos (no comida) o *dificultades* para incrementar la energía del sistema.

En las situaciones en que Animat necesita comer urgentemente, se guía por el tacto y el olfato para encontrar comida, y por la vista para cambiar de lugar. Si el tacto detecta comida, Animat come. Si el olfato detecta comida y el tacto no, Animat gira (ver tabla). Si ninguno de los dos sentidos, tacto y olfato, detecta comida, Animat se mueve según lo que informa su vista.

##### 4.3.1. Red de discriminación visual

- Perceptrón de 3 capas
- Capa de entrada: 3 neuronas ; Capa oculta : 3 neuronas, función de escalón ;

Capa de salida: 3 neuronas, función de escalón

- El ajuste de parámetros se ha hecho mediante un Algoritmo Genético
- Salidas posibles:

Tabla 6: Red de discriminación visual

1	0	0	avanzar→vecino
0	1	0	avanzar→vecino
0	0	1	avanzar→vecino
0	0	0	girar

#### 4.3.2. Red de discriminación táctil

- Perceptrón de 3 capas
- Capa de entrada: 3 neuronas ; Capa oculta : 3 neuronas, función de escalón;  
Capa de salida: 3 neuronas, función de escalón
- El ajuste de parámetros se ha hecho mediante un Algoritmo Genético
- Salidas posibles:

Tabla 7: Red de discriminación táctil

1	0	0	comer→vecino
0	1	0	comer→vecino
0	0	1	comer→vecino
0	0	0	girar

#### 4.3.3. Red de análisis olfativo

- Perceptrón de 3 capas
- Capa de entrada: 8 neuronas ; Capa oculta : 8 neuronas, función de escalón;  
Capa de salida: 8 neuronas, función de escalón
- El ajuste de parámetros se ha hecho mediante un Algoritmo Genético
- Algunas salidas posibles:

Tabla 8: Red de análisis olfativo

									acción
1	0	0	0	0	0	0	0	0	acción-según tacto
0	1	0	0	0	0	0	0	0	acción-según tacto

0	0	1	0	0	0	0	0	acción-según tacto
0	0	0	1	0	0	0	0	girar a derechas
0	0	0	0	1	0	0	0	girar a derechas
0	0	0	0	0	1	0	0	girar a derechas
0	0	0	0	0	0	1	0	girar a izquierdas
0	0	0	0	0	0	0	1	girar a izquierdas

#### 4.4. Necesidades y órdenes motoras

Animat está concebido como un animal artificial dotado inicialmente de una cierta cantidad de energía. Con cada acción realizada, Animat pierde un poco de esa energía.

Mientras que la cantidad de energía es superior a 100, el sensor de energía (estado = 0) *no detecta necesidad de incrementar* la energía del sistema. Cuando ese es el caso, Animat *no tiene necesidad de comer*. En estas situaciones, Animat se guía exclusivamente por su vista.

Si la energía del sistema baja de 100 (entre 100 y 0), el sensor de energía se activa y su estado es 1. Mientras que este sea el caso, Animat tiene como prioridad comer un verde. En estas situaciones, Animat se deja guiar por el tacto para encontrar comida y por la vista para avanzar o girar.

Una tercera situación es aquella en que la energía del sistema es negativa (pero mayor que -200). El estado del sensor de energía es 2. En estas situaciones, Animat debe comer urgentemente porque si la energía del sistema baja de -200, Animat muere. Cuando el estado del sensor de energía es 2, Animat se guía por el tacto y el olfato para encontrar comida y por la vista para cambiar de lugar. En aquellas situaciones en que el tacto no detecta comida y el olfato huele comida en algunos de los vecinos que no están frente a Animat, gira a izquierda o a derecha según la ubicación del estímulo olfativo.

Dependiendo, pues, del estado del sensor de energía, Animat tendrá una necesidad prioritaria u otra. La orden motora dependerá, en cada caso, tanto del entorno como del estado del sensor interno de energía.

He organizado estas ideas en un módulo cuya computación sigue los criterios siguientes:

- Estado del sensor de energía = 0, ORDEN = salida de la red de discriminación

visual

- Estado del sensor de energía = 1, ORDEN = salida de la red de discriminación táctil o salida de la red de discriminación visual
- Estado del sensor de energía = 2, ORDEN = salida de la red de discriminación táctil o salida de la red de análisis olfativo o salida de la red de discriminación visual

#### 4.4.1. Memoria de la orden previa

Cuando Animat lleva a cabo una acción de comer, la orden motora correspondiente se almacena en la memoria reciente (propiedad orden\_ensayada). Si la acción no es de comer, no se almacena la orden motora correspondiente (orden\_ensayada = falso).

Si la orden motora es de avanzar y orden\_ensayada  $\neq$  falso, se sustituye dicha orden motora por la contenida en orden\_ensayada. En estos casos Animat avanza al lugar ocupado por el último verde comido.

Se trata, pues, de *un mecanismo de inhibición posible y sustitución de una orden motora*.

#### 4.5. Efectores

Animat puede llevar a cabo tres acciones básicas: cambiar de lugar, comer y girar. El cambio de lugar produce un cambio del aquí de Animat y, con ello, de la perspectiva que Animat tiene del Entorno. Al girar no hay cambio del aquí pero sí de la perspectiva que tiene del Entorno. Comer no produce un cambio en el aquí de Animat, pero sí en su perspectiva del Entorno.

El cuadro de acciones posibles es el siguiente:

Tabla : Acciones posibles

orden motora	acción
(0 1 0 0)	avanzar→vecino
(0 0 1 0)	avanzar→vecino
(0 0 0 1)	avanzar→vecino
(1 1 0 0)	comer→vecino

(1 0 1 0)	comer→vecino
(1 0 0 1)	comer→vecino
(0 0 0 0)	girar a derechas
(1 0 0 0)	girar a izquierdas

# LA MÁSCARA DEL CAOS. AZAR, SELECCIÓN NATURAL Y AUTOORGANIZACIÓN

ÁLVARO CHAOS CADOR

*Facultad de Ciencias,*

*Universidad Nacional Autónoma de México (México)*

[achaos@ecologia.unam.mx](mailto:achaos@ecologia.unam.mx)

LA SELECCIÓN NATURAL, DESCUBIERTA POR WALLACE Y DARWIN a mediados del siglo XIX, es uno de los pilares fundamentales, sino es que el más importante, de la neosíntesis. Aun cuando su aceptación ha tenido altibajos, como aquella fase a principios del siglo XX, lo que algunos autores ingleses denominaron «El eclipse del darwinismo» (Bowler 1982), actualmente se ha consolidado como el proceso principal que explica la transformación de los seres vivos dentro de la corriente teórica más difundida de la evolución biológica, la neosíntesis.

El papel que representa dentro de la naturaleza y su poder real fueron criticados a mediados del siglo XX desde varios ángulos. Usaré dos de ellos, diametralmente opuestos,<sup>1</sup> como punto de partida para ejemplificar ciertos puntos de vista que son útiles en el planteamiento general del escrito. Una de las críticas corresponde al ámbito molecular, en donde se propuso que el azar era el causante principal de los cambios evolutivos en esta escala (Kimura 1968). La otra provino desde la paleontología. Una interpretación novedosa del registro fosilífero planteó que la selección natural era, en realidad, una fuerza que actuaba en etapas muy cortas de la historia con un poder mínimo. Aun cuando la selección natural intentara mover a la población en el espacio adaptativo, sus esfuerzos serían nulos porque su fuerza no tendría ese poder, la

---

<sup>1</sup> En realidad las críticas han sido más, pero los neosintéticos hacen caso omiso de la mayoría. Por razones de utilidad para el propósito del escrito sólo me refiero a estas dos; sin embargo, es importante mencionar que dentro de las críticas más desdeñadas y menos entendidas por los anglosajones se encuentra la ortogénesis.

población estaría atascada en una parte del espacio adaptativo hasta que hubiera especiación (Eldredge y Gould 1972). Ambas le restaban muchísimo poder a la selección natural; sin embargo, al final, ninguna de las dos logró derribar a la neosíntesis.<sup>2</sup> Gracias a estos puntos de vista opuestos, lo molecular contra lo paleontológico, se generó otra polémica relacionada con el papel que tiene la selección natural como creadora y organizadora de la vida (Sterelny 2001).

Por un lado, están las ideas de quien afirma que la selección natural es todopoderosa, no tiene restricciones y es capaz de producir infinidad de prototipos vivos. Normalmente quienes están de este lado de la contienda son biólogos moleculares y reduccionistas (Dawkins 1976). Algunos de sus argumentos se basan en la genética y en la enorme biodiversidad que atestiguamos. Basten dos ejemplos para ello: la naturaleza ha sido capaz de convertir a organismos inmensos y pesados en pequeños y gráciles voladores; también ha podido dotar de consciencia (como la conocemos nosotros) y de una inteligencia suprema a un grupo de simios quienes se han apoderado de la mayoría de los recursos de la Tierra de una forma sin precedentes. En el otro bando se encuentran las personas que piensan que la selección natural está restringida y acotada fuertemente, el campo de juego para moverse está sumamente limitado (Gould 1989). Si se analizan los planes básicos de diseño de los organismos, se podrá notar con sorpresa, que la mitad de las especies responde al mismo prototipo: el prototipo insectil (un par de antenas, tres pares de patas y un par de alas). Enumerando todos los planes de diseño básicos es posible contar no más de 35 diferentes. Entonces la naturaleza conformada por la selección natural no es tan prolífica. Los paleontólogos principalmente son quienes apoyan esta manera de pensar.

El morfoespacio de las conchas, propuesto por Raup (1966), pone en términos concretos este contrapunto y permite ver la polémica claramente. Según el modelo, para construir una concha se necesitan tres medidas. Como son tres, es posible ubicar cualquier combinación de estos parámetros en un cubo, donde cada eje representa una medida (ie. la altura, el ancho y el largo del cubo). Así, cualquier punto dentro del cubo será una combinación de tres parámetros y representará una forma de una concha. La almeja, el nautilo, la navaja, todas las conchas estarán en algún sitio del cubo. Cualquier concha que haya existido, existe o existirá quedará dentro del cubo, del morfoespacio de

---

2 La frase famosa de S. Gould «El darwinismo está muerto», no fue más que una frase publicitaria.

conchas. Después de crear el modelo, Raup registró todas las conchas de las que se tienen noticia y las ubicó dentro del cubo. Sorprendentemente la mayor parte del cubo quedó vacía. Lo que demuestra esto es que, al menos en materia de animales conchudos, la naturaleza no es muy creativa. La evidencia parecería apoyar a la visión restrictiva. No obstante, los que apoyan la liberadora replican desde varios puntos, siendo el más poderoso la incapacidad para demostrar o determinar si los huecos jamás podrán ser llenados.

¿Qué dice la neosíntesis a todo esto? Arguye que la causante del orden natural, la parte del cubo ocupada, es la selección natural, es ella quien crea esas formas. Para la parte del cubo vacía responde que hay restricciones de diversa índole que impiden que las conchas se creen con la determinada combinación de medidas, que la selección natural también causa ese hueco al eliminar formas inadecuadas, que no se han creado las combinaciones de esos parámetros. Estas respuestas son tan generales que no sirven de algo, y además, la pregunta fundamental, ¿por qué la mayor parte del espacio está vacío?, queda sin respuesta.

Ante tal ineptitud de la neosíntesis para contestar las preguntas anteriores, la polémica sobre el campo de juego que tiene la selección natural se confina a argumentos muy laxos con pocas o nulas bases teóricas y a generalizaciones muy subjetivas sobre la biodiversidad. Este hueco conceptual es el resultado del divorcio acontecido a finales del siglo XIX entre dos planes de investigación biológicos: la estructuración y la transformación, hoy conocidas como desarrollo y evolución biológica respectivamente. La tradición en el estudio del desarrollo considera a los organismos como productos de fuerzas internas de orden. En el proceso del desarrollo de un organismo se observa que las diferentes fases del mismo se van sucediendo de acuerdo a interacciones entre diversas sustancias, tejidos y formas que surgen de acuerdo a un plan determinado. Estas es la visión interna de la vida, la que examina sus causas próximas o *peracausas*.<sup>3</sup> La visión alterna, la externa, la que se estudia a los organismos como entidades finiquitadas, o cerca de estarlo, que quedan a merced de las condiciones ambientales y de las interacciones biológicas. Las criaturas están expuestas a la selección natural bajo un proceso adaptativo preponderantemente. La evolución biológica se basa en el estudio

---

3 Se propone llamar así a las causas próximas. De donde *pera* en griego es el fin próximo.

de las *telocausas*.<sup>4</sup> Para los evolucionistas, la manera en que se transformaban los seres vivos, la evolución biológica, era lo que determinaba su destino, de allí la frase «la ontogenia recapitula la filogenia». Mientras que los desarrollistas apoyaban la idea de que lo que dirigía ese camino inalterable era la forma en que se estructuran: el desarrollo. Es decir, que la ontogenia determina la filogenia.

En esencia lo que hay detrás de estas confrontaciones es el debate entre forma y función, en saber cuál de ellas determina a la otra.<sup>5</sup> ¿Acaso hay una jerarquía organizativa entre estos dos fenómenos? ¿Existe realmente esa dualidad de procesos? Si se hacen preguntas en términos de por qué existe una estructura o en términos de para qué existe, se estará respondiendo de manera sesgada debido a que las características no se encuentran sólo para o sólo por, sino que su origen se debe a una mezcla dinámica entre los ‘por’ y los ‘para’. Entonces no se pueden desligar ambos procesos del resultado final que es el organismo. Esta división ha dejado a los seres vivos como objetos estudiados desde dos perspectivas ficticias, la de la forma y la de la función, cuando ellos son el resultado de ambas.

Con los avances teóricos recientes y la incorporación de modelos de redes en la biología se puede clarificar el debate del principio. La autoorganización está dando luces sobre procesos biológicos que están descritos incompletamente. La tesis principal de la autoorganización es que los sistemas biológicos tienden a un orden general a partir de comportamientos locales de sus elementos. El orden general está determinado por el orden local (Kauffman 1969).

El humano tiene, según un cálculo del Instituto de Salud de los EE.UU., entre 22,000 y 38,000 genes. Aunque todas las células del cuerpo poseen los mismos genes, tienen expresiones génicas diferentes, es decir, presentan ciertos genes encendidos y ciertos genes apagados según si son neuronas, hepatocitos o leucocitos. Este conjunto particular de actividades génicas de una célula se puede expresar como cadenas de unos y ceros, lo que se denomina configuración. Un leucocito presentará una configuración diferente a la de una neurona debido a que realiza diferente trabajo y para ello usa genes específicos que no requiere la neurona. El proceso de diferenciación celular tiene que ver con este uso diferenciado de genes. Si existen alrededor de 22,000 genes, el número

---

4 Se propone llamar *telocausas* a las causas finales. De donde *telos* significa en griego fin lejano o último.

5 Curiosamente esa misma polémica se da también en la arquitectura.

máximo de combinaciones diferentes, siguiendo el ejemplo, de tipos celulares es de  $2^{22,000}$ . El número aproximado de tipos celulares del hombre es de 254. Una vez más nos topamos con un espacio teórico de posibilidades inmenso del cual sólo queda ocupado una parte infinitesimal y las preguntas como las del morfoespacio de las conchas permanecen.

La autoorganización y las redes genéticas binarias resuelven el problema. Reduzcamos para efectos didácticos. Partamos con una red de 3 genes. Cada gen interacciona con los otros dos y cada uno puede estar encendido o apagado. El número total de configuraciones es  $2^3=8$  (desde 000 hasta 111). Potencialmente hay 8 combinaciones de actividad génica: 8 tipos celulares. Cada gen responde a los estímulos de sus 2 vecinos ya sea encendiéndose o apagándose. Dado que cada gen tiene 2 vecinos (2 entradas) y cada entrada tiene dos estados posibles 0 ó 1, entonces un gen recibe 4 diferentes estímulos: un par de unos (cuando sus dos vecinos están activos), un par de ceros (cuando sus dos vecinos están inactivos), un uno del primer gen y un cero del otro, y al revés (cuando un vecino está activo y el otro inactivo). A esto se le conoce como la regla lógica del gen. Supongamos que la regla lógica de todos los genes es la regla Y. Si uno empieza con una configuración dada, por ejemplo, todos los genes apagados (000), notará que bajo las reglas lógicas de los genes esta configuración es estable, es decir, no cambiará. A este tipo de configuración se le llama *sumidero*. Pero si se empieza con 001, veremos que no es estable porque bajo las reglas cambia a 000. Al analizar el destino final de las 8 configuraciones se verá que 7 de ellas finalizan en el sumidero 000 (incluyéndola) y una en el sumidero 111 (incluyéndola). Las únicas configuraciones estables o sumideros son 000 y 111, ninguna otra lo es. Entonces del gran abanico de configuraciones sólo muy pocas son estables. Del universo inconmensurable de configuraciones sólo una parte ínfima son sumideros, sólo una parte minúscula de combinaciones genéticas son estables y entonces el número de tipos celulares reales es pequeñísimo comparado al potencial. El hueco en los morfoespacios o en el espacio genético de tipos celulares queda explicado por la autoorganización del sistema.

El modelo general ha probado su utilidad en el estudio de la organización de los seres vivos, como por ejemplo, con el desarrollo de los verticilos florales de la arábide (*Arabidopsis thaliana* (Heynh.)) (Espinosa *et al.* 2004). El modelo de redes binarias ha

quedado ampliamente validado con la red floral de esta planta, puede predecir bajo qué régimen genético se conformará la flor completa y cada uno de sus anexos florales (sépalos, pétalo, estambres y carpelos). No sólo es capaz de recuperar la identidad genética de cada uno de ellos, sino que también es apto para predecir correctamente los mutantes que se originan en el momento de alterar ciertos genes (Chaos *et al.* 2006).

Mediante los modelos de redes binarias es posible detectar y cuantificar la variación disponible para la selección natural y explorar por qué caminos podría transitar el devenir de una especie bajo mutaciones sistemáticas en los genes y las relaciones que conforman la red genética.

Bajo este terreno, se propone analizar qué tanto la selección natural se encuentra constreñida y con qué grado de restricciones trabaja, cosa impensable con el marco teórico de la neosíntesis.

Los sistemas biológicos se pueden modelar bien con las redes binarias genéticas, pero además esta visión trae connotaciones de índole ontológica sobre la naturaleza y su causalidad. Dichos sistemas muestran diferentes grados de estabilidad; no obstante, todos ellos son caóticos. Lo anterior significaría que la naturaleza es caótica, que posee leyes bien definidas, que bajo exactamente las mismas condiciones iniciales, se terminará en las mismas condiciones finales. La selección natural quedaría supeditada a la autoorganización y la contingencia de la vida no sería más que una ilusión, una máscara que disfraza al caos.

## REFERENCIAS

- Bowler, P. (1982). *The Eclipse of Darwinism: Anti-Darwinian evolutionary theories in the decades around 1900*. Johns Hopkins University Press.
- Chaos Á, Aldana M, Espinosa-Soto C, García Ponce de León B, Garay Arroyo A. y Álvarez-Buylla E (2006) From Genes to Flower Patterns and Evolution: Dynamic Models of Gene Regulatory Networks *J Plant Growth Regul.* 25:278–289.
- Espinosa C., Padilla, P. Alvarez-Buylla, E.R. A gene regulatory network model for cell-fate determination during *Arabidopsis thaliana* flower development that is robust

and recovers experimental gene expression profiles. *Plant Cell*. EUA 16, pp. 2923-2939. 2004

- Dawkins, R. (1976). *The Selfish Gene*. New York City: Oxford University Press
- Eldredge N., Gould S.J. (1972). Punctuated equilibria: an alternative to phyletic gradualism. In T.J.M. Schopf, ed., *Models in Paleobiology*. San Francisco: Freeman Cooper. pp. 82-115.
- Gould, S.J. (1989) *Wonderful life: the Burgess Shale and the nature of history*. New York: W. W. Norton, 347 pp
- Kauffman, S.A. (1969). Metabolic stability and epigenesis in randomly constructed genetic nets. *J. Theor Biol* 22:437–467.
- Kimura, M. (1968). Evolutionary rate at the molecular level. *Nature* 217: 624–626.
- Raup D.M. (1966). Geometric analysis of shell coiling: general problems. *Journal of Paleontology* **40**: 1178-1190
- Sterelny, K. (2001). *Dawkins vs Gould. The survival of the fittest*. Icon books, UK.

# LO PSICOLÓGICO EN UNA TEORÍA ORGANIZATIVA DE LA AGENCIA

JORGE IBÁÑEZ-GIJÓN

*Departamento de Psicología Básica, Facultad de Psicología,  
Universidad Autónoma de Madrid (España)*

[jorge.ibanez@uam.es](mailto:jorge.ibanez@uam.es)

## **1. Introducción**

MI PROPÓSITO EN LAS SIGUIENTES LÍNEAS es plantear el problema de cómo una teoría organizativa de la agencia puede dar cuenta de la emergencia de la significatividad que caracteriza a los organismos psicológicos. El concepto de agente es especialmente apropiado para una naturalización de lo psicológico por su capacidad de expresar la noción de sistema inteligente o adaptativo (basado en relaciones epistémicas con el entorno) sin entrar en las discusiones que suscitan conceptos más controvertidos y cargados de connotaciones, como mente o representación [1]. Al poner de relieve la dimensión activa de la inserción del agente en su entorno, permite reorientar las preguntas desde el ámbito de lo mental hacia el ámbito de lo comportamental. El concepto de agente también permite integrar el estudio de sistemas adaptativos tanto naturales [2,3] como artificiales [4,5].

La teoría autopoietica de Maturana y Valera [6] propone como principio fundamental de todo ser vivo la invarianza de la organización frente a perturbaciones gracias a la plasticidad energética y material de la estructura. Para ello, se basa en la noción de sistema como conjunto de elementos cuyas interacciones locales (estructura) determinan un comportamiento colectivo restringido por constricciones no-locales (unidad organizativa) que tiende a perdurar en el tiempo a expensas del intercambio de energía y materiales. El empleo del concepto de sistema facilita igualmente una explicación naturalizada de los niveles de organización de la materia, en la que no hay lugar para abismos ontológicos, ya que la materia se concibe como un anidamiento

continuo de organizaciones. De manera muy relevante, Maturana y Valera [7,8] establecen una definición clara acerca de qué pueden considerarse relaciones epistémicas, tanto desde el punto de un investigador estudiando un organismo, como desde el punto de vista del organismo mismo.

Por todo esto, la teoría autopoietica puede considerarse como un marco privilegiado desde el que comprender la transición de los procesos metabólicos a las interacciones epistémicas e intencionales características de los organismos. Posee, además, estrechos paralelismos con la psicología ecológica, que persigue la descripción de los fenómenos psicológicos desde una perspectiva natural, rompiendo con los dualismos que encarnan las teorías computacionales y representacionales de la mente. La teoría de la percepción directa afirma que el conocimiento no es una cuestión epistémica sino ontológica: el significado no es una propiedad subjetiva o fenomenal de la mente, ni necesita ser construido, impuesto o computado por procesos mentales. Es más bien una propiedad real y objetiva de un sistema organismo-ambiente [9]. Para adelantar, mi argumento será que lo que falta en las teorías organizativas de la agencia es una consideración más profunda de la coalición organismo-ambiente, así como la confección de explicaciones que respeten los niveles de organización. Del mismo modo que las leyes de la química rigen las interacciones entre las moléculas y no las relaciones entre las personas, las interacciones comportamentales están regidas por leyes ecológicas y no por leyes nerviosas o metabólicas.

## **2. Epistemología operacional**

La epistemología operacional propuesta por Maturana y Varela [7,8] afirma que una observación consiste en la realización de una serie de operaciones por parte del observador, en tanto que ente con propiedades, sobre la entidad a ser observada, con el fin de desvelar sus propiedades. Por tanto, las propiedades de un ente no son hechos objetivos, sino relaciones o correspondencias operacionales con propiedades del observador. Así, nuestra observación cotidiana de que el agua es transparente se basa en la correspondencia que existe entre la propiedad del agua de dejar pasar rayos de luz a su través sin dispersarlos, y nuestra propiedad de detectar la trayectoria de rayos de luz no dispersados. En este sentido, definirán la explicación científica como la reproducción intencional de las propiedades operacionales del ente estudiado.

Siguiendo el argumento de los autores, para explicar las propiedades exhibidas por un sistema bajo una serie de operaciones, el observador puede aceptar dos tipos de explicaciones: las mecanicistas, en las que las propiedades de un sistema son generadas por las relaciones de los componentes del sistema; y las vitalistas, en las que las propiedades a ser explicadas se encuentran entre las propiedades de al menos uno de sus componentes. Si volvemos al ejemplo del agua, en su nivel de organización macroscópico presenta propiedades tales como viscosidad, conductividad eléctrica, temperatura, etc. que no pueden encontrarse en su nivel de organización molecular pero que dependen de las interacciones moleculares para tener lugar. Por este motivo, una teoría científica que sea sensible a los niveles de organización de la materia debe emplear explicaciones mecanicistas si quiere evitar caer en reduccionismos y esencialismos.

En una explicación mecanicista, el observador ha de hacer una serie de distinciones previas al planteamiento de la explicación. Así, al estudiar un sistema podemos tomar dos perspectivas: considerarlo como una unidad no analizable con propiedades constitutivas (organización) o analizarlo como un conjunto de componentes en interacción (estructura). Sendas perspectivas delimitan unidades operacionalmente distintas que pertenecen a conjuntos disjuntos y que generan dominios fenoménicos ortogonales. El método científico sólo nos permite generar explicaciones mecanicistas de sistemas cuyos cambios estructurales pueden ser explicados como determinados por las interacciones de sus componentes, es decir, sistemas determinados por su estructura. Los sistemas capaces de responder a perturbaciones alterando su estructura por medio de cambios tanto en las interacciones de sus componentes como en la estructura de los componentes mismos, se denominan sistemas plásticos, y al producto de sus interacciones continuadas con un medio ambiente con una estructura redundante o recurrente, acoplamiento estructural.

### **3. Autopoiesis**

El tipo de organización de los sistemas vivos es la autopoietica. Un sistema autopoietico es una unidad (organización), realizada por medio de redes de producción y destrucción de sus componentes (estructura), que continuamente regenera las redes que producen y constituyen al sistema como una unidad distinguible en el dominio en

que existen al delimitar sus fronteras:

La identidad [de los seres vivos] equivale a coherencia auto-producida: el mecanismo autopoietico se mantendrá a si mismo como una unidad distinta mientras sus concatenaciones básicas de procesos se mantengan intactas frente a perturbaciones. [10]

Esta definición de autopoiesis puede interpretarse como conservación de la organización (una noción abstracta basada en el concepto de similaridad de la teoría de conjuntos, que puede o no sustentarse sobre procesos activos) o como homeostasis (mecanismos activos de adaptación capaces de controlar la red de procesos que forman al organismo para mejorar su acoplamiento con el ambiente) [11]. Siguiendo el razonamiento de Di Paolo en [11], para poder explicar la generación del sentido, es necesaria una interpretación homeostática que implique la noción de adaptatividad. Así, la autopoiesis de un organismo establecería la norma de su autonomía: lo bueno y lo malo para un organismo, el significado que da a los eventos, sería siempre el resultado de una carencia (o un exceso), algo que falta (o sobra) en la red de autoproducción, por lo que el sentido se origina precisamente en la respuesta adaptativa del sistema a los altibajos de la auto-organización [10,11].

Los sistemas autopoieticos reaccionan sólo frente a aquellas influencias ambientales que facilitan o dificultan el mantenimiento de la organización. Esas influencias no afectan la organización, que es invariante y caracteriza al organismo, sino sólo a la estructura del sistema. Esto es así porque la organización de un sistema autopoietico es independiente de las propiedades de sus componentes, y la organización se define en su separación del entorno. Sin embargo, el hincapié en la invarianza organizativa implica que las propiedades relevantes de la unidad autopoietica se consideren como intrínsecas a la organización, siendo las interacciones con el ambiente meros soportes pasivos sobre los que el organismo ejerce activamente modificaciones beneficiosas para su supervivencia:

En el acoplamiento dialéctico entre la unidad viva y su ambiente físico-químico, el balance está ligeramente desplazado hacia el ser vivo, ya que él tiene el rol

activo en este acoplamiento recíproco. [10]

Esta perspectiva corre el peligro de desembocar en un solipsismo epistemológico, pues identidad y autonomía se consideran propiedades intrínsecas de la organización, internas a la membrana que delimita el sistema. Igualmente, y potenciado por las modelizaciones *bottom-up* [12], pueden confundirse la regulación energética y material que lleva a cabo el sistema metabólico con el organismo mismo, es decir, la estructura con la organización. Sin embargo, estos son dos extremos a evitar si queremos comprender en qué consisten la significatividad, autonomía e intencionalidad características de los sujetos psicológicos, pues estas propiedades no residen en el interior del organismo ni en ninguno de sus componentes o mecanismos, sino que emergen en la frontera interactiva que establecen con su entorno. Por esto, un estudio naturalizado de dicha escala de análisis es una condición necesaria para la comprensión de la organización autopoiética.

#### **4. El sistema organismo-ambiente**

La experiencia cotidiana nos muestra como auto-evidente la autonomía e independencia de un organismo respecto de su ambiente. Incluso dentro de la fisiología es común la noción de que cuanto más complejo sea un organismo, mayor es su independencia del medio. Sin embargo, en contra de esa intuición nos avisa James J. Gibson al exponer el concepto de coalición organismo-ambiente en la raíz de su teoría ecológica de la percepción:

Animal y ambiente conforman una pareja inseparable. Cada término implica al otro. Ningún animal podría existir sin un ambiente que lo rodee. Igualmente, aunque no tan obvio, un ambiente implica un animal a ser rodeado... La mutualidad de animal y ambiente no está implicada por la física. Los conceptos básicos de espacio, tiempo, materia y energía no llevan naturalmente al concepto de organismo-ambiente, o al concepto de una especie y su hábitat. [13]

Así, en la perspectiva ecológica, *“una coalición no es un sistema más su contexto, es el sistema mínimo que acarrea su propio contexto”* [14]. Es decir, no cabe

plantearse un organismo desacoplado de su entorno, pues tanto entorno como organismo son dos caras de una misma moneda, dos elementos que se codeterminan y que no pueden separarse. En conclusión, parece esencial replantearse la definición y delimitación de sistema sobre la que se asienta la auto-organización biológica, para poder dar cuenta de procesos regidos por las leyes de la coalición organismo-ambiente, como la autonomía o el comportamiento intencional [15,16].

Una formulación en consonancia con el concepto de coalición ecológica puede encontrarse en la teoría CES (por sus siglas en inglés, Composition, Environment and Structure) de Mario Bunge [17]. Siguiendo a Bunge, una aproximación mínima para caracterizar adecuadamente los límites de un sistema organísmico es considerar los elementos que componen el sistema a delimitar (composición), los elementos del entorno con los que interactúa el sistema (entorno), así como las interacciones que se verifican tanto dentro del sistema como entre el sistema y su entorno (estructura). La adopción del modelo CES tiene importantes consecuencias en cómo entendemos la estructura externa de la que participa el sistema. La constitución de un sistema implica la constitución de un ambiente que lo rodea y con el que interactúa. No existen entornos vacíos, sin sistema, por lo que el entorno no es un sistema estudiable autónomamente. Al no ser una entidad, el entorno no puede interactuar como un todo con el organismo, sólo componentes del entorno pueden interactuar con componentes del sistema. El concepto de nicho ecológico o ambiente funcional incluye todas las posibles relaciones que acoplan al sistema con el entorno [18].

En línea con la psicología ecológica, Järvilehto [19] afirma que desde la perspectiva CES, el comportamiento debe explicarse como una reorganización de la coalición organismo-ambiente, y no como un movimiento interno al organismo o como una interacción entre organismo y ambiente. Actividades como la mente deben explicarse en términos de reorganización sistémica (en contraposición con reorganizaciones internas al organismo). La psicología ecológica, al centrarse en las condiciones de posibilidad de la coalición organismo-ambiente en la escala de análisis ecológico, es el marco teórico apropiado para elucidar las leyes que rigen la especificidad de la organización CES.

## 5. Psicología ecológica

La psicología ecológica defiende que para comprender los procesos de percepción, acción y cognición debemos identificar las propiedades del entorno que son relevantes para el organismo y que definen el objeto de los procesos psicológicos [16]. Para ello, resulta necesaria la elaboración de una ontología del entorno desde la perspectiva del organismo. La ontología propuesta por la psicología ecológica se construye sobre el concepto de *affordances*, descripciones del entorno en términos de recursos para la acción de los organismos. Superficies, sustancias, lugares, objetos y eventos son los recursos que la psicología ecológica propone como básicos para comprender la especificidad de la coalición organismo-ambiente [13]. Las *affordances* son propiedades relacionales o disposicionales, en consonancia con la epistemología operacional expuesta más arriba, y se definen como una complementariedad entre propiedades del organismo y propiedades del entorno. Por ejemplo, para que una superficie posibilite la locomoción, ha de existir una cierta relación entre la presión que ejerce el organismo sobre la superficie de sustentación al moverse, y rigidez de la superficie a utilizar como soporte.

Por lo tanto, para un organismo, percibir las posibilidades para la acción que un recurso del entorno permite es percibir lo que esa realidad ambiental significa para el organismo. Las *affordances* son hechos objetivos en la escala ecológica, con relevancia directa para comprender la dinámica de la organización CES. Así, el realismo directo propuesto por la psicología ecológica afirma que el conocimiento no es una cuestión epistémica sino ontológica: el significado no es una propiedad subjetiva o fenomenal de la mente, ni necesita ser construido, impuesto o computado por procesos mentales. Es una propiedad real y objetiva de un sistema organismo-ambiente [9].

Siguiendo con el argumento ecológico, conocer es un saber hacer adaptativo, y requiere tanto de la detección de propiedades objetivas del entorno, como del control de la acción basado en las propiedades detectadas, que permite el despliegue de las efectividades complementarias a las *affordances* que el organismo intenta utilizar. Así, percepción y acción son procesos duales, mutuamente constreñidos en un bucle causal circular, pues sirven a un mismo fin: la obtención de un recurso (o la actualización de una *affordance*). El sentido en que se contempla el bucle de percepción-acción no es simplemente que una influye o interactúa con la otra, sino que percepción y acción son

entidades del mismo tipo, se constriñen mutua, recíproca y simétricamente [20].

La condición de posibilidad para una percepción directa de propiedades relevantes para el organismo es que el entorno presente un alto grado de estructuración, pues de esta forma los patrones energéticos que afectan a las superficies sensoriales no son ambiguos o ruidosos, sino tan estructurados como los procesos ambientales que los generan. Según la perspectiva ecológica, la existencia de sinnúmero de constricciones naturales en los procesos ambientales (y organísmicos) asegura que la estructura de la energía en el ambiente puede especificar propiedades ambientales. Por ejemplo, las leyes de la óptica geométrica aseguran que el comportamiento de la matriz energética óptica esté fuertemente constreñido y sea capaz de especificar estados relevantes del entorno. Los patrones energéticos estructurados por las constricciones imperantes en un contexto son denominados variables informacionales de alto orden, en contraposición al elementalismo perceptivo que caracteriza otros paradigmas [9,13,21]. El proceso de percepción consistirá pues en la detección directa de variables de alto orden que especifican propiedades ambientales relevantes para la elección y el control de la acción (denominados invariantes perceptivos). El proceso de percepción directa requiere del concepto de sistema perceptivo inteligente [21], que resalta la capacidad de los sistemas perceptivos para reordenar su estructura con el fin de acoplarse a la especificidad entre invariantes informacionales y propiedades ambientales.

El bucle percepción-acción es formalizado a través del concepto de control basado en información [3,22]. Según este formalismo, la acción es especificada de manera directa por la información detectada perceptivamente. En una ley de control basada en información se expresa la constricción mutua que define el bucle percepción-acción. Para la psicología ecológica, la adaptación es un proceso que ocurre simultáneamente a múltiples escalas (percepción-acción, calibración, aprendizaje, intención...), y que se fundamenta en el mantenimiento de las especificidades necesarias para explotar las constricciones a cada escala. En resumen, podemos afirmar que la invarianza que le interesa a la psicología ecológica no es la de la organización autopoiética (que podría considerar una condición previa necesaria), sino la de las especificidades de la coalición organismo-ambiente que permiten un comportamiento adaptado.

## REFERENCIAS

- [1] Barandiaran, X, Rohde, M y Di Paolo, E A (2009) Defining agency: individuality, normativity, asymmetry and spatio-temporality in action. *Adaptive Behavior*, 17, 367-386.
- [2] Effken JA y Shaw RE (1992) Ecological Perspectives on the New Artificial Intelligence. *Ecological Psychology*, 4(4): 247-270.
- [3] Warren WH (2006) The Dynamics of Perception and Action. *Psychological Review*. 113(2): 358-389.
- [4] Brooks RA (1991) New Approaches to Robotics. *Science*. 253(5025): 1227-1232.
- [5] Beer RD (1990) Intelligence as Adaptive Behavior: An Experiment in Computational Neuroethology. New York: Academic Press.
- [6] Varela, FJ, y Maturana, HR (1973) De Máquinas y Seres Vivos: Una teoría sobre la organización biológica. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.
- [7] Varela, FJ, y Maturana, HR (1973) Mechanism and biological explanation. *Philosophy of Science* 39: 378-382.
- [8] Maturana, HR (1978) Biology of Language: The epistemology of reality. En: Miller G, y Lenneberg E, (eds.). *Psychology and Biology of Language and Thought*. Academic Press.
- [9] Shaw RE, Turvey MT, Mace WM (1982) Ecological Psychology: The Consequence of a Commitment to Realism. En: Weimer W, Palermo D, (eds.). *Cognition and the Symbolic Processes II*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates. pp. 159-226.
- [10] Varela, FJ (1994) Autopoiesis and a Biology of Intentionality. En: McMullin B y Murphy N (eds) *Autopoiesis and Perception*, Proceedings of a workshop held at Dublin City University on August 25th & 26th, 1992.
- [11] Di Paolo, A (2005) Autopoiesis, adaptivity, teleology, agency. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 4: 429-452.
- [12] Barandiaran, XE and Egbert, MD (in press) Norm-establishing and norm-following in autonomous agency. *Artificial Life*.

- [13] Gibson JJ (1979) *The Ecological Approach to Visual Perception*. Boston: Houghton Mifflin.
- [14] Turvey MT, Shaw RE, Mace WM (1978) *Issues in the Theory of Action: Degrees of Freedom, Coordinative Structures and Coalitions*. En: Requin J, (ed.). *Attention and Performance VII*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc. pp. 557-595.
- [15] Turvey, MT (2009) On the notion and implications of organism-environment system: Introduction. *Ecological Psychology*, 21, 93-111.
- [16] Richardson MJ, Shockley K, Riley MR, Fajen BR, y Turvey MT (2008) *Ecological psychology: Six principles for an embodied-embedded approach to behavior*. En P. Calvo y T. Gomila (eds.), *Elsevier handbook of new directions in cognitive science*, pp. 161-190.
- [17] Bunge, M (1979) *Ontology II: A world of systems*. Boston: Reidel.
- [18] Alley, T (1985) *Organism-environment mutuality epistemics, and the concept of the ecological niche*. *Synthese*, 65, 411-444.
- [19] Järvilehto, T (1998) *The theory of the organism-environment system: I. Description of the theory*. *Integrative Physiological and Behavioural Science*, 33, 321-334.
- [20] Shaw, RE y Turvey, MT (1980) *Methodological realism*. *The Behavioural and Brain Sciences*, 3, 94-96.
- [21] Runeson S (1977) *On the Possibility of "Smart" Perceptual Mechanisms*. *Scandinavian Journal of Psychology*, 18(1): 172-179.
- [22] Ibáñez-Gijón J, Díaz A, Lobo L, Jacobs DM (in press) *On the ecological approach to information and control for roboticists*. *International Journal of Advanced Robotics*. Special Issue on Cybernetics.

# NORMAS NATURALES Y FUNCIONES BIOLÓGICAS

CRISTIAN SABORIDO

*Dpto. de Lógica, Historia y Filosofía de la Ciencia, Universidad Nacional de  
Educación a Distancia (UNED) (España)*

[dziga22@gmail.com](mailto:dziga22@gmail.com)

LA *NORMATIVIDAD NATURAL* HA SIDO ABORDADA desde distintas perspectivas por parte de la Filosofía de la Biología (Davies 2001, Darwall 2001, Barham 2012, Christensen 2012). Se trata, de hecho, de una cuestión muy importante para la misma perspectiva naturalista y es uno de los ejes centrales sobre el que gira el debate contemporáneo acerca del concepto de *función biológica*. Autores como Cummins (2002), Davies (2009) o Fraansen (2009) defienden vehementemente que un análisis teórico del concepto de función biológica no puede dar cuenta de una presunta dimensión normativa. Estos autores sostienen, contra la extendida interpretación de que la noción de función es inherentemente normativa (Bedau 1992, Neander 1995), que no está teóricamente justificado extraer una atribución normativa de una atribución funcional. De hecho, el creer que las atribuciones funcionales hacen referencia a normas que subyacen al comportamiento de los seres vivos es únicamente una consecuencia de un “conservadurismo conceptual” que proviene de nuestra herencia cultural y de nuestros esquemas psicológicos y que nos lleva a interpretar el mundo natural como producto de un diseño intencional consciente.

No obstante estos argumentos, el comportamiento de los sistemas biológicos es tradicionalmente entendido de una forma normativa. En palabras de Canguilhem:

La vida es, de hecho, una actividad normativa. Lo normativo, en filosofía, incluye todo juicio que evalúa o califica un hecho en relación a una norma, pero este tipo de juicio está esencialmente subordinado a aquello que establece la norma. Lo normativo, en el sentido completo del término, es aquello que

establece normas. Es en este sentido en el que hablamos de normatividad biológica. (Canguilhem 1966: 126)

Muchos análisis teóricos del concepto de función biológica siguen esta línea de pensamiento y defienden que describir un rasgo de un ser vivo como funcional implica hacer una distinción normativa. Atribuir una función determinada a un rasgo biológico significa atribuir a este rasgo una norma a la cual su actividad *debe* someterse. La noción de funcionalidad biológica, según defienden muchos autores, está vinculada a la de normatividad natural (McLaughlin 2009, Price 1995). Una vez que afirmamos que la función natural de X es F, estamos diciendo que producir F es una norma propia de X. De este modo, se considera que las funciones biológicas son normativas, al igual que se considera normalmente que ocurre en el caso de las funciones de los sistemas socio-técnicos. Así, muchos teóricos defienden que el corazón *debe* bombear sangre, del mismo modo que usualmente se afirma que los faros de un coche *deben* alumbrar la calzada o que los bomberos *deben* sofocar los incendios.

Sin embargo, la adscripción de normas a las entidades naturales es un reto complicado e inevitable para toda teoría naturalista sobre las funciones y la normatividad. Las normas naturales parecen precisar de un tipo de fundamentación teórica diferente al de las normas de las entidades y sistemas socio-técnicos. Dado que en el caso biológico ya no podemos contar con un diseño intencional que nos sirva como referencia, ¿existe un “modelo” que podamos usar como criterio para evaluar los comportamientos funcionales de los rasgos de los seres vivos? Atribuir normas a un rasgo concreto implica hacer una referencia a algún efecto específico que creemos de especial relevancia para este rasgo, lo cual permite que su actividad actual pueda ser normativamente evaluada (Neander 1995, McLaughlin 2009, Krohs 2010). Recientemente, Tyler Burge ha defendido que, en un sentido básico, una “norma natural” es:

[U]n nivel de realización de una actividad que es adecuado para el cumplimiento de una función o propósito que es explicativamente relevante independientemente de cualquier consideración positiva o negativa de un observador externo (Burge 2009: 269).

Según esta interpretación, una norma natural se fundamenta en el cumplimiento de una función biológica y esto supone que una fundamentación adecuada de la normatividad biológica debe ser capaz de explicar por qué consideramos un efecto y no otro como la función o el propósito que el rasgo *debe* llevar a cabo independientemente de ningún criterio o interés de un observador externo. Dicho en otras palabras, una teoría que entienda las funciones como normativas y las normas como naturales ha de explicar cómo se fundamenta, en términos naturalistas, esta normatividad.

Dentro de los principales enfoques en el debate sobre las funciones biológicas se han propuesto diferentes justificaciones teóricas de la noción de función normativa. Así, para los partidarios del enfoque etiológico-evolutivo (Wright 1973, Millikan 1989, Godfrey-Smith 1994) la norma de las funciones se fundamenta en las condiciones evolutivas de existencia del rasgo funcional. Por otro lado, dentro del enfoque disposicional (Cummins 1975, Davies 2001, Craver 2001) se defiende que un rasgo cumple con su norma cuando contribuye al logro de una meta o finalidad del sistema. A pesar de sus diferentes estrategias, ambos enfoques adolecen de un importante problema con respecto a su interpretación de la dimensión normativa de las funciones, pues se muestran incapaces de fundamentar la dimensión normativa que atañe al concepto de *malfunción*.

Aún cuando pudiera defenderse que las propuestas etiológicas o disposicionales son capaces de ofrecer teorías válidas para una caracterización de la noción de función normativa, son insuficientes para ofrecer una definición adecuada del concepto de malfunción biológica. El enfoque etiológico-evolutivo afirma que un efecto de un rasgo de un organismo pertenece a un tipo funcional cuando este rasgo ha sido heredado de una instancia ancestral de ese organismo que poseía asimismo instancias ancestrales de ese rasgo que han sido seleccionadas evolutivamente precisamente por poseer este mismo efecto. Así pues, solamente si un rasgo de un tipo funcional específico posee este efecto evolutivamente significativo, podemos decir que este rasgo es funcional. El problema es que para ser capaz de justificar una normatividad evaluativa que nos ofrezca los recursos teóricos necesarios para poder afirmar que algo está “funcionando correctamente” o “funcionando defectuosamente” una teoría de las funciones requiere de algo más que de una falta de “función seleccionada”. Los teóricos etiologicistas

defienden que su enfoque puede fundamentar el concepto de malfunción pero, en realidad, están confundiendo la malfuncionalidad con la no-funcionalidad (cfr. Davies 2001).

Por otro lado, el enfoque sistémico-disposicional es vulnerable a la misma crítica que se aplica a los enfoques etiológico-evolutivos. Si interpretamos una función como una contribución o disposición a lograr una meta sistémica, sólo podemos considerar que un rasgo es funcional cuando la contribución o disposición está presente y que un rasgo es no-funcional cuando esta contribución o disposición está ausente. Desde este tipo de definición solo es por lo tanto posible hablar en términos de todo o nada, esto es, de funcionalidad o no funcionalidad. Como en el caso de la perspectiva etiológica, el enfoque sistémico no es capaz de dar cuenta del concepto gradual de malfunción.

En esta comunicación sostenemos que la mejor forma de lograr un análisis teórico adecuado del concepto de malfunción es partiendo del nuevo *marco organizacional* del debate sobre las funciones en Filosofía de la Biología (Schlosser 1998, Christensen & Bickhard 2002). Esta perspectiva organizacional -y en concreto una propuesta que interpreta las funciones como contribuciones al auto-mantenimiento biológico- puede ser desarrollada a fin de fundamentar adecuadamente el concepto de malfunción. El argumento central de esta propuesta organizacional es que una función es un efecto específico (diferenciado) de un rasgo que supone una contribución al mantenimiento de un cierre causal que se da entre distintos efectos de las estructuras y procesos de un sistema. Este efecto funcional es una condición necesaria para el auto-mantenimiento de una organización biológica que produce y mantiene al rasgo y cuya existencia depende a su vez de la acción diferenciada de sus componentes (Mossio *et al.* 2009, Saborido *et al.* 2010, 2011).

Si aplicamos este modelo teórico al caso de los rasgo malfuncionales debemos decir que un rasgo que malfunciona es, ante todo, un rasgo funcional, pues contribuye al auto-mantenimiento de la organización, pero es un rasgo que no realiza esta contribución de acuerdo con ciertas normas que se fundamentan en las propiedades de la misma organización del organismo. Es por esto que podemos decir que un comportamiento funcional supone una mala o defectuosa contribución. Los rasgos biológicos bajo esta interpretación muestran una gradualidad en su eficiencia funcional.

Una malfunction no es un comportamiento en términos de todo o nada, como es el caso de la distinción función / no-función, sino que los efectos de un rasgo funcional pueden ser calificados como “buenos” o “malos” atendiendo a una norma corporeizada (*embodied norm*) que se basa en la acción del subsistema regulatorio que el resto del organismo presupone y que permite todo un rango de posibles comportamientos malfuncionales.

De este modo, partiendo de un enfoque de raíces aristotélico-kantianas, las propiedades de *presuposición funcional* y de *regulación adaptativa* que muestran los sistemas biológicos nos permiten salvar las limitaciones de los diferentes análisis teóricos que se han presentado sobre el concepto de función, ofreciéndonos los recursos teóricos necesarios para desarrollar un enfoque organizacional capaz de justificar teóricamente la atribución de malfunciones biológicas y, por lo tanto, abriendo una prometedora vía para la naturalización de normas naturales.

## REFERENCIAS

- Barham, J. (2012). Normativity, Agency, and Life. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 43: 92-103.
- Bedau, M.A. (1992). Goal-Directed Systems and the Good. *The Monist*, 75: 34 – 49.
- Burge, T. (2009). Primitive Agency and Natural Norms. *Philosophy and Phenomenological Research* 89 (2): 251-278.
- Canguilhem, G. (1966). *Le normal et le pathologique*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Christensen, W.D. (2012). Natural sources of normativity. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 43: 104-112.
- Christensen, W.D., & Bickhard, M.H. (2002). The Process Dynamics of Normative Function. *The Monist* 85, 1: 3-28.
- Craver, C.F. (2001). Role functions, mechanisms, and hierarchy. *Philosophy of Science*, 68: 53–74.
- Cummins, R. (1975). Functional analysis. *Journal of Philosophy* 72: 741–765.

- Cummins, R. (2002). Neo-Teleology. En: Ariew, A., Cummins, R. & Perlman, M. (Eds). *Functions*. Oxford: Oxford University Press. Pp: 157-172.
- Darwall, S. (2001). Normativity. En E. Craig (Ed.), *Routledge encyclopedia of philosophy*. London: Routledge.
- Davies, P. S. (2001). *Norms of Nature. Naturalism and the Nature of Functions*. Cambridge: MIT Press.
- Davies, P. S. (2009). Conceptual Conservatism: The Case of Normative Functions. In Krohs, U. & Kroes (eds.) *Functions in Biological and Artificial Worlds*. Cambridge: MIT Press. Pp. 127-146.
- Fraansen, M. (2009). The Inherent Normativity of Functions in Biology and Technology. In Krohs, U. & Kroes (eds.) *Functions in Biological and Artificial Worlds*. Cambridge: MIT Press. Pp. 103-126.
- Godfrey-Smith, P. (1994). A modern history theory of functions. *Noûs* 28: 344–362.
- Hardcastle, V.G. (2002). On the normativity of functions. En Ariew, A., Cummins, R. & Perlman, M. (Eds). *Functions*. Oxford: Oxford University Press. Pp: 144-156.
- Krohs, U. (2010). Dys-, Mal- et Non-: L'autre face de la fonctionnalité. En Gayon, J. & De Ricqlès. *Les fonctions: des organismes aux artefacts*. Presses Universitaires de France. Pp: 337-352.
- McLaughlin, P. (2009). Functions and Norms. En Krohs, U. & Kroes (eds.) *Functions in Biological and Artificial Worlds*. Cambridge: MIT Press. Pp. 93-102.
- Millikan, R.G. (1989). In defense of proper functions. *Philosophy of Science*, 56, 288–302.
- Mossio, M., Saborido, C. and Moreno, A. (2009). An Organizational Account for Biological Functions, *British Journal for the Philosophy of Science* 60 (4): 813-841.
- Neander, K. (1995). Misrepresenting and malfunctioning. *Philosophical Studies* 79: 109-141.
- Price, C. (1995). Functional Explanations and Natural Norms. *Ratio (New Series)* 7: 143-160.
- Saborido, C., Mossio, M & Moreno, A. (2010). La dimensión teleológica del concepto de función biológica desde la perspectiva organizacional. *Teorema* 29 (3): 31-56.

Saborido, C., Mossio, M & Moreno, A. (2011). Biological organization and cross-generation functions. *British Journal for the Philosophy of Science* 62 (3): 583-606.

Schlosser, G. (1998). Self-re-production and functionality: A systems-theoretical approach to teleological explanation. *Synthese* 116: 303–354.

Wright, L. (1973). Functions. *Philosophical Review* 82: 139-168.

# ON THE EPISTEMOLOGY OF COMPLEX NETWORKS THEORY

ALBERTO PASCUAL-GARCÍA

*Centro de Biología Molecular “Severo Ochoa” (CSIC-UAM), Madrid, (Spain)*

[apascual@cbm.uam.es](mailto:apascual@cbm.uam.es)

COMPLEX NETWORKS THEORY IS A DISCIPLINE that aims to understand those systems composed by a large number of elements interacting non linearly. Its starting point consists on modeling these systems as networks where the interacting entities are represented by nodes, and interactions among nodes as links if a relation exist. The mathematical framework further developed in order to explore both the static and dynamical properties of these networks is what is known as complex networks theory (Newman 2006). The conceptual simplicity of this approach facilitates its application to very different areas of knowledge such as physics, biology or social sciences, with an spectacular increase in the number and variety of publications during the last years.

The conceptual simplicity seems to partially explain its success for two reasons. On one hand we observe that some common (non trivial) patterns arise from the analysis of very different systems. In the other hand, it is possible to generate models in an *empty-of-content* fashion intended to reproduce a given pattern. Therefore, when the modeled process generates the desired pattern, it may be considered as a suitable starting point to explain its emergence in a variety of systems. This fact confers an extraordinary generality to the analysis and modeling of complex systems. A paradigmatic example comes from the observation that, in many systems, the probability distribution of the number of links per node (known as the degree distribution) follows an scale free behaviour (Barabási 2009). It has been proposed within the same formalism a simple model to explain this pattern, the so called *preferential attachment process* (Barabási 1999), that generates scale free networks and it is easily modified to account for a particular scaling exponent.

Therefore if, as it happens in this example, the modeled process generates the desired pattern, it may be considered as a suitable starting point to explain the emergence of the observation under analysis in a variety of systems. This fact confers to this theory an extraordinary versatility for the analysis and modeling of complex systems.

But, although the application of complex networks theory implies a commitment with strong assumptions arising from the very first modeling step -i.e. the system definition- the epistemological aspects of complex networks theory have received poor attention. Our aim here is to explore the epistemological basis of the complex networks theory.

The approach we will follow highlights the ability of the complex networks framework to deal with *dialectic* concepts (Georgescu-Roegen 1971). Dialectic concepts are better understood in contraposition to *arithmomorphic* concepts, which are those concepts that can be discretely differentiated. Following the words of Georgescu-Roegen: “(arithmomorphic concepts) conserve a differentiate individuality identical in all aspects to that of a natural number within the sequence of natural numbers”. Arithmomorphic concepts are suitable for formal reasoning, and therefore compatible with a quantitative treatment. On the other hand, dialectic concepts intrinsically make reference to processes where qualitative changes are present. An accessible example may be the concept *phase transition*. For instance, in the transition from water to vapour both phases are conceptually well characterized. But it is the process of change itself what challenges our ability to quantitatively describe the system. How can we properly characterize both concepts, water and vapour, if we are in a regime where both phases coexist? Scientific modeling may be viewed as an activity where the construction of an arithmomorphic scheme is critical, and systems that must be described through dialectic concepts challenge scientific modeling. Concepts such as the adjective *democratic*, being defined with a wide variety of implicit qualitative variables changing in space and time, make difficult to propose an arithmomorphic scheme oriented to provide an objective measure (therefore discretely differentiated) of this concept, and must be understood as dialectic.

An illustrative example of what is understood as arithmomorphic scheme and its relation with dialectic concepts comes from the *classification* problem. The

classification problem can be considered within the complex networks framework if we link objects when they share certain similarity, and this leads to disjoint clusters where elements within each cluster are transitively connected. In general, when the entities considered in any attempt of classification contain an increasing amount of dialectic concepts, there are also increasing chances of dealing with a frustrated problem (Binder 1986). In biology the problem of classification has been historically fundamental. Species definition is a classical example where discrepancies do exist nowadays, see for instance the discrepancies between Ecdysozoa and Coleomata hypothesis (Philip 2005; Philippe 2005), or the difficulties in the definition of bacterial species (Cohan 2002). And frustration in the classification problem is not specific of species definition. It also appears when we deal with other entities such as expression profiles or protein structures, and this is why it has been recognized as a central epistemological problem in computational biology (Dougherty 2006).

We argue that it is precisely in those scientific areas where dialectic concepts are found more frequently, as it is in biology, sociology or economy, where the formal development is being slower than in other sciences such as physics. It has been pointed out that a specific feature for the maturity of any science comes from a growing interest on “processes in which things have become what they are, starting out from what they once were, and in which they continue to change and to become something else in the future”, rather than an interest on “the basic qualities and properties that define the mode of being of the things treated in that science” (Bohm 1971), typical of earlier stages of its development. This may be the reason why Schrödinger predicted that biology would have increasing attention for experts coming from formal disciplines, as an also increasing amount of available data would facilitate any attempt of formalization (Schrödinger 1992).

With the following epistemological approach to complex networks theory we will try to show that the success of complex networks theory is not only due to its conceptual simplicity. We will show that, after the very hard process of conceptual reduction of the system to construct an arithmomorphic description, the analysis that follows obtains patterns which are compatible with a dialectic interpretation. We start with a brief introduction to the system description constructed in the standard modeling

process within complex networks theory, in order to understand the parallelism we propose with an epistemological approach.

Modeling within the framework of complex networks theory necessarily begins with the definition of the system, which is an unavoidable exercise for any standard observer dealing with scientific knowledge (Maturana 1975). This exercise implies that an important number of variables are either neglected or simplified with operations such as averaging, what constitutes a dimensionality reduction process and defines system boundaries. In our case, we consider a set of nodes which are characterized by a finite set  $x_i \in X$  of variables. These variables can be quantitative or qualitative (including the observation *the node A interacts with B*), being binary variables in the latter case. From the specific values  $\alpha$  of the considered variables,  $x_i^\alpha$ , links between nodes are defined after a suitable operation defined by the observer, what allows her to determine what is understood as relation, typically an interaction. The operations intended to define links constitute an additional dimensionality reduction process and highlight the relevant variables and values in the linkage process. Our proposal consists on relating these ingredients with an epistemological formal description.

We will follow the formal epistemological approach proposed in (Boniolo 2008), particularized to our problem. We will consider that the system  $O$  is composed by objects  $o \in O$  that correspond to nodes in the standard modeling process. We will not ask ourselves whether the observer has direct access to the objects or not as in (Boniolo 2008), what has been proposed as a Kantian approximation to formal epistemology, although it is absolutely compatible with this interpretation. As objects are fully described by the different variables  $x_i$  together with its correspondent values  $x_i^\alpha$ , any analysis can be accomplished just by knowing these variables and values, what will constitute the conceptual apparatus of the knowing subject. Therefore, we can define the potential conceptual apparatus  $C$  of the knowing subject as composed by a set of elementary concepts  $c \in C$  (Frege 1892), once the system has been defined. But the actual conceptual apparatus  $\Delta$ , consists just on particular values associated with the measurements provided to the subject that constructs the model. We propose a parallelism where the characteristics are associated with particular viable values of the variables ( $x_i^\alpha \rightarrow c_i^\alpha$ ) and we further define concepts  $v$ , which are finite subsets of

characteristics:  $v \equiv \{c_i^\alpha \dots c_j^\beta\}$ . For a finite network we can consider a finite number of characteristics as its construction requires a static snapshot for the values of the variables, or alternatively thresholds can be imposed. For instance, a characteristic  $c_i^\alpha$  can be defined as *a variable  $x_i$  taking a value larger than  $a$* .

Following this parallelism, we define a binary constitution relation  $\dashv$  that, given any  $o \in O$  and any  $v \in \Delta$ , the statement  $o \dashv v$  means that  $v$  is one of the concepts cognitively constituting  $o$ . Of course the constitution relation for a given concept involves its set of characteristics, what leads to the following *constitution rules*:

$$\frac{o \dashv v \quad c \in v}{o \dashv \{c\}} \quad \frac{(\forall c \in v) o \dashv \{c\}}{o \dashv v}$$

From the constitution relations we want now to discretely describe any object. Let  $v \in \Delta$  be a concept. We define as the extension of a concept the subset of the objects in  $O$  constituted by  $v$ :

$$Ext(v) \equiv \{o \in O \mid o \dashv v\}$$

In order to guarantee that each object is completely grasped with a subset of concepts, which is the initial scenario we consider before linking objects, let us call  $U$  the subset of concepts constituting a given object  $o$ . This object is discretely differentiated of any other if the following condition holds:

$$\bigcap_{v \in U} Ext(v) = \{o\}$$

A complete parallelism between both formalisms would be reached if we finally relate the link definition in the standard modeling with an operation between sets of concepts in the epistemological counterpart. Any operation oriented to construct a link between two objects  $o_1$  and  $o_2$  will need to consider the subsets of concepts describing these objects, namely  $U_1$  and  $U_2$  respectively, in such a way that the extensions of the final concepts relate both objects according to the standard models. The operation:

$$Ext(U_1 \wedge U_2) = Ext(U_1) \cap Ext(U_2)$$

maps the binary relation defined by a link in the standard formalism with the epistemological formalism and implies a dimensionality reduction, as the concepts that allow us to discretely differentiate both objects lie out the intersection.

It is now possible to show (Valentini 2005), that the set of concepts  $\Delta$  together with a binary relation  $\mathbf{R}$  from  $\Delta$  to the set of objects  $O$  constitute a concrete topological space  $\chi = (O, \Delta, \mathbf{R})$ , and allows for a formal definition of open and closed sets. The topological objects constructed in this way have been used to propose a formal definition of vagueness (Boniole 2008).

Equipped with the above definitions, we will investigate whether the formal definition of vagueness is compatible with the identification of dialectic concepts. We will analyze the sets obtained through the proposed parallelism for different patterns found in real networks.

In particular, we will analyze three types of *3-node* subgraphs that have been widely found in different systems and may be viewed as building blocks in complex networks (Milo 2002). We will further relate these patterns with real biological examples containing dialectic concepts. First, the objective definition of protein *fold*, which is directly related with the classification problem and that will allow us to recover the paradigmatic example of scale free networks (Sadreyev 2009; Pascual-García 2009). The second example will address the problem of the identification of remote protein homologs, that can be solved through transitive sequence similarity operations (Roessler 2008). The third example will consider a recent proposal for species coexistence through transitive competition (Allesina 2011).

We will finally discuss those critiques claiming that disciplines that make use of these kind of approaches, such as systems biology, are reductionist (Mazzocchi 2008; Van Regenmortel 2004). The fact that the description of the system is necessarily reduced does not imply that it is a reductionist approach. It is rather a necessary epistemological exercise to deal with complex systems that allows to the scientist to propose general questions and that otherwise would not be possible to handle. We claim that these approaches circumvent the difficulties arising from the study of systems with intrinsically dialectic concepts, opening a door to the establishment of general laws. And it would be nothing but time and experiments what will allow us to test both the predictive power of complex networks theory and the skepticism.

## REFERENCES

- (Allesina 2011) S. Allesina and J. M. Levine. A competitive network theory of species diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(14):5638-5642 (2011).
- (Barabási 2009) A.L. Barabási. Scale-Free networks: A decade and beyond. *Science*, 325(5939):412-413, (2009)
- (Barabási 1999) A.L. Barabási and A. Réka. Emergence of scaling in random networks. *Science*, 286(5439):509-512, (1999).
- (Binder 1986) K. Binder and A. P. Young. Spin glasses: Experimental facts, theoretical concepts, and open questions. *Reviews of Modern Physics*, 58(4):801-976, (1986).
- (Bohm 1971) D. Bohm. Causality and Chance in Modern Physics. *University of Pennsylvania Press*, (1971).
- (Boniolo 2008) G. Boniolo and S. Valentini. Vagueness, kant and topology: a study of formal epistemology. *Journal of Philosophical Logic*, 37(2):141-168, (2008).
- (Cohan 2002) F. M. Cohan. What are bacterial species? *Annu Rev Microbiol*, 56:457-487, (2002).
- (Dougherty 2006) E. R. Dougherty and U. Braga-Neto. Epistemology of computational biology: Mathematical models and experimental prediction as the basis of their validity. *Journal of Biological Systems*, 14(1):65-90, (2006).
- (Frege 1892) G. Frege, Über Begriff und Gegenstand (1892), Engl. Transl. P. T. Geach, and M. Black (eds.) On concept and object. *Mind*, 60(238):168-180, (1951).
- (Georgescu-Roegen 1971) N. Georgescu-Roegen. The Entropy Law and the Economic Process. *Harvard University Press*, 1st edition, (1971).
- (Maturana 1975) H. R. Maturana, E. H. Lenneberg, and E. Lenneberg. Biology of Language, the Epistemology of Reality. In *Foundations of Language Development, a Multidisciplinary approach*, volume 2. The UNESCO Press, (1975).
- (Mazzocchi 2008) F. Mazzocchi. Complexity in biology, exceeding the limits of reductionism and determinism using complexity theory. *EMBO Reports*, 9(1):10-14, (2008).

- (Milo 2002) R. Milo, S. Shen-Orr, S. Itzkovitz, N. Kashtan, D. Chklovskii, and U. Alon. Network motifs: Simple building blocks of complex networks. *Science*, 298(5594):824-827, (2002).
- (Newman 2006) M. Newman, A.-L. Barabási, and D. J. Watts. The Structure and Dynamics of Networks. *Princeton University Press*, 1<sup>st</sup> ed, (2006).
- (Pascual-García 2009) A. Pascual-García, D. Abia, A. R. Ortiz, and U. Bastolla. Cross-Over between discrete and continuous protein structure space: Insights into automatic classification and networks of protein structures. *PLoS Comput Biol*, 5(3):e1000331, (2009).
- (Philip 2005) G. K. Philip, C. J. Creevey, and J. O. McInerney. The opisthokonta and the ecdysozoa may not be clades: Stronger support for the grouping of plant and animal than for animal and fungi and stronger support for the coelomata than ecdysozoa. *Molecular Biology and Evolution*, 22(5):1175-1184, (2005).
- (Philippe 2005) H. Philippe, N. Lartillot, and H. Brinkmann. Multigene analyses of bilaterian animals corroborate the monophyly of ecdysozoa, lophotrochozoa, and protostomia. *Molecular biology and evolution*, 22(5):1246-1253, (2005).
- (Roessler 2008) C. G. Roessler, B. M. Hall, W. J. Anderson, W. M. Ingram, S. A. Roberts, W. R. Montfort, and M. H. J. Cordes. Transitive homology-guided structural studies lead to discovery of cro proteins with 40% sequence identity but different folds. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(7):2343-2348, (2008).
- (Sadreyev 2009) R. I. Sadreyev, B.-H. Kim, and N. V. Grishin. Discrete-continuous duality of protein structure space. *Current Opinion in Structural Biology*, 19(3):321-328, (2009).
- (Schrödinger 1992) Erwin Schrödinger. What is Life?: With Mind and Matter and Autobiographical Sketches. *Cambridge University Press*, (1992).
- (Valentini 2005). The problem of the formalization of constructive topology. *Archive for Mathematical Logic*, 44(1):115-129, (2005).
- (Van Regenmortel 2004) M.H.V. Van Regenmortel. Reductionism and complexity in molecular biology. *EMBO Reports*, 5(11):1016-1020, (2004).

## **Sección C**

### **Biología y sociedad**

# EL CONCEPTO DE *INFORMACIÓN MECANÍSTICA* EN LA EVALUACIÓN DE RIESGOS

JUAN BAUTISTA BENGOETXEA

[juanbautista.bengoechea@uib.cat](mailto:juanbautista.bengoechea@uib.cat)

JOSÉ LUIS LUJÁN

[jl.lujan@uib.es](mailto:jl.lujan@uib.es)

OLIVER TODT

[Oliver.Todt@uib.es](mailto:Oliver.Todt@uib.es)

*Universitat de les Illes Balears (España)*

LAS *EXPLICACIONES BASADAS EN MECANISMOS* HAN RECIBIDO especial atención durante la última década debido a que habitualmente incorporan un modelo del mecanismo considerado responsable de un fenómeno determinado (Bechtel & Abrahamsen 2005). Esto implica concebir la explicación, especialmente en ciencias de la vida, sin recurrir a modelos de base nomológica, sin aludir a leyes, sino más bien a la descripción de mecanismos (Craver 2007: 107).

La literatura filosófica al respecto ha analizado abundante cantidad de casos de la biología molecular y de la neurociencia, pero ha sido en el contexto de la evaluación de riesgos donde se ha enfatizado la noción de *información mecanística*. En este trabajo proponemos analizar contrastivamente dicho concepto con el fin de establecer su posible adecuación al concepto de EBM propio de la filosofía de la ciencia.

## **1. Usos de la información mecanística en la evaluación de riesgos**

El objetivo principal de la evaluación de riesgos es obtener información sobre el riesgo que determinadas sustancias entrañan para el entorno y la salud pública, información que posteriormente se utiliza en la toma de decisiones (elaboración de regulaciones) con el objetivo de minimizar tales riesgos. Durante la última década se han producido diferentes controversias metodológicas en el ámbito de la gestión de

riesgos, controversias centradas básicamente en tres temas: la carga de la prueba, las reglas de inferencia, y los estándares de prueba (Luján 2005).

En el seno de las controversias mencionadas, la expresión «información mecanística» puede tener dos referentes: el *modo de acción* y el *mecanismo de acción*. El mecanismo está formado por la información detallada y secuencial en diversos niveles de organización biológica, a menudo en el molecular, de los sucesos o pasos de la interacción entre un organismo y un tóxico que conducen a una respuesta observada —por ejemplo, la mutagenicidad, la mitogénesis o la inhibición de la muerte celular. El modo, en cambio, incluye *sólo* los pasos mecanísticos *críticos* que producen ese efecto biológico característico; es decir, es la secuencia *crítica* de sucesos consecuencia de la interacción mencionada (Borgert et al. 2004: 89; USEPA 2003). La diferencia entre ambos tipos de información tiene que ver con el nivel de comprensión del fenómeno. Por simplicidad, en la evaluación de riesgos se utiliza básicamente la información de los modos de acción, pues la que se obtendría de los mecanismos requeriría ejercicios de indagación mucho más complejos y costosos (White *et al.* 2008).

A su vez, en la evaluación de riesgos hay dos tendencias generales que respaldan la pertinencia de la información mecanística. Ambas tienen objetivos diferentes y dan cuenta de la variedad y diversidad de usos (Clewel 2005) de la información mecanística:

(1) Según la primera, la información mecanística es crucial para fundamentar empíricamente las guías de inferencia y los modelos de extrapolación y, por lo tanto, para decidir entre alternativas; esto es, la información mecanística permite someter a contrastación empírica las guías de inferencia. La idea subyacente es que la información sobre los sucesos que conducen a una enfermedad causada por una sustancia es pertinente para seleccionar el modelo que relaciona la dosis con la respuesta. Por ejemplo, a menudo resulta imposible saber si a bajas dosis una sustancia causa los mismos efectos que han sido observados a altas dosis, por lo que es necesario decidir entre diferentes modelos de extrapolación (Clewel 2005). Este uso de la información mecanística ha sido defendido principalmente para cuestionar los modelos lineales de extrapolación.

(2) Por otro lado, también se ha subrayado el uso de la extrapolación inter-química que posibilita el establecimiento de categorías de sustancias químicas sobre la base de factores de equivalencia tóxica. Así, si se desconocen los efectos de una sustancia, pero ésta posee el mismo mecanismo de acción que otra cuyos efectos están bien establecidos, se puede presuponer que las dos comparten los mismos efectos (Clewell 2005). Esto permite categorizar los mecanismos de toxicidad en diversos tipos: genotóxicos, epigenéticos, citotóxicos, etc. Este uso de la información mecanística ha sido defendido con la finalidad de evitar procesos de evaluación de riesgos intensivos en tiempo y recursos y, por lo tanto, de poder regular más rápidamente (Cranor 2011)

## **2. La información mecanística y la explicación basada en mecanismos**

El incremento del interés por las explicaciones basadas en mecanismos en filosofía de la ciencia (Machamer, Darden, Craver 2000) nos proporciona herramientas para el análisis de la *información mecanística* disponible para la evaluación de riesgos. En particular, nos interesa resaltar que los modos de acción se pueden conceptualizar como explicaciones causales basadas en mecanismos (cfr. Hill 1965), dado que explican *el porqué* mediante la explicitación del *cómo* –normalmente a través de diversos mecanismos vinculados a la aparición de un efecto.

Pues bien, el establecimiento de los mecanismos de acción consiste precisamente en determinar la secuencias de diferentes estadios clave que conduzcan, pongamos por caso, a un cáncer o que, inversamente, indiquen en qué circunstancias *no* se produciría el fenómeno. Esta característica es común a las explicaciones basadas en mecanismos (Craver 2006), distinguibles a su vez en dos tipos, las etiológicas y las constitutivas (Robins y Craver 2009), diferencia aplicable al caso de la información mecanística en evaluación de riesgos, donde los mecanismos de acción serían explicaciones constitutivas y los modos de acción serían etiológicas.

En particular, consideramos que la información mecanística de los modos de acción sirve para focalizar un aspecto importante de las explicaciones científicas: la complejidad en los diferentes niveles explicativos. Un nivel de complejidad refleja tanto la cantidad y la calidad de la información disponible sobre una sustancia química como las necesidades específicas de la evaluación de riesgos que se esté llevando a cabo (Clewell 2005, Craver 2006, 2007).

### 3. Conclusión

Esta imagen *compleja y flexible* de los modos de acción constituye un factor favorable para nuestro análisis de la noción de información mecanística, pero también el germen de un problema que requiere un tratamiento adecuado: la determinación de cuándo una hipótesis, dependiente de la información de un modo de acción, es suficientemente detallada para una aplicación particular –o problema del establecimiento de estándares de prueba para la evaluación de riesgos. Consideramos que el análisis contrastivo que proponemos sirve para responder a este reto con una propuesta que aúna el análisis de las explicaciones basadas en mecanismos y el de la evaluación de riesgos en una dinámica de mejora por retroalimentación. En particular, consideramos que hay dos nociones especialmente significativas: los modelos de realidad (*how-actually*) (Craver 2006: 361) y los bosquejos (Machamer, Darden, Craver 2000: 18).

Los modelos describen componentes, actividades y rasgos organizativos reales de un mecanismo que produce efectivamente un fenómeno o un efecto que tenemos por objetivo. Muestran cómo funciona realmente el mecanismo, si bien no incorporan necesariamente todas las partes y entidades del mecanismo; las pertinentes son las que interesan. A modo de complemento, el bosquejo (*sketch*) es un modelo incompleto del mecanismo que caracteriza algunas partes, actividades o aspectos de su organización, pero deja vacíos o brechas que aún no sabemos cómo completar (Machamer, Darden, Craver 2000: 18), pero que generan el tipo de *trayectorias* donde se determina efectivamente el punto en el que una hipótesis resulta suficientemente detallada como para aplicarla.

### REFERENCIAS

Bechtel, W.; Abrahamsen, A. (2005): Explanation: A Mechanistic Alternative. *Studies in History and Philosophy of the Biological and Biomedical Sciences* 36: 421-441.

- Borgert, C. J.; Quill, T. F.; McCarty, L. S.; Mason, A. M. (2004): Can mode of action predict mixture toxicity for risk assessment? *Toxicology and Applied Pharmacology* 201: 85-96.
- Clewell H. (2005), Use of mode of action in risk assessment: past, present, and future. *Regul Toxicol Pharmacol* 42 (1): 3–14.
- Cranor, C. (2011): *Legally Poisoned: How the Law Puts Us at Risk from Toxicants*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Craver, C. F. (2006): When Mechanistic Models Explain. *Synthese* 153: 355-376.
- Craver, C. F. (2007): *Explaining the Brain: Mechanisms and the Mosaic Unity of Neuroscience*. Oxford: Clarendon Press.
- Hill, A. B. (1965): *The Environment and Disease: Association or Causation?*, Proceedings of the Royal Society of Medicine 58: 295-300.
- Machamer, P.; Darden, L.; Craver, C. F. (2000): Thinking about Mechanisms. *Philosophy of Science* 67: 1-25.
- Robins, S. K.; Craver, C. F. (2009): Biological Clocks: Explaining with Models of Mechanisms. In: *Oxford Handbook of Philosophy and Neuroscience*, ed. by J. Bickle. Londres: Oxford University Press, Cap. 2.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA, 2003): *Guidelines for Carcinogen Risk Assessment*. Washington, DC: Risk Assessment Forum: U.S. Environmental Protection Agency. EPA/630/P-03/001A.
- White, R. H.; Cote, I.; Zeise, L.; Fox, M.; Dominici, F.; Burke, T. A.; Paul D. White, P. D.; Hattis, D. B.; Samet, J. M. (2008): State-of-the-Science Workshop Report: Issues and Approaches in Low-Dose—Response Extrapolation for Environmental Health Risk Assessment. EHP: *Environmental Health Perspectives*.
- [ehp03.niehs.nih.gov/article/info:doi/10.1289/ehp.11502]

## SUSTENTABILIDAD Y TEORÍA DE CONSTRUCCIÓN DEL NICHO

ALONSO GUTIÉRREZ NAVARRO

*Facultad de Ciencias,*

*Universidad Nacional Autónoma de México (México)*

[alonsogn87@gmail.com](mailto:alonsogn87@gmail.com)

LA ACTUAL CRISIS AMBIENTAL se ha configurado como una crisis de civilización, sus manifestaciones se reflejan desde el plano ambiental como en los planos económico, político y social (Foster 2010). Las diferentes crisis se conforman como una sola crisis, una crisis única en la historia de la humanidad que amenaza a toda la civilización, a gran parte de la diversidad biológica y que cambia los ciclos biofísicos de todo el planeta. (IPCC 2007; CMMAD 1987)

La crisis ambiental puede ser entendida, en términos generales, como la ruptura entre la relación sociedad-naturaleza. Esta ruptura está representada en la ideología del crecimiento sostenido (McNeill 2003), que fue la idea más defendida en aras del desarrollo de la civilización y una de las causas principales de la crisis ambiental. Por un lado, esta visión refleja que la naturaleza es externalizada de todo el proyecto civilizatorio y por el otro que el humano tiene la capacidad dominar a la naturaleza. A partir del reconocimiento de la crisis ambiental surgen diferentes corrientes ambientalistas que tratan de caracterizar la crisis, realizar un diagnóstico de la situación y plantear un horizonte futuro. A grandes rasgos se han venido configurando tres diferentes ideologías que tenían en el centro de su discurso la problemática ambiental.

- a) *Armonía con la naturaleza y equilibrio ecológico.*
- b) *Mercantilización de la naturaleza*
- c) *Coevolución sociedad-naturaleza*

Si bien lo que define a estas corrientes es su diversidad, el concepto que establece un terreno común es el desarrollo sustentable, porque si en la raíz de la crisis

ambiental se encuentra la ruptura de la relación sociedad-naturaleza, la respuesta a esta ruptura es la que permite ubicar las diferentes ideologías. El desarrollo sustentable marca un techo común para todas estas corrientes porque bajo su cobijo se intenta reconstruir la relación sociedad-naturaleza que define y diferencia las posturas.

a) *Armonía con la naturaleza.* La característica principal por la cual también se le denomina ecocéntrica a esta visión es por la búsqueda de la valoración intrínseca de la naturaleza y su conservación, es decir, hay una extensión de las características de la naturaleza para su extrapolación en la búsqueda del orden social a través de las leyes de la naturaleza. Se pretende hallar valores éticos esenciales que se promueven mediante los valores intrínsecos que encuentran en la naturaleza. Existe un criterio de valor fuera de la sociedad humana, en la naturaleza, que debe determinar la propia organización humana y así conseguir el desarrollo sustentable (Foladori 2005). A esto se suma que el conocimiento de las leyes de la naturaleza fue una tarea emprendida por un paradigma dominante en la ecología (Deléage 1991). La ecología se convirtió en una ciencia pretendidamente nomotética (predictiva y cuantitativa a todo costo), en la cual la naturaleza presenta una dinámica dada y leyes establecidas que hay descubrir y determinar (Gallopín 1986). Bajo esta visión los ecosistemas constituyen cierto orden particular o un cierto número de variables a partir de las cuales se construye un marco de referencia para proponer medidas de gestión en búsqueda de la sustentabilidad (Lélé y Norgaard 1996).

b) *Mercantilización de la naturaleza:* Desde una perspectiva neoclásica de la economía, el reconocimiento de los impactos al ambiente que no eran considerados puede tener cabida en lo que se nombra la internalización de las externalidades. Esta forma de instrumentación considera a la naturaleza como una forma de capital, donde se expande la racionalidad económica a la naturaleza y mantiene el mismo propósito de dominación y manipulación. El valor de la naturaleza está dado por los valores de cambio (precio). La protección del ambiente en realidad sería una forma de inversión, imponiendo los criterios de eficiencia y beneficio (Gudynas 2002). La forma de enfrentar la crisis ambiental es a través de la internalización de las externalidades del desarrollo, por lo que la búsqueda de la sustentabilidad radica en convertir a la naturaleza en capital natural o en servicios ambientales a los que se les pueda asignar un precio e incorporarlos así a la lógica del mercado. Bajo el enfoque de la economía

ambiental o la sustentabilidad débil el capital natural puede ser substituido por otro tipo de capital mientras el capital total no disminuya.

Desde aquí se establece un concepto que es radicalmente importante en el desarrollo de la siguiente corriente, la inconmensurabilidad de la valoración económica de la naturaleza (Martínez-Alier y Jusmet 2000). Al ingresar a la naturaleza dentro del mercado se desarticula y se anula el propio concepto de naturaleza, reemplazándola por términos como capital, servicios, bienes, productos, recursos (Gudynas 1999) La asignación de un precio no compatibiliza la dinámica ecológica con los procesos económicos (Gudynas 2002). La compensación monetaria por las afectaciones ecológicas no restituye ni recompensa la estructura y función del ecosistema, tampoco acelera la recuperación del mismo.

Al mercantilizar la naturaleza se da un proceso de alienación de la naturaleza expresada en la fetichización de la mercancía (Kosoy y Corbera 2010), ya que tiene como resultado la negación del proceso ontológico de la naturaleza, es decir, la naturaleza concebida separada no solamente del humano sino de sus propias relaciones ecológico-evolutivas. Al mercantilizar la naturaleza se materializa una abstracción porque se deslinda a cada uno de los componentes bióticos de sus propios procesos ecológicos y evolutivos. Abstrae a cada gen, organismo, comunidad o ecosistema de su propia historia y relación biológica. Los organismos se materializan en cosas que no guardan relación con el conjunto del ecosistema negando la posibilidad de explicar a ese organismo en función de sus relaciones ecológicas o de su devenir evolutivo.

c) *Coevolución sociedad-naturaleza*: El enfoque retoma en su origen los procesos ontológicos que han construido esta relación en la evolución del ser humano. Se intenta fundar la propuesta en el reconocimiento del humano como ser biológico y ser social, en un proceso de coevolución. Esta corriente adquiere sentido en el contexto de la Ecología Política al reconocer causas estructurales en la crisis ambiental y en la defensa del ecologismo de los pobres (Martínez-Alier 2005). La ecología política como una política de la diferencia es definida como conflictos de distribución económica, ecológica y cultural, donde hay una necesidad de reinsertar la economía en la sociedad, en los ecosistemas y en la cultura (Escobar 2010b).

Para la propuesta aquí vertida, el énfasis está en puesto en la fundamentación de la integración de procesos ecológico-evolutivos con los procesos sociales, económicos y

culturales. Esta perspectiva trata de explicar que en el proceso de evolución del humano las formas de influencias recíprocas tanto ecológicas como sociales y culturales adquieren hoy una relevancia en el enfrentamiento de la crisis ambiental y en la búsqueda del desarrollo sustentable.

### **1. Coevolución sociedad-naturaleza desde la Teoría de construcción del nicho (TCN)**

La relación sociedad-naturaleza se da dentro de un contexto general que está determinado, por un lado, por aquellos fenómenos físicos, geofísicos, biológicos, químicos que plasman una realidad ambiental y cuya dinámica es la de los fenómenos naturales, y por otro, por la presencia de la actividad humana que define la realidad social y que transcurre en una dimensión histórica. La relación sociedad-naturaleza no tiene un sentido único, se trata de un proceso esencialmente recíproco y cambiante (Bifani 2007).

La relación sociedad-naturaleza se define como un proceso interaccionista de ontogénesis (Escobar, 2010a), es decir, las propias influencias recíprocas van definiendo la propia relación así como la integración de las ontologías. Una comprensión plena de la condición humana exige una integración de lo biológico y de lo social en la que ninguno obtenga primacía o prioridad ontológica sobre el otro, sino que se les considere esferas relacionadas de modo dialéctico (Lewontin *et al.* 1987). La ontogénesis de la relación sociedad-naturaleza estaría definida por los niveles específicos de interacción en cada proceso coevolutivo.

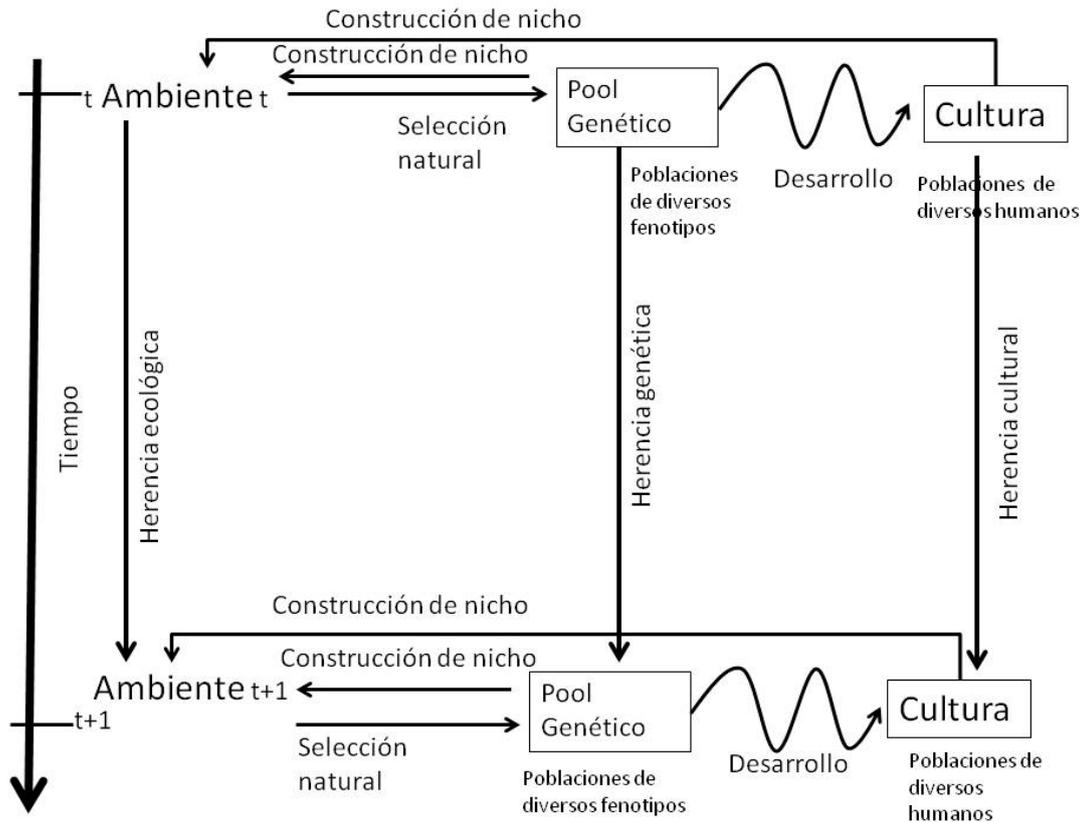
El proceso coevolutivo puede ser desarrollado y especificado por la teoría de construcción del nicho. La construcción del nicho es el proceso mediante el cual, los organismos por medio de su metabolismo, sus actividades y sus elecciones, modifican su propio nicho, así como el de otros. Lo cual puede resultar en cambios de una o más presiones de selección natural en el ambiente externo de las poblaciones. Los organismos constructores de nicho alteran las presiones de selección de su propia población, de otra población o de las dos; al tiempo que hacen esto están alterando los caminos evolutivos de ellos mismos y de las otras poblaciones (Odling-Smee *et al.* 2003).

Esta teoría se basa en la crítica de Lewontin (1983), donde existe una imagen

errada de las relaciones organismo-ambiente que ha prevalecido en la teoría evolutiva, lo que refleja la adopción de una visión del mundo cartesiano y reduccionista. Bajo el darwinismo, el ambiente, el mundo externo con sus propiedades autónomas, es el sujeto, mientras que el organismo se convierte en el objeto en el cual actúa el ambiente. Desde esta perspectiva el organismo se deriva de secuencias causales, autónomas en su dinámica. Las fuerzas internas generan la variación en los organismos; y el ambiente, las fuerzas externas, moldean las especies sobre la base de las variaciones causales internas que se dan autónomamente, por lo que, el proceso evolutivo se ve como si el ambiente pusiera el problema y los organismos pusieran las soluciones, de las cuales la mejor es finalmente seleccionada. Según Lewontin (1983), se da una objetivación del organismo al separar y hacer autónomas las causas internas y externas que dan lugar a la forma del organismo.

El papel que no ha sido considerado en su totalidad en la teoría evolutiva, es el papel que tienen los fenotipos en el ambiente y las consecuencias evolutivas que tiene esta actividad. La TCN considera que los organismos también interactúan con sus ambientes, toman energía y recursos del ambiente, hacen elecciones micro y macro de sus hábitats con respecto a su ambiente, construyen artefactos, emiten residuos y mueren en el ambiente; y con todo esto, modifican, al menos, algunas presiones de selección natural presentes en su propio ambiente o en el de otros organismos (Odling-Smee *et al.* 2003). Los organismos construyen y se adaptan a su ambiente en el curso del proceso filogenético, al igual que son causa y consecuencia de su desarrollo ontogenético.

El humano sería el constructor de nicho por excelencia ya que genera una modificación ecológica alterando por completo las presiones de selección y generando condiciones ecológicas que después serán heredadas a otras generaciones. Aquí radica la importancia de esta teoría, porque permite ubicar al ser humano en la teoría evolutiva como constructor de nicho en un proceso continuo junto con los demás organismos pero cualitativamente distinto, reconociendo el proceso histórico y cultural que ha construido. En el humano como constructor de nicho no se puede interpretar a la cultura y a la sociedad como relaciones ecológicas sino que se identifican esas características completamente diferentes pero establecidas en una base común, que es la misma relación dialéctica que se establece entre el organismo y el ambiente (véase Figura 1).



**Figura 1.** Modificada de Odling-Smee et al. , 2003. La herencia ecológica, genética y cultural crean una triple dimensión que tiene la TCN en la consideración de los procesos ecológicos-evolutivos de todos los organismos poniendo énfasis en la incorporación del humano.

El concepto de metabolismo, entendido como actividad de intercambio, juega un papel muy importante porque nos permite dar el paso para ubicar la propuesta desde la teoría social y para aclarar la relación sociedad-naturaleza en la construcción del nicho del humano. Este concepto se refiere a la interacción metabólica real entre la naturaleza y la sociedad a través del trabajo humano, es decir, para describir el conjunto de necesidades y relaciones, complejas, dinámicas, independientes del humano que se originan y se reproducen constantemente bajo un contexto histórico determinado (Foster 2001). El concepto de metabolismo adopta un carácter ecológico específico y un significado social y cultural general. Se desarrolla como un proceso continuo de codeterminación que está dado por las mismas características de las interacciones: su especificidad, su contingencia, su historicidad y su coevolución.

Esta teoría puede explicar el comportamiento humano dentro del papel del fenotipo de la evolución. El humano está ejerciendo su papel de constructor de nicho en

la construcción social, cultural e histórica de su propio desarrollo.

Bajo esta perspectiva considera el nicho específico de cada relación que se sustenta entre la cultura y la naturaleza en un proceso permanente de formación de imaginarios sociales de sustentabilidad (Leff 2010) y en la modificación de las condiciones ecológicas, apuntando a un concepto de naturaleza que entienda en la relación sociedad-naturaleza un proceso constante de ontogénesis y de diferenciación.

La construcción de una teoría de la evolución que pueda, por un lado, unir los procesos ecológicos con los procesos evolutivos, por otro que posibilite el diálogo con las ciencias sociales y que dé cabida en la elaboración de un marco para el desarrollo conjunto de la ecología política como búsqueda de la sustentabilidad; resulta un paso crucial que se convierte en un objetivo político ante la idea generalizada de la mercantilización de la naturaleza.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bifani, P. (2007), *Desarrollo y Medio ambiente*, Universidad de Guadalajara, México.
- CMMAD (Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo) (1987). *Nuestro futuro común*. Alianza, Madrid.
- Deléage, J.P. (1991), *La historia de la ecología*, Icaria, Barcelona.
- Escobar, A. (2010a), Ecologías políticas postconstructivistas, en *Sustentabilidad(es)*, Vol.1, No. 2, UNAD, Colombia.
- Escobar, A. (2010b), *Territorios de diferencia. Lugar, movimientos, vida, redes*. Bogotá: Envió Editores.
- Foladori, G. (2005), Una tipología del pensamiento ambientalista, en Foladori G., Pierri N. (coords.), *¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable*, Miguel Ángel Porrúa, UAZ, Cámara de Diputados LIX Legislatura, México, 83.
- Foster, B. (2001), *La ecología de Marx*, El Viejo Topo, España.
- Foster, B. y Magdoff (2009), *The great financial crisis*, Monthly Review Press, Nueva York.
- Gallopín, G. (1986), Ecología y Ambiente, en Leff, E. (coord.), *Los problemas del conocimiento y la perspectiva ambiental del desarrollo*, Siglo XXI, México.

- Gudynas, E. (1999), *Ecología, Economía y Ética del Desarrollo Sostenible*, ABYA-YALA, Ecuador.
- Gudynas, Eduardo (1996), Los límites del mercado en la gestión ambiental ¿Cuánto vale la naturaleza?”, en *Formación Ambiental*, Vol. 7, N° 15.
- IPCC (2007), *Cambio climático 2007: Informe de síntesis*, IPCC, Ginebra, Suiza.
- Kosoy, N. y E. Corbera, (2010), Payment for ecosystem services as commodity fetishism, en *Ecological Economics*, 69:1228-1236.
- Leff, E. (2004), *Racionalidad ambiental. La reapropiación social de la naturaleza*, Siglo XXI Editores, México.
- Leff, E. (2010), *Imaginario sociales y sustentabilidad*, Cultura y representaciones sociales, Vol. 5, no.9, México
- Lélé S. y R. Norgaard (1996), “Sustainability and the Scientist's Burden”, *Conservation Biology*. 10(2): 354-365 pp.
- Lewontin R., S. Rose y L. J Kamin (1987), *No está en los genes*, Crítica, España.
- Lewontin, R. (1983), Gene, Organism and Environment, en D. S. Bendall (ed.), *Evolution: From Molecules to Men*, Cambridge University Press, Cambridge: 273–285.
- Martínez-Alier, J. (2005), *Ecologismo de los pobres*, Icaria, Barcelona.
- Martínez-Alier, J. y J. Roca (2000), *Economía ecológica y política ambiental*, FCE/PNUMA, México.
- McNeill, J.R.(2003), *Algo nuevo bajo el sol: historia medioambiental del mundo en el siglo XX*, Alianza, Madrid.
- Odling-Smee, J., K. Laland y Feldman, M. (2003), *Niche construction: the neglected process in evolution*, Princeton University Press, Princeton.

# MEX-BIO-BYTE\$: RELACIONES BIOSOCIALES DE PRODUCCIÓN, BIOINFORMÁTICA DE GENES Y BIOCAPITAL EN MÉXICO

FRANCISCO VERGARA-SILVA

*Instituto de Biología,*

*Universidad Nacional Autónoma de México (México)*

[f.vergarasilva@gmail.com](mailto:f.vergarasilva@gmail.com)

“La genética de principios del nuevo milenio es un conglomerado corporativo, personal, médico, ideológico, emocional y corporal que se extiende a lo largo y a través de muchas instituciones y capas de la sociedad. Es un modo de pensar acerca del cuerpo y acerca del estado, un modo de organizar las expectativas sociales y de tomar decisiones acerca de qué preguntas vale la pena responder.”

Tomado de la introducción al libro *Genetic Nature / Culture: Anthropology and Science Beyond the Two-Culture Divide* (editado por Alan Goodman, Deborah Heath y Susan Lindee, University of California Press, 2003).

## **1. Introducción: la relación entre genómica y antropología**

EN UN ARTÍCULO PUBLICADO EN 2011 por la revista *Nature*, Eric S. Lander, el matemático norteamericano convertido en genomicista y bioinformático, evocaba una visión optimista para la genómica del futuro. En esa pieza, este científico establecía lo que a su parecer son las áreas de investigación en las ciencias de la vida que han

resultado más afectadas por la secuenciación del genoma humano.<sup>1</sup> La opinión de Lander a este respecto no puede tomarse a la ligera: se trata de uno de los fundadores del Broad Institute, organización que tiene un liderazgo mundial en investigación sobre medicina y ciencias biológicas, y que está ligada cercanamente con el Massachusetts Institute of Technology y la Harvard University. En ese sentido, es interesante observar que, si bien los tres campos identificados por el autor –i.e. “nuestro entendimiento de las funciones biológicas codificadas en el genoma, el de las enfermedades hereditarias y el cáncer, y el de la evolución e historia de la especie humana” (Lander 2011, p. 187)– claramente involucran al ‘hombre’ como figura central, la palabra ‘antropología’ nunca es mencionada. Para especialistas como Lander, tal vez la antropología es nada más una ‘ciencia social’, que si bien incluye una subdisciplina dedicada al estudio del hombre en cuanto especie biológica (i.e. la antropología física o biológica), en realidad no constituye un saber académico con métodos y estándares de evidencia y explicación rigurosos, como los que actualmente (se dice que) se desarrollan en el seno de la genómica.

Desde la comunidad antropológica, sin embargo, las potencialidades de la genética y la genómica ya habían sido observadas críticamente, incluso con anterioridad al año 2000 (ver, por ejemplo, Marks 1995). La antropología naturalmente miró con atención a la genómica desde sus inicios, simplemente porque sus intereses y prácticas ‘clásicas’ guardan una relación obvia con aquello que –si seguimos a Lander– esta última disciplina biológica está ‘descubriendo’.<sup>2</sup> En este contexto, hay un tema que

---

<sup>1</sup> Tal y como se reconoce en el ámbito académico a nivel mundial, la ‘carrera’ por la secuenciación del genoma humano se dio por concluida en junio de 2000. Esta es la fecha en que los principales rivales involucrados –por un lado, el Proyecto Genoma Humano, una iniciativa internacional financiada principalmente con dineros públicos, y la compañía privada Celera Genomics, fundada por el biólogo-empresario J. Craig Venter, por el otro– participaron conjuntamente en un anuncio público organizado por la Casa Blanca de los Estados Unidos de América. La nota editorial que la revista británica *Nature* publicó el primero de abril de 2010, escrita en conmemoración del décimo aniversario de aquel desenlace fundacional para la genómica, hacía un recordatorio de aquella presentación pública. Según esta nota, aquel comunicado de prensa hablaba de “la esperanza, sentida por muchos, de que este enorme logro debería “conducir a una nueva época de medicina molecular, una época que traería nuevas maneras de prevenir, diagnosticar, tratar y curar la enfermedad” (‘El genoma humano en su cumpleaños número diez’, *Nature*, volumen 464, p. 649).

<sup>2</sup> En efecto: desde su origen en el siglo XIX, y en su ‘paralelismo’ con la biología, la antropología ha sido un campo de estudio que se ha propuesto estudiar la diversidad de los grupos humanos a lo largo del planeta, de manera similar a como botánicos y zoólogos estudiaban la diversidad de plantas y animales. Sólo que –y esto es algo que a veces parece ignorarse desde las ciencias biológicas contemporáneas, no obstante su sofisticación tecnológica– el *punto de vista científico peculiarmente antropológico* sobre *Homo sapiens* siempre ha tenido en cuenta complejidades que parecen ser inéditas en las plantas y en otros animales. Esta complejidad puede encapsularse en la siguiente idea, cuyo significado yace

destaca por la atención que ha recibido de algunos antropólogos que, reflexivamente, entienden que ‘diversidad humana’ no es precisamente una ‘realidad externa, objetiva’ que únicamente está esperando a ser develada. Este tema posee múltiples vertientes, pero su articulación alrededor de la siguiente imagen es ya difícilmente cuestionada en el contexto actual de los estudios metacientíficos sobre la genómica: *la identidad de los grupos humanos, y por tanto los criterios con los cuales éstos son clasificados y se clasifican a sí mismos, ejercen una influencia sobre, y a su vez son influenciados por, los conocimientos históricamente cambiantes que las ciencias establecen como ‘verdades acerca de lo humano’, en cada época.*

## **2. La ‘biosocialidad’ y las ‘relaciones biosociales de producción’**

Como la disciplina científica que sin duda es, la antropología contemporánea advierte y acepta que la genómica puede hacer hallazgos acerca de la naturaleza biológica de la especie humana. Al tiempo que hace este reconocimiento, la antropología asimismo detecta y establece que la genómica, en cuanto constituida por una teoría y una práctica científicas que a su vez son producto de la cultura (científica) occidental del pasado y del presente, constituye un objeto susceptible de estudio, en sí misma. Así, como participante del grupo de disciplinas que estudian metacientíficamente a la genómica, la antropología ha alojado recientemente algunos desarrollos teóricos cercanamente relacionados con los acontecimientos bio-científicos mencionados arriba. Entre estas elaboraciones teóricas sobresale el concepto de ‘biosocialidad’, propuesto en 1996 por el antropólogo norteamericano Paul Rabinow. En el mismo texto que he empleado como fuente del epígrafe del presente trabajo, Goodman, Heath y Lindee (2003, p. 2) hacen la siguiente referencia a este concepto: “la era de la genética es también [...] la era de [...] la ‘biosocialidad’. Rabinow lúdicamente transpone los términos de la sociobiología y el credo de que las fuerzas biológicas (los genes) explican la conducta y la socialidad. Haciendo uso de la noción (debida al filósofo francés Michel Foucault) de biopoder, él (Rabinow) subraya la co-constitución de la naturaleza y la cultura y todas sus iteraciones que nos son familiares”.

La ‘biosocialidad’ ha sido revisitada recientemente por el también antropólogo Gísli Pálsson (Universidad de Reykjavík, Islandia). Este autor, quien cuenta con una

---

precisamente en su carácter aparentemente tautológico: *H. sapiens* posee una *cultura específicamente humana, que a su vez es sorprendentemente diversa.*

amplia experiencia como antropólogo de campo y etnógrafo de laboratorios de biología contemporánea, es el autor de un libro recientes que ejemplifica bien los alcances que una ‘antropología de la genómica’ puede tener (Pálsson 2007). Haciendo uso de la cita original donde Rabinow presentó su idea, Pálsson (2009) ha hecho la siguiente recapitulación (p. 293):

(en la visión de Rabinow) la división conceptual entre naturaleza y cultura estaba a punto de colapsar con la nueva genética y el mapeo del genoma humano [...] no sólo era plausible [...] que nuevas identidades grupales e individuales se formaran sobre la base de nuevas verdades generadas por el proyecto del genoma, sino que además el genoma mismo se conocería de tal modo que podría ser modificado: “[...] en la biosocialidad, la naturaleza se modelaría a imagen de la cultura, entendida ésta como práctica [...]”. La ‘vida misma’ se modifica y reproduce cada vez más a través de medios artificiales, incluyendo la clonación, la ingeniería genética, y la biología sintética.

En el ensayo citado, Pálsson ha realizado también un interesante ejercicio de análisis del concepto de Rabinow a la luz de algunas nociones que aparecen en los escritos tempranos del filósofo alemán Karl Marx. Como resultado de este ejercicio, Pálsson ha articulado entonces una versión de la biosocialidad vinculada con la manera en que el joven Marx entendía la noción de ‘producción’ (p. 307):

[...] puede ser útil hablar de *relaciones biosociales de producción* para capturar las biosocialidades de las bioindustrias modernas y la ciencia, para facilitar una sensibilidad a las diferencias y similitudes en las jerarquías involucradas en la *reproducción* y el *intercambio de cuerpos y partes corporales* (cursivas añadidas).

Pálsson (2009) también interpreta que los pasos mencionados arriba forman parte del proceso de ‘*producción de biocapital*’, al relacionar los traslados de los materiales biológicos y bioinformáticos con “prácticas de pertenencia, relaciones de jerarquía, subjetividades, y un sentido de ser humano y de identidad” (p. 298).

### **3. La ‘antropología de la genómica’ y el proyecto “Genoteca Indígena” en México**

En México, desde hace algunos años se están llevando a cabo algunos proyectos de investigación en genómica médica y bio-antropológica, que a su vez demandan análisis metacientíficos, de corte antropológico –en el sentido ya definido arriba. Al interior de un grupo interdisciplinario que trabaja en la UNAM, al cual pertenezco, hemos tenido como propósito indagar en las dimensiones históricas, sociales, filosóficas, económicas y –por supuesto– científicas de dichos proyectos de investigación en genómica médica y bio-antropológica. En una publicación colectiva reciente (López Beltrán (coordinador) 2011), ya hemos advertido que el proyecto de secuenciación del ‘genoma mestizo mexicano’, realizado durante la década pasada en el Instituto Nacional de Medicina Genómica (INMEGEN) de México, es un caso de estudio donde han estado ocurriendo intensos procesos de circulación de materiales biológicos y tecnológicos –con la inclusión, en esta segunda categoría, de herramientas y experticias bioinformáticas. En continuación de dichos estudios metacientíficos, aquí presento una interpretación preliminar, influenciada por el marco de referencia de ‘antropología de la genómica’ descrito anteriormente, del proyecto “Genoteca Indígena”, realizado actualmente en la Facultad de Química (FQ) de la UNAM (México), con un apoyo financiero de la Fundación Coca-Cola.

Este proyecto de genómica médica en México, posterior a los realizados por INMEGEN pero vinculado con ellos, posee una peculiar vertiente histórico-antropológica que constituye mi objeto principal de interés. Para propósitos del presente manuscrito, la fuente de información central es un comunicado institucional relativo al proyecto en cuestión, disponible dentro del portal de Internet de la FQ-UNAM (Anónimo 2012).

#### *3.1. Análisis preliminar del proyecto “Genoteca Indígena” desde la perspectiva de las ‘relaciones sociales de producción’ de Gísli Pálsson*

El objetivo del proyecto “Genoteca Indígena” es presentado de la siguiente manera en el comunicado aludido anteriormente: “[...] conocer las mutaciones o polimorfismos de diversos genes asociados a enfermedades, en especial a la diabetes, padecimiento de alta incidencia en México.” La “Genoteca Indígena” se define

asimismo en esa fuente como una base o banco de datos: “[...] conformará un banco de DNA de las diferentes etnias de México.” El comunicado construye una noción no reflexiva de ‘problemas genéticos’, presumiblemente inherentes a la población mexicana, para los cuales “se podrán establecer las estrategias preventivas” y “mejores tratamientos”.

En función de la patologización que alrededor del proyecto “Genoteca Indígena” se hace de la población mexicana, el comunicado hace hincapié en la ‘voluntad de servicio’ de los investigadores involucrados. Es en ese contexto que se articula la duplicación de objetivos del proyecto –i.e. se transita desde los específicamente biomédicos, a los de naturaleza histórico-antropológica. Las palabras de la Dra. Marta Menjivar Iraheta –investigadora titular del proyecto– son inequívocas a este respecto: “Buscamos hacer una reserva de material genético de los grupos originarios, que servirá para conocer no sólo las enfermedades, *sino incluso las migraciones de estos pueblos*” (cursivas añadidas).

Esta misma investigadora afirma, en otra parte del comunicado, que “cerca del 70 por ciento de los genes de la población mestiza mexicana es de origen indígena y enfermedades como la diabetes tienen un componente hereditario”. Esta ‘teoría genocéntrica de la diabetes’,<sup>3</sup> que no deja lugar a una dimensión epigenética como contexto explicativo para la presencia de la enfermedad en estas poblaciones mexicanas, es –en mi opinión personal– altamente problemática. Finalmente, existe en el comunicado un reconocimiento explícito al papel activo que la empresa transnacional que financia el proyecto juega en la investigación: “*La propuesta con Coca-Cola [...] es lograr el resguardo genético de unos 31 grupos indígenas [...] es decir, la mitad de los que existen en el país. “Este material quedará resguardado en la FQ y podrá usarse en el futuro para conocer más de las enfermedades y de la historia de los pueblos de México”* (ésta última es una cita textual de lo declarado por la investigadora titular del proyecto; cursivas añadidas).

Desde la postura interpretativa adoptada en el presente trabajo, establezco tres conclusiones preliminares. Estas necesariamente tendrán que ser re-elaboradas

---

<sup>3</sup> Agradezco al antropólogo biológico Juan Manuel Argüelles (Escuela Nacional de Antropología e Historia, México) haber compartido conmigo su noción de ‘teoría (biológica) de la diabetes’ a partir de una lectura del comunicado aquí empleado como fuente de información sobre el proyecto “Genoteca Indígena”.

posteriormente, en una versión más extensa del presente trabajo que tome en cuenta las publicaciones futuras en revistas con arbitraje, derivadas del proyecto “Genoteca Indígena”.

A. El proyecto “Genoteca Indígena” construye una noción de ‘mestizo mexicano’ hereditariamente propenso a la diabetes, para la cual el elemento causal de dicha propensión se halla en la posesión de ‘variantes’ o ‘componentes’ genómicos de ‘procedencia indígena’ en un ‘alto porcentaje’ –declarado como cuantificable (en un 70 por ciento).

B. La co-construcción de las categorías de ‘mestizo’ e ‘indígena’ mexicanos queda asociada a viejos discursos nacionalistas justificativos de intervención médica estatal. Estos discursos ya han sido identificados explícitamente en un análisis colectivo previo, relacionado con el proyecto de secuenciación del ‘genoma mestizo mexicano’ (López Beltrán (coordinador) 2011).

C. Dicha co-construcción está además asociada a un discurso biocapitalista –relativamente novedoso en el país– de acuerdo con el cual la iniciativa privada tiene un lugar legítimo en la movilización y almacenamiento de materiales biológicos empleados para la producción de ‘conocimiento’ basado en manipulaciones bioinformáticas de datos genómicos poblacionales. A su vez, estos procesos refuerzan a las categorías clasificatorias en juego, tanto en el ámbito nacional como en el internacional. Dentro del proceso de articulación de las ‘relaciones biosociales de producción’ correspondientes a este caso de estudio, el establecimiento de jerarquías –clasificatorias y geopolíticas– es crucial.

## REFERENCIAS

Anónimo. 2012. Recibe la FQ (Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México) donativo de Fundación Coca Cola para conformar la Genoteca Indígena. Investigación de alto impacto social. Portal de Internet de la FQ-

UNAM.

URL:

<[http://www.quimica.unam.mx/cont\\_espe2.php?id\\_color=&id\\_article=3362&id\\_rubrique=4](http://www.quimica.unam.mx/cont_espe2.php?id_color=&id_article=3362&id_rubrique=4)>. Fecha de acceso: 15 de septiembre de 2012.

Editorial. 2010. The human genome at ten. *Nature* **464**:649-650.

Lander, Eric S. 2011. Initial impact of the sequencing of the human genome. *Nature* **470**:187-197.

López Beltrán, Carlos (coordinador). 2011. *Genes (&) Mestizos: Genómica y Raza en la Biomedicina Mexicana*. México, D. F.: UNAM-Ficticia.

Goodman, Alan H., Deborah Heath y M. Susan Lindee. 2003. *Genetic Nature / Culture: Anthropology and Science Beyond the Two-Culture Divide*. Berkeley: University of California Press.

Marks, Jonathan. 1995. *Human Biodiversity: Genes, Race, and History*. Nueva York: Aldine de Gruyter.

Pálsson, Gisli. 2007. *Anthropology and the New Genetics*. Cambridge: Cambridge University Press.

Pálsson, Gísli. 2009. Biosocial relations of production. *Comparative Studies in Society and History* **51**: 288-313.

Rabinow, Paul. 1996. *Essays on the Anthropology of Reason*. Princeton: Princeton University Press.

## **Sección D**

### **Evolución, cognición y cultura**

## CULTURE AND TRANSITIONS IN INDIVIDUALITY

PAULO C. ABRANTES

*University of Brasilia (Brazil)*

[pccabr@gmail.com](mailto:pccabr@gmail.com)

MAJOR EVOLUTIONARY TRANSITIONS HAVE BEEN DESCRIBED as transitions in *individuality*. In this depiction, natural selection (maybe combined with other causes) can bring about new kinds of individuals, whose evolutionary dynamics takes place in a novel way. This topic became a big concern since the groundbreaking works of Buss (1987), Maynard-Smith and Szathmáry (1997), and Michod (1999). Godfrey-Smith's 2009 book follows this trend. In his account, a major transition is fully accomplished when a new “paradigmatic” Darwinian population emerges.

He proposes a “spatial” representation in which the chief features of Darwinian populations, concerning their evolvability, are quantified by a set of parameters in order to tell paradigmatic from marginal cases. This representation is also used to depict evolutionary transitions, as being trajectories in that space. Different kinds of Darwinian populations, associated with different kinds of individuals, can be located in different places in this *Darwinian hyperspace* (my expression, not Godfrey-Smith's) given the values these populations score in the set of parameters that describe their evolutionary dynamics, such as the “abundance of variation” ( $V$ ) in the population and reproduction-related parameters (among others).

Collective entities can be special cases of Darwinian individuals, in which there are nested populations embodied in one individual, which is by itself an element of a higher level population. Multicellular organisms is a well-known case. In collective entities such as that one the higher and the lower level populations typically follow different evolutionary paths during a major transition: the lower level population usually changes its Darwinian status from a “paradigmatic” to a “marginal” one. This process of “de-Darwinization” can be tracked by significant changes in the values of the set of

parameters above-mentioned. An example of the outcome of this process of darwinization is the population of cells in single organisms: they are very similar in their intrinsic, genotypic properties. That particular feature can be captured by saying that this population of cells scores a low value in the parameter  $V$ , which was plausibly the result of a transition in individuality that took place at some point of the history of life on earth, bringing about a new Darwinian population of individuals at a higher-level: multicellular organisms.

I want to investigate, by using Godfrey-Smith's set of parameters, whether it is fruitful to describe the roles cooperation and culture begin to play at some point in the Hominin lineage as being evidences of a transition in individuality.

Godfrey-Smith distinguishes four ways in which Darwinian populations can be represented in the cultural realm. At an 'individualistic' level, the populations are either composed of biological individuals with cultural phenotypes ( $BP_i$ ) or made up by the cultural variants themselves ( $CP_i$ ). At the group-level, either groups of agents with different cultural phenotypes (cultural groups, for short) make up the population ( $BP_g$ ), or bundles of cultural variants (something akin to what memeticists call "memeplexes") themselves constitute the population ( $CP_g$ ). One might ask whether the kinds of Darwinian cultural populations in each of the four cases ( $BP_i$ ,  $BP_g$ ,  $CP_i$ ,  $CP_g$ ), corresponding to individualistic and group-level descriptions, are paradigmatic or marginal. To address this question we have to locate each kind of population in the forementioned Darwinian hyperspace.

Here I am interested in addressing just the  $BP_g$  case: groups having different cultural phenotypes. The chief question I want to ask is whether this group-level population in the cultural realm is paradigmatically Darwinian or just a marginal one. I think Richerson and Boyd's "dual inheritance" theory helps to shed light on this and other topics Godfrey-Smith addresses in his book, related to cultural evolution. And the other way around: I think this way to represent transitions in individuality helps to develop further some aspects of Richerson and Boyd's theory.

In dual inheritance theory, psychological biases like conformism (besides other factors, such as moralistic punishment and symbolic markers) suppress behavioral variation inside the group and, at the same time, increase variation between cultural

groups. This is one of the preconditions for the strength of selection at the group level and one of the mechanisms involved in evolutionary transitions as well.

Godfrey-Smith does deal with conformism in his book, comparing a 'copy the common' rule, as he calls it, with other rules for updating behavior in a population of agents. He argues that this rule can't support a Darwinian dynamics in the population of behaviors, though, for mainly two reasons: 1) it is not "success-driven", since the most common behavior is not necessarily the fitter one given the circumstances and the agent that conforms is not, for whatever reason, in a position to evaluate the payoffs of the behaviors to which she is exposed; 2) the behaviors that are imitated by the agents that follow this rule do not have single *parent* behaviors, so that it does not give rise to a lineage of behaviors.

In this argument Godfrey-Smith is clearly focusing on what I have called, above, the  $CP_i$  case, that is, he is addressing the effects of following a particular rule in the dynamics of a population of behaviors (or, else, on the population of cultural variants that cause these behaviors).

There is, however, another perspective that can be taken into account when addressing the evolutionary effects of following these rules, if we change the focus to the  $BP_g$  case instead. What is now at stake is the evolutionary dynamics of a population of *groups* with different cultural phenotypes (a metapopulation), whenever a particular rule is followed by the *members* of those groups.

If a copy the common rule is followed by the agents, it de-Darwinizes the group-member's population, as far as the abundance of behavioral variation is concerned. At the same time, if the group-members follow a conformist rule for updating they behavior this conveys higher values of the parameter  $V$  for the population of *groups* (that is, this population becomes more diversified as far as cultural phenotypes are concerned). As a consequence, they become more isolated from each other, since cultural variation builds up barriers for migration (language is very effective in this regard). In addition, this situation enhances the strength of selection at the group-level, plausibly a central mechanism involved in several transitions in individuality. So that groups with different cultural phenotypes make up a (less marginal) Darwinian population, the agents that are members of these groups should follow a conformist rule, and this rule can increase their fitness given certain ecological conditions, contrary to

Godfrey-Smith's expectations in the  $CP_i$  case.

He makes it clear that models which address behavior updating rules in  $CP_i$  kind populations, such as those built by Skirms, are attempts to simulate the conditions under which cooperation could have evolved. The group-level  $BP_g$  point of view I am taking here points to a scenario in which a conformist bias is one of the chief elements that favored the evolution of cooperation in human cultural groups. I think the way Godfrey-Smith deals with conformism misses, therefore, the right level of selection: that of groups having different cultural phenotypes. He is not able, as a consequence, to take into consideration the role a conformist bias plausibly played in the evolution of cooperation in the Hominin lineage.

There is a large amount of literature on the role conformism might have played in Hominin groups and on the conditions under which it might have evolved. According to several mathematical models built by Richerson and Boyd, among others, the evolution of imitation as a modality of social learning is closely related to the evolution of a conformist rule for updating behaviors. Social learning by imitation enhances the fitness of the agent when certain environmental conditions prevail: those in which the environment is neither too unstable –which would favor, instead, individual learning– nor very stable –which would favor innate propensities in behavior. These models give plausibility to a scenario in which a conformist transmission bias and high-fidelity imitation evolved (or co-evolved) in the very same environmental conditions. Richerson and Boyd's models give support, furthermore, to the thesis that a conformist bias might have been selected for at the group-level. Since a conformist behavior updating rule might have been success-driven, after all, we have the precondition for a genetic assimilation of this rule, that would function as a psychological bias of the group-member's behavior favoring the rise of a  $BP_g$  - kind population as one of the Darwinian populations in the cultural realm typified by Godfrey-Smith.

Given that single result about how a  $BP_g$  - kind population fares regarding the  $V$  parameter, I want to pursue this approach and investigate whether this kind of population at the cultural group level fulfill other conditions for being *paradigmatic* Darwinian populations, by using Godfrey-Smith's representation. If this is the case human cultural groups might have functioned as individuals in the biological-evolutionary sense at some point of the Hominin lineage.

I am looking at other parameters of the Darwinian hyperspace to make explicit the conditions that have to be fulfilled by cultural groups for being individuals and the mechanisms that must be in place to drive a transition towards a BP<sub>g</sub> - kind of Darwinian population.

To recognize that conformism played a role in suppressing variation inside a (cultural) group is not enough, however, to characterize a transition towards a *paradigmatic* Darwinian population, by Godfrey-Smith's standards. A population of cultural groups might (still) be marginal, as far as other dimensions of the Darwinian hyperspace are taken into account, especially those quantified by the reproduction-related parameters. Godfrey-Smith claims, for instance, that cultural groups (BP<sub>g</sub> - kind populations) wouldn't have reproduction proper, if the latter is defined as 'offspring groups produced by a group' (that is, fecundity). He dismisses also *persistence* and *growth* as acceptable kinds of reproduction for cultural groups. If there is no way to characterize fitness at the cultural group level, than there is no meaningful talk about selection at that level, which requires differential reproduction.

My proposal is that we should tackle the reproduction issue in cultural group populations diachronically, by keeping track of stages in a (possible) evolutionary transition towards full-blown individuality and by pointing out the mechanisms involved in the whole process.

Okasha (2006) suggested an analogous diachronic approach for dealing with the "levels of selection question", which is obviously connected to the problems I am addressing here since it is arguable that multi-level selection is a central mechanism involved in all transitions in individuality.

From a diachronic point of view, fecundity as a measure of fitness at the level of collectives doesn't help to understand transitions in individuality since there is no differential reproduction in this sense going on in intermediate stages of the process. After all, the collective doesn't have the status of a full individual yet. Simpson (2011) argues that transitions in individuality (involving collective entities) go through three stages: the "aggregate phase", "the group phase" and "the individual phase". Each phase corresponds to a "dominant fitness component", respectively: differential expansion (growth), differential viability (persistence), and differential reproduction (fecundity). Simpson argues, furthermore, that natural selection can operate in all these kinds of

fitness. A transition to the individual phase is, in his account, characterized by a “division of labor” among group-members, especially concerning growth and reproduction tasks (analogous to the division in these tasks we find in multicellular organisms). Simpson argues that as far as human groups lack this kind of “partitioning”, they “don't have the status of full individuals”.

Furthermore, human cultural groups wouldn't have reproduction proper (if reproduction is understood as offspring groups produced by a group). He makes, therefore, the same point as Godfrey-Smith concerning reproduction in  $BP_g$  - kind populations.

I want to go into more details of this speculative scenario by looking at the mechanisms that can drive the evolution of cooperative groups through these stages. Multi-level selection is acknowledged as crucial to origin explanations, so I will address especially Okasha's proposal concerning the role played by two types of multi-level selection, MLS1 and MLS2, in different stages of a transition in individuality.

# TEORÍAS DE LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA Y LA HIPÓTESIS DE LA “MENTE EXTENDIDA”: POSIBLES VINCULACIONES

IRENE AUDISIO

*Centro de Investigaciones de la Facultad de Filosofía y Humanidades,  
Universidad Nacional de Córdoba (Argentina)*

[irene.audisio@gmail.com](mailto:irene.audisio@gmail.com)

EL PRESENTE TRABAJO PROFUNDIZA LOS ALCANCES de las consideraciones biológico-evolutivas en el enfoque de la mente extendida (Chalmers y Clark 1998; Clark 1999; Clark 2011). Para ello analizaré primero el compromiso de este último con una definición de las relaciones entre organismo y entorno en tanto constitutivas. Por último, estimaré si tales definiciones son acordes con, e incluso, dependientes de, una consideración biológico-evolutiva polemizando con las críticas que Lawrence Shapiro (2010) ha dirigido a los principios del enfoque extendido de Andy Clark.

## **1. La extensión de la cognición**

El enfoque de la cognición extendida sostiene que la misma emerge de la dinámica de sistemas que integran en un todo fluido y activo el comportamiento acoplado del cerebro, el cuerpo y el ambiente. De acuerdo con esta teoría, los procesamientos cognitivos se extienden en el ambiente circundante del organismo. Clark (Chalmers y Clark 1998; Clark 1999; Clark 2011) no solo adhiere a la hipótesis de la cognición situada (*embed*) según la cual los procesos cognitivos dependen de soportes y dispositivos externos al organismo y de la estructura del ambiente en el que la cognición tiene lugar sino que se compromete con una tesis más fuerte. Los estados cognitivos comprenderían elementos del ambiente que se consideran constitutivos de los mismos (Clark 2011: 112-113).

Se trata de un sistema producto de interacciones complejas, anidadas y no-lineales entre los recursos internos y externos. La mente es un producto emergente del funcionamiento de la complejidad autoorganizada de la actividad de soportes de naturalezas múltiples: cerebro-cuerpo-entorno.

Los enfoques corporizados en general sostienen que la cognición es el resultado de los procesos evolutivos. En este sentido, la perspectiva extendida propone “el principio 007” (Clark 1989, 1999) que afirma que la selección natural favorece los sistemas cognitivos que descargan información en el medio minimizando la carga de los procesos internos (Clark 1989:64). Dicha conducta constituiría una conducta adaptativa que explicaría la selección de capacidades cognitivas extendidas como buenas estrategias para manipular y explotar el ambiente. La progresiva incorporación de este tipo de capacidades proveería a los organismos ventajas adaptativas.

Paralelamente al desarrollo tecnológico, Clark basa su visión en las consideraciones biológico-evolutivas principalmente con respecto a la construcción del “nicho cognitivo”. Clark (2011:62) adhiere a la metáfora de la “construcción de nicho”, especialmente, al modo en que esta actividad conduce a nuevos ciclos de retroalimentación en los que están involucrados los grupos de organismos y sus ambientes. Los animales cambian su ambiente de modo que cambian los paisajes selectivos en la evolución biológica. Este proceso evolutivo característico se extrapola al desarrollo de la cognición humana. Centrando el proceso en el grupo como unidad de selección (Sterelny 2003:149) se propone la construcción de nicho como una forma acumulativa distintiva de los homínidos, verdaderos “ingenieros ecológicos”. Éstos cambian sus ambientes físicos y sociales facilitando sus tareas de procesamiento de información, se trata de un tipo de ingeniería epistémica que despliegan los grupos para cambiar el carácter informacional de sus ambientes, cambios que formarían parte de una herencia ecológica. En este sentido, las conductas contempladas en estos procesos son consideradas por la perspectiva asumida por Clark como dirigidas adaptativamente. Clark (2011: 62) afirma que estos ciclos de retroalimentación tienen un análogo en el aprendizaje durante la vida del individuo, alteran y transforman procesos de razonamiento individual y cultural. Por ejemplo, en el caso de prácticas y artefactos que se transmiten de generación en generación alterando el paisaje adaptativo para el aprendizaje del individuo durante su vida. Se llega así a la idea de una “construcción de

nicho cognitivo”, proceso por el cual los animales construyen estructuras físicas que transforman problemas de espacio en modos que facilitan pensar y razonar sobre algún dominio en particular. A partir de estos desarrollos Sterelny y Clark conciben los procesos cognitivos andamiados cultural y artificialmente.

En tal marco, Clark aborda el estudio de los procesos cognitivos preservando su carácter representacional. Esto constituye un aporte importante con respecto al resto de los enfoques corporizados de lo mental que habían adoptado una postura eliminativista con respecto a las representaciones. Tales son redefinidas en tanto estados internos orientados a la acción adaptativa (Clark 1999: 203). Se caracterizan por su función adaptativa de transporte de información (Clark 1999: 221). Una explicación es representacionista si describe sistemas enteros de estados o procesos internos identificables por su función dentro del sistema total (emergente de la actividad de cerebro, cuerpo y mundo) por contener tipos específicos de información acerca de estados corporales o externos. Amplía la definición de representación incorporándola en un continuo en cuya base ubica correlaciones causales y casos de “conexión adaptativa”. Constituyen los estados internos de un sistema que coordinan su conducta de manera sistemática con contingencias ambientales específicas. Desde un acoplamiento más fuerte, la “conexión adaptativa” se va convirtiendo paulatinamente en una representación interna genuina dependiendo de la sistematicidad y complejidad de la conexión. Solo en el otro extremo de ese continuo representacional se encontrarían los estados informacionales totalmente desacoplados del ambiente, es decir, una capacidad de emplear estados internos para orientar la conducta en ausencia de las características ambientales pertinentes.

## **2. Objeciones**

Dentro de las variadas objeciones realizadas a este enfoque encontramos las de Shapiro (2010: 410) centradas en su vinculación con teorías de la evolución.

Primeramente, este autor deslinda dos cuestiones a discutir: aún aceptando la idea de que la selección natural favorezca capacidades cognitivas que descarguen información en el ambiente (externalistas o manipulativas), esto no demuestra que la cognición de hecho se extienda en el ambiente (Shapiro 2010: 402). Éste último punto refiere a las críticas ya formuladas principalmente por Adams y Aizawa (2008) en base

a la confusión entre el rol causal y el constitutivo del ambiente en los procesos cognitivos. Con respecto a esto no me extenderé ya que el mismo Clark ha reformulado puntos importantes de su teoría respondiendo a tales críticas, en especial teniendo en cuenta la distinción entre vehículos y contenidos representacionales y atendiendo a su afirmación de un externalismo de vehículos. El autor ha establecido de manera detallada ciertos requisitos según los cuales deben funcionar en el sistema general algunas veces elementos extracraneales para ser considerados constitutivos de los procesos cognitivos (Clark 2011: 76-82).

Shapiro critica particularmente el adaptacionismo de la teoría situada (embedded) y, por tanto, de la extendida, que prioriza el papel de la selección natural que producirá siempre el rasgo más apto independientemente de los rasgos de carácter interno y de la historia evolutiva. La argumentación de Clark supone que la selección natural favorecería las estrategias externalistas por sobre las internalistas por el costo que tendrían comparativamente para el organismo. El acento está puesto en la selección natural y en las respuestas del organismo a las presiones selectivas.

Ahora bien, esta asunción conllevaría tres problemas. Por un lado, al dar total prioridad a la selección natural, no se estaría atendiendo al impacto que pudiera tener la condición del ancestro sobre la evolución, incluso suponiendo que ésta se dirigiera hacia estrategias externalistas.

Por otro lado, se puede objetar el rol otorgado al ambiente. No se tendría en cuenta si el ambiente se presta él mismo a estrategias de explotación externalistas. Shapiro afirma que es posible pensar que las estrategias internalistas a veces pueden requerir menor gasto de energía que las externalistas, dependiendo de las condiciones ambientales.

Por último, también hay una asunción sobre problemas de la selección. No se tiene en cuenta que los problemas selectivos pueden ir variando, y que las estrategias desarrolladas no se realizan sobre un fondo fijo de problemas selectivos. No se atiende al hecho de que, al variar las estrategias entre internalistas o externalistas, podrían variar también los problemas selectivos.

En base a estas objeciones Shapiro afirma que las consideraciones evolutivas por sí mismas no favorecen las estrategias externalistas, como pretendía la hipótesis extendida.

Concluye en que la teoría evolutiva podría brindar cierto apoyo a las teorías de la mente solo en cuanto les proveería de alguna credibilidad pero que finalmente la tesis de la cognición extendida no necesita el apoyo de la teoría de la evolución. Desvincula de este modo la cognición extendida de la supuesta tendencia de la selección natural a favorecer estrategias que exploten el ambiente. Y afirma que el punto de partida para la cognición extendida debería ser el hecho actual de que muchos sistemas cognitivos explotan el ambiente, no la evolución.

### **3. Conclusiones**

Considero que las objeciones de Shapiro a la teoría de la mente extendida son atendibles y relevantes con respecto al adaptacionismo adoptado por la misma.

Ahora bien, se debería tener en cuenta que Clark, junto con el esquema general de este enfoque evolutivo, incorpora y acentúa también el marco de la complejidad, la teoría de los sistemas dinámicos para describir y comprender la evolución temporal de los sistemas complejos, la autoorganización, la plasticidad, las interacciones no-lineales complejas y, a una escala mayor, ciclos de procesamiento más completos que incorporan el bucle con el ambiente. Es decir, si bien no abandona el adaptacionismo y sus consecuencias teóricas, está atento a un enfoque dinámico que subsana algunas carencias del mismo.

Considero que el abordaje teórico de Clark que toma en cuenta una perspectiva de la evolución tiene ventajas explicativas porque ofrece una imagen del organismo integrado en su ambiente y permite considerar así la cognición de un modo naturalizado en tanto despliegue de acciones orientadas al aprovechamiento de las posibilidades del medio.

Por otra parte, la objeción arriba mencionada contra el supuesto rol estático que adjudicaría Clark al ambiente, no parece tener en cuenta el carácter dinámico de la constitución del nicho según el cual se va modificando el medio y con él las presiones selectivas que a su vez generan nuevas necesidades y promueven así el desarrollo de nuevas estrategias conduciendo a nuevos ciclos de retroalimentación que recorren el tiempo evolutivo (Clark 2011: 61-62). Asimismo reconozco que las críticas de Shapiro dejan ver algunas incompatibilidades a lo largo del desarrollo de las posiciones de Clark, y en especial entre esta afirmación y la asunción de la selección como una fuerza

dirigida hacia un tipo previsto de estrategias adaptativas, las capacidades manipulativas, en detrimento de las internalistas. En este sentido, creo que sería teóricamente provechoso tomar en cuenta una conclusión de Shapiro que apunta a mostrar que la distinción entre capacidades internalistas y externalistas es borrosa para, a partir de allí, pensar en reelaborar algunos planteos de la cognición extendida en dirección a superar las dicotomías interno/externo, finalidad que figura desde el inicio de la propuesta de Clark pero que al comprometerse con un enfoque evolutivo adaptacionista probablemente se hayan deslizado a lo largo de la argumentación.

Por otra parte, no estoy de acuerdo con respecto a la conclusión final de Shapiro de que la teoría evolutiva podría brindar cierto apoyo a las teorías de la mente solo en cuanto les proveería de alguna credibilidad y que la tesis de la cognición extendida no está basada en un punto de vista biológico-evolutivo. Por el contrario, creo haber presentado dos tópicos definatorios de la teoría de la cognición extendida -construcción de nichos y representación- cuya explicación está íntegramente anclada en una teoría de la evolución biológica. En conclusión, una teoría de la mente al estilo de la extendida debe apoyarse en una teoría de la evolución, no solo con fines heurísticos, sino justificando la extensión misma en la relevancia de un tipo de estrategias adaptativas que explotan el ambiente en el curso de la evolución de la especie. Es de esperar que sin este marco de referencia la mente extendida perdería su carácter propio.

## REFERENCIAS

- Adams, F. and Aizawa K. (2008) *The Bounds of Cognition*. Malden, MA: Blackwell.
- Clark, A; (1989) *Microcognition: Philosophy, cognitive science and parallel distributed processing*. Cambridge, MA: MIT Press/Bradford Books.
- (1999) *Estar ahí. Cerebro, cuerpo y mundo en la nueva ciencia cognitiva*, Paidós, Bs. As.
- (2011) *Supersizing the Mind*. Oxford. Oxford University Press.
- Chalmers, D.J. y Clark, A; The extended Mind, *Analysis* 58, (1998) pp. 10-23.
- Laland, K.N., Odling-Smee, F.J. & Feldman, M.W. (2001), Niche construction, ecological inheritance, and cycles of contingency in evolution, en: *Cycles of*

*Contingency: Developmental Systems and Evolution.* Oyama, S., Gray, R. & Griffiths, P. (eds.). MIT Press, pp. 117-126.

Shapiro, L; James Bond and the Barking Dog: Evolution and Extended Cognition, *Philosophy of Science*, 77 (July 2010) pp. 400–418.

Sterelny, K. (2003) *Thought in a hostile World. The evolution of human cognition*, Malden, Oxford and Victoria, Blackwell Publishing.

# LA ENSEÑANZA DE LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA EN SECUNDARIA Y BACHILLERATO: UNA VISIÓN GENERAL DEL ESTADO ACTUAL

ÓSCAR BARBERÁ MARCO\*

CRISTINA SENDRA MOCHOLÍ\*

JOSÉ MARÍA SANCHIS BORRÀS\*\*

*\*Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i Socials.*

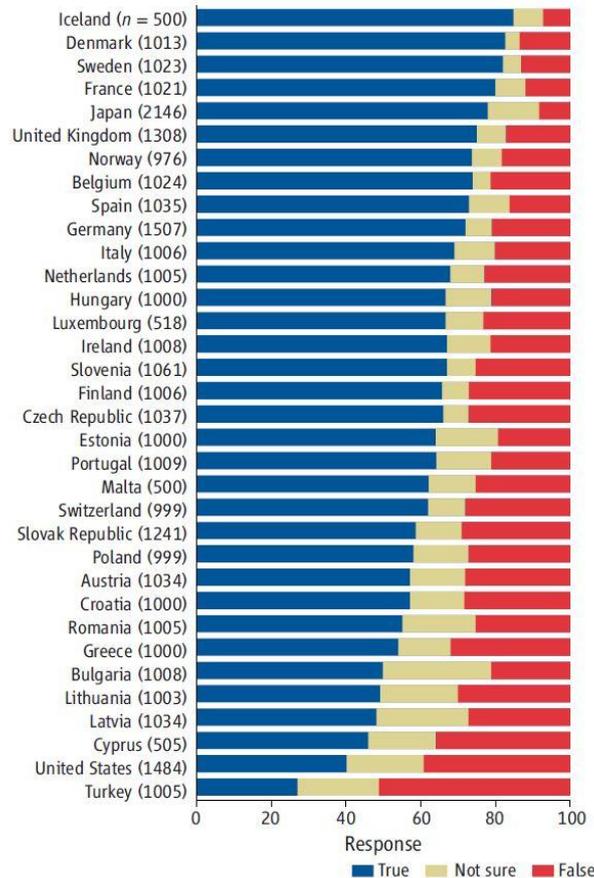
*Facultat de Magisteri. Universitat de Valencia (Espanya)*

*\*\*IES Les Alfàbegues. Bétera (Valencia, Espanya)*

[sanbojo@alumni.uv.es](mailto:sanbojo@alumni.uv.es)

LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA CONSTITUYE UN TEMA FUNDAMENTAL para una adecuada comprensión de la biología, pero no parece que ello se haya asumido por los responsables de la educación y no sólo en nuestro país. En nuestro estudio hemos comprobado que, si bien en los currículos oficiales se contempla que se debe considerar no sólo como un contenido a impartir, sino también como un elemento integrador de los contenidos que permite comprender la estructura y organización del mundo viviente, lo cierto es que su presencia ha sufrido una importante reducción en los últimos tiempos y, como muestran algunas de las principales herramientas con las que se cuenta en el aula, los libros de texto, aparece como un tema más, sin que se tenga en cuenta su influencia sobre otros temas incluidos en el currículo. La oposición tradicionalmente denunciada de ciertos sectores religiosos radicales en Estados Unidos, se ha extendido, según muestran diversos estudios, a numerosos países de Europa y del mundo en general, lo que aporta un elemento de condicionamiento al profesorado que se plantea introducir este tema en el aula, lo que lo convierte en polémico. Así, en la revista *Science* (Miller *et al.*, 2006) se publicaron los resultados de un estudio sobre la aceptación de la evolución biológica en 34 países (Gráfica 1); los niveles de aceptación mayores correspondieron a los países del norte de Europa, mientras que los más bajos fueron

para Estados Unidos y Turquía: aproximadamente un 40% de la población estadounidense y más del 50% de la turca rechaza de plano la evolución biológica.



Gráfica 1: Aceptación pública de la evolución en 34 países; datos recogidos en 2005 (Miller et al. 2006)

Además, tras una revisión bibliográfica, se concluye que las concepciones alternativas en relación con el tema de la evolución biológica son especialmente importantes (Bizzo 1994, Crawford et al. 2005, Gregory 2009, Griffith & Brem 2004, Jiménez 1994, Kampourakis & Zogza 2007, Nehm & Schonfeld 2007, Puig & Jiménez 2009, Rutledge & Warden 2000, Tidon & Lewontin 2004) y el profesorado, debido a la ausencia de formación en este tema, recurre como fuente de conocimiento a aquello que aparece en el libro de texto, si no prescinde directamente de impartir este tema, lo que hace que se sumen sus concepciones alternativas a las del libro de texto y del propio alumnado, dando como resultado una formación inadecuada en un tema que todos los expertos consideran fundamental en la comprensión del hecho biológico. Pretendemos

mostrar que, como consecuencia de este abandono, el conocimiento de la evolución biológica por parte de la población en general se reduce a una serie de tópicos que se muestran en distintos medios de comunicación y que incluye numerosos errores conceptuales que implican visiones teleológicas y antropocéntricas, muy alejadas del punto de vista evolutivo actual.

Este fenómeno de ausencia de rigor en el planteamiento de este tema puede comprobarse en los contenidos que se incluyen en los libros de texto que se utilizan en ESO y Bachillerato. A tal efecto, hemos realizado un análisis sobre 45 libros de texto de la educación secundaria obligatoria y del bachillerato de biología y geología, ciencias para el mundo contemporáneo y filosofía y ciudadanía.

En estos libros hemos estudiado la situación del tema de evolución biológica en la estructura de los textos, es decir, el orden de aparición de los distintos temas abordados en los textos, así como su subordinación en el caso de que muestren relaciones entre ellos. El mismo tratamiento se ha realizado también con los conceptos que aparecen dentro de los temas: se ha estudiado su orden, sus relaciones, especialmente las de subordinación, la presencia de determinados términos, las ilustraciones que incluyen y los científicos que se citan.

Los resultados del estudio son desalentadores. Son muchos los libros de texto que no incluyen en su esquema evolutivo conceptos absolutamente fundamentales para su comprensión; también muchas de las relaciones entre conceptos están ausentes o se muestran de forma confusa o incluso errónea, lo que dificulta sobremanera el aprendizaje de los principios básicos de la evolución biológica. Y todo esto en aquellos textos que, respetando los currículos, incluyen la teoría evolutiva, ya que no son pocos los libros que ignoran las directrices y prescinden del tratamiento de la evolución biológica en sus páginas.

Señalamos a continuación algunas de las carencias detectadas en el análisis:

- Uno de los conceptos básicos para la comprensión de la evolución, el concepto de especie, se trata en relación con la reproducción pero no se relaciona con el concepto de población.
- Raramente se señala la variabilidad genética que proporciona la reproducción sexual.

- La adaptación suele presentarse como una respuesta activa y consciente de los organismos afectados ante una provocación del medio, lo que resulta inconveniente, y además deja sin mostrar relación alguna de la adaptación con procesos evolutivos tales como la variabilidad, la especiación e, incluso, la selección natural. Para entender los aspectos evolutivos es tremendamente conveniente que las adaptaciones no sólo no se desliguen del concepto de evolución biológica en los textos, sino que se utilicen como evidencias importantes del proceso evolutivo.

- Se favorece la percepción errónea de que los seres vivos se encuentran perfectamente adaptados al medio en el que viven.

- La extinción, cuando aparece, se trata principalmente como una falta de adaptación al medio: la extinción la han sufrido aquellas especies que no han sido capaces de adaptarse al medio. En cambio, sí se considera la extinción causada por la actividad humana y la amenaza que supone la pérdida de biodiversidad del planeta, lo que no es congruente con la formulación de extinción debida a la incapacidad de adaptación al medio.

- La biodiversidad se aborda únicamente desde la perspectiva interespecífica, dejando ignota la variación intraespecífica.

- La diversidad de especies se aborda desde una clasificación que sigue el modelo de la historia natural, presentando de forma tipológica y esencialista los objetos clasificados, ya sean especies, familias, clases o filos, y ordenados en una escala de complejidad que no es más que una réplica actual de la medieval escalera hacia la perfección, la *scala naturae*.

- El árbol de la vida que aparece representado en los libros de texto proporciona un punto de vista finalista con el ser humano (el hombre) en la copa del árbol (en la cumbre de todos los seres vivos). Los seres vivos de la parte inferior representan formas menos evolucionadas y los de la parte superior las más evolucionadas y, por tanto, más perfectas.

- Las extremidades de los mamíferos aparecen representadas en varios libros de texto como ejemplo de la adaptación a diferentes formas de vida y de locomoción, pero no se aprovecha para señalar que supone una evidencia del origen común de los animales a las que pertenecen. Además, las ilustraciones refuerzan la idea

de que el ambiente induce al cambio al utilizar expresiones como ‘para coger objetos’, ‘para volar’, ‘para nadar’ o ‘para correr’ (Figura 1).

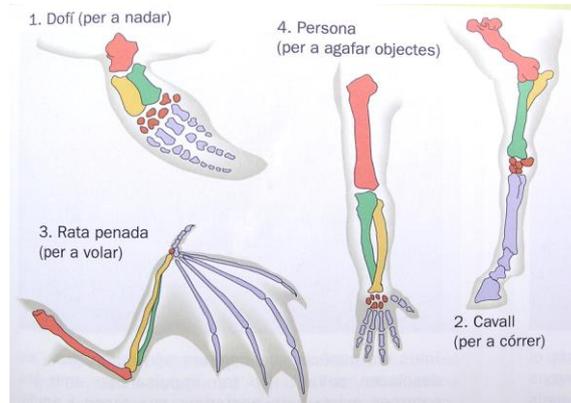


Figura 1: Órganos homólogos en una ilustración de un libro de 1er curso de Educación Secundaria (13 años aprox.)

(Balibrea *et al.*, 2007. *Ciències de la natura*. Ed. Anaya, Madrid, p. 249).

Otras muchas ilustraciones refuerzan la idea medieval de escalera de progreso, favoreciendo la errónea conclusión de que la evolución es lineal y fiel a la idea de progreso, y la de la consiguiente superioridad de las formas más modernas. Es habitual en los libros de texto la presencia de un esquema lineal de una serie filogenética de los antepasados de los últimos 50 millones de años del actual caballo, en el que las mejoras sucesivas en sus patas, para correr, y en su cráneo, para pastar, se hacen evidentes (Figura 2). En el caso del ser humano el tratamiento es el mismo (Gutiérrez, 2009).

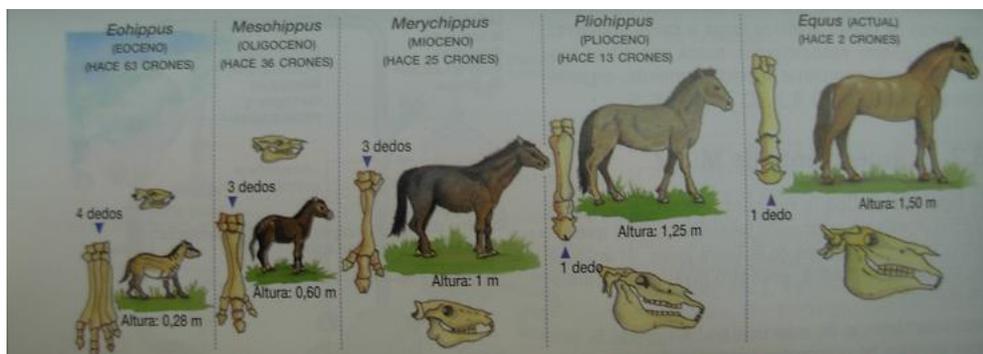


Figura 25: Serie filogenética del caballo. Biología y Geología. 4º curso de ESO.

Editorial Everest 2008

Un lugar común de muchos de estos libros de texto es abordar la teoría de la evolución desde un enfoque histórico, que a la postre acaba resultando una caricatura llena de incorrecciones, de brevísimas y sesgadas biografías de una serie de personajes relevantes en la historia de la biología: Linneo, Lamarck, Darwin, Spencer, Mendel, de Vries, Huxley, etc. Algunos textos van incluso más allá añadiendo cierto afán enciclopedista, y a las inexactitudes comunes añaden otras referidas a científicos como Gould, Eldredge, Kimura, Wilson o Margulis. Este enfoque historicista es único, como tantas cosas, en el tratamiento educativo de la teoría de la evolución, ya que no se utiliza para ilustrar otras teorías científicas, incluidas las biológicas. Lo habitual es presentar las evidencias que corroboran las teorías científicas y no un deficiente recorrido histórico utilizando algunas de las ideas mantenidas por los personajes que forjaron su historia, a veces incluso falseadas.

Lo más pernicioso de este enfoque pretendidamente histórico no es la pésima descripción de la historia de las ideas sobre la evolución biológica, sino que ocupa el espacio que los libros de texto deberían destinar a la exposición y estudio de los conceptos y procesos más relevantes del hecho evolutivo, así como de sus relaciones y de las pruebas que lo corroboran, cuyo tratamiento está definitivamente ausente o es muy deficitario.

Otro lugar común de muchos de los manuales escolares cuando abordan la teoría de la evolución es su adscripción al relativismo cultural, otorgando espacio inmerecido en los textos a explicaciones absolutamente carentes de sentido científico. Sirva como ejemplo el siguiente esquema tomado de uno de los libros objeto de nuestro estudio (Figura 3).

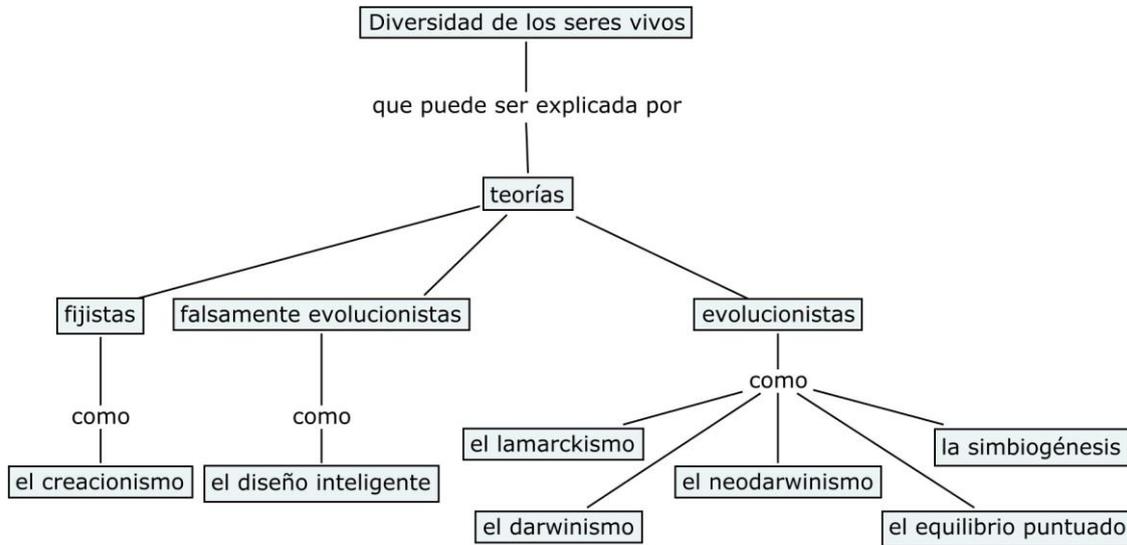


Figura 3: Mapa conceptual en un libro de 1er curso de bachillerato.

(Grau et al., 2008. *Ciències per al món contemporani, 1r batxillerat. Ciència en context.* Ed. Teide, Barcelona, p. 128).

Desde el momento en que en este simple y equívoco mapa de conceptos se califica como “teorías” al creacionismo, al diseño inteligente, al neodarwinismo, al lamarckismo, etc., se les está proporcionando un carácter científico que no todas pueden defender, aun a pesar de los esfuerzos de algunos de sus seguidores. Además, este gráfico da a entender, también erróneamente, que teorías como las del equilibrio puntuado o la simbiogénesis constituyen explicaciones científicas alternativas a las proporcionadas por el neodarwinismo, algo que carece de sentido para cualquier especialista en diversidad biológica.

En nuestra búsqueda de alternativas hemos estudiado diversos intentos de divulgación de la evolución biológica vía Internet como los de la Sociedad Española de Biología Evolutiva (SESBE), el del ENSI (Evolution and Nature of Science Institute) de la Universidad de Indiana o el proyecto “Understanding Evolution” de la Universidad de Berkeley.

Como alternativa al planteamiento habitual y tras estudiar dichas páginas y consultar a diversos expertos que, desde puntos de vista procedentes de diversos campos de la biología, han contribuido a nuestro trabajo, hemos elaborado un esquema referencial básico de elementos que conforman la evolución biológica y sus relaciones

(figura 4). Dicho esquema, utilizado como referente, nos ha permitido establecer una comparación tanto con aquello que podemos observar en los libros de texto como con las ideas del profesorado en activo y en formación que se muestran en diversos estudios consultados, lo que nos da una idea de la distancia entre aquello que llega al aula y aquello que los expertos consideran que debería llegar.

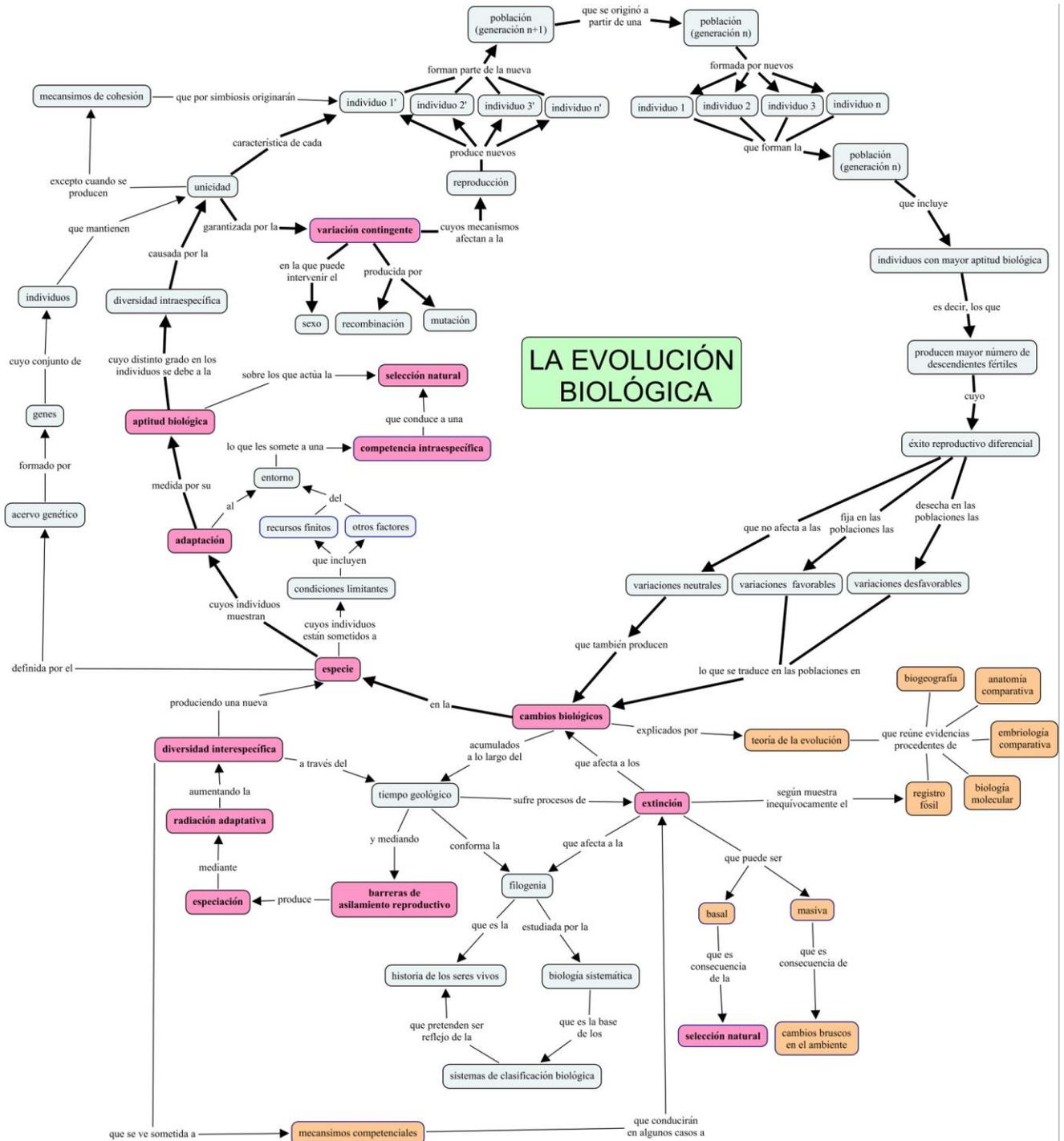


Figura 4: Esquema-resumen de la evolución biológica

## BIBLIOGRAFÍA

- Crawford, B. A.; Zembal-Saul, C.; Munford, D.; Friedrichsen, P., (2005). Confronting prospective teachers' ideas of evolution and scientific inquiry using technology and inquiry-based tasks. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 613-637.
- Gregory, T. R., (2009). Understanding natural selection: Essential concepts and common misconceptions. *Evolution: Education & Outreach*, 2, 156-175.
- Griffith, J. A.; Brem, S. K., (2004). Teaching evolutionary biology: Pressures, stress, and coping. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 791-809.
- Gutiérrez, A., (2009). La evolución humana, demasiado humana. *Alambique*, 62, 63-74.
- Jiménez Aleixandre, M. P., (1994). Teaching evolution and natural selection: a look at textbooks and teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 519-535.
- Kampourakis, K.; Zogza, V., (2007). Students' preconceptions about evolution: Comments on the accuracy of characterization "Lamarckian" in connection with the history of evolutionary thought. *Science & Education*, 16, 393-422.
- Miller, J. D.; Scott, E. C.; Okamoto, S., (2006). Public acceptance of evolution. *Science*, 313, 765-766 (ver también 'Supporting online material for *Public acceptance of evolution*': [www.sciencemag.org/cgi/data/313/5788/765/DC1/1](http://www.sciencemag.org/cgi/data/313/5788/765/DC1/1)).
- Nehm, R. H.; Schonfeld, I. S. (2007). Does increasing biology teacher knowledge about evolution and the nature of science lead to greater advocacy for teaching evolution in schools? *Journal of Science Teacher Education*, 18, 693-794.
- Nehm, R. H.; Schonfeld, I. S. (2008). Measuring knowledge of natural selection: A comparison of the CINS, an open-response instrument, and an oral interview. *Journal of Research in Science Teaching*, 45, 1131-60.
- Puig, B.; Jiménez Aleixandre, P., (2009). ¿Qué considera el alumnado que son pruebas de la evolución? *Alambique*, 62, 43-50.
- Rutledge, M. L.; Warden, M. A., (2000). Evolutionary theory, the nature of science & high school biology teachers: critical relationships. *The American Biology Teacher*, 62, 23-31.
- Tidon, R.; Lewontin, R. C., 2004. Teaching evolutionary biology. *Genetics and Molecular Biology*, 27, 124-131.

**Recursos web:**

- SESBE:

<http://www.sesbe.org/>

- ENSI - Universidad de Indiana:

<http://www.indiana.edu/~ensiweb/>

- Understanding Evolution – Universidad de Berkeley:

<http://evolution.berkeley.edu/>

## TIPOS DE APRENDIZAJE EN BIOLOGÍA Y CONSTRUCTIVISMO ORGÁNICO

BEATRIZ CONTRERAS MEZA

*Universidad Católica del Maule (Chile)*

[beatrizcontrerasmeza@gmail.com](mailto:beatrizcontrerasmeza@gmail.com)

NICOLÁS MARÍN MARTÍNEZ

*Universidad de Almería (España)*

[nicolas.marin@gmail.com](mailto:nicolas.marin@gmail.com)

EL MARCO TEÓRICO QUE SUSTENTARÁ la visión del aprendizaje de la Biología que así se presenta se denomina *constructivismo orgánico* (Marín 2005), y es el que se usará argumentativamente para indicar las ventajas de esta propuesta en relación a los problemas de la enseñanza de las ciencias.

Este marco posee su base teórica en los estudios de Piaget (1977) y se ha ido nutriendo a lo largo del tiempo por una serie de otros estudios (Delval 1997; Marín 1994a; Pascual-Leone 1979; Pozo 1989). Su centro de interés se focaliza en los aspectos de la organización cognitiva y aprendizaje.

Entre sus principales argumentos destacan los relacionados con el origen del conocimiento, la diferencia entre significado y significante, y la organización cognitiva del sujeto. En relación al origen del conocimiento, el constructivismo orgánico (CO), a diferencia del *empirismo* y del *racionalismo*, no posee una visión radical de éste, en el sentido que cree que es importante tanto la interacción entre el sujeto y el objeto, como así también, la actividad racional del primero. Por otra parte, considera de diferente naturaleza conocimiento y realidad, no existiendo correspondencia entre ellos; así, la realidad externa es carente de significado para el sujeto a menos que lo construya internamente.

Con respecto a la diferencia entre significado y significante, afirma que toda información que llega desde el exterior al sujeto, lo hace sin su significado, pues éste es

construido internamente (Marina 1998) y depende de una serie de factores tanto biológicos, cognitivos y afectivos, que confluyen holísticamente.

Referente a la organización cognitiva del sujeto, el CO concibe al conocimiento y por ende al aprendizaje, como un organismo vivo, con procesos que le son propios, como el de autorregulación; así, frente a desequilibrios o conflictos cognitivos la tendencia sería a volver a los estados de equilibrio por medio de nuevas construcciones cognitivas, y no por sistemas de asociación reduccionistas. Consecuentemente, se produciría aprendizaje. En esta organización cognitiva, la unidad básica y funcional es el esquema de conocimiento (Piaget 1974). En términos adaptativos, para cada sector de la realidad existe un esquema, los cuales pueden actuar mancomunadamente en la construcción de los procesos cognitivos con la finalidad de permitir que el sujeto se adecue a las nuevas interacciones con ésta.

Además, es posible agruparlos jerárquicamente en a lo menos dos niveles: en el primero estarían los esquemas específicos, que se activan cuando el sujeto interacciona con la realidad física o social a través de procesos de abstracción simple, lo que le permite, por ejemplo, saber orientarse en el espacio o identificarse con una determinada cultura; estarían influenciados por otros esquemas asociados a la parte afectiva del sujeto, llamados esquemas sentimentales (Marina 1996). En el segundo nivel se ubicarían los esquemas operatorios (Piaget 1974), que operan mediante procesos de reflexión interna que realiza el sujeto y que emanan de las experiencias de los primeros. Este segundo tipo de esquemas es muy relevante para la enseñanza de las ciencias, pues involucran construcciones cognitivas más profundas, de reflexión para el sujeto, que permiten enriquecer los atributos del objeto presente en la realidad, y que dada su mayor complejidad cognitiva tardan más tiempo en desarrollarse.

Así, con la presencia de los esquemas como unidad básica y funcional del sistema cognitivo, es relevante conocer cuáles son los procesos que favorecen el desarrollo de éstos y permiten la adquisición de conocimiento y por ende, de aprendizaje.

En el caso de los esquemas específicos, existen dos constructos que nos ayudan a explicar lo anterior que son la *asimilación* y la *acomodación*. En el primero aunque no se da construcción cognitiva nueva, sí permite la transformación o transducción de la información que recibe el sujeto desde su medio externo, de tal manera que los

esquemas que ya existen se “nutren” con este nuevo aporte cognitivo, cambian su “configuración”, es decir, se da progreso cognitivo; esta etapa se potencia según el grado de implicación afectiva que tenga para el sujeto la información proveniente del medio. La asimilación ocurre cuando, es cuando la información asimilada termina acomodándose cognitivamente, es decir, los elementos del esquema se ordenan permitiendo el enriquecimiento cognitivo, o sea, se da la integración de lo asimilado y con ello la construcción de nuevos procesos cognitivos. También en este caso son importantes los esquemas sentimentales del sujeto.

Sin embargo, existen otros procesos cognitivos relacionados con la adquisición de información que no necesariamente desencadenan construcciones cognitivas nuevas, es decir, aunque existen perturbaciones cognitivas por la presencia de nueva información, lo que se obtiene de ellos es sólo progresión en los esquemas y no construcciones nuevas. Ejemplo de ello, es la *memorización* y la *comprensión*. En el primero, no existe asignación de significado al significante externo, porque o no se posee el esquema necesario previo para dicha asignación o porque no es relevante para el sujeto dicha apropiación, simplemente se retiene en la memoria. En el segundo, aunque puede darse asignación de significado al significante, dada la presencia de esquemas necesarios para ello, no siempre es seguro.

En el caso de los esquemas operatorios, los procesos que intervienen en la abstracción reflexiva, referida a construcciones cognitivas más profundas, de orden superior, corresponden a las continuas reconstrucciones que resultan de las regulaciones que experimentan los esquemas inmediatamente inferiores a éstos, es decir, los específicos (Piaget 1978). Necesario es que el sujeto posea una fuerte implicación afectiva que lo motive a desarrollar un pensamiento reflexivo abstracto; asimismo, es importante considerar el tiempo que se necesitará para asegurar una buena cantidad y calidad de interacción con la fuente externa de información, es decir, asegurar la calidad de perturbación cognitiva, como así también, preparar con calidad el instrumento de evaluación que logrará medir este proceso reflexivo en el sujeto.

Así, desde la mirada del CO, los procesos que intervienen en el progreso o construcción cognitiva dependerán de si corresponden a la funcionalidad de los esquemas específicos u operatorios. Con respecto a los primeros, además es importante señalar que no sólo la información que proviene del medio externo y que está dada por

el contacto directo entre el sujeto y el objeto, generarán conocimiento, sino también por otro tipo de interacción y que es la social.

Esta interacción está referida a todo el sistema de símbolos y signos que son socialmente aceptados y que además, son necesarios para representar y explicitar el conocimiento cultural-social (Delval 1997; Marín 2010); sin embargo, para que esos signos y símbolos adquieran significado es necesario la existencia de un sistema dador del mismo, que en este caso correspondería a la comunidad de expertos que profesan un determinado conocimiento.

Así, ambas unidades actuarían en conjunto, cooperativamente, comportándose según CO como un sistema autorregulable, pues no podrían coexistir el uno sin el otro; sin comunidad experta no habría conocimiento y sin sistema semiótico no habría legado o transmisión cultural. Relevante es para el sujeto este tipo de interacción social, pues él una vez que ha interiorizado y asimilado los significados de los significantes socialmente compartidos, puede enriquecer aún más sus propios esquemas específicos, realizando nuevas construcciones cognitivas; asimismo, también puede enriquecer los esquemas sociales y explicitar en un mayor grado aquellos conocimientos individuales y que son de carácter implícitos, tomando conciencia de ellos (Karmiloff-Smith 1994; Marín 2010).

Esta *toma de conciencia* es muy importante para el sujeto pues no sólo implica la construcción cognitiva en la utilización de herramientas figurativas, tales como señales, símbolos, etc. para declarar su conocimiento implícito sino también el ser consciente de qué tipo de esquemas debe usar en determinadas circunstancias y evocarlos cada vez que los necesite. Este darse cuenta de cómo se ha llegado a la meta, al producto final de la acción solicitada, considerando los errores y aciertos durante el trayecto es un proceso indispensable en la autorregulación del conocimiento individual, que enriquece al sujeto en su adaptabilidad al medio (Pozo 2003).

Sin embargo, también es importante, en esta toma de conciencia, la mediación social porque ella no sólo la agilizará, al apoyar, asistir o fortalecer al sujeto en su explicitación de carácter social, sino que también influirá en la reconstrucción y enriquecimiento de los conocimientos implícitos, dejándolos más “puros” (Pozo, Scheuer, Mateos & Echeverría 2006).

Concluyentemente, CO como postura de enseñanza y aprendizaje de las ciencias dista bastante de otras, que si bien son en un amplio escenario desarrolladas en la actualidad, no poseen un núcleo teórico firme que las avalen como óptimas (Marín y Soto 2012). Es por ejemplo, el caso de la visión que considera al “alumno como científico” (AcC), la cual a diferencia de CO no le interesa el trayecto que recorre cognitivamente el alumno desde el origen de la acción hasta el producto final de ésta, sino que sólo le interesa el producto, teniendo así una visión reduccionista (Marín 2005); asimismo, su “praxis” se fundamenta en el origen del conocimiento científico y no en cómo se genera el conocimiento en el alumno, por ello concibe a este último como a un “pequeño científico” en miniatura. Otra postura también distante de CO es la que concibe al “alumno como un procesador simbólico” (ApS), la cual compara la estructura cognitiva del alumno con la de un ordenador, donde el procesador correspondería a la estructura con la cual el sujeto procesa la información de forma lógica; concibiendo la suma de sus partes igual al todo.

Por el contrario para CO, lo más relevante es conocer cómo se genera el conocimiento en el alumno, cómo operan los esquemas cognitivos, cómo se produce la autorregulación en el sujeto y cómo van evolucionando sus estructuras cognitivas a lo largo de su vida, a fin de comprender la verdadera esencia del aprendizaje y de cómo éste se vuelve imprescindible para una mejor adaptación del sujeto al medio que le rodea, sea éste individual o social.

## REFERENCIAS

- Delval, J. (1997). Tesis sobre el constructivismo. En M. J. Rodrigo & J. Arnay (Eds.), *La construcción del conocimiento escolar* (pp. 15–24). Barcelona: Paidós.
- Karmiloff-Smith, A. (1994). *Más allá de la modularidad*. Madrid: Alianza.
- Marín, N. (1994). Elementos cognoscitivos dependientes del contenido. *Revista interuniversitaria de formación del profesorado*, (20), 195–208.
- Marín, N. (2005). *La enseñanza de las ciencias en Educación Infantil*. Granada: Grupo Editorial Universitario.

- Marín, N. (2010). Nuevas opciones constructivas en la teoría de Piaget sugeridas por las ideas de Vygotsky. *EDUCyT*, 1(1). Recuperado a partir de [https://docs.google.com/viewer?url=http://www.educyt.org/portal/images/stories/revistas/revistaeducyt1/4\\_Articulo\\_Nicolas\\_Marin.pdf](https://docs.google.com/viewer?url=http://www.educyt.org/portal/images/stories/revistas/revistaeducyt1/4_Articulo_Nicolas_Marin.pdf)
- Marín, N. y Cárdenas, F.A. (2011). Valoración de los modelos más usados en la enseñanza de las ciencias basados en la analogía «el alumno como científico». *Enseñanza de las Ciencias*, 29(1), 35-46.
- Marina, J. A. (1996). *El laberinto sentimental*. Barcelona: Anagrama.
- Marina, J. A. (1998). *La selva del lenguaje*. Barcelona: Anagrama.
- Pascual-Leone, J. (1979). La teoría de los operadores constructivos. En J. Delval (Ed.), *Lecturas de psicología del niño* (pp. 208–228). Madrid: Alianza Universitaria.
- Piaget, J. (1974). *El estructuralismo*. Barcelona: Oikos-tau.
- Piaget, J. (1977). *Epistemología genética*. Argentina: Solpin.
- Piaget, J. (1978). *La equilibración de las estructuras cognitivas, «Problema central del desarrollo»*. Madrid: Siglo XXI.
- Pozo, J. I. (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.
- Pozo, J. I. (2003). *La adquisición de conocimiento*. Madrid: Morata.
- Pozo, J. I., Scheuer, N., Mateos, M., & Echeverría, M. P. P. (2006). Las teorías implícitas sobre el aprendizaje y la enseñanza. En J. I. Pozo, N. Scheuer, M. P. Pérez Echeverría, M. Mateos, E. Martín, & M. De la Cruz (Eds.), *Nuevas formas de pensar la enseñanza y el aprendizaje* (pp. 95–134). Barcelona: Grao.

# ADAPTACIÓN Y COGNICIÓN: APORTES DESDE LA EPISTEMOLOGÍA DE SISTEMAS COMPLEJOS

MARIANA CRUZ

*Centro de investigaciones de la Facultad de Filosofía y Humanidades,*

*Universidad Nacional de Córdoba - CONICET (Argentina)*

[macruz@ffyh.unc.edu.ar](mailto:macruz@ffyh.unc.edu.ar)

## **1. Presentación del problema**

CUANDO EN 1998 RICHARD LEWONTIN ESCRIBE *The evolution of cognition: Questions we will never answer*, sostiene que nunca será posible llegar a tener una respuesta científica en torno a la relación entre adaptación y cognición, sino que sólo podremos “contar historias” al respecto. Hace entonces referencia a una discusión ya establecida por él y Gould relativa a la posición “adaptacionista panglossiana”, presente tanto en el campo de la biología evolucionista como en otros campos de la investigación, en este caso puntual la ciencia cognitiva y la psicología evolucionista. Pese a la crítica, las ciencias cognitivas siguen utilizando el marco panadaptacionista, defendido entre otros, con particular fervor por Daniel Dennett. Es mi intención insistir en la necesidad de atender a la crítica, haciendo hincapié en la ventaja epistemológica de una perspectiva diferente para pensar la relación entre evolución y cognición.

El propósito es remarcar la importancia del marco teórico-epistemológico para el tratamiento de tal tema, abogando en esta dirección por la teoría de sistemas complejos como marco que permitirá el avance hacia una explicación del riquísimo y variado fenómeno que indicamos bajo el rótulo unitario de “cognición”. Primero, realizo una breve reconstrucción del debate entre “adaptacionistas panglosianos” y evolucionistas posdarwinianos (me refiero de esta manera al marco propuesto por Lewontin y Gould) basándome en la pretensión de que para todo rasgo biológico deba existir una valoración funcional. Luego, hago una presentación de la teoría de sistemas complejos –

en la que sostengo que debería enmarcarse la discusión y del enfoque corporizado–enactivo en el que el marco es el propuesto, tanto evolutiva como epistemológicamente hablando. Finalmente, realizo una crítica acotada a este enfoque, en vistas al marco propuesto.

## **2. Frente al programa “adaptacionista panglossiano”**

En 1978 Lewontin escribe *Adaptation* y al año siguiente conjuntamente con Gould *The Spandrels of San Marco and the Panglossian Paradigm*, que dan el marco al texto crítico sobre la evolución de la cognición. El primero, realiza una crítica a la centralidad de la noción de adaptación en la biología evolutiva del momento y el segundo establece más específicamente la crítica al neodarwinismo en términos de “adaptacionismo panglossiano” o panadaptacionismo. Cuando critican este programa, no proponen –y lo dicen reiteradas veces- eliminar el concepto de adaptación, sino que enfatizan la necesidad de revisarlo y apelar a él conjuntamente con otros mecanismos como la pleiotropía, la deriva génica, etc. Aunque explicitan que abandonar el concepto sería para ellos un error: “eliminar el bebé con el agua de la bañera” (Lewontin 1987: 146). La crítica explícita es a la lógica *panglossiana*: el introducir la idea de funcionalidad y optimalidad para el análisis de cada rasgo específico de los organismos; lo que motiva la satírica denominación tomada de la crítica de Voltaire. Esta lógica depende de la “inversión entre causa y consecuencia” al partir de la función y afirmar “como el doctor Pangloss, que el órgano ha sido modelado para cumplir tal función” por la omnipresente selección natural (nombrada por Dennett como *Mother Nature*). De tal inversión surgen varios corolarios: 1. para adaptarse los organismos responden al ambiente, independiente y preexistente; 2. descuidando el papel creativo de los organismos en la conformación del nicho: “Los organismos no sufren el ambiente de manera pasiva, sino que crean y definen el medio en el que habitan”. 3. involucra la “disección de un organismo en partes”. Esto conlleva, por su parte, dos decisiones apriorísticas: “decidir cómo dividir al organismo y luego asignarle el problema que soluciona cada una de las partes. 4. Una vez establecidos ambos elementos es preciso, además, relacionarlos”, “demostrando que están bien adaptados a la función que realizan” (Lewontin 1987: 139-143). Tras analizar varios casos en los que la hipótesis adaptativa falla Lewontin pregunta: ¿No sería mejor, en todo caso, buscar explicaciones

alternativas que no repitan la fórmula: tal carácter no pudo ser modelado más que en el sentido de aumentar las posibilidades de supervivencia?”.

No para Dennett, uno de los fervientes defensores del adaptacionismo. En “Intentional systems in cognitive ethology: The ‘Panglossian paradigm’ defended”, *escapa* a los críticos del pan-adaptacionismo *salvando* esta perspectiva. La estrategia utilizada por él consiste en mostrar la –indudable, aunque quizá acotada– utilidad de la perspectiva de la actitud intencional en etología y en mostrar que los términos *mentalistas*, teleológicos, de diseño, que reintroduce en la explicación naturalista deben verse sólo como instrumentos, modos figurativos y abreviados, de hablar: “pero ¿quién *aprecia* este poder [de engaño], quien *reconoce* esta razón fundamental (rationale), si no el pájaro o sus ancestros individuales? ¿Quién más sino la *Madre Naturaleza* misma? Esto es: nadie. La evolución por selección natural “*elige*” este diseño” (Dennett 1983: 351). Luego afirma que ésta perspectiva se une con una “exploración teórica en teoría evolutiva [que] es la adopción deliberada de modelos de optimalidad” (*Idem*), eje de la crítica del adaptacionismo y que entonces el abandono de uno requeriría el también dejar de lado lo otro.

### **3. Perspectivas epistemológicas y cognitivas afines**

La ubicua obstinación en la defensa de este modelo explicativo justificó el trabajo de Lewontin sobre la relación entre adaptación y cognición. El argumento central de este texto es mostrar que no hay posibilidad de demostrar que la cognición haya dado una ventaja reproductiva diferencial a los organismos que la poseen como para satisfacer el requisito darwiniano que nos permitiría afirmar su carácter de adaptativo. Basado en lo cual sostiene que, entonces, solo podremos realizar relatos – como los que les critica a con Gould a los panadaptacionistas. Esta idea de Lewontin no involucra que la cognición no sea un rasgo natural de los organismos, tampoco que no se le pueda asignar un valor evolutivo, pero no necesariamente en cuanto adaptación en los términos del adaptacionismo, es decir: como si hubiera sido seleccionado porque resultara la mejor opción para la adecuación de ciertas especies a su ambiente. No involucra tampoco cuestionar que habiendo surgido, quizá por deriva génica, quizá por motivo de correlaciones estructurales o de desarrollo, haya terminado cumpliendo una

función para el organismo. Esto no evita pensar la cognición en términos evolutivos, implica no asignarle la valoración de que es el rasgo óptimo.

Pensar evolutivamente los organismos en este sentido, es pensarlos como sistemas complejos, para lo cual, propongo como particularmente interesante –de entre las múltiples existentes– tomar la epistemología de sistemas complejos propuesta por Rolando García (2006), junto con una versión revisada de la perspectiva de la cognición corporizada. El organismo en tanto sistema complejo, esto es “un sistema en el cual los *procesos* que determinan su *funcionamiento* son el resultado de la confluencia de múltiples factores que *interactúan* de tal manera que el sistema no es *descomponible*” y no “puede ser descrito por la simple adición de estudios independientes sobre cada uno de sus componentes”, y “la no-descomponibilidad de un sistema complejo se debe a lo que hemos llamado la *interdefinibilidad* de sus componentes” (García 2006: 182). El funcionamiento del sistema tiene tanto elementos que los modifican sea directa o indirectamente, pero siempre al mismo nivel aunque estos factores pueden distribuirse en “niveles estructuralmente diferenciados, [si bien] con sus (García 2006: 183) dinámicas propias. Los niveles no son interdefinibles, pero las interacciones entre niveles son tales que cada nivel condiciona las dinámicas de los niveles adyacentes” (García 2006: 184). En este marco, tanto el sujeto como su relación con el medio se definen durante el transcurso de la investigación, pero no en términos atómicos, sino integrados cuyo estudio requiere tener en cuenta sus procesos de evolución: las reorganizaciones sucesivas de sus elementos en interacción continua, para el que el ambiente tiene un papel constitutivo.

La corriente enactiva de la cognición corporizada asume una perspectiva metodológica afín a la de García. Explícitamente se propone pensar las capacidades cognitivas como acción corporizada del organismo completo, en la que se constituye el mundo, que no es dado previamente a la experiencia y que no necesariamente puede entenderse como una adaptación en el sentido de mostrar la adecuación óptima. Se distancia por completo, entonces, del adaptacionismo entendido en el sentido expuesto y, con ello también a su entender del representacionalismo que es abandonado a favor de la *enacción*. La cognición, en tanto enactuación “hace emerger un mundo- mediante una historia viable de acoplamiento estructural” (Varela *et al.* 1992: 238). Para que tal acoplamiento sea viable basta con que la acción del sistema facilite la integridad

continua del sistema y su linaje, a esto llaman *lógica proscriptiva*: “si el acoplamiento tuviera que ser óptimo las interacciones el sistema tendrían que ser más o menos prescritas. Para que el acoplamiento sea viable, en cambio, basta con que la acción del sistema facilite la integridad continua del sistema (ontogenia) y/o su linaje (filogenia)” (*Idem*).

#### **4. En síntesis: la propuesta del trabajo**

Así, en la propuesta enactiva, tanto como en la teoría de sistemas complejos y la teoría evolutiva posdarwiniana, encontramos el espacio y la afirmación de elementos estructurales históricos, jerárquicos y de diferentes mecanismos evolutivos que facilitan la atención a las especificidades de los sistemas y subsistemas que denominamos bajo la gran categoría de cognición. La cognición no es, de manera global, el resultado de un proceso seleccionista y, por lo tanto, una adaptación óptima de los organismos al ambiente, sino una estructura históricamente co-determinada por la interacción entre el organismo y el ambiente; por los motivos expuestos a lo largo del trabajo. Esto resulta adecuadamente abordado por la perspectiva enactiva.

Que no haya surgido de un proceso seleccionista, o que no podamos probarlo, como muestra el texto de Lewontin, no involucra que no sea el resultado de un proceso evolutivo natural como subproducto, como resultado de deriva y procesos de desarrollo y estructurales, una herramienta con la que efectivamente los organismos se relacionan constitutivamente con su ambiente. En ese sentido podría pensarse como adaptativo, pero en un sentido derivado y viable –no óptimo–, es decir, redefiniendo el concepto de adaptación por fuera de la lógica del adaptacionismo: como resultado de la propia organización y estructura, determinadas por los procesos orgánicos históricos y estructuralmente determinados, interdefinidos, que no pueden atomizarse. Ciertamente el abandono del adaptacionismo involucra un abandono del atomismo y del asociacionismo así como la incorporación de nociones holísticas, de la experiencia; involucra también pensar que ciertos procesos-capacidades sean quizá adaptativos pero otros no, porque no se trata de un átomo homogéneo. De igual manera, también podemos aceptar que haya procesos-capacidades representacionales, como por ejemplo la memoria, mientras que otras no.

La crítica del adaptacionismo no involucra a mi modo de ver el necesario abandono de la actitud intencional y algunas herramientas analíticas de las ciencias cognitivas; pero sí la limitación de esta a una estrategia explicativa que tiene cierto marco de aplicación, siempre que no creamos con ésta –y la psicología evolucionista afín– que todo rasgo cognitivo es realmente adaptativo porque entonces reintroducimos el lenguaje racionalista y apriorista presuntamente abandonado, obligándonos al uso recurrente de las comillas dennettianas, sólo necesarias para mantener un modelo explicativo innecesariamente restrictivo y limitado. No toda capacidad puede analizarse suficientemente mediante la búsqueda de su historia evolutiva, menos si esta se piensa como una historia de optimización. Mientras la síntesis moderna siga logrando imponer –quizá no al interior de la biología misma, pero sí en otros ámbitos de investigación– un modelo según el cual “evolución” es sinónimo de “adaptación”, esta sinonimia llevará a científicos y filósofos a tratar de defender el carácter adaptativo de la cognición, aun pese a los problemas expuestos en la lógica involucrada, a riesgo de que ésta se mantenga inexplicada o sea ella misma ‘*cooptada*’ por especulaciones racionalistas sin comillas.

## BIBLIOGRAFÍA

- DENNETT, Daniel (1983): Intentional systems in cognitive ethology- The “Panglossian paradigm” defended, in *The Behavioral and Brain Sciences* 6, 343-390.
- GARCÍA, Rolando (2006): *Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*, Barcelona: Gedisa.
- GODFREY-SMITH, Peter (1996): *Complexity and the Function of Mind In Nature*, Cambridge: Cambridge University Press.
- GOULD, Stephen Jay; LEWONTIN, Richard (1979): The spandrels of San Marco and the Panglossian Paradigm, *Proceedings of Royal Society. Lond. B* 205, 581-598.
- LEWONTIN, Richard (1998): The evolution of cognition: Questions we will never answer, In Scarborough, D. & Sternberg, S. (eds). *An invitation to cognitive science*, Volume 4: Methods, models, and conceptual issues. Cambridge, MA: MIT Press.

VARELA, Francisco; THOMPSON, Evan; ROSCH, Eleanor (1992): *De cuerpo presente. Las ciencias cognitivas y la experiencia humana*. Gedisa, Barcelona.

## LA CORPORIZACIÓN COMO SUSTRATO DEL DESARROLLO MENTAL

MELINA GASTÉLUM VARGAS

[megava@gmail.com](mailto:megava@gmail.com)

XIMENA GONZÁLEZ GRANDÓN

[glezgrandon@gmail.com](mailto:glezgrandon@gmail.com)

*Instituto de Investigaciones Filosóficas, UNAM (México)*

A PRINCIPIOS DE LOS 80'S, LA BIOLOGÍA se introduce en las ciencias cognitivas e intenta dar cuenta de la cognición postulando un agente corporizado que *enactúa* su mundo de experiencia por medio de la interacción entre la unidad viva y su ambiente (Varela 1991). El cuerpo adquiere una importancia central ya que desde esta perspectiva las aferencias y eferencias no se encuentran separadas, el desarrollo del sistema nervioso une efectores (músculos) y superficies sensoras de una forma circular. Lo que resulta en causalidades sensorio-motoras, conjuntos de neuronas entrelazadas que forman una red interneuronal distribuida (Varela 2001).

Sosteniéndonos en un marco explicativo naturalizado y tomando como punto de discusión la visión proveniente de la psicología evolutiva en cuanto al módulo de reconocimiento de caras, y el modelo explicativo que proviene de la cognición corporizada y situada, proponemos que ésta función más que estar encapsulada informacionalmente, es un mecanismo que denota la participación de sustratos sensoriomotores, principalmente el propioceptivo al tener un papel central en la construcción de esquemas sensorio-motrices. Este sentido cinestésico, 'sensación del propio cuerpo y de sus movimientos' inicia su nicho nervioso desde los receptores de músculos y articulaciones, y actúa en bucles de retroalimentación a medida que se realizan los movimientos, enfatizando el vínculo que existe entre las distintas percepciones, el aprendizaje y el comportamiento motor (Ruiz Pérez y Arruza Gabilondo 2005).

## 1. ¿Módulo de reconocimiento de rostros?

Como consecuencia de la inconmensurable exposición a rostros que caracteriza al ser humano social, éste posee un extraordinario nivel de competencia al reconocer rostros: ¿el reconocimiento de rostros es una cuestión de procesamiento informacional dentro de un módulo mental innato o son sustratos perceptor-motores desarrollados en la corporización, socialización y el entrecruzamiento entre percepciones?

Consideramos que se debe apelar a una explicación histórica (Straton 1975) para dar mayor capacidad explicativa a los marcos que se contrapondrán. Razón por la que, con un propósito operativo, se apelará a la evolución humana al reconocer lo poco probable que resulta que la acción del reconocimiento de rostros haya evolucionado recientemente, siendo fundamental para la habilidad social.

Los módulos perceptuales se volvieron populares a raíz de experimentos de la visión que llevo a cabo Marr en 1982. A partir de eso, representacionistas y psicólogos evolucionistas (Dretske 1999; Sterleny 1997; Toobey y Cosmides 2003) han defendido la explicación del ‘módulo de reconocimiento de caras’, apelando a la universalidad de éste y a su innatismo. Por un lado, se basan en pruebas experimentales, como de la psicología del desarrollo en las que se afirma que los recién nacidos humanos demuestran una preferencia visual por las caras humanas, ya sean reales o esquemáticas, sobre cualquier otro estímulo (Fantz 1964; Valenza 1996). Siendo que a pesar de que no provee evidencia concluyente para un módulo innato, son sugestivas de un sistema cognitivo especializado que comienza a operar muy tempranamente. Por otro lado, asumen una cadena causal que vincula a la representación mental con su ‘objeto en el mundo’, en este caso la cara reconocida. Proponen distintas secuencias de etapas representacionales “dentro de la cabeza”, afirmando que los diferentes tipos de información se van procesando paso a paso: de la imagen retiniana de un rostro particular, a elegir entre varias caras, y finalmente a la cara reconocida como ‘objeto en el mundo’. Pero ¿cómo saber que solo una de las etapas no es reconocida como la cara completa? ¿Qué legitima el vínculo entre mi representación interna del rostro y el ‘rostro en el mundo’? La respuesta para estos autores es: la selección natural, sugiriendo que los sistemas perceptuales están diseñados para mantener una constancia entre el percepto y el mundo percibido, aún entre una gran variedad de estímulos. Sin embargo,

una visión adaptacionista de las representaciones mentales internas requiere, además, encontrar una explicación para la conexión causal entre cada instancia de representación y el correspondiente ‘objeto en el mundo’, cuestión en la que no reparan. Muchas etapas ni siquiera tienen una consecuencia en el comportamiento que pueda ser identificable y por tanto mucho menos haber sido seleccionado (Hendrick-Jansen 1996).

Al pensar en esta ontología de la mente humana como un conjunto básico de módulos innatamente especificados y que proveen significado de los conceptos primitivos, se plantea que los candidatos para la representación modular son características que fueron biológicamente importantes para nuestros antecesores al detectar mecanismos con propósitos especiales, como sería la detección de expresiones faciales emocionales como el miedo o la ira. Estos módulos representarían características objetivas del mundo, y por eso se seleccionan. Nosotros pensamos que ésta explicación causal-informacional no es suficiente. Se debe mencionar que las entidades explicatorias en estas teorías son entidades estadísticas. Al recurrir a categorías conductuales definidas estadísticamente, se asume que el humano está siguiendo una estrategia implementada por algún mecanismo interno que corresponde a esa descripción. La selección natural no diseña el comportamiento, simplemente funciona como un filtro selectivo sobre las consecuencias conductuales de la mutación genética y la recombinación que emerge como un resultado de la ontogenia. Sería muy sorprendente que tales procesos hayan producido un mecanismo interno que refleje estos procedimientos racionales (Hendrick-Jansen 1997).

Todo este marco explicativo marca la tensión que existe entre los conceptos funcionales de las ciencias cognitivas clásicas en un intento por naturalizar el significado a través de la selección natural (Dretske 1999; Sterleny 1997; Tooby y Cosmides 2003). Plantean un análisis funcional en términos de un módulo de reconocimiento que funciona como un diseño de ingeniería resolviendo tareas. Se evita postular a un procesador central, pero se naturaliza un sentido de función que no puede ser naturalizado, y desemboca con un enfoque omnipotente de la selección natural.

El argumento del innatismo del módulo de reconocimiento de rostros, además de contradicciones conceptuales, se ha encontrado con barreras experimentales que evidencian lo contrario. Sugita (2008) mostró la importancia de desarrollo ontogenético y la socialidad al trabajar el estímulo visual con macacos japoneses (*Macaca fuscata*).

Al nacer estos fueron separados de sus padres y cuidados por humanos enmascarados y sin ningún contacto con otros macacos por un periodo diferenciado de 6 a 24 meses. Después de un mes de este periodo, al grupo 1 de macacos se les mostraba únicamente rostros humanos y al grupo 2 únicamente rostros de macacos. Al término de este mes, los macacos solo eran capaces de reconocer las caras de la categoría a la que fueron expuestos.

Los psicólogos evolucionistas consideran que ésta, más que ser una evidencia que apunta a la importancia del contexto aprendido, es un reflejo de las presiones evolutivas que llevaron al modulo de reconocimiento de caras a ser seleccionado, de manera natural y sexual, por cuestiones de supervivencia y reproducción. Argumentando la importancia de la discriminación entre co-específicos y hetero-específicos que apareció desde etapas tempranas, se postulan como templados pre-alambrados productos de la especialización evolutiva de un mecanismo para resolver tareas (Baron-Cohen 1995). Con esto se han creado modelos neurobiológicos o evolucionistas que concluyen que son únicamente las áreas visuales corticales (Giro occipital inferior, giro fusiforme y el surco superior temporal (Calder 2005; Young 2005) las que tienen repercusión en la tarea específica: el reconocimiento de rostros, sin tomar en cuenta el cuerpo o el contexto.

La posibilidad de que un organismo<sup>1</sup> desarrolle conocimientos depende de diversos sistemas cognitivos interrelacionados, de manera que la idea de situar a la actividad nerviosa en un lugar o módulo preciso, sería, a nuestro punto de vista, equivocada. Es muy probable que la simultaneidad de la actividad en distintas partes del cerebro y su conexión entre sí sea la dinámica de formación de conocimiento, es decir que no está localizada en zonas específicas, sino que es más un continuo interactuar de distintas partes del cerebro y del cuerpo en un entorno (Damasio 1994). La idea general es que el número de estructuras nerviosas es enorme y muy compleja: más de 100,000 millones de neuronas con billones de sinapsis que escapan del control de los genes y, en este sentido, se observa mas bien como un proceso epigenético y evolutivo (Changeux 2002).

---

<sup>1</sup> Hablamos de organismos en el sentido amplio biológico, pues muchos organismos vivos conoce” o son capaces de representarse el mundo. Sin embargo, en este trabajo nos avocaremos a los individuos humanos y su conocimiento.

Las señales sensoriales adquieren representación gracias a su impacto sobre una disposición funcional preexistente en el cerebro. Al nacer estos circuitos ancestrales ya presentes (que comprenden la arquitectura cerebral funcional heredada) se enriquecen gradualmente en virtud de nuestras experiencias como individuos y, por ende, constituyen nuestras memorias particulares, que de hecho constituyen nuestro sí mismo (Llinás 2001). Esto quiere decir que nuestra relación entre lo individual y lo ambiental-social moldea y da forma a nuestro mundo interior, sobre todo en la adolescencia y la adultez temprana (Wexler 2006).

Defendemos que el mecanismo propioceptivo y las pautas sensoriomotoras que produce, tienen un papel central en el reconocimiento de caras, con lo que pretendemos probar la importancia de la aproximación corporizada para entender el desarrollo del complejo mente-cerebro en el ser humano social por mecanismos de desarrollo nervioso como la neurogénesis y plasticidad.

Evidencias que colaboran con nuestras afirmaciones, toman en cuenta que el sistema en cuestión podría provenir de una adaptación evolutiva, y la representación facial inicial podría formarse a través de la propiocepción in útero. Los estudios de la Retroalimentación Propioceptiva Gestacional (GPF) afirman que los movimientos faciales podrían contribuir a la formación de la representación facial al nacer y el sistema se sigue desarrollando postnatalmente a través de la experiencia. Desde nuestro marco teórico, las habilidades motoras son necesarias para cualquier forma de aprendizaje propioceptivo, sabemos que el feto es capaz de vivir la experiencia de mover las manos para experimentar el contacto con su cara, abrir la boca, bostezar, succionar, flexionar los músculos de la expresión facial (el ultrasonido 3D y 4D han revelado que este tipo de comportamientos son comunes desde la semana 11 de gestación), entonces las señales propioceptivas son utilizadas para significar la experiencia del reconocimiento de rostros (Lecanuet & Schaal 1996). Estas ideas implican que para reconocer rostros es necesaria la intervención cross-modal de la percepción, es decir, que no solo interviene la corteza visual de una manera unimodal, sino que es necesaria la interconexión de distintas percepciones como el tacto o la propiocepción en el flujo constante de la experiencia humana. Superando la idea de sensaciones y percepciones que se llevan a cabo de manera individual y encapsulada en un solo módulo (Streri & Gentaz 2003).

Otras explicaciones de la cognición corporizada, proponen que para el reconocimiento de rostros se requieren sustratos visuales seguidos por la simulación de las respuestas somatosensoriales asociadas con la expresión percibida. Una forma directa de ‘entendimiento experiencial’ de los otros sucede al significar sus comportamientos como experiencias intencionales sobre lo que los otros hacen y sienten. Este mecanismo se denomina ‘simulación corporizada’ (Gallese 2003), que no implica que un sujeto mire una acción o emoción solitarias, sino todo el esquema corporal que se evoca como respuesta a un estímulo social de una particular expresión facial que contiene toda una experiencia completa no diferenciada en partes, y el sujeto experimenta como si la estuviera llevando a cabo. Las neuronas espejo podrían ser el correlato nervioso de este mecanismo (Gallese 2008). En el caso del reconocimiento de rostros, o desde este marco explicativo más valdría decir de experiencias faciales, la simulación corporizada sustenta el significado de las expresiones faciales del otro, actuando como el disparador de una simulación de ese estado motor-somatosensorial-afectivo que representa el significado de la expresión del que percibe. La percepción de una cara, viene como un todo *cross-modal*, y define el comportamiento al mismo tiempo, al interpretar, tomar un juicio y actuar (Niedenthal 2007).

Meltzoff & Moore (1977) llevaron a cabo experimentos en los que neonatos de 18 horas eran capaces de ejecutar movimientos faciales imitando la gestualidad de los adultos. Lo que al parecer implica que la información es visuo-motora, que no existe una limitación entre la percepción y la acción, que el sustrato es un bucle percepto-motor evidenciado en los modos de interacción del sujeto con el mundo social que lo rodea, formas de intersubjetividad que comienzan desde el nacimiento y continúan durante todo el desarrollo del ser humano (Gallese 2003).

La simulación corporizada se ha probado experimentalmente con estimulación magnética profunda de distintas áreas cerebrales: área occipital y región derecha de la corteza somatosensorial, mientras los participantes realizaban distintas expresiones faciales aprendidas socialmente con componentes experienciales de la emoción (Pitcher, Garrido 2008; Adolphs 2002).

La prosopagnosia del desarrollo (DP) es otra fuente de estudio para el reconocimiento de caras y ha brindando evidencia que propone mecanismos distintos a los de la vía visual (Duchaine 2011), al hallar anomalías en varias regiones

temporales y occipitales y concluyen que la integridad de esas áreas es necesaria para el reconocimiento de caras, y no únicamente las áreas visuales.

Consideramos que para tener una mejor comprensión de cómo es que se realiza el reconocimiento de rostros, debemos de tomar en cuenta las unidades explicativas derivadas de la cognición corporizada y situada, ya que nos muestra una explicación histórica más cotidiana que toma en cuenta la experiencia corporal, a la sociedad y a las evidencias neurocientíficas.

# ANÁLISIS MULTINIVEL DE LA COOPERACIÓN: CONSTREÑIMIENTOS Y SELECCIÓN CULTURALES EN EL ORIGEN Y EVOLUCIÓN DEL ALTRUISMO

MAXIMILIANO MARTÍNEZ

*Departamento de Humanidades, UAM Cuajimalpa (México)*

[mmartinez@correo.cua.uam.mx](mailto:mmartinez@correo.cua.uam.mx)

LUIS SEGOVIANO

*Instituto de Investigaciones Filosóficas, UNAM (México)*

## 1. Introducción

EL OBJETIVO DE ESTA PONENCIA ES ANALIZAR el surgimiento del altruismo utilizando un enfoque co-evolutivo del comportamiento humano a nivel cultural y genético. El altruismo implica, en un sentido biológico, que un agente debe asumir un costo personal para proveer un beneficio a otros individuos pero que, no obstante, ello le acarrea menor aptitud adaptativa. Parte del rompecabezas teórico sobre el altruismo consiste en explicar cuáles son las condiciones en que emergen agentes dispuestos a sacrificar sus recursos para ayudar a otros pero que garanticen, en otro sentido, sus propias ventajas adaptativas.

Nuestra propuesta consiste en explicar el altruismo como la emergencia de actitudes prosociales –castigar a infractores de la norma, recompensar la reciprocidad, etcétera– a través de un proceso multinivel de la selección natural que tome en consideración la mutua interdependencia causal de los constreñimientos culturales sobre el *pool* genético de una población y viceversa. Queremos mostrar cómo el proceso de selección natural canaliza la persistencia de rasgos altruistas a nivel cultural que permiten la cooperación de manera que subsecuentemente modifican el material genético de una población y los caracteres alternativos de una generación inicial a las posteriores. Ello nos permite explicar, en términos evolutivos, la aparición de agentes

con una predisposición psicológica basada en la consideración de otros (*other regarding*) y no sólo de aquellos que actúan por su propio interés.

Para presentar un análisis multinivel de la cooperación utilizamos el modelo co-evolutivo de Boyd y Richerson (1989, 2005). Luego desarrollamos la idea de *downward causation* (causalidad descendente) para detallar cómo interpretamos la relación multinivel de la cultura al nivel genético (Martínez & Moya 2011). Y, finalmente, integramos este modelo en el proceso de emergencia de conductas prosociales para explicar su persistencia y propagación en términos de evolución por selección natural.

## **2. El problema del Altruismo y el enfoque genético**

El altruismo implica, en un sentido estricto, que un agente asume un costo personal para generar beneficios a otros individuos (Gintis *et al.* 2005; Hauser 2006). De aquí se desprende que el altruismo psicológico, desplegado por los humanos en las interacciones sociales, asume conscientemente un costo en detrimento propio y en beneficio de otros. Se considera que tales costos están relacionados con cosas que afectan la propia aptitud biológica de un organismo como recursos en alimento o esfuerzo físico (Hauser 2006). Por ejemplo, cuando un miembro de un grupo comparte comida con los demás, ello implica ceder parte de sus propios recursos personales para aumentar la aptitud adaptativa de otros organismos. Desde un enfoque evolutivo, el altruismo consiste en el dilema de explicar las condiciones en que surgen individuos dispuestos a sacrificar sus recursos sin que ello acarree necesariamente la disminución de sus propias ventajas adaptativas (Joyce 2006). Si el altruismo implicara un sacrificio incondicional por parte del individuo, mediante el proceso de selección natural tendería simplemente a desaparecer. Para ejemplificar esto, podemos emplear la lógica evolutiva que plantea Dawkins (1976). De acuerdo a Dawkins (1976), si los genes causan a sus portadores, en promedio, pagar menos costos y adquirir mayores beneficios relativos a otros, éstos genes tendrán una mayor probabilidad de ser transmitidos a la próxima generación. Ahora bien, si un individuo tiene un gen –simplifiquemos por *mor del argumento*– que le induce a incurrir en costos para beneficiar a otros individuos, entonces ese individuo producirá, en promedio, menor descendencia que aquellos individuos que no poseen ese gen. En términos evolutivos, el *gen egoísta* obtiene mayores beneficios cuando interactúa con genes altruistas y ello le da mayor ventaja

adaptativa. De acuerdo con este razonamiento, en una población cualquiera conformada por una combinación de “egoístas” y “altruistas”, el mecanismo de selección natural conducirá a la extensión de los altruistas.

Ha habido diversas líneas de investigación para explicar cómo ocurre el altruismo y cuáles son las condiciones en las que el proceso de evolución por selección natural puede favorecer comportamientos de sacrificio individual. Encontramos desde la teoría de la *selección por parentesco* (Hamilton 1964) –que explica el autosacrificio por la probabilidad del pool genético compartido–, hasta el *altruismo recíproco* (Trivers 1971; Axelrod 1984) –que se basa en la interacción a largo plazo para beneficios recíprocos. En todas ellas, a pesar de su divergencia teórica, encontramos un patrón de análisis común y una misma concepción subyacente del proceso evolutivo: la explicación del altruismo se concentra en un solo nivel causal, el genético. Por ejemplo, la teoría de selección por parentesco asume que los aspectos cardinales de la naturaleza humana reflejan los imperativos del pool genético y de los ambientes en los cuales se manifiestan éstos. Trivers sigue un razonamiento similar. En cualquier caso, la visión evolutiva de estas teorías se basa en un solo nivel causal en donde prima el aspecto genético como beneficiario y causa de las conductas cooperativas. En esta visión tradicional, se hacía la distinción entre biología y cultura como si se tratase de fenómenos independientes que identificaran fenómenos que se pudiesen estudiarse de manera separada (Blackmore 1999, Laland and Brown 2002). Ahora bien, si en la actualidad cada vez se reconoce más la importancia relativa, tanto de los genes como de la cultura, para explicar tal tipo de conductas altruistas, ¿podríamos especificar con mayor precisión cómo los genes y la cultura interactúan, junto con el papel que juegan otros factores contingentes en el ambiente? En cualquier caso, sostenemos que los procesos evolutivos ocurren tanto a nivel genético como cultural de forma integrada (Tomasello 1999). Por tal motivo, se requiere de una explicación que abarque ambos niveles y que nos permita comprender las bases biológicas y culturales del altruismo. Una explicación sesgada hacia el nivel genético luce incompleta.

### **3. El modelo de coevolución gen-cultura y la doble herencia**

La visión más completa de esta síntesis interniveles es, hasta ahora, la teoría de la *coevolución gen-cultura*. Desde esta perspectiva, el estudio del comportamiento

humano debe ser comprendido simultáneamente por la interacción entre los procesos culturales y la distribución genotípica de una población. Para Richerson y Boyd (2005) la cultura es un pool de ideas, creencias, valores y conocimiento que es aprendido y transmitido socialmente entre individuos. Por una parte, este pool de información cultural pasa por los mismos mecanismos darwinianos de selección adaptativa (es decir, tiende a proliferar la información que conlleva ventajas adaptativas). Sin embargo, aunque señalan que los procesos que ocurren en cada nivel pueden analizarse de manera cuasi independiente, puesto que los procesos evolutivos a nivel cultural y genético ocurren a diferentes escalas de tiempo (los procesos culturales ocurren más rápido que los genéticos), una explicación satisfactoria del altruismo requiere ver cómo el pool genético afecta la cultura y paulatinamente va generando una doble herencia. En esta perspectiva, no tiene sentido una distinción crucial tajante entre lo que es biológicamente dado y lo que es socialmente aprendido. Henrich *et al.* (2007), partidarios de esta teoría, lo expresan de la siguiente manera:

Many behaviors are cultural in that they are socially learned by observation and interaction in a social group –social learning can then be understood as a foundational capacity that underpins what is typically glossed as “culture”. All culturally acquired behaviors, beliefs, preferences, strategies, and practices (hereafter, we refer to all these collectively as “cultural traits”) are also genetic in the sense that their acquisition requires brain machinery that allows for substantial amounts of complex, high-fidelity social learning. (Henrich and Henrich 2007:7).

El punto importante aquí es que la teoría de la *coevolución gen-cultura* nos proporciona un marco alternativo para explicar cómo surge y se mantiene el altruismo. Esto, en contraposición a la postura de diversos investigadores que han planteado el problema del altruismo como un problema en el que agentes egoístas (*self-regarding*) establecen vínculos de reciprocidad y confianza que garantizan la producción de recursos a nivel colectivo y de mediano y largo plazo que no podrían alcanzarse de manera individual en el corto plazo (Henrich *et al.* 2004). De acuerdo con esto, el altruismo no deja de ser un egoísmo revestido y, lo que en apariencia requiere sacrificio

individual resulta, *por naturaleza*, en actos basados únicamente por fines egoístas. No obstante, un enfoque coevolutivo nos permite pensar cómo la selección natural da cabida a rasgos altruistas genuinos cuando analizamos cómo la herencia cultural determina el pool genético y transforma las motivaciones egoístas en un altruismo natural. Como afirman Richerson y Boyd:

Put another way, phenotypic characters acquired via social learning can be thought of as a pool of cultural traits that coevolves with the gene pool in a way that characters acquired through ordinary learning without culture do not. Social learning causes the acquisition of phenotypes to be a population-level phenomenon. (Boyd and Richerson 1985: 7)

#### **4. Un modelo alternativo: la causalidad multinivel**

Ahora bien, aunque el modelo de Richerson y Boyd (2005) de la coevolución a partir de la doble herencia resulta un punto de partida integracionista y complejo que atiende los niveles genético y cultural para explicar la evolución de comportamientos pro-sociales como el altruismo y la cooperación, consideramos que éste resulta insuficiente para capturar la mutua y necesaria co-dependencia causal que existe entre tales niveles, a la vez que no deja claro el papel de la selección natural en este proceso. En otras palabras, nuestro objetivo consiste en proponer un modelo de causalidad multinivel (Martínez & Moya 2011) que refleja de una manera más fiel la forma en que el nivel cultural y el nivel genético coevolucionan concertadamente, vía selección natural, produciendo y manteniendo rasgos cooperativos como el altruismo. Consideramos que hay una influencia causal recíproca que va de forma ascendente del nivel genético al cultural y de forma descendente del poblacional al cultural, produciendo bucles retroalimentativos generadores de complejidad (en los dos niveles). Entender esta relación causal multinivel es indispensable para entender la influencia de la selección natural desde el nivel individual hasta el genético, pues es la que canaliza (de forma descendente) la composición genética que está ligada (de forma ascendente) a los comportamientos de cooperación y altruismo en el nivel individual en donde emerge la cultura. Mostraremos que el modelo de coevolución y doble herencia de Boyd y Richerson (1985) es insuficiente para explicar la relación de mutua determinación que

existe entre los niveles de organización mencionados, relación necesaria y determinante para la aparición y difusión de rasgos complejos tales como el altruismo. Por el contrario, nuestro modelo de causalidad multinivel resulta más apropiado, pues no sólo captura esta relación de determinación mutua entre niveles (y que genera rasgos complejos), también evita dicotomías temporales al involucrar diversas escalas de tiempo. En la parte final de nuestra presentación, mostraremos que nuestro modelo tiene aplicaciones positivas que develan la ontología no sólo del altruismo, también de otros fenómenos biológicos complejos y disímiles tales como la construcción de nichos o la morfogénesis.

# LECTURA Y ESCRITURA. ¿QUÉ NOS PUEDE DECIR UN PROCESO DE “APRENDIZAJE” SOBRE UN PROCESO DE ADQUISICIÓN?

MERCEDES TAPIA BERRÓN

*Centro de Estudios Filosóficos, Políticos y Sociales Vicente Lombardo Toledano,*

*México, D.F. (México)*

[m\\_tapbe@yahoo.com.mx](mailto:m_tapbe@yahoo.com.mx)

UNO DE LOS ARGUMENTOS QUE HA SIDO ALUDIDO para considerar las capacidades lingüísticas humanas como un producto de la evolución biológica ha sido la rápida adquisición de la oralidad con un estímulo, aparentemente, pobre. Este proceso comienza a partir, más o menos, de los seis meses de vida de un niño. Antes de eso, el tracto vocal de un infante ni siquiera se encuentra en la misma posición en la que está en el adulto y no es sino hasta entonces, cuando el bebé, después de producir ciertos tipos de vocales, de consonantes y de efectos prosódicos comienza a realizar un balbuceo con cierto patrón silábico (Ambridge y Lieven 2011; Vihman *et al.* 2003). El proceso se extiende hasta aproximadamente los cuatro años, cuando puede considerarse que el lenguaje infantil es similar al del adulto, aunque no por completo. Así, entonces, se dice que la capacidad que tiene un niño para inferir una serie de patrones lingüísticos sin instrucción formal es innata. Asimismo, existen una serie de órganos que intervienen en la percepción y en la producción lingüística y tal capacidad tiene un correlato neuronal: las conocidas áreas de Broca y Wernicke, el fascículo arqueado, el giro fusiforme y las áreas relacionadas con el procesamiento no literal del lenguaje que se encuentran en el hemisferio derecho del cerebro (Price y Macrory 2005). Así, nuestra capacidad lingüística tiene un medio canónico de procesamiento y decodificación (oído y aparato fonador) y conjuntos neuronales especializados para cumplir, no sólo con los procesos mecánicos involucrados en él, sino con los cognitivo-comunicativos.

Ahora bien, el proceso de adquisición lingüística se dispara gracias al contacto del niño con la lengua y con las prácticas culturales que se vinculan al relacionamiento de los adultos, particularmente las madres, con los infantes. Y es, en este sentido, en el que puede pensarse que tal proceso es biocultural porque, a fin de cuentas, depende de la experiencia.

Los datos hasta aquí expuestos nos permiten ahora considerar que la observación más atenta de otro proceso, el del aprendizaje de la lecto-escritura, como proceso también biocultural nos puede ayudar a cuestionar algunos aspectos que se relacionan con la evolución filogenética del lenguaje humano. Así, en este trabajo, pretendo mostrar cuáles son las características del desarrollo de la capacidad lectora para con ello, cuando menos, poner en duda algunas de las hipótesis, sobre todo innatistas, que se han propuesto para dar cuenta de la emergencia y evolución del lenguaje en nuestra especie y respecto de la modularidad cognitiva en términos de Fodor y de los modularistas masivos (Mithen 1996; Pinker 1994; Fodor 1983).

El ejercicio es cuestionar las diferencias aparentemente tan grandes que pueden encontrarse entre capacidades y habilidades, donde las primeras parecen no ser aprendidas y para las cuales se utiliza hasta un término distinto, a saber: adquiridas. Es claro, que la habilidad lectora no se adquiere y que es importante la instrucción formal para tenerla. Sin embargo, las discontinuidades que parecen presentarse entre un medio de comunicación y el otro no son tan discontinuas, en términos de lo que debe saber un niño para ser capaz de leer y escribir.

El primer punto a resolver para la exposición de mis reflexiones es el de la muy difundida idea de que el lenguaje escrito es una transcripción de la oralidad. Si bien requiere una reflexión sobre ésta y la tiene como base no es, en modo alguno, el mismo objeto cognitivo. La escritura no es sólo poner signos gráficos a los fonemas de una lengua (cuando la escritura es alfabética) y, en última instancia, tal codificación tampoco representan ni el conjunto completo de fonemas de la lengua oral ni todos los procesos del sistema fonológico que se encuentran en ella: “el alfabeto no es una teoría fonológica” (Olson 1994:109). Además, cuando se lee, por ejemplo, muchas de las propiedades gráficas del texto no se verbalizan. Esto es porque la escritura no se elabora para tener modelos verbales sino para realizar una representación funcional, sin ambigüedades, ya que en ella se trata de reproducir lo que se dice y no los hechos. “Leer

no me enseña sobre el habla” (Olson 1994: 101 y 102). De este modo, podemos ver que la escritura es el resultado de un proceso histórico en el que se construyó un sistema de representación y no uno de codificación del habla (Ferreiro 2001). En realidad, cuando estamos leyendo un enunciado podemos saber lo que dice, hasta usamos la palabra “literal” para aclarar la naturaleza de este hecho, pero al escuchar un enunciado sabemos lo que dice y cómo tiene que interpretarse. De manera que, para los sistemas de escritura, literalidad e interpretación, han tenido que irse desarrollando históricamente. Con esto, lo que estamos tratando de decir es que los sistemas de escritura son medios gráficos de comunicación y no porque se puedan leer en voz alta (verbalizar) son modelos del habla (Blanche-Benveniste 2005; Olson 1994).

Es importante comprender, entonces, que los sistemas de escritura son sistemas de representación (no de la oralidad) y que el niño en el proceso de aprendizaje de la lecto-escritura tendrá que aprender la forma y las reglas de tales sistemas. (Ferreiro 2001). En este sentido y para poder seguir algunas de las consideraciones de este trabajo, describo brevemente parte de este proceso.

En un principio el niño comienza a diferenciar entre elementos figurativos y no figurativos, esto es, un dibujo que representa algo y signos que puede, muy bien, de manera arbitraria representar eso mismo. Saben, por ejemplo, que el dibujo de un oso representa un oso y que los arcos amarillos de McDonalds están en lugar de tal restaurante o cadena de restaurantes. Una vez superada esta etapa los niños generan hipótesis muy elaboradas sobre la diferenciación de las escrituras. Según Ferreiro (2011), los primeros criterios de diferenciación son *intra-relacionales* y refieren a las propiedades que un niño cree que un texto debe tener para poder ser significativo. Tales criterios tienen manifestaciones cuantitativas y cualitativas. La primera puede ser, por ejemplo, la cantidad mínima de letras que la escritura, cuando menos de una “palabra”, debe tener para que diga algo. Y, la segunda, sería la variación interna necesaria para que un serie de marcas gráficas sea interpretable (las grafías no se pueden repetir). Luego, aunque las condiciones *intra-relacionales* se mantienen, el niño busca que las varias escrituras se diferencien (entre palabras, por ejemplo). Las variaciones también se dan sobre el eje cuantitativo, empleando más o menos grafías para escribir dos palabras distintas; y sobre el eje cualitativo, utilizando grafías distintas u órdenes diferentes de

ellas para escribir diversas palabras. Así, en este estadio se coordinan ambos modos de diferenciación (Ferreiro 2001).

Vale la pena destacar que hasta este punto la escritura infantil no se regula por diferencias o semejanzas sonoras (cf. Ferreiro 2001).

En el siguiente periodo, el niño empieza a descubrir que las “letras” pueden coincidir con otras partes de la expresión escrita: las sílabas. De modo que, las grafías representarían sílabas. En este punto los infantes ya están poniendo atención a las variaciones sonoras, pero esto les causa problemas porque habrá que replantear las hipótesis cuantitativas y cualitativas de los periodos anteriores y establecer, por un lado, cuándo se enfrentan a palabras monosilábicas y, por el otro, cuándo las escrituras adultas resultan tener más grafías que las sílabas que ellos han representado con una sola. Finalmente, el niño descubre que la sílaba no es la unidad representada por la “letra” y que es, también, separable. Y, además, en este periodo el niño se enfrentará a la realidad de que la letra no garantiza un sonido dado, esto es, a la convención ortográfica. Pero, ya es en este momento en el que la escritura del niño se considera alfabética (Sinclair 1992; Ferreiro 2001).

Una vez que el niño ha conseguido ser alfabético y siguiendo la tipología de Wolf (2008), estarían el lector novel (el niño alfabético entra, más o menos, en este tipo), el lector descifrador, el lector fluido y lector experto. Una vez que el niño pasa de ser novel, se convierte en descifrador. Etapa en la que ya se pregunta sobre qué hay en una palabra, usando todo el conocimiento que tiene sobre ella (las grafías y sus combinaciones, su significado, su función gramatical y su estructura morfológica) con rapidez suficiente para pensar y comprender). El lector experto, finalmente, realiza deducciones sobre lo que puede significar el texto mientras lee e integra tales deducciones en el resto de su conocimiento. Es el lector que “sabe cómo activar el conocimiento previo, antes, durante y después de leer, para decidir lo que importa de un texto, sintetizar la información, sacar conclusiones durante y después de la lectura, hacer preguntas, autocontrolarse y corregir la mala interpretación [...] el que utiliza la lectura para vivir.” (Wolf 2008:166 y 167).

Ahora bien, respecto de las áreas del cerebro que participan de la lecto-escritura, se pueden mencionar, en principio, tres regiones utilizadas por todo sistema de escritura: 1) el área temporoccipita (que incluye el locus hipotético del “reciclado neuronal” para

la lectura y la escritura) que es el área visual que se especializa para la lectura; 2) la región frontal que rodea el área de Broca, especializada en los fonemas y el significado de las palabras y 3) la región multifuncional que abarca el lóbulo temporal superior y los lóbulos parietales adyacentes inferiores. Todo el procesamiento, sobre todo, de sistemas alfabéticos y silábicos involucra algunas áreas más (regiones del tálamo y del cerebelo) (cf. Wolf 2008).

En el cerebro de un lector novel, la activación bihemisférica es mayor que en los adultos y mientras los procesos básicos de desciframiento se van especializando se involucra más el hemisferio izquierdo y, al leer, se utiliza la ruta ventral y no, ya, la dorsal. En la especialización neuronal del desciframiento se gana una activación bilateral particular para los procesos de comprensión semántica con una mayor capacidad para entender la ironía, la voz, la metáfora y puntos de vista. Sin embargo, hay que tomar en cuenta las tres tareas del cerebro lector, que son: el reconocimiento de las estructuras, la planificación de la estrategia y los sentimientos; y para la última los lectores activan, crecientemente, el sistema límbico, el cual nos permite priorizar y valorar lo que leemos (Wolf 2008; Price y McCrory 2005).

Regresemos, ahora, al hecho de que la enseñanza de la lecto-escritura depende de un proceso de transmisión cultural estructurado, y por ser un producto relativamente nuevo en la historia de nuestra especie, se encuentra también institucionalizado, esto es, depende, en gran medida, de la instrucción escolar. Sin embargo, las lenguas naturales también son productos culturales y también dependen de un proceso de transmisión cultural estructurado y su institución es, por decir lo menos, la familia. En este sentido, las prácticas culturales vinculadas a la adquisición del lenguaje oral han sido poco estudiadas, pero si se las observa con atención se encuentran altamente sistematizadas. Los adultos no hablan con los niños igual que lo hacen con sus coetáneos. En culturas como la nuestra, las madres adoptan formas distintas de hablar, por ejemplo, los contornos entonacionales se enfatizan de maneras específicas cuando se dirigen a los infantes y, entre otras cosas, es dentro de tales contornos donde los niños comienzan a identificar patrones lingüísticos y, por su parte, el discurso en ambientes comunicativos en los que hay niños no se desarrolla de la misma forma en la que se desarrolla el discurso adulto (Vihman y Croft 2007). Esto, por pensar en algunas prácticas. Con lo anterior, invito a no minimizar la importancia de tales prácticas como parte de la

adquisición oral, para plantear un punto de comparación válido para comprender el proceso de aprendizaje de la lecto-escritura como herramienta descriptiva para reflexionar un innatismo que parece tan incuestionable. A esta reflexión sumo también el período en el que ambos procesos se completan de maneras, más o menos, satisfactorias en la vida de un niño. En ambos casos el proceso toma, aproximadamente, cinco años y, finalmente, habrá que considerar que los dos procesos dependen de estructuras neurales que durante su desarrollo se especializan y, en caso, de algún accidente neuronal o de algún otro factor pueden presentarse disociaciones claras. Así, la lecto-escritura, también se modulariza, también tiene efectos cuantitativos y cualitativos en la estructura cerebral, y tales efectos dependen claramente de la experiencia y, como módulo, no estaría genéticamente predeterminado. Siguiendo a Margus Petersson y Reis (2006), podríamos decir que la lectura es una habilidad cognitiva apoyada en estructuras neuronales que sirven para ciertas funciones y que ahora, con instrucción, pueden desarrollarse para cumplir otra. Algo que suele decirse para dar cuenta de la historia evolutiva del lenguaje oral (cf. Jackendoff y Pinker 2005; Bickerton 2003; Lightfoot 1999). En realidad, parecería que nuestra capacidad lingüística se basa en capacidades cognitivas más generales y que el contacto con las lenguas es el que permite que estas capacidades se desarrollen. En suma, la lecto-escritura presenta, tal como la oralidad, modularidad de procesamiento, una vez aprendida, ocurre rápida y eficientemente y no parece ser penetrable por factores contextuales ni por estrategias conscientes. La escritura es un sistema gráfico de comunicación, y el lenguaje es un sistema oral, pero también de representación y de comunicación. Con esto en mente, quizás, valga la pena, entonces, replantear el innatismo tan fuertemente aceptado para explicar las capacidades lingüísticas de nuestra especie y tratar de buscar, mejor, las respuestas en aquellas capacidades cognitivas más generales que permiten que cualquier objeto cultural, lo suficientemente automatizado, se modularice y adquiera las características que adquiere.

## REFERENCIAS

Ambridge, Ben y Elena V. M. Lieven. 2011. *Child Language Acquisition: Contrasting Theoretical Approaches*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Bickerton, D. 2003. Symbol and structure: a comprehensive framework for language evolution, en *Language Evolution*, M.H. Christiansen y S. Kirby (eds.). Oxford University Press. pp. 77-93.
- Blanche-Benveniste, Claire. 2005. *Estudios lingüísticos sobre la relación entre oralidad y escritura*. Sevilla: Gedisa.
- Ferreiro, Emilia. 2001. *Alfabetización. Teoría y práctica*. México, D.F.: Siglo XXI Editores.
- Fodor, J. A. 1983. *The modularity of mind. An essay on faculty psychology*, Cambridge, MIT Press.
- Jackendoff, R. y Pinker, S. 2005. The nature of the language faculty and its implications for evolution of language (Reply to Fitch, Hauser, & Chomsky), en *Cognition*, 97(2), pp. 211-225.
- Lightfoot, David 1999. *The Development of Language. Acquisition, Change, and Evolution*, Massachusetts/Oxford: Blackwell Publishing Inc
- Margus Petersson, Karl y Alexandra Reis. 2006. Characteristics of Illiterate and Literate Cognitive Processing, en *Lifespan Developmente and the Brain. The Perspective of Biocultural Co-Constructivism*, Baltes, Paul B., Patricia A. Reuter-Lorenz y Frank Rösler Sinclair, Hermine (eds.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Mithen, Steven. 1996. *The Prehistory of the Mind. The Cognitive Origins of Art and Science*, Thomas & Hudson Ltd., Londres.
- Olson, David T. 1998. *El mundo sobre el papel*. Barcelona: Gedisa.
- Pinker, Steven. [2000 (1994)]. *The Language Instinct*, Nueva York: Harper Collins Publishers.
- Price, Cathy J. y Eamon Mcorory. 2005. Functional Brain Imaging Studies of Skilled Reading and Developmental Dyslexia, en *The Science of Reading. A Handbook*. Snowling, Margaret J. Y Charles Hulme. Oxford: Blackwell Publishing.
- Sinclair, Hermine.1992. El desarrollo de la escritura avances, problemas y perspectivas, en *Nuevas Perspectivas sobre el proceso de lectura y escritura*, Emilia Ferreiro y Margarita Gómez Palacio, México, D.F.: Siglo XXI, Editores.
- Vihman, Marilyn M., Satsuki Nakai, Rory A. DePaolis y Pierre Halle. 2003. The role of accentual pattern in early lexical representation, en *Journal of Memory and Language*, 50, pp. 336-353.

Vihman, Marilyn y Willam Crofto. 2007. Phonological developmente: Howard a “radical “ templatic phonology, en *Linguistics*, 45-4, pp. 683-725.

Wolf, Maryanne. 2008. *Cómo aprendemos a leer. Historia y ciencia del cerebro y la lectura*. Barcelona: Ediciones B.

# COOPERACIÓN Y COMPETENCIA: REQUISITOS PARA UNA ESTRATEGIA COMUNICATIVA EVOLUTIVAMENTE ESTABLE. UN ENFOQUE BIO- ANTROPOLÓGICO

BERNARDO YÁÑEZ

[barnavi@gmail.com](mailto:barnavi@gmail.com)

MERCEDES TAPIA BERRÓN

[m\\_tapbe@yahoo.com.mx](mailto:m_tapbe@yahoo.com.mx)

*Centro de Estudios Filosóficos, Políticos y Sociales Vicente Lombardo Toledano,  
México, D.F. (México)*

LA INTERACCIÓN HUMANA ESTÁ MEDIADA por una serie de habilidades cognitivas y disposiciones conductuales que, en conjunto, posibilitan la comunicación, especialmente cara a cara. Nuestro sistema de comunicación depende de una serie de aspectos o modalidades que la vuelven particularmente compleja, por ejemplo: la morfología del rostro y principalmente de los ojos, la gestualidad, la oralidad, los procesos de interacción, la sistematización de prácticas (culturales), la imitación, las intenciones, la atención conjunta, la teoría de la mente, entre otras.

Explicar cada una de estas modalidades y, eventualmente, cómo es que se entrelazan para facilitar la comunicación en nuestra especie es el objetivo de numerosos estudios en distintos campos. Una descripción adecuada del estado actual de éstas y su apropiada integración es también el propósito de la investigación en el campo evolutivo. Esto es, poder reconocer cómo la interacción humana ha llegado a tener la forma que tiene y cómo ésta puede explicarse como producto de la evolución. En este sentido, resultan relevantes una serie de investigaciones dirigidas por Michael Tomasello. Refiriéndonos específicamente a algunas de las modalidades citadas arriba, en el 2007,

este autor proporciona una explicación sobre la relevancia o, más bien, la dependencia de la cabeza y del seguimiento de la mirada<sup>2</sup> para la comunicación humana. En su trabajo se describen, en primera instancia, aspectos relacionados con la morfología del ojo humano y la importancia que la esclera (la parte blanca del ojo) juega, sobre todo, en la posibilidad de utilizar la dirección de la mirada como una señal para un conespecífico. De modo que, el lugar al que la mirada se dirige es también un objetivo y éste puede compartirse con otro miembro del grupo para alcanzar una meta de manera conjunta. La hipótesis que plantea Tomasello (2007) es que la morfología ocular de los humanos evolucionó como una forma de “señalización” en acciones donde es necesaria la atención conjunta, tal como requeriría cualquier acto comunicativo. Asimismo, asume que este comportamiento surge primordialmente en contextos cooperativos, donde los individuos de un grupo colaboran para la consecución de sus metas.

Habiendo expuesto lo anterior, queremos replantear la parte cooperativa de la hipótesis de Tomasello aludiendo a tres factores principales: *i*) al tipo de “narrativas”, en los términos de Krebs y Dawkins (1984), que pueden darse en lo tocante a la lectura de la mente, tanto para la cooperación como para la competencia, esto es, las intenciones que los actores verdaderamente tienen para interpelar y para dejarse interpelar; *ii*) el que se relaciona con las estrategias comunicativas que el propio Tomasello (2008) sitúa en la historia evolutiva, en términos de tipos de “oración” (imperativa, declarativa e interrogativa), donde confiere sólo algunas a los primates no humanos; y, *iii*) buscaremos exponer cuáles fueron los contextos en los que la comunicación “asimétrica” resulta una estrategia viable y poco costosa para que pueda ser considerada como una estrategia comunicativa estable.

Consideramos importante caracterizar la problemática anterior desde la perspectiva de la co-evolución de rasgos particulares (Krebs y Dawkins 1984): la competencia y la cooperación. En nuestra opinión, estos dos elementos constituyen una parte fundamental del comportamiento primate, en general, y humano, en particular. Sin embargo, diferimos en la forma en la que clásicamente han sido trabajados tales comportamientos. Consideramos, claramente, que hay disimilitud en ellos, pero pensamos que las diferencias dependen del contexto en el que se realizan y no de una interdependencia. Es decir, no creemos que la cooperación sea el mero resultado de la

---

<sup>2</sup> El seguimiento de la mirada ocurre si un individuo percibe la mirada de otro y, como resultado de esto, hace contacto con el objeto o evento al que está atendiendo el otro (Zuberbühler, 2008).

inhibición de la competencia; o que la competencia sea el subproducto de una ausencia de cooperación. Y tampoco consideramos que la competencia se vea más o menos beneficiada, como comportamiento estratégico, por factores vinculados con las relaciones intergrupales a las que se enfrentan los primates, esto es, la competencia es un comportamiento que tiene, también, asiento claro en la relación intergrupales primates (Stuart *et al.* 2011). Así, mientras unos consideran lo dicho, nosotros pensamos que tanto la competencia como la cooperación son elementos fundamentales de la organización social de las sociedades primates. La diferencia –frente a algunas interpretaciones– es que para nosotros la competencia y la cooperación son comportamientos que constituyen una relación de oposición complementaria. De tal forma que, el uno y el otro se asocian entre sí interaccionalmente en contextos sociales determinados. No pensamos, pues, que la cooperación es una función de la inhibición de la competencia y viceversa (Dos Santos *et al.* 2012; Noble 2000). Creemos, más bien, que están implicados en la propia conformación social, y que la realización de uno o del otro depende de la forma en la que el individuo, como agente, integra el contexto del acto comunicativo al realizar una “señal” dada.

Para apuntalar lo anterior señalaremos, primero, la propuesta de Kobayashi y Koshima (2001), quienes alegan que la morfología de la esclera humana permite considerar el seguimiento de la mirada como una señal para el otro. Propuesta que nos ayuda a dar forma a lo que Krebs y Dawkins (1984) sugirieron cuando decían que algunos órganos o características morfológicas son el resultado de la selección de atributos que tienen la función de señalar o transmitir información específica. Así, la “lectura de la mente” y la “manipulación” evolucionaron en diversas especies como comportamientos constitutivos de la comunicación y suponen una interacción mutua, lo cual apoya nuestra idea de que el movimiento de una extremidad, la contracción de los músculos faciales, y, ¿por qué no?, la función de la mirada como señal puedan ser tratados como un “mensaje” capaz de modificar el comportamiento de otro individuo, y que la capacidad de interpretarlas es una habilidad desarrollada antiguamente en diversas especies animales. En otras palabras, las señales conspicuas y ritualizadas son el producto de una carrera coevolutiva entre los roles alternativos del manipulador, que “muestra” una señal,<sup>3</sup> y del lector de mentes, que “lee” dicha señal (Krebs y Dawkins

---

<sup>3</sup> En este caso, el seguimiento de la mirada facilitado por la morfología de la esclera.

1984), en contextos cooperativos o competitivos. Una interpretación de lo anterior alega que los ojos y la zona del rostro que los rodea son una fuente de información adecuada para “leer” las emociones de los demás (Emry 2000); al menos en los humanos donde las interacciones cara a cara son características de las relaciones sociales; y, por ende, de la comunicación.

En términos generales, compartimos con Tomasello la opinión sobre el hecho claramente beneficioso que pudo haber tenido esta posibilidad de señalar a través de la mirada sin tener que emitir un sonido o realizar un movimiento que pudiera haber puesto en riesgo al señalizador o requiriera un mayor consumo de energía. Sin embargo, creemos que la formulación de la hipótesis desde una perspectiva cooperativa puede replantearse.

Pensamos que la señalización, en estos términos, es indispensable para atraer la atención de un conespecífico sobre un mismo objetivo. Pero conseguir una atención conjunta no significa, necesariamente, un mismo objetivo ni una misma meta. De manera descriptiva diferenciamos objetivo de meta; la meta implica una acción, conjunta o no, mientras que el objetivo es simplemente un propósito donde la intención para conseguirlo puede variar para los individuos involucrados. Esto es, los beneficios pueden ser verdaderamente mutualísticos y, en algún modo, altruistas o no. De forma tal que, estarían involucradas tanto la cooperación como la competencia.

Para apoyar nuestra postura, primero, señalaremos que los vocablos cooperar y competir, pueden descomponerse morfológicamente en *co-operar* y *com-petir* (“-petir” de *petere* del latín “pedir”). Así, el prefijo *co-* nos refiere a la calidad asociativa de ambos términos. De manera que el vínculo, al menos entre dos individuos, está presente en la interacción. No obstante, operar y pedir no son acciones equivalentes. La primera es un hacer, para el cual el involucramiento de dos individuos puede ser posible; y la segunda es una requisición, acto que puede llevarse a cabo, en términos reales, sólo por parte de uno de los individuos implicados en la interacción.<sup>4</sup> Así, la operación puede ser participativa, mientras que la petición sólo puede ser directiva, aunque ambas incluyan necesariamente a, al menos, dos individuos como parte del acto comunicativo. En segundo término, consideramos como clave la noción de “acción”, ya que ésta, en las Ciencias Sociales, va más allá de un mero comportamiento que involucra el

---

<sup>4</sup> Esto es, sólo uno de los extremos del circuito comunicativo puede llevar a cabo tal acto, porque la petición se hace desde un *yo* (o un *nosotros*) a un *tú* (o a un *ustedes*).

procesamiento de información. La acción está basada en la construcción del significado porque tiene sentido en relación con otros. Es del sujeto, pero, a la vez, es intersubjetiva porque coloca a al sujeto como agente. Así la “acción social” está orientada hacia los demás y esa orientación se constituye en su propia motivación (cf. Bruner 1998; Recoeur 1995; Weber 1978). Teniendo esto en mente, pensamos que no todo en la vida de los seres vivos –sobre todo las especies sociales– se reduce a la capacidad de acceder a los recursos alimenticios o al sexo opuesto. Por ello, consideramos que la distinción entre la cooperación y la competencia es importante para comprender la estabilización de estrategias comunicativas, donde lo comunicativo se observa, en algún sentido, como interpretación de contextos donde los individuos, en sí mismos, son también clave para el intercambio. Justamente en este punto es donde Tomasello no considera la importancia de los contextos competitivos como una presión de selección que da lugar a la aparición o al mantenimiento de ciertos rasgos que cumplen la función de señalar. Un análisis aún más detallado alegaría que, en el caso humano, la mirada como señal puede utilizarse para desviar la atención de alguien; es decir, al mismo tiempo que podemos dirigir la atención de alguien hacia un objetivo particular podemos utilizar nuestra mirada para evitar que alguien atienda hacia un punto concreto. Si bien no puede alegarse un aspecto competitivo en la segunda opción, tampoco es posible establecer un contexto cooperativo para la misma.

Con lo expuesto hasta aquí, podemos decir que el comportamiento cooperativo es importante para que una estrategia comunicativa se vuelva estable, evolutivamente hablando, pero el comportamiento competitivo resulta tan complejo como el primero. En los seres humanos, la información ya conocida sobre el contexto se integra con la información nueva para derivar una nueva, volviendo a ese acto, un acto de comunicación único y coherente. Es cuestión, entonces, de hacer que la información que ha de emitirse sea relevante (Sperber y Wilson 1986).

Ahora, traer el contexto al acto comunicativo para lograr una meta o un objetivo no es suficiente para sistematizar el acto y la información misma. En este sentido, pensamos que es, más bien, lo que motiva la orientación de la comunicación lo que permite tal sistematización y, en última instancia, su estabilidad como estrategia de vínculo. Tal motivación se relaciona con la estructura que ordena a las sociedades primates. Se trata de ¿qué le digo a quién? o de ¿cuál es el miembro o los miembros de

ese grupo qué deben conocer cierta información y en qué momento? (Dessalles 2000; Noble, 2000). Hay una motivación que hace que uno de los rasgos más importantes para la señalización esté en la propia organización del grupo y del sujeto como parte de él, atribuyéndole valor a la información y a los interlocutores potenciales. De este modo, la narrativa, en términos de lectura de la mente incluye algo más que la interpretación de la intención. Involucra, intragrupalmente, dónde, en ese todo orgánico, se encuentra el señalizador y dónde el interpelado. En los primates no humanos, tal señalización se da porque hay una intención comunicativa y porque se comprenden percepciones y metas. Sin embargo, la información que se transmite no puede darse más que en términos de petición y, como dijimos arriba, por sólo uno de los miembros de la interacción, por lo que este acto de “pedir” parece ser más destacado que el de “operar”, porque aun los miembros altos en la jerarquía de una sociedad primate distinguen miembros a los que se les puede o no requerir algo. Así, la cooperación es sólo una cara de la moneda y su contraparte, la competencia, parece tener una influencia tanto o más destacada que la de la primera, porque la motivación para la interacción se encuentra, en buena medida, en esos factores extracomunicativos de la organización social y de la jerarquía, en los que la información pertinente se sistematiza en términos ritualísticos para, en todo caso, generar contextos cooperativos.

## REFERENCIAS

- Bruner, Jerome. (1991). *Actos de significado. Más allá e la revolución cognitiva*. Madrid: Alianza Editorial
- Do Santos, Miguel, Joao F. Matias Rodriguez, Claus Wedekind y Daniel J. Rankin. (2012). “The establishment of communication Systems depends on the scale of competition”, en *Evolution and Human Behavior*, 33, 232-240.
- Dessalles, J-L. (2000). “Language and hominid politics”, en *The Evolutionary Emergence of Language: Social Function and the Origins of Linguistic Form*. Chris Knight, James R. Hurford y Michael Studdert-Kennedy (eds.), Cambridge: Cambridge University Press, pp. 62-80.

- Emery, N. (2000). "The eyes have it: the neuroethology, function and evolution of social gaze". *Neuroscience and behavioral reviews*, 24, pp. 581-604.
- Krebs, J.R.; Dawkins, R. (1984). "Animal signals: mind-reading and manipulation". In Krebs, J. R. and Davies, N.B.. *Behavioural Ecology: An Evolutionary Approach*. Oxford: Blackwell Scientific Publications. pp. 380–402.
- Kobayashi, H. y Koshima, S. (2001). "Unique morphology of the human eye and its adaptive meaning: comparative studies on external morphology of the primate eye". *Journal of Human Evolution*, 40, pp. 419-435.
- Noble, J. (2000). "Co-operation, competition and the evolution of pre-linguistic communication", *The Evolutionary Emergence of Language: Social Function and the Origins of Linguistic Form*. Chris Knight, James R. Hurford y Michael Studdert-Kennedy (eds.), Cambridge: Cambridge University Press. pp. 40-61.
- Ricoeur, P. (2008). *Ideología y utopía*. Barcelona: Gedisa.
- Sperber, D. y D. Wilson. (1995). *Relevance. Communication and Cognition*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Tomasello, M., B. Hare, H. Lehman y J. Call. (2007). "Reliance on head versus eyes in the gaze following of great apes and human infants: the cooperative eye hypothesis", en *Journal of Human Evolution*, 52 (2007), pp. 314-320.
- Tomasello, M. (2008). *The Origins of Human Communication*. Massachusetts: The MIT Press.
- West, S.A., C. El Mouden y A. Gardner. (2011). "Sixteen common misconceptions about the evolution of cooperation in humans", en *Evolution and Human Behavior*, 32, pp. 232-262.
- Weber, M. (1978 [1968]). *Economy and Society*. Berkeley: University of California Press.
- Zuberbühler, K. (2008) Gaze following. *Current Biology* 18: 453–455

**Sección E**

**Historia de la biología**

# EL RETORNO DE LA MORFOLOGÍA

VIOLETA ARÉCHIGA

*Universidad Autónoma Metropolitana – Cuajimalpa, División de Ciencias Sociales y Humanidades, Departamento de Humanidades (México)*

[violetare@gmail.com](mailto:violetare@gmail.com)

## 1. Introducción

LA TRADICIÓN MORFOLÓGICA DEL SIGLO XIX, que quedó relegada a mediados del siglo pasado a la periferia ideológica en el marco de la Síntesis Moderna, es ahora parte del instrumental retórico de la Evo-Devo. En efecto, de acuerdo con algunos de los críticos de la Síntesis Moderna, entre los 1930s y los 1940s la biología se volvió más darwiniana de lo que había sido en el siglo XIX. En este proceso, por un lado la noción de selección natural fue dominando cada vez más el pensamiento biológico, mientras que por otro la tradición morfológica, embriológica y estructuralista de la biología del siglo XIX fue hecha a un lado. Esta tradición, sin embarco, había sido una de las corrientes principales de la investigación biológica en el siglo XIX. En un metanivel, la historiografía convencional de la Síntesis Moderna ha realizado esta exclusión de dos formas: o bien sencillamente negándose a reconocer la existencia y la importancia de la tradición morfológica o bien asimilándola a la Teología natural.

Pero junto con las críticas a la Síntesis Moderna la tradición morfológica ha empezado a hacerse visible otra vez. Esto implica, en el nivel historiográfico, una revaloración de la morfología en la que esta deja de ser vista como una variante creacionista. Este movimiento puede considerarse como parte del instrumental retórico del que la biología evolucionista del desarrollo hace acopio en su búsqueda de consensos al interior de la comunidad científica. En particular, Evo-Devo, como parte de su batalla en contra de (al menos algunas de las estrecheces de) la Síntesis Moderna, se apoya en una historiografía mediante la cual se elabora una alianza de doble profundidad: en primer lugar, recluta retóricamente a la tradición morfológica del siglo

XIX al concederle un espacio que le había sido negado por la historiografía de la Síntesis Moderna y la revalora como un paso en dirección al evolucionismo; pero en segundo lugar, y de manera notable, recluta a Darwin mismo: lo “morfologiza” mostrando cómo este autor hizo uso de los resultados de la tradición morfológica para proporcionar apoyo a su teoría del descenso con modificación.

La intención de este trabajo es abordar solamente un aspecto de esta compleja historia de la morfología alemana; el de su concepción de la naturaleza. Con este fin, revisaré primero brevemente la manera en que se le ha asociado con la teología natural británica, para a continuación intentar señalar una diferencia fundamental entre ambas a nivel ontológico: su manera de comprender la actividad de la naturaleza.

## **2. La visión de la historiografía tradicional**

Sin duda alguna una de las características que define a la morfología alemana de la primera mitad del siglo XIX es el hecho de que se trata de una visión centrada en la noción de desarrollo. En este sentido, se trata de una concepción que toma la vida, y la vida humana en particular, como modelo para comprender la especificidad de la naturaleza viviente. La atención que esta escuela le otorgó al crecimiento del embrión humano era parte, como sabemos, de la reacción en contra de algunas de las implicaciones que tenía el mecanicismo en el terreno de lo orgánico. Ya desde el siglo anterior autores como Wolff y Blumenbach se habían interesado en una concepción de la causalidad propiamente orgánica que evitara un reduccionismo extremo, lo que los había llevado a subrayar como fenómenos centrales en el conocimiento de los seres vivos la ontogénesis, el crecimiento y la reproducción.

Es justamente en vinculación con esta característica que historiadores de la biología como Peter Bowler han asimilado la morfología alemana a la teología natural británica incluyendo a ambas dentro del marco del pensamiento tradicional al que el pensamiento darwiniano se oponía. La razón es la siguiente: el crecimiento de un ser vivo se concibe como un proceso de carácter ordenado, con arreglo a fines y usualmente progresivo. Estas características serían leídas luego en la historia de la vida tal y como aparece en el registro fósil, de modo tal que se establecería un paralelismo entre esa historia y el crecimiento del embrión humano y se vería la historia de la vida como el despliegue de un plan significativo para alcanzar la meta predeterminada de la creación.

En otras palabras, lo que la morfología alemana y la teología natural británica tendrían en común sería una concepción teleológica de los fenómenos propios de la vida. Así, sostiene Bowler, la analogía con el crecimiento le da sostén a la idea de que la historia de la vida debe ser ordenada y con arreglo a fines y de que, por tanto, esa historia debe constituir el despliegue de un patrón determinado de antemano. Éstas, añade, son exactamente las mismas características que posee una visión creacionista.

Ya se crea que el patrón se despliega de acuerdo a un plan divino, o como resultado de las potencialidades incorporadas en el carácter fundamental de la naturaleza, el objetivo sigue siendo asegurar que el desarrollo es teleológico en el sentido de que está dirigido hacia una meta particular (Bowler, 1988: 51).

Mayr, por su parte, aunque realiza un análisis de la morfología alemana distinto al de Bowler, parece coincidir con este punto de vista. En su texto de 1982, Mayr vincula esa escuela de pensamiento al romanticismo prevaleciente en Alemania a finales del siglo XVIII y principios del XIX. El romanticismo, dice, se caracterizaba por un optimismo que lo conducía a ver un impulso hacia niveles mayores de perfección por doquier. Por otro lado, en su reacción en contra del mecanicismo, habría elaborado una nueva visión de la naturaleza que, entre otras cosas, subrayaba el desarrollo y, usualmente, “un componente finalista” (Mayr, 1982: 387). También menciona que los representantes de la *Naturphilosophie* entendían por desarrollo “el despliegue de una potencialidad pre-existente” (*ibid*: 389). Y si bien Mayr no pone demasiado énfasis en el componente teleológico, señala que los autores de la morfología alemana podrían situarse cómodamente en el género de Chambers y sus *Vestigios de la creación* —obra que frecuentemente también suele definirse por su filosofía teleológica del desarrollo.

### **3. Las raíces de la morfología alemana**

Sin embargo, es posible situar a la morfología alemana del siglo XIX en un marco bastante diferente. En realidad, me parece, sus raíces provienen de una visión muy distinta a la de la teología natural británica; provienen de una concepción, representada por Buffon en el siglo XVIII, que posee fuertes afinidades con la visión renacentista de la naturaleza y que presenta a ésta como un ente viviente, autónomo, con fuerzas inmanentes. Y es que en ese siglo, como resultado de la mencionada reacción en contra de la filosofía mecanicista, se recuperaron ideas del Renacimiento de acuerdo

con las cuales la naturaleza era una agencia sustantiva, intermediaria entre Dios y sus criaturas; una agencia creativa y dinámica.

Es en este contexto que podemos comprender la convicción renacentista de que todo cuanto existe está conectado entre sí. Desde este punto de vista, la naturaleza conformaba una unidad en la que el hombre, o microcosmos, reflejaba todos los aspectos del gran mundo a su alrededor o macrocosmos. Esta creencia animaba a su vez a la búsqueda de analogías o correspondencias entre lo terreno y lo celeste y la incitación a observar nuevamente la naturaleza desde este enfoque. Dado que se partía del supuesto de que el universo estaba animado por fuerzas, la nueva investigación quedó asociada a la magia natural, pero la magia no era en este caso sino la manipulación y dirección de las fuerzas inherentes a la naturaleza.

La visión de la naturaleza como potencia autónoma, creadora, continuamente en acción a través de fuerzas que le son propias, fue retomada en el siglo XVIII como parte de la transformación que la historia natural sufrió en esa época. Durante la segunda mitad de ese siglo, se recuperaron y reformularon variantes de las tradiciones renacentistas a fin de intentar superar las limitaciones que la filosofía mecanicista imponía, especialmente en el marco de las ciencias de la vida. En un vericuetto particularmente interesante al interior de esta historia, Newton –que había defendido con fervor la idea de que la fuerza de gravedad no era inmanente a la materia– terminó siendo el emblema de esfuerzos que usaron sus conceptos de fuerzas atractivas y repulsivas entre partículas para dotar de dinamismo a la materia y a su concepción de la naturaleza.

Así, en 1764 Buffon afirma que si la naturaleza *fuera* un ser tal ser *sería* Dios: “se le puede considerar como una potencia viva, inmensa, que lo abarca todo, que lo anima todo” (Buffon 1954: 31). Se trata para él de una agencia sustantiva, que asimismo se halla animada por fuerzas inmanentes continuamente activas:

La Naturaleza es ella misma una obra perpetuamente viviente, una obrera activa sin cesar, que sabe emplearlo todo, que trabajando a partir de sí misma, siempre sobre las mismas bases, lejos de agotarlas las hace inexhaustibles; el tiempo, el espacio y la materia son sus medios, el Universo su objeto, el movimiento y la vida su meta (Buffon 1954: 31).

Los mecanismos que esta naturaleza autónoma emplea, subraya Buffon, son fuerzas vivas, fuerzas que se equilibran y oponen entre sí sin extinguirse. La naturaleza es para Buffon diversidad: generaciones que se suceden una tras otra, inmensa profusión de gérmenes, destrucción y renovación continuos. Pero es también unidad, una maquinaria “fija en su conjunto y móvil en cada una de sus partes” (Buffon 1954: 36), como las especies y su generación a partir de moldes internos atestiguan. En resumen, con Buffon estamos ante una naturaleza que, en un sentido importante, puede considerarse viva, animada por fuerzas que si bien no se conceptúan como simpatías o correspondencias sino como atracción, repulsión y afinidades, del mismo modo que en la visión renacentista son inmanentes y la dotan de dinamismo.

Pues bien, es justamente esta concepción de la naturaleza la que se halla en el núcleo de la morfología alemana, a la que llegó a través de Kant y Goethe. Y el lenguaje de fuerzas propiamente orgánicas no es menos evidente en Goethe que en Blumenbach, bien conocido por su postulación de una fuerza formativa de los seres vivos. En su trabajo de 1790 sobre la metamorfosis de las plantas Goethe nos habla de las leyes que regulan ese proceso como leyes mediante las cuales la naturaleza es capaz de producir una variedad de formas, formar las flores, unir y separar partes, etc. La naturaleza, dice, “atraviesa diferentes fases en la formación de géneros, especies y variedades, así como en el crecimiento de cada planta individual (Goethe 2009: 92). Asimismo, fue en ese texto que Goethe introdujo la idea de “morfotipo” y, de acuerdo con Lenoir (1987), justamente un morfotipo es una ley que guía y delimita (muy a la manera del molde interno de Buffon) el *Bildungstrieb*, esto es, las fuerzas orgánicas que originan la nutrición, el crecimiento y la reproducción. En otras palabras, para Goethe los morfotipos presentaban los *Bauprincipien* en términos de los cuales operaban las fuerzas propias del mundo orgánico.

Esta concepción de la naturaleza como poseedora de fuerzas intrínsecas se encuentra en los autores que la historiografía tradicional ha considerado trascendentalistas, personajes como Kilmeyer y Meckel. Para el primero de ellos en el dominio de lo viviente la naturaleza misma despliega un proceso de autoanálisis, en el que la organización de los seres vivos va ocurriendo en el tiempo y el espacio bajo la forma de grupos de animales y funciones de órganos que se relacionan entre sí. Se trata de concepciones que permean hasta la filosofía clásica alemana, donde Schelling por

ejemplo habló de la génesis de la naturaleza en términos de la auto-construcción de ésta y de un “alma del mundo” que había sido un tema constante en la filosofía alquímica del Renacimiento. La naturaleza se presentaba así como un inmenso organismo autoproducido, que consistía en su propia historia concebida como devenir o proceso (Escarpa 2005).

En su texto de 1998 Amundson señaló la importancia que tiene el dejar de ver a los morfólogos alemanes en términos de la dicotomía establecida por la historiografía tradicional entre creacionistas y evolucionistas. En ese artículo, este autor señala que la teleología de estos autores, vinculada como estaba a las nociones de crecimiento y desarrollo, era una teleología inmanente que no se hallaba necesariamente en oposición con algún tipo de transformismo. Los anatomistas trascendentales, dice, veían a la naturaleza como capaz de auto-organización y no como producto deliberado de un diseñador sobrenatural. Desde mi punto de vista el carácter inmanente de la teleología de la morfología alemana apunta a una concepción de la naturaleza muy distinta de la de la teología natural británica. En ésta, muy a la manera de Newton, Dios es un diseñador que interviene activamente en su creación; una divinidad sin cuya presencia continua la naturaleza se derrumbaría. En contraste, la concepción que se halla tras las propuestas de la morfología alemana es la de una naturaleza activa por sí misma, cuyas leyes dictan el modo en que los seres vivos han de desarrollarse y reproducirse. Su Dios es en el mejor de los casos un Dios que una vez creado el mundo se echa a descansar; un Dios holgazán como decía Koyré. Que se trata de una concepción vinculada a nociones renacentistas se hace evidente cuando un autor como Oken afirma que los “animales son sólo las fases fetales o condiciones permanentes del Hombre”, que es el microcosmos que contiene en sí a todo el reino animal, esto es, el macrocosmos (ver Russell 1916, p. 90). Esta correspondencia entre macro y microcosmos había sido defendida por Paracelso mucho tiempo atrás.

Los morfólogos alemanes son herederos de una tradición de la Ilustración que consideraba que la materia viviente contenía en sí misma un principio inmanente de auto-movimiento y de auto-organización cuya fuente se encontraba en poderes que residían en la materia y no fuera de ella (ver Reill 2008). Si esto es cierto, entenderlos adecuadamente requiere de disociarlos de la teología natural británica tanto en el nivel

de su concepción de la posibilidad del cambio en las especies como en el nivel, más básico, de sus supuestos ontológicos fundamentales.

## REFERENCIAS

- Amundson, Ron (1998). Typology Reconsidered: Two Doctrines on the History of Evolutionary Biology, *Biology and Philosophy* 13.
- Bowler, Peter J. (1988), *The Non-Darwinian Revolution*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore & London.
- Buffon, (1954), *Œuvres Philosophiques de Buffon*, Jean Piveteau (ed.), PUF, Paris.
- Escarpa, Dolores (2005), La biología romántica de los *Naturphilosophen*, en González Recio J. L. (ed.), *El taller de las ideas. Diez lecciones de historia de la ciencia*, Plaza y Valdés, México.
- Goethe, Johann Wolfgang (2009), *The Metamorphosis of Plants*, The MIT Press, Cambridge & London.
- Lenoir, Timothy (1987), The Eternal Laws of Form: Morphotypes and the Conditions of Existence in Goethe's Biological Thought, en F. Amrine, F. J. Zucker and H. Wheller (eds.), *Goethe and the Sciences: a Re-appraisal*, Boston Studies in the Philosophy of Science, vol. 97.
- Mayr, Ernst (1982), *The Growth of Biological Thought*, Harvard University Press, Cambridge & London.
- Reill, Peter H. (2008), *Rethinking the Enlightenment*, Felix Meritis, Amsterdam.

# ¿HAY UN ÁMBITO PARA LA FILOSOFÍA DE LA NATURALEZA?

JOSÉ MARÍA ATENCIA PÁEZ

Departamento de Filosofía, Universidad de Málaga (España)

[jmatencia@uma.es](mailto:jmatencia@uma.es)

ESTA CUESTIÓN PUEDE ENTENDERSE EN TRES SENTIDOS:

a) Si existe un conjunto problemático, en relación con la naturaleza, no exactamente susceptible de planteamiento y solución científicos. Indudablemente sí existen dichos problemas y quizá ahora sean más acuciantes que nunca. Pero con ello no hemos dicho nada sobre la posibilidad efectiva de responderlos.

b) Si se está llevando a cabo, en sentido amplio, tal reflexión. La respuesta vuelve a ser afirmativa, y quizá ahora más y mejor que nunca. Pero bien podría ocurrir que lo que se hace en estos casos no sea filosofía ni lo sea de la naturaleza.

c) Si ese ámbito puede ser abordado por una filosofía de la naturaleza entendida como reflexión filosófica que tiene, por tanto, la obligación de mostrar:

- su posibilidad gnoseológica
- y su relevancia teórica.

Empezaré por esta tercera cuestión, para pasar después el ámbito propio de la Filosofía de la naturaleza y su relevancia teórica.

## **1. Posibilidad y legitimidad epistemológica**

i. La Filosofía de la Naturaleza podría constituirse en síntesis de los conocimientos aportados por las ciencias y como comprensión y exposición global de sus resultados. En este caso su papel sería de elevación a un plano general de conocimientos particulares, que le servirían de base de la que partir, aunque también de límite irrebasable: una reflexión que empezaría y terminaría en la ciencia.

ii. Puede, en cambio, afirmarse que la Filosofía de la Naturaleza constituye una clave de acceso a la realidad. Situados ante esta segunda posibilidad, querría recordar cuatro posturas:

a) Es la primera la de su negación, no planteada desde una postura escéptica, sino científica, que alcanza su formulación más conocida en el opúsculo *El Círculo de Viena. La concepción científica del mundo*, así como, para mi personal apreciación, en la obra de Hans Reichenbach, *La filosofía científica*.

La Filosofía de la Naturaleza había iniciado una evolución hacia la negación de sí misma en beneficio del conocimiento científico “positivo” y su conversión en una filosofía. El fisicalismo representa uno de los resultados finales de este proceso y su orientación filosófica le conducía precisamente a la negación de la filosofía. El lado polémico de esta corriente es indisociable de su costado constructivo. La descalificación de la filosofía sólo era posible desde una concepción del mundo, expresada en un monismo gnoseológico, para el que hay una sola ciencia, la física, a la que acabarán reduciéndose todas las demás, puesto que una es la realidad, la materia física, a la que todas las realidades, en apariencia heterogéneas, se reducen. He aquí una “concepción” “científica” del “mundo” que afirma la exclusividad de una forma de conocimiento correspondiente a una única clase de realidad (monismo ontológico). Una *ratio cognoscendi*, una *ratio realitatis*.

El cientifismo es una filosofía que no se deja deducir sin violencia de la propia ciencia; convierte la física en un modelo de racionalidad que posibilitaría un método unificado de la ciencia. El ideal de la unificación de la ciencia supone la posibilidad de construir un lenguaje en clave fisicalista. La suerte de la metafísica estaba echada. Sus proposiciones no tienen sentido porque violan las reglas que cualquier enunciado debería cumplir para ser significativo. Los problemas filosóficos, por tanto, son sólo pseudoproblemas. “Ahora aparece claramente la diferencia entre nuestros puntos de vista y los de los antimetafísicos precedentes; nosotros no consideramos a la metafísica como una simple quimera o un cuento de hadas. Las proposiciones de los cuentos de hadas no entran en conflicto con la lógica, sino sólo con la experiencia; tienen pleno sentido aunque sean falas. La metafísica no es tampoco una superstición; es perfectamente posible creer tanto en proposiciones verdaderas como en proposiciones falsas, pero no es posible creer en secuencias de palabras carentes de sentido. Las

proposiciones de la metafísica no resultan aceptables ni aun consideradas como hipótesis de trabajo, ya que para una hipótesis es esencial la relación de derivabilidad con proposiciones empíricas (verdaderas o falsas) y esto es lo que le falta a las pseudoproposiciones”. Por tanto, el sentido del análisis lógico es el de eliminar todas las pseudoproposiciones que se hayan ido produciendo en la metafísica.

El neopositivismo no sólo contiene una filosofía, sino que la es. Posee un lado “filosófico” cuya validez no es de suyo evidente, ni en su defensa del monismo epistemológico ni en su afirmación del monismo ontológico.

b) La concepción de Aristóteles la Física, alojada en el primer grado de abstracción, respondía a la cuestión de la realidad del ente móvil, objeto formal de una actividad intelectual de índole contemplativa, capaz de pensar el ser sublunar como tal. Su planteamiento reposa sobre la aprehensión de los principios constitutivos de la realidad y en concreto sobre el principio de identidad, norma formal del pensamiento y forma natural de lo real. El conocimiento a partir de principios se constituye sobre la aprehensión de lo real, y la comprensión del principio de identidad hace posible un pensamiento tan alejado del de los eléatas como a salvo de los relativistas. Una ciencia próxima a los sentidos, equidistante de la ciencia experimental y la metafísica especulativa, cuyo objeto es el Ser, *Primum cognitum* y *primun ontologicum*, ya no dotado de unidad positiva y separación, como la idea platónica porque en Aristóteles se da un relativo abandono de la esencia ideal a favor de la existencia real. Sobre ella opera la *abstractio* a materia individua, que capta la realidad del *ens mobile in quantum mobile*, portador de valores inteligibles que dan razón de su mutabilidad. El ser natural posee un principio intrínseco de movimiento y reposo (naturaleza) y el movimiento es la esencia de la Naturaleza, no meramente un carácter nulificante. El movimiento es *actus entis in potentia prout in potentia*.

El saber acerca del ente móvil se obtiene por los principios, materia, forma y privación, obtenidos en virtud de una precisión abstractiva y que permiten la inteligibilidad de la naturaleza. La privación es por un lado “insatisfacción” e imperfección. Por otro lado, es privación de racionalidad: la *profundior intentio* de la naturaleza y la iluminación de lo real por el intelecto.

De este modo, el hombre es sujeto particular (*quoddam ens*), pero también sujeto intencional (*quoddammodo omnia*). Por su parte, el ente móvil es lugar de

encuentro entre el intelecto y el ser. Ello significa que el intelecto agente es el “destino de la naturaleza”.

En este punto acechaba el problema acaso más grave que ha de afrontar la Filosofía de la Naturaleza. La precedente afirmación, ¿no significó una recaída en el subjetivismo? En efecto, hemos calificado antes de “contemplativa” la actitud del filósofo ante la naturaleza, su cercanía a la fruición estética, lo que implica una cierta preparación del sujeto (experiencia) muy distinta de la manufactura del objeto que practicará la ciencia moderna. Si el conocimiento de la Naturaleza requiere de una cierta preparación del sujeto, ¿no adquiere el factor psicológico un peso desorbitado que encierra esta ciencia en el subjetivismo y el relativismo? La genial respuesta de Aristóteles fue la afirmación de que el principio de identidad es compatible con la movilidad de lo real porque es norma formal y forma natural del pensamiento.

Como veremos, Bergson coincide con esta afirmación del principio de identidad como forma natural del pensamiento, pero para insistir en la índole psicológica de su concepción estática, cuya orientación a la acción la convierte en obstáculo para la captación de la movilidad de lo real. Tal acusación tiene fundamento sólo si se desconoce la significación que Aristóteles atribuyera al acto y la identidad: el acto es forma natural del pensamiento, que es a su vez acto: la identidad es la forma natural del pensamiento, además de su norma formal.

El gran logro del Estagirita fue conciliar el movimiento con la identidad. La aparente aporía se originaría en una mala intelección de la noción de “acto” e “identidad”, en la confusión de “identidad” y “solidez”, inercia y rigidez.

Para Aristóteles, ciertamente, el movimiento culmina en la identidad, y ello equivale a decir que el devenir se ordena al acto. Pero entre devenir e identidad no hay contradicción. Al contrario, la identidad es el acto de los entes móviles y el acto ha de ser entendido como actualización. El acto o actualización de los entes es el movimiento o devenir. Por esta razón, el movimiento supone la inmovilidad. Pero se trata de una inmovilidad que no es rígida ni es parálisis de la solidez, sino actualización de lo móvil.

c) La filosofía bergsoniana arranca de una crítica a la filosofía de la identidad tanto como del matematicismo de los modernos, intentando trascender el plano mismo en que el problema se planteaba. El verdadero modo de acceso a lo real es de orden no intelectual sino intuitivo, y por tanto ajeno a la racionalidad científica. Su Filosofía de la

Naturaleza se orienta al surgimiento y despliegue de la vida, soplo de energía que atraviesa el mundo orgánico y cuya aprehensión está vedada a la ciencia, que sólo capta relaciones porque es el fruto de la inteligencia, órgano cuya función es posibilitar la supervivencia y la vida humana. Sólo la intuición capta lo absoluto, la simplicidad y fecundidad del aliento vital. Su “crítica” de la inteligencia, que ahonda en las condiciones que le son impuestas por su finalidad vital y utilitaria, lleva al autor francés a la defensa de la evolución creadora, frente a toda visión mecánica, determinista o finalista.

Como Kant, detecta en el sujeto un elemento *a priori*, en el que las cosas se hacen inteligibles y la inteligencia deviene eficaz. Este elemento o norma formal se extrae de la realidad material. La materia sugiere a la inteligencia la idea de espacio y una vez que el espíritu posee la forma puede representar adecuadamente todo objeto que dotado de extensión. El *a priori* de la inteligencia se constituye en la interacción espíritu-materia, y ello explica su “forma geométrica” simbolizada en el espacio homogéneo, esquema general de la representación intelectual, que permite reconstruir la experiencia y es el origen de los “conceptos naturales de nuestra inteligencia”: “Originariamente sólo pensamos para actuar. En el molde de la acción es donde nuestra inteligencia ha tomado forma. La especulación es un lujo mientras que la acción es una necesidad”. Se dibuja, pues, en nuestra mente la idea de causalidad eficiente y después la de una causalidad mecánica, que adopta la forma de una regularidad matemática:

[...] [N]o tenemos más que seguir la inclinación de nuestra mente para convertirnos en matemáticos. Mas por otra parte, esa matemática natural sólo es un soporte inconsciente de nuestro hábito consciente de encadenar las mismas causas a los mismos efectos; y ese hábito mismo tiene como objeto ordinario dirigir acciones inspiradas por intenciones o, lo que viene a ser lo mismo, dirigir movimientos combinados en vista de la ejecución de un modelo. Nacemos artífices como nacemos geómetras e, incluso, somos geómetras porque somos artífices.

Como declaraba a Chevalier, la filosofía está hipnotizada por el sistema griego, “que nuestra ciencia no ha hecho más que empobrecer sin transformarlo”.

d) La articulación kantiana de los niveles de acceso a la realidad, distinguió el conocimiento, producto del entendimiento, y el pensamiento, mediante el que la razón, querría aprehender la totalidad. Según Kant el carácter científico del conocimiento consiste en ser síntesis de lo dado en la experiencia y lo puesto por el sujeto; por tanto, de una materia que procede del mundo y una forma que impone el sujeto. La confluencia de ambos elementos permite y se expresa en los juicios sintéticos *a priori*.

La Analítica trascendental estudia la posibilidad de la Física como ciencia, fundada en las categorías, elemento *a priori*, que ha de dar forma a los fenómenos; a lo dado en la sensibilidad, el fenómeno, se impone una estructura mental que lo hace susceptible de ordenación y comprensión, de donde la posibilidad del conocimiento científico. Al elemento empírico se superpone un elemento puro. Uno y otro son indispensables: conceptos sin intuición son “vacíos” -dice Kant; intuiciones sin conceptos son “ciegas”.

Pero ese conocimiento se encuentra ante sus propios límites: de un lado, todo conocimiento se configura a partir de condiciones impuestas por el sujeto trascendental, de modo que resulta imposible captar la realidad, tal como es en sí, que es algo que podemos pensar pero nunca conocer. Por otra parte, si todo conocimiento ha de ser una síntesis en la que no ha de estar ausente ninguno de sus elementos, no puede haber conocimiento de entidades suprasensibles. El conocimiento, pues, encuentra aquí un límite, no subjetivo sino empírico, quedando circunscrito al ámbito de lo fenoménico.

En la Dialéctica trascendental, Kant encara esta índole de la razón, abocada a plantearse problemas que no puede ni evitar ni resolver, sobre la cosa en sí, y sobre la totalidad de lo real. También aquí dispone el sujeto de elementos *a priori*, las Ideas, pero a ellas no es posible vincular un elemento empírico, por lo que la síntesis no es posible y la metafísica no puede constituir un conocimiento legítimo.

Ahora bien, además de este su lado negativo, las ideas poseen en el planteamiento kantiano una vertiente positiva por cuanto las ideas de la totalidad orientan (aunque no determinen) la investigación. La idea es principio regulativo porque dirige la reflexión en un determinado sentido, imprescindible para no perderse en la selva de los fenómenos; es foco problemático de unidad al constituirse en cúspide a la que se encaminan y desde las que operan todas las ciencias científicas; es, por último,

la totalidad buscada de las condiciones. Ciertamente, la razón no conoce objetos y siempre que se pretendido que los contenga se ha incurrido en paralogismos y antinomias. Ciertamente que todo ello supone la destrucción de la metafísica, pero como tan bien ha visto Jaspers, hay un valor positivo de las ideas, porque si bien en ellas no conocemos objetos, sí prestan una forma sistemática al trabajo del entendimiento. En efecto, sólo hay ciencia si hay sistema. Sensibilidad y entendimiento constituyen objetos a partir de percepciones. Estos objetos sólo tienen en común su referencia a las categorías. Su acumulación forma únicamente un conglomerado que las ideas ayudarán a convertir en sistema. Y –esto es lo más importante– no van a hacerlo únicamente suministrando alguna suerte de recurso técnico, como lo sería por ejemplo, un orden alfabético, sino con un fundamento objetivo. Este fundamento objetivo, la totalidad de lo real, en tanto que fenómeno nos resulta inaccesible, pero dirige el proceso cognoscitivo. Es una ley de la razón lo que nos impulsa en la dirección de una unidad sistemática. Es más, las ideas no se hacen presentes únicamente en el momento en que se produce el conocimiento, sino también cuando actúan sensibilidad y entendimiento, ejerciendo una actividad, relacionada con el entendimiento que aporta unidad sistemática al complejo del conocimiento intelectual. Las ideas, pues, no constituyen objetos, sino que regulan el entendimiento. Si en el caso del entendimiento se produce una adecuación con lo objetivo a través de la percepción, en el de la razón la adecuación de lo real con la sistemática establecida por las ideas es siempre problemática y aproximativa.

Se dan tres ideas, derivadas de los tipos de síntesis dados en el entendimiento. Jaspers, se aparta de Kant en este punto, convencido de que ello no le aleja del filósofo. La totalidad puede ser entendida en dos sentidos: como totalidad del ámbito de la experiencia (por ejemplo, de lo orgánico o de lo mecánico), y como totalidad de los contenidos de la experiencia (las cosas, individualmente consideradas y el todo de la experiencia como ser en el mundo en cuanto individualidad. Por esta razón, hay dos clases de ideas, las ideas universales, y las ideas de la individualidad singular. Por razones de espacio me ceñiré a la primera de las significaciones del término “totalidad”, en concreto a las de mecanismo y organismo. Pensar el mundo y la naturaleza como mecanismo equivale a partir de una idea. La idea es en este caso la exigencia de ampliar la experiencia y plantear la cuestión de si el mundo como un todo constituye un

mecanismo. Ciertamente que hay cosas que vistas con otros ojos no son mecánicas y permanecen inasequibles a una consideración mecanicista, pero también ellas son aprehensibles mecánicamente.

La idea de organismo o la de vida es la idea de la infinitud del querer teleológico (frente a la infinitud de la ley de lo mecánico). El fin se presenta como idea de una causa capaz de motivar una actuación, a la que presta orientación hacia una meta. También empleamos la idea de fin en el terreno objetivo, al considerar cada fenómeno y objeto orientado a un fin (o bien opuesto a él) y lo aplicamos a las cosas, que ignoran los fines. Cuando conducen a un fin determinado, decimos que el conjunto de las series mecánicas de causas concurren a él. Como podemos adoptar muchos puntos de vista, podemos considerar fines todo lo mecánico y natural, en función de su orientación o de su resultado. En el conocimiento biológico la idea de vida, como principio regulativo, ordenaría al entendimiento no detenerse en ningún fenómeno del organismo como si fuera algo mecánico, sino continuar la indagación de su finalidad.

Tanto en la totalidad de la experiencia mecánica (mundo) como en la totalidad de la experiencia biológica (vida) la razón tiende a atribuir a dichas ideas un carácter absoluto. Contra este espejismo se ha escrito la Crítica, pero sin que ello suponga su supresión como meras ideas de mecanismo y organismo. Privadas de carácter absoluto, conservan su fertilidad en el momento de estimular la reflexión.

Las ideas asumen tres significaciones: psicológica (en tanto referidas a procesos dentro del sujeto), metodológica (y en tanto tales nos muestran dentro del conocimiento técnico lo sistemático, los esquemas y ficciones heurísticas en su aplicación metódica), y objetiva o metafísica (y por tanto no son ya mero recurso artificial, sino que de alguna forma tienen significación dentro del mundo de los objetos).

## **2. Relevancia teórica de la Filosofía de la Naturaleza**

Desde esta última postura, la relevancia teórica de la Filosofía de la Naturaleza se deriva del hecho de que la actividad científica implica una determinada concepción de lo real, que debe ser tematizada y problematizada, tarea que corresponde a la filosofía, aunque no de modo exclusivo. Uno de los interrogantes que se alzan ante la razón es el que inquiere por la naturaleza, y el lugar que en ella ocupa el hombre. Se

dirá que se trata de preguntas ajenas a la indagación científica, pero los propios científicos intentan darles respuesta.

La Filosofía de la Naturaleza de que hablamos sería una especie de “alternativa de totalidad”, donde la “totalidad” significa conjunto de conceptos y leyes que el entendimiento impone a lo real, pero también totalidad de lo real mismo. Esta reflexión elabora una idea del mundo como tal, con fundamento en el conocimiento científico, si bien nunca será posible integrar a la filosofía en dicho conocimiento. En ello reside la dificultad. Dada la existencia de una realidad, la naturaleza, convertirla en un objeto pensable por la razón, impone a la filosofía la constitución de una teoría de la totalidad de los datos de las ciencias, que, de lo contrario, vería su realidad reducida a sus manifestaciones. La Filosofía de la Naturaleza completa y armoniza el conjunto de los datos científicos estableciendo niveles respetuosos de sus límites y ascendiendo en el proceso de generalización. A partir del último de estos niveles cabe un intento de integración, encaminado a una interpretación universal. Esta teoría general del mundo, siempre provisional, es la idea de naturaleza como totalidad. La Filosofía de la Naturaleza, en su inconclusión, procedería a una síntesis epistemológica, evitando la hipertrofia de cualquier nivel y expulsando la ideología.

Por otro lado, la Filosofía de la Naturaleza, como “alternativa de totalidad”, procede a la totalización y control de datos suministrados por las ciencias positivas, precisamente desde esta visión total. El ser de la naturaleza no puede cerrarse mientras la investigación esté abierta, lo que origina el “círculo hermenéutico”: se comprenden las partes desde el todo y el todo desde las partes, anticipando el todo. La filosofía estudia la totalidad, una totalidad que en el mundo no está dado: de ahí su índole hermenéutica.

Pero en realidad, todo ello no supera hasta ahora el nivel intraparadigmático. Hablamos de actividades desplegadas en el interior del paradigma científico dominante, mientras que la filosofía de la Naturaleza tiene su *locus naturalis* en un nivel interparadigmático, desde el que analiza el paradigma dominante y promueve su consideración.

La cuestión de la provisionalidad de sus resultados es ineludible a partir de una doble condición: en primer lugar, el carácter indefinido del conocimiento, que veda todo

intento de encerrar el mundo en una teoría; en segundo lugar, la ineludible circunstancialidad temporal del filósofo.

Es evidente que la Filosofía de la Naturaleza en parte coincide con la Filosofía de la ciencia, pero la segunda se mueve en un plano epistemológico mientras que la primera querría ocuparse de un nivel ontológico. Ambas son complementarias, si bien la Filosofía de la Naturaleza, añadiría a su dependencia material de las ciencias positivas la subordinación formal a la teoría de la ciencia.

Ejemplos de aspectos que pueden constituir objetos de reflexión de la Filosofía de la Naturaleza son: el origen del concepto de Naturaleza, la ley y el orden como Naturaleza, los sentidos de la Naturaleza, el problema del determinismo e indeterminismo, la teleología, el Principio Antrópico, la complejidad, la hipótesis Gaia y la Naturaleza como organismo, la relación entre hombre y Naturaleza, el problema de la existencia de una naturaleza humana, Naturaleza y feminismo, ecologismo y ecología, la ética medioambiental, Naturaleza y política, diferencias entre lo natural y lo artificial.

# EL CONCEPTO DE ESPECIE Y LOS CAMBIOS TEÓRICOS EN BIOLOGÍA

GUILLERMO FOLGUERA

*Instituto de Investigaciones Filosóficas, Universidad de Buenos Aires - CONICET  
(Argentina)*

[guillefolguera@yahoo.com.ar](mailto:guillefolguera@yahoo.com.ar)

ALFREDO MARCOS

*Departamento de Filosofía, Universidad de Valladolid (España)*

[amarcos@fyl.uva.es](mailto:amarcos@fyl.uva.es)

## 1. Introducción

EN ESTE ARTÍCULO PARTIMOS DE LA HIPÓTESIS KUHNIANA de que los cambios teóricos producen cambios en el significado de los conceptos. Los cambios teóricos que se han dado en biología han de afectar, por lo tanto, al significado de conceptos centrales, tales como el de especie. Más aún, estos cambios no sólo podrían tener efectos gnoseológicos, sino también ontológicos y éticos. Analizaremos cómo afectó al concepto de especie el paso de una biología no evolucionista a una evolucionista. Posteriormente, presentaremos algunos cambios teóricos recientes en la biología evolucionista, relativos a los pilares teóricos de la síntesis biológica. Por último, señalaremos algunas consecuencias de estos cambios teóricos para el concepto de especie.

## 2. El concepto de especie en la biología evolucionista

### 2.1. El concepto de especie en perspectiva histórica

Una especie (*eidos*), para Platón, sería para él un tipo, una Idea, cuya existencia es inmutable y eterna. Ya Aristóteles criticó por ello la noción platónica de especie en su tratado *Sobre las partes de los animales* (Aristóteles 2010). En palabras de Jean Gayon: “El corpus aristotélico deja aparecer una tensión entre dos conceptos de *eidos*.

Uno de estos conceptos es de naturaleza lógica y clasificatoria [...] En los tratados biológicos interviene, no obstante, un segundo concepto de *eidos*, el de *eidos-forma*: desde este punto de vista, el *eidos* es el alma del organismo individual” (Gayon 1992, pp. 51-52).

Sin embargo, el concepto de especie con el que se enfrentó Darwin es el de Linneo y los naturalistas de los siglos XVIII y primera mitad del XIX, no el de Aristóteles. Entre otras cosas, porque el concepto de especie del XVIII está ya pensado contra un trasfondo “evolucionista”. Entre Aristóteles y Linneo el concepto de especie ha pasado por diversas vicisitudes, tales como la polémica medieval sobre los universales y las posiciones de realistas y nominalistas (Cf. Richards 2010).

No es extraño, pues, que los naturalistas anteriores a Darwin pensasen que sólo se podría establecer una biología científica, racional y realista sobre la base de una constancia del tipo de organismos a través de la reproducción, o lo que es lo mismo, sobre la base de la estabilidad de las especies. Sólo así –pensaron– la biología podría llegar a construir clasificaciones y leyes auténticamente científicas. En este contexto, Darwin tenía que comunicar sus nuevas ideas a la comunidad de naturalistas utilizando el lenguaje común entre los miembros de esa comunidad, en particular por lo que al término especie se refiere. Y, sin embargo, lo que tenía que decirles negaba las características definitorias de la propia *categoría* de especie. Así, propone no discutir “las varias definiciones que se han dado del término ‘especie’” (Darwin 1974, pp. 76-77).

¿Pero puede funcionar la biología sin definir el concepto de especie? Los biólogos posteriores tendrían la tarea de elaborar nuevas definiciones de especie adaptadas a la perspectiva evolucionista. Ahora bien, el resultado no ha sido una definición de especie, sino muchas.

## 2.2. *Diversas nociones de especie en la biología evolucionista*

La reflexión sobre el concepto de especie sólo se dio a partir del establecimiento de la teoría sintética de la evolución luego de transcurrido el primer tercio del siglo XX, en un contexto de gran especialización (Cf. Stamos 2003). Sin dudas, el criterio que más se ha generalizado es el *concepto biológico de especie* (Cf. Mayr 1963) que define a las especies como poblaciones mendelianas máximas, es decir, comunidades reproductoras

aisladas reproductivamente del resto. Sin embargo, el criterio biológico de especie no deja de tener sus limitaciones y problemas. Por ejemplo, es obvio que la categoría de especie así definida no es aplicable a organismos sin reproducción sexual.

Numerosos conceptos alternativos de especie fueron desarrollados, tal como el *concepto fenético de especie*, que hace énfasis en los aspectos morfológicos (Cf. también Sokal y Crovello 1992). A su vez, los paleontólogos y los investigadores de la filogénesis propusieron el *concepto evolutivo de especie*, esto es, un linaje que evoluciona separadamente de otros, con funciones y tendencias propias en el curso de la evolución (Simpson 1963). Cracraft (1992) propone un *concepto filogenético de especie*. Para él una especie es un linaje cuyos miembros comparten un único conjunto de nuevas características evolutivas. Paterson (1992) ha apoyado el concepto de especie en el reconocimiento mutuo como pareja reproductiva (*the recognition species concept*), y Templeton (1992) en el parecido *genético*.

### 2.3. *El estatuto ontológico de las especies y sus implicancias*

El otro eje de la discusión actual trata de establecer cuál es el estatuto ontológico de las especies. Tradicionalmente las especies han sido pensadas como *clases*, pero Hull y Ghiselin han propuesto considerar las especies como *entidades individuales* (Cf. Ghiselin 1974, 1997). Este movimiento tiene indudables ventajas (Cf. Hull 1978, 2001): por ejemplo, dota de realismo a la noción de especie. La estrategia de Hull y Ghiselin es clara: apelan a nuestras intuiciones previas acerca de lo que es un individuo y al caso paradigmático de los organismos. Pero las especies en algunos aspectos no parecen ajustarse a dicha conceptualización. Por ello, podríamos preguntarnos si no existe una tercera vía, algo que reúna las ventajas de la condición de clase y de la condición de individuo, pero sin los inconvenientes que éstas presentan. Entre estas alternativas se destacan: *clases individualizadas* o *particulares complejos*, propuestas por Van Valen y Suppe respectivamente, las especies como *conjuntos* (Kitcher 1984, Wilson 1991), como *poblaciones* (Mayr 1987), como *grupos* (Ruse 1989) y, recientemente, Stamos (2003) ha hablado de las especies como *relaciones*.

### **3. La extensión de teoría sintética: algunas consideraciones**

Desde hace décadas se busca una extensión y modificación de los pilares de la síntesis biológica. De hecho, en los últimos años pueden reconocerse importantes cambios en la conceptualización de lo viviente. Uno de los elementos que han sido revisados es el tipo de relación entre el genotipo y el fenotipo. Se detecta cierto desacople (al menos parcial) entre la evolución fenotípica y la genética, negándose así cualquier posibilidad de una relación lineal entre ambas (Weber 2010).

Otra de las nociones que más han alterado el esquema teórico de la síntesis biológica es la de epigénesis. Entre sus implicancias, una de las principales ha sido la inclusión de nuevas unidades de herencia, quitándole la “exclusividad” al gen, no sólo como unidad de información, sino también respecto a su responsabilidad en las semejanzas y diferencias a través de las generaciones. Finalmente, se ha ampliado el rol del ambiente en los procesos evolutivos. Desde estas nuevas posiciones teóricas, el ambiente no sólo es conceptualizado como un “filtro” de la diversidad de lo viviente, sino también como algo capaz de generar estímulos que originan diversidad.

### **4. La extensión de teoría sintética y los efectos ontológicos y éticos sobre la noción de especie**

Ciertamente, el denominado “concepto biológico de especie” fue la conceptualización que mejor se ajustó con el *corpus* teórico de la síntesis. Desde esta visión, lo más “propio” de las especies es su constitución genética, siendo así que los organismos comparten un *pool* génico. Ahora bien, ¿cómo irrumpe la propuesta de una extensión de la síntesis biológica sobre la ontología de las especies? Desde la perspectiva de la extensión de la síntesis, la relación entre los organismos y su ambiente adquiere una mayor intensidad y una marcada bidireccional (ecológica y evolutiva). A su vez, se consolidan aquellos modelos de construcción de nicho, desde los cuales la especie no sólo debe su naturaleza a una historia de relaciones establecidas con el ambiente, sino que ahora también se asume que el propio ambiente forma parte de aquellas “respuestas” a los mismos “problemas” originados. Y, más aún, ese conjunto de “respuestas” que pueden encontrarse en la “superficie” fenotípica, no puede ser soslayado únicamente considerando el *pool* génico involucrado. Estos dos elementos

ponen el acento ontológico en un aspecto que altera el sentido propio de la síntesis biológica y acentúa lo relacional como constitutivo.

¿Qué sucede en la dimensión ética? Podríamos señalar dos categorías respecto a los problemas éticos en los cuales está involucrada la noción de especie. En primer lugar están los problemas morales que tienen que ver con la igualdad o desigualdad entre los humanos y de los humanos con los miembros de otras especies. Un tratamiento de esta cuestión puede verse en Marcos (2010). Allí se defiende que el uso del concepto de especie en este debate sobre el valor y dignidad de los vivientes constituye un error de partida. El único modo de evitar tanto el especismo como las consecuencias desagradables del antiespecismo es evitar la propia noción de especie en contextos morales. En el sentido extensional sería mejor referirnos a la *familia humana*, y en el intensional a la *naturaleza humana*.

El segundo de los grandes debates morales en cuyo centro hallamos la noción de especie es el debate sobre la biodiversidad. Podemos preguntarnos por qué hemos de conservar o favorecer la biodiversidad específica, qué valor tiene, qué obligaciones morales tenemos al respecto los humanos. Aquí difícilmente podríamos prescindir de la noción de especie, ya que es central para estimar la biodiversidad (Marcos, en prensa).

Si, en función de los más recientes cambios teóricos, el concepto de especie se torna más contextual y relacional, es lógico que el foco de la biodiversidad pase, de la conservación de las especies individuales, a la conservación de la diversidad y conexiones entre ecosistemas, así como de la diversidad interna y salud de cada uno de ellos.

## REFERENCIAS

- Aristóteles. (2010), *De Partibus Animalium*. En: *Aristóteles: Obra biológica*, Madrid: Luarna, edición electrónica:  
[www.luarna.com/Paginas%20comunes/DispFormLuarna.aspx?IDlibro=85](http://www.luarna.com/Paginas%20comunes/DispFormLuarna.aspx?IDlibro=85).
- Cracraft, J. (1992), "Species Concept and Speciation Analysis", in M. Ereshefsky (ed.), *The Units of Evolution. Essays on the Nature of Species*, Cambridge: MIT Press, pp. 93-120.

- Darwin, CH. R. (1975), *Charles Darwin's Natural Selection: Being the Second Part of this Big Species Book Written From 1856 To 1858*, Robert C. Stauffer (ed.) Cambridge: Cambridge University Press.
- Darwin, Ch. R. (1974 [1859]), *El origen de las especies*, Barcelona: Petronio.
- Gayon, J. (1992), "L'Espèce sans la forme", in J. Gayon y J-J Wunenburger (eds.), *Les figures de la forme*, París: L'Harmattan, pp. 51-52.
- Ghiselin, M. (1974), "A Radical Solution to the Species Problem", *Systematic Zoology* 23: 536-544.
- Ghiselin, M. (1997), *Metaphysics and the Origin of Species*, Albany: State University of New York Press.
- Hull, D. (1978), "A Matter of Individuality", *Philosophy of Science* 45: 335-360.
- Hull, D. (2001), "The Role of Theories in Biological Systematics", *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 32: 221-238.
- Jablonka, E. y Lamb, M. J. (2007), "The expanded evolutionary synthesis—a response to Godfrey-Smith, Haig, and West-Eberhard", *Biology and Philosophy* 22: 453-472.
- Kitcher, Ph. (1984), "Species", *Philosophy of Science* 51: 308-333.
- Marcos, A. (2010), "Especie biológica y deliberación ética", *Revista Latinoamericana de Bioética* 10: 108-123.
- Marcos, A. (en prensa), "¿Por qué es buena la biodiversidad? Fundamentos racionales del valor de la biodiversidad específica", *Revista Colombiana de Bioética*.
- Mayr, E. (1963), *Animal Species and Evolution*. Cambridge: Harvard University Press.
- Mayr, E. (1987), "The Ontological Status of Species: Scientific Progress and Philosophical Terminology", *Biology and Philosophy* 2: 145-166.
- Paterson, H. (1992), "The Recognition Concept of Species", en M. Ereshefsky (ed.), *The Units of Evolution. Essays on the Nature of Species*, Cambridge: MIT Press, pp. 139-158.
- Richards, R. A. (2010), *The Species Problem: A Philosophical Analysis*, Cambridge: C.U.P.
- Ruse, M. (1989), *The darwinian paradigm*. Londres: Routledge.
- Simpson, G. G. (1963), *Principles of animal taxonomy*, New York: Columbia University Press.

Sokal, R. y Crovello, Th. (1992), “The Biological Species Concept: A critical evaluation”, in M. Ereshefsky (ed.), *The Units of Evolution. Essays on the Nature of Species*, Cambridge: MIT Press, pp. 27-56.

Stamos, D. (2003), *The Species Concept: Biological Species, Ontology, and the Metaphysics of Biology*, Lexington: Lanham.

Templeton, A. (1992), “The Meaning of Species and Speciation: A Genetic perspective”, in M. Ereshefsky (ed.), *The Units of Evolution. Essays on the Nature of Species*, Cambridge: MIT Press, pp. 159-183.

Weber, B. H. (2011), Extending and expanding the Darwinian synthesis: the role of complex systems dynamics. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 42: 75-81.

Wilson, B. (1991), “Are Species Sets?” *Biology and Philosophy* 6: 413-432.

# CHARLES DARWIN Y LA DESCRIPCIÓN DE LA NATURALEZA

BÁRBARA JIMÉNEZ PAZOS

*Facultad de Filosofía y Ciencias de la Educación,*

*Universidad del País Vasco (España)*

[barbara.jimenez@ehu.es](mailto:barbara.jimenez@ehu.es)

1. UNO DE LOS *TOPOI* PRIVILEGIADOS de sedimentación de ideas determinantes de cualquier cultura, expresadas o reconstruibles en su imagen del mundo, está dado por su forma de pensar la naturaleza y relacionarse con ella. Una forma específicamente humana, aunque no la única de relacionarse con la naturaleza, es su percepción y descripción, pues ambas son inseparables de la idea de naturaleza vigente en cada entorno cultural.

2. Se detectan dos formas diferentes de descripción en la obra de Darwin *Journal of Researches* (1839): una forma estética de percibir el paisaje y una forma enumerativa. Aquélla correspondería a los comentarios que Darwin realiza acerca del paisaje que observa y las impresiones generadas al respecto, mientras que la forma enumerativa y esquemática de descripción de lo percibido correspondería a toda la serie de información detallada acerca de “específicas formas terrestres, fósiles y especies” (Paradis 1981, 85).<sup>1</sup> No es difícil ver cómo en el *Journal* de Darwin se entremezclan dos visiones de la naturaleza; una visión más propia de autores románticos que deciden describir los sentimientos generados ante la exposición de ciertos tipos de paisaje, y otra visión más propia de científicos naturales que describen el mundo sin hacer mención de las características estéticas del paisaje. Es por esta mezcla de visiones por lo que la obra de Darwin resulta rica para un análisis centrado en la percepción y descripción de la naturaleza. La figura de Darwin supone, así, la unión de dos formas diferentes de

---

<sup>1</sup> La traducción es mía.

descripción; una forma más propia del científico naturalista con numerosas observaciones sobre el entorno ofrecidas bajo una estructura sistemática y ordenada, y otra forma más propia del poeta romántico que se deleita frente a ciertos paisajes produciéndole numerosos sentimientos que hace explícitos mediante la escritura. Darwin compartía con otros naturalistas la forma objetiva de clasificación natural, pero también sentía “en la naturaleza una sensación de placer y una fuente de vívida emoción más que de quietud” (Paradis 1981: 95).

No es común, sin embargo, esta doble visión del trabajo de Darwin. Se tiende a hablar sobre el Darwin científico y no se suelen tener en cuenta ciertos aspectos estéticos de sus obras. Charles H. Pence alude en *Nietzsche's Aesthetic Critique of Darwin* que incluso la crítica de Nietzsche hacia Darwin estaba fundada en la creencia de que la teoría de éste era demasiado intelectual por buscar reglas, normatividad y uniformidad donde no habría que buscarlas.<sup>2</sup> A pesar de existir esta visión de las teorías darwinianas, hay autores que apuestan por trabajar sobre un Darwin también interesado por la estética y muy influido por el Romanticismo.<sup>3</sup> Marilyn Gaull (1979), por su parte, relaciona directamente a Darwin con Wordsworth y destaca los beneficios de tal relación:

To consider Wordsworth merely as the precursor of a scientist and Darwin as the disciple of a poet enhances their achievements, allows us another means of access to each of them and to the disciplines in which they are normally considered. I think that Wordsworth contributed that reflexive point of view to Darwin's work, that capacity for self-projection (p. 42).

---

<sup>2</sup> Pence presenta a un Nietzsche en contra de la evolución darwiniana por considerarla demasiado intelectual o, en términos de Nietzsche, demasiado apolínea. Resulta importante para Nietzsche la existencia del desorden y la aleatoriedad en lugar de reglas y mecanismos regulatorios que harían que el mundo no tuviese sentido. El rechazo del mecanismo por parte de Nietzsche hace que se pueda comparar con el mismo rechazo por parte del Romanticismo a favor de lo orgánico. Este mecanismo, según Pence, “carece de toda belleza, de todo carácter estético, y así priva al mundo de su significado más importante” (p. 183). Sin embargo, Pence expresa que Nietzsche no acierta a ver que la evolución está basada en la aleatoriedad y es, a fin de cuentas, caótica por no tener a ningún creador que regule todo lo que acontece. La crítica de Nietzsche se puede observar como una crítica estética hacia Darwin dado que, según Pence, el sentido estético entendido como fenómeno cultural no podría ser reducido a explicaciones evolutivas; Nietzsche no cree que la lucha por la existencia pueda explicar la evolución de la cultura.

<sup>3</sup> Gillian Beer, refiriéndose al lenguaje que Darwin utiliza, se refiere en *Darwin's Plots* al respecto de la siguiente forma: “Darwin's is not an austere Cartesian style. There are few lean sentences in *The Origin of Species*” (p. 34).

Dicha característica reflexiva y la capacidad de auto-proyección hizo que Darwin recibiera críticas sobre su excesivo uso de la primera persona en sus textos, que quedaban empapados de un tono profético. Según Gaull (p. 43), “la intrusión de la primera persona es el mejor signo del modo romántico de percepción de Darwin, esa interpenetración del mundo subjetivo y el objetivo”.

Darwin comparte con otros naturalistas la forma objetiva de clasificación natural, pero también siente “en la naturaleza una sensación de placer y una fuente de vívida emoción más que de quietud” (Paradis 1981: 95). Resulta tentador afirmar que Darwin se encuentra “entre dos aguas” dado que realiza numerosos vínculos entre entidades naturales pero también escribe sobre la relación entre dichas entidades y él. Paradis comenta que “Darwin se encuentra alternativamente en el centro del todo y en su periferia distante” (Paradis 1981: 101).

Resulta igual de tentador afirmar la “hibridez” estilística de Darwin al haber detectado dos formas diferentes de descripción de la naturaleza; el *Journal of Researches* de Darwin se mostraría como ejemplo que recogiese, según diversos autores, dichas formas diferentes de descripción. En la obra se realizan numerosas descripciones sobre todo tipo de elementos naturales con los que se topa a medida que pasan los días de su viaje de 5 años. Descripciones que, por cierto, resultan a simple vista objetivas. Pero también se debe destacar que Darwin no sólo ofrece descripciones detalladas sino que también, en ocasiones, transmite su estado de ánimo frente a cierto tipo de paisajes o escenas sobrecogedoras que le llaman realmente la atención. ¿Se debe, por lo tanto, dejar de considerar a Darwin como un buen descriptor de la naturaleza para pasar a considerarlo como alguien que solamente la explica? Y si se acepta que no sólo analiza y explica la naturaleza, sino que también nos permite saber qué sentimientos, o, en términos de Marjorie Hope (1925), qué disposiciones de ánimo le producen cierto tipo de escenas, entonces, ¿en qué posición se debe colocar a Darwin?

3. A pesar de haber detectado dos formas diferentes de descripción darwinianas, el paso del tiempo unido a la mayor adquisición de conocimiento hará que la idea de paisaje de Darwin cambie: “Darwin’s idea of landscape, however, took on some strikingly new dimensions in the late 1830s as his technical knowledge of physical nature began to expand” (Paradis 1831: 86). Efectivamente, se aprecia una nueva

dimensión en la forma en que Darwin percibe y describe la naturaleza, una nueva dimensión provocada por el creciente conocimiento sobre la naturaleza.

Es destacable que sea el propio Darwin el que afirme sentir placer leyendo la poesía de Coleridge y Wordsworth (Darwin 1887: 69), entre otros, es por eso por lo que no resulta sorprendente apreciar en los primeros años de su estudio del entorno natural un acercamiento “romántico” a la naturaleza. Pero también se debe tener en cuenta el progreso de Darwin en el campo de la biología y los numerosos estudios realizados que no hicieron otra cosa más que minar la percepción estética romántica de la naturaleza. Paradis lo dice claramente: “Darwin’s abstractions [...] eclipsed all earlier Romantic notions of landscape [...]. It was thus a landscape that combined the precision of the cartographer with the aesthetic sense of the landscape artist” (Paradis 1981: 87). Ciertamente, Darwin combina los conocimientos en ciencias naturales con unas descripciones paisajísticas que encuentran su origen en los textos románticos de la época. Sin embargo, los nuevos conocimientos sobre el espacio natural y el descubrimiento de una serie de sistemas que operan detrás de lo que usualmente llamamos “naturaleza” harán que la percepción de ésta por parte de Darwin varíe y se separe de la inicial percepción romántica.

Paradis detecta una dicotomía en la historia a raíz de los dos tipos de percepción paisajística, la que contrapone al conocimiento y a la sensación: “The difficulty of Darwin's mature vision led in the Victorian age to a feeling that the representations of physical nature in literature conflicted with those in the natural sciences” (p. 88). Una dicotomía que años atrás ya analizó C.P. Snow en *The Two Cultures and the Scientific Revolution* (1959) y que incluso anteriormente Wilhelm Dilthey<sup>4</sup> ya anunciaba en sus escritos acerca de las ciencias del espíritu y las ciencias naturales. Parece que la cuestión dicotómica gira en torno a un mismo núcleo que tiende a separar el conocimiento obtenido en ciencias naturales y en ciencias humanas,<sup>5</sup> o, dicho de otra manera, se estaría separando el “conocimiento natural y la sensación poética” (Paradis 1981: 88).

---

<sup>4</sup> DILTHEY, W., *Teoría de la Concepción del Mundo*, Fondo de Cultura Económica (Obras de Wilhelm Dilthey) Tomo VIII, México, 1945.

<sup>5</sup> George Levine se refiere a esta dicotomía en *Darwin and the Novelists* con las siguientes palabras: “Darwin’s very human and often personal discourse sustains and reinforces the break between scientific and human discourse that characterizes modern thought” (p. 88).

La mejor forma de observar las dos formas de percepción paisajística es mediante la aproximación a la obra de Darwin. En el *Journal of Researches* se encuentra la siguiente cita:

Among the scenes which are deeply impressed on my mind, none exceed in sublimity the primeval forests undefaced by the hand of man; whether those of Brazil, where the powers of Life are predominant, or those of Tierra del Fuego, where Death and Decay prevail. Both are temples filled with the varied productions of the God of Nature:—no one can stand in these solitudes unmoved, and not feel that there is more in man than the mere breath of his body.

Se aprecia la manera en que Darwin recuerda con agrado los lugares visitados y establece una distinción que sitúa en un extremo los escenarios donde predominan el poder de la vida y, en el otro extremo, lugares donde destaca la muerte y la decadencia. Darwin afirma haber obtenido una mayor impresión de escenarios como las llanuras de Patagonia por evocarle pensamientos acerca del tiempo que ha debido pasar y pasará en las llanuras que observa. Sin embargo, ambos escenarios producen en él unos sentimientos de admiración tales que le inducen a pensar en la existencia de algo más que cuerpo en el ser humano.

A mi parecer, no es correcto afirmar que Darwin se encontrara “entre dos aguas” en todo momento; se puede percibir que a medida que pasa el tiempo, Darwin modifica la forma de observación de la naturaleza. El aumento de conocimiento producido por las incesantes observaciones del entorno hará que Darwin modifique su forma de percibir el paisaje. Paradis, en relación con lo dicho, comenta lo siguiente: “While Darwin’s developing theories did not alter the physical appearance of landscape, they did ultimately alter what Darwin saw” (Paradis 1981: 105). Es en la percepción de la naturaleza donde el autor acertadamente sitúa la diferencia entre el naturalismo y el Romanticismo. Comenta que “a medida que su concepto de la naturaleza se volvía crecientemente intelectual y abstracto, sus representaciones se volvían menos tradicionales y emocionales” (p. 107). Mi sospecha es que, a diferencia de lo defendido por Paradis, el conocimiento intensifica la experiencia estética, la hace más densa, más

humana, más seria y profunda. El último párrafo del *Origen de las Especies* resulta ser ejemplar para las afirmaciones aquí sostenidas.

Darwin termina el *Origen* con las siguientes palabras:

It is interesting to contemplate a tangled bank, clothed with many plants of many kinds, with birds singing in the bushes, with various insects flitting about, and with worms crawling through the damp earth, and to reflect that these elaborately constructed forms, so different from each other, and dependent upon each other in so complex a manner, have all been produced by laws acting around us. These laws, taken in the largest sense being Growth with Reproduction; Inheritance which is almost implied by reproduction; Variability from the indirect and direct action of the conditions of life, and from use and disuse: a Ratio of Increase so high as to lead to a Struggle for Life, and as a consequence to Natural Selection, entailing divergence of Character and the Extinction of less-improved forms. Thus, from the war of nature, from famine and death, the most exalted object which we are capable of conceiving, namely, the production of the higher animals, directly follows. There is grandeur in this view of life, with its several powers, having been originally breathed by the Creator into a few forms or into one; and that, whilst this planet has gone cycling on according to the fixed law of gravity, from so simple a beginning endless forms most beautiful and most wonderful have been, and are being evolved (Darwin 1876: 429).

El fragmento final del *Origin of Species* muestra sensibilidad estética, ya en sentido “desencantado”. Aunque no se debe interpretar dicho “desencantamiento” como un proceso negativo. Se puede apreciar cómo Darwin sigue percibiendo belleza en la naturaleza (“endless forms most beautiful and most wonderful have been”) a pesar de haber desvelado su funcionamiento. George Levine (2008: 28), aportando el término “re-encantamiento secular” ofrece unas palabras al respecto:

The excitement that follows upon understanding the instincts that drive birds to migrate (and this requires no mystification or invocation of transcendental

spirit), the astonishment that follows upon recognizing the overwhelming complexity of the eye's functioning (even despite the flaws in the mechanism that are clear evidence that there is no intelligent design behind the construction of the eye) [...] these and all the various knowledges that scientific study of nature and the human has been producing elements of new forms of enchantment.

En el caso de Darwin, se puede afirmar que no existe un desencantamiento en el sentido weberiano, sino todo lo contrario: el hecho de ofrecer una teoría que explique la incógnita de la evolución de las especies hace que Darwin se aproxime a la naturaleza con nuevos ojos; unos ojos que hacen que se maraville incluso más que antes de haber descubierto su teoría de la evolución basada en la Selección Natural.

## BIBLIOGRAFÍA

- BEER, G., *Darwin's Plots. Evolutionary narrative in Darwin: George Eliot, and Nineteenth-century Fiction*, Cambridge University Press, Cambridge, 2009.
- DARWIN, Ch., *The Origin of Species by Means of Natural Selection or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*, London, 1876.
- DARWIN, Ch., *Life and Letters of Charles Darwin. Including an Autobiographical Chapter*, edited by his son Francis Darwin, (3 volumes), London, 1887.
- DARWIN, Ch., *Journal of Researches into the Natural History and Geology of the Countries Visited during the Voyage round the World of H.M.S. Beagle*, London, 1913.
- DILTHEY, W., *Teoría de la Concepción del Mundo*, Fondo de Cultura Económica (Obras de Wilhelm Dilthey) Tomo VIII, México, 1945.
- GAULL, M., From Wordsworth to Darwin: 'On to the Fields of Praise', in *Wordsworth Circle*, Vol. 10, N°1, 1979. Pp. 33-48.
- HOPE, M., *The Art of Description*, F.S. Crofts, New York, 1925.
- LEVINE, G., *Darwin Loves You. Natural Selection and the Re-enchantment of the World*, Princeton University Press, New Jersey, 2008.

PARADIS, J., Darwin and Landscape, in *Annals of the New York Academy of Sciences*.  
Issue Victorian Science and Victorian Values, Literary Perspectives. Vol. 360.  
Pp. 85-110. 1981.

PENCE, C.H., Nietzsche's Aesthetic Critique of Darwin, in *History of Philosophy of  
Life Sciences*, Vol. 33, N°2, 2011. Pp. 165-190.

SNOW, C.P., *The Two Cultures and the Scientific Revolution*, Cambridge University  
Press, New York, 1959.

# UNA APROXIMACIÓN PRELIMINAR A LOS COMPONENTES DIALÉCTICOS EN LA OBRA DE CHARLES DARWIN

JULIO MUÑOZ RUBIO

*Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades,  
Universidad Nacional Autónoma de México (México)*

[juliomunozr2000@yahoo.es](mailto:juliomunozr2000@yahoo.es)

LA TEORÍA DE CHARLES DARWIN CONTIENE IMPORTANTES CONTRADICCIONES y tensiones internas. En ella encontramos puntos altamente cuestionables por sus contenidos ideológicos y en contraposición, los que constituyen el núcleo revolucionario de su visión, claramente marcados por una visión dinámica y libre de mistificaciones. Ciertamente es que no puede considerarse a Darwin como un dialéctico ni puede hablarse de su obra como una exposición basada siempre en la dialéctica, pero tampoco se debe subestimarla, pues es también cierto que construyó buena parte de su teoría y su sistema de pensamiento a partir de tesis y puntos de vista marcados por la visión de una totalidad dinámica y esto apunta a una coincidencia importante, consciente o no, deliberada o no, con la dialéctica y con el pensamiento de Marx y Engels.

Para Darwin el mundo vivo se explica en función de relaciones y de estados transitorios e históricos en una totalidad espacio-tiempo. Esa es su contribución revolucionaria. Un mundo dinámico, cambiante y explicable por leyes materiales. Desde su *Ensayo* de 1844, Darwin toma partido explícitamente por el enfoque totalizador, afirmando que:

El todo de la organización está tan conectado que es probable que haya muchas condiciones que determinan la variación de cada parte, y que causen que otras

partes varíen junto con la primera, y el ser humano, al producir nuevas razas tendrá que estar limitado y regido por tales leyes.<sup>1</sup>

El todo está conectado con las partes y las partes entre sí, de manera que la variación en una se proyecta a las demás o a muchas otras, para causar cambios en ellas. El todo, visto así, no es igual a la suma de las partes. Esta no es ni una cita ni una afirmación descontextualizada, existen elementos que prueban que esta idea estaba atravesando parte importante de la obra darwiniana, especialmente en lo que se refiere a las pruebas de la existencia de la evolución.

### **1. Pruebas morfológicas y embriológicas de la evolución.**

Desde luego, toda búsqueda de explicaciones totalizadoras en las ciencias de la vida, debe pasar por una búsqueda de la integración forma-función. En *El Origen de las Especies*, Darwin formula algunas preguntas en este sentido:

¿Por qué debería estar el cerebro encerrado en una caja compuesta de huesos tan numerosos y tan extraordinariamente formados? [...] ¿Por qué huesos similares han sido creados en la formación del ala y la pata de un murciélago, si se utilizan para fines completamente diferentes? ¿Por qué un crustáceo, que posee un aparato bucal tan complejo, formado por muchas partes, ha de tener menos patas o los que tienen más patas poseen un aparato bucal más simple? ¿Por qué en toda flor los pétalos, sépalos estambres y pistilos están contruidos bajo el mismo patrón si sirven a fines tan distintos?<sup>2</sup>

A través de exposiciones como esta, Darwin da cuenta de las transformaciones cuantitativo-cualitativas en partes con un origen filo y ontogenético común. Un ala y una pata son similares en su estructura pero muy diferentes en su función; ambas sirven para el desplazamiento, pero cualitativamente es distinto volar que andar. Nada sobre la morfología animal puede ser explicado si no es a la luz de una visión evolutiva. Es la transformación a lo largo del tiempo lo que satisface dudas acerca de las diferentes

---

<sup>1</sup> Darwin, C. (2008 b) [1844]: *Essay of 1844*, en Darwin, C.: *The Foundations of the Origin of Species* (Francis Darwin, ed.), p. 80

<sup>2</sup> Darwin, C. (1964) [1859]: *The Origin of Species*. Cambridge, MA: Harvard University Press, p. 437.

funciones.

Darwin pone el énfasis en la unidad de tipo y subraya que solamente viendo esta unidad como devenir, como resultado de un proceso de evolución se puede entender su contraste con la diversidad de formas, misma que comienza en el estado embrionario mismo.

Darwin también menciona:

Porque el embrión es el animal en su estado menos modificado, y en esa medida refleja la estructura de su progenitor. Sin embargo, en dos grupos de animales, por mucho que puedan diferir entre sí en estructura y hábitos, si pasan a través de del mismo estado embrionario o de estados embrionarios similares, podemos sentirnos seguros de que han descendido del mismo o de antecesores similares y que por lo tanto en se encuentran relacionados en ese mismo grado. Así, la comunidad en la estructura embrionaria revela la comunidad en el origen [...]<sup>3</sup>

En la medida en que el estado embrionario de cada especie y grupo de especies muestra parcialmente la estructura de sus progenitores menos modificados, podemos darnos cuenta de por qué las formas de vida antiguas deben parecerse a los embriones de sus descendientes – nuestras especies existentes hoy en día.<sup>4</sup>

Estas palabras son formas de análisis totalizadoras porque explican los cambios individuales como una proyección de los cambios en escala de tiempo geológico. Se trata también de la sobreposición de dos escalas temporales en una totalidad coherente; de una serie de devenires y cambios de cantidad en cualidad. Finalmente, logra explicar el desarrollo embrionario como un recorrido de formas y estructuras observadas como discontinuidades y saltos dialécticos, a lo largo de los cuales aquellas aparecen y desaparecen, se trata del proceso de negación de la negación. La unidad de tipo se reafirma como una unidad dinámica.

---

<sup>3</sup> Darwin, C. (1964): *op. cit.* p.449.

<sup>4</sup> *Ibid.*

## **2. El principio del ancestro común y los problemas biogeográficos**

Con el principio del ancestro común,<sup>5</sup> Darwin modifica la visión lineal del arreglo de las cosas en el universo, proveniente de la ciencia del siglo XVIII, basada en el modelo de la gran cadena del ser y en una idea de progreso social lineal, y los sustituye por otro más flexible. Las variaciones en la naturaleza son aleatorias y en todo momento en la historia de los seres vivos se abren varias posibilidades simultáneas para la variación de éstos y por ello para la selección de las variedades. Lo que usualmente se observa es una divergencia en los caracteres a partir de un ancestro común y que en un inicio ninguna variación tiene la garantía de salir adelante. De este modo es comprensible la existencia de la bio-diversidad. Es resultado de la evolución como proceso creativo e inventivo. Es mediante el principio del ancestro común como es posible explicar la existencia de estructuras similares en organismos cercanamente emparentados y a la vez distintos, como mamíferos, aves o peces.

Ello conduce a desmitificar los procesos de unidad y diferencia morfológica y los procesos biogeográficos y observarlos desde una totalidad espacio-tiempo e interacciones parte-todo.

Es en el análisis biogeográfico donde Darwin aportará interesantes reflexiones acerca de una totalidad dialéctica, pues analiza brillantemente la proyección de la dimensión espacial en los eventos históricos, es decir: temporales. Con Darwin, la distribución geográfica de las especies se convierte en una superposición de la escala temporal, desdoblada a su vez en escala geológica y escala temporal individual-poblacional; con la escala espacial, desplegada en su dimensión del hábitat individual-poblacional y la del espacio geológico-planetario. Todas estas dimensiones se interpenetran, se convierten en factores inescindibles, se explica cada una como elemento fluido constitutivo de las demás.

## **3. Variedades, especies, hibridación y el principio de continuidad**

El principio de continuidad establece que en la naturaleza no existen saltos bruscos y que todas las entidades del universo se pueden arreglar a lo largo de una gradación muy fina.

Este principio deviene en una valiosa herramienta para comprender la totalidad

---

<sup>5</sup> *Ibid.*, pp. 111-126

cuando la naturaleza misma nos muestra que no existen las fragmentaciones y parcelaciones que el cartesianismo nos ha forzado a ver. El principio de continuidad no siempre excluye la existencia de saltos cualitativos, lo que explica es que, junto a ellos, existen continuas transformaciones imperceptibles a los sentidos, o aquellas que no alteran las cualidades de los factores del sistema que se transforma. Darwin, aunque frecuentemente tiende a disminuir la importancia de los cambios cualitativos en la evolución, nos ofrece, implícitamente, una buena explicación de la combinación de estos con las diferencias cuantitativas en el análisis del proceso de especiación, que, siendo un proceso muy gradual, implica la aparición de numerosas variedades como preámbulo a la formación de especies. Darwin encuentra que es extremadamente difícil definir, de acuerdo con la metodología tipológica tradicional en biología, cuándo tenemos una variedad y cuándo una especie. La cantidad de excepciones que se encuentran es suficientemente significativa como para concluir que dar definiciones tajantes de especie, y de variedad es muy difícil.<sup>6</sup> En sus borradores a *El Origen de las Especies* encontramos un capítulo entero dedicado al asunto,<sup>7</sup> y es allí en donde afirma:

Pero además de la extrema dificultad para decidir en algunos casos cuales formas debemos catalogar como especies y cuales como variedades, veremos que hay una gradación tan insensible, que va de la esterilidad estricta a la fertilidad perfecta, que es de lo más difícil trazar una línea de demarcación entre las dos [...].<sup>8</sup>

Darwin, capaz de dar la explicación más coherente y acertada del *continuum* variedad-especie, se aproxima a una visión dialéctica y comienza a romper con la concepción tipológica tradicional en taxonomía, imperante cuando menos desde tiempos de Carl Linnaeus. Esta tipología, aun cuando es muy antigua, tiene en la filosofía

---

<sup>6</sup> El desarrollo post-darwiniano de la genética, la ecología y la biología molecular, si bien han hecho muchas luces sobre los procesos de especiación, han encontrado muchos problemas, como los descritos por Darwin, para poder determinar claramente la diferencia entre variedad y especie. Consúltese por ejemplo Ptacek, M. B. y S. J. Hanksion (2009): *The Pattern and Process of Speciation*, en Ruse, M y J. Travis: *Evolution: The First Four Billion Years*. Cambridge, MA: The Belknap Press of Harvard University Press, pp. 177-207.

<sup>7</sup> Darwin, C. (1987), Darwin, C. (1987) [1856-1858]: *Charles Darwin's Natural Selection: Being the Second Part of his Big Species Book Written from 1856 to 1858*. Stauffer, R. C. (ed): Cambridge: Cambridge University Press, pp. 387-462.

<sup>8</sup>*Ibid.*, p 388.

cartesiana uno mejores exponentes modernos y es responsable de buena parte de las fragmentaciones y parcelaciones en el conocimiento del universo y de los seres vivos en particular.

#### **4. Pruebas paleontológicas de la evolución**

Darwin aporta al estudio de los fósiles una nueva metodología gracias a su comprensión de la necesidad de hacer análisis desde la totalidad dinámica espacio-tiempo. Establece que existe una relación de continuidad temporal entre los distintos estratos geológicos, es decir establece que en su análisis relacional se pueden conocer eventos en la historia de la Tierra. Establece que existe una relación temporal análoga a la de los estratos, entre los fósiles que en cada uno de ellos se encuentran, y por lo tanto probar que han existido cambios en las especies que han poblado la Tierra en otras épocas y finalmente señala la existencia de una correspondencia entre las edades de los estratos y las de los fósiles, pero a diferencia de cualquier otra interpretación geológica o paleontológica previa, se les ve como una relación espacio-temporal cambiante.

Darwin logra, con su análisis del registro fósil una gran innovación en el pensamiento científico: de una simple descripción espacial de artefactos se pasa a una distribución espacio-temporal de organismos antiguos. De una descripción de objetos de origen misterioso se pasa a una explicación coherente, materialista y verdadera de procesos y actividades comprensibles en el complejo espacio-tiempo. La dirección darwiniana hacia el pensamiento integrador, interdisciplinario y totalizador es manifiesta.

# EL DEBATE ENTRE DARWIN Y OWEN: LA BIOLOGÍA BRITÁNICA EN LAS DÉCADAS DE DARWIN

CARLOS ALBERTO OCHOA OLMOS

*Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva, Valencia (España)*

[caralol@alumni.uv.es](mailto:caralol@alumni.uv.es)

TRADICIONALMENTE, SE HA MENCIONADO que las principales discusiones de la biología de principios y mediados del siglo XIX estaban basadas en la dicotomía “creacionismo contra evolucionismo”. Este debate consistía en evaluar si los organismos habían sido creados por una mente divina o habían sido el producto de un proceso evolutivo. El término “fijismo” significó la estabilidad morfológica de las especies, cuyo origen se vinculaba directamente a la intervención de un Dios; mientras que el término “evolucionismo” indicaba que las especies se habían originado a partir de otras, y cuyas causas se debían a leyes que regían en la naturaleza. Thomas Henry Huxley sugirió esta división después de *El origen de las especies* de Charles Darwin, asegurando que la mayoría de los naturalistas a principios del siglo XIX eran creacionistas, y el número de evolucionistas creció después de la publicación de *El origen*. Así, bajo esta historiografía, se nos ha presentado al anatomista Richard Owen como un ferviente opositor de la evolución, quien abogaba a favor de la creación divina de diseños óptimos. El origen de esta narración se localiza en algunos escritos de Darwin, Huxley y Joseph Dalton Hooker; más adelante, muchos historiadores de mediados del siglo XX siguieron afirmando tal versión, incluso, en la actualidad se le sigue mencionado ocasionalmente. Pero, ¿qué tan cierta es esta representación de la historia?

Ya desde principios del siglo XX, en un clásico libro titulado *Form and Function*, Rusell había identificado que el problema al cual se enfrentaban los naturalistas del siglo XIX era sobre la relación entre la forma y la función: “¿La función

es el resultado mecánico de la forma, o la forma es meramente la manifestación de la función o actividad?”. Amundson (1998, 2005) ha apoyado este esquema, y ha considerado que ésta es la división más apropiada para explicar no solamente los debates que se llevaban a cabo en el siglo XIX, sino también para los del siglo XX. Asimismo, comenta que el debate formalismo y funcionalismo no había sido identificado correctamente debido a la divulgación de la historia del “idealismo”, “esencialismo” o “tipologismo”, una interpretación de la historia en la que se presentaba el formalismo como un pensamiento viejo, metafísico, y de connotaciones antievolucionistas. Sin embargo, advierte que esa categorización ha sido propagada principalmente por historiadores darwinistas que poseen una visión básicamente funcionalista. Apoyando este mismo esquema, Gould (2002) argumentó sobre la falsa interpretación de asumir que la evolución fue una línea divisoria entre la vieja ciencia con respecto a la nueva. No obstante, la realidad es que, después de *El origen*, muchos de los postulados de la morfología de principios del XIX permanecieron inalterados, y el concepto de la evolución llegó únicamente para tratar de explicar los mismos fenómenos y principios de una manera diferente, los del formalismo y el funcionalismo. Del mismo modo, en colaboración de la Dra. Barahona, he apoyado este debate en algunos trabajos de investigación (Ochoa y Barahona 2009a y 2009b). Y con respecto al tema que se maneja aquí, argumentaré acerca de este debate teniendo como referencia las discrepancias científicas de los dos naturalistas más importantes de la ciencia británica del siglo XIX, Charles Darwin y Richard Owen.

Charles Darwin desarrolló una teoría evolucionista cuyo mecanismo principal era la selección natural. De esta manera, mucho del proceso del cambio, incluyendo el origen de la morfología orgánica, se explicaba por el principio de la adaptación, por eso podemos decir que era funcionalista. Ahora bien, ¿debemos seguir argumentando a favor de Richard Owen como un antievolucionista e idealista? Lo que podemos notar es que a partir de la década de los cuarenta del siglo XIX, en monografías, artículos, libros y cartas, Owen admitió su creencia en la evolución de las especies. Esto ha sido remarcado por diferentes historiadores para intentar reinterpretar adecuadamente las ideas de Owen y su relación con los debates acontecidos en la biología del siglo XIX (MacLeod 1965; Richards 1987; Rupke 1994; Camardi 2001; Amundson 2005). Owen no fue un creacionista, ni siquiera un teólogo idealista, era un anatomista con una

explicación de la evolución diferente a la de Darwin. Owen defendió la postura del formalismo, pues continuó con la metodología característica de la morfología transcendental, que consiste en describir la unidad de tipo mediante el estudio de las variantes de los organismos reflejadas en su diversidad. A través de esto, Owen desarrolló el arquetipo como una herramienta necesaria para la identificación de las homologías. Así pues, Owen creía que las novedades estructurales, guiadas por el arquetipo, surgían por discontinuidad, saltos repentinos en la morfología que se acoplaban consecutivamente a una finalidad ambiental. Dichas transformaciones no eran al azar, ni si quiera eran producidas por los efectos ambientales, sino seguían caminos preconcebidos mediante leyes. Por otro lado, Charles Darwin, a través de su teoría evolutiva de la selección natural, fue capaz de dar una solución al problema del debate entre forma y función, pero se inclinó a favor del funcionalismo. Por ejemplo, explicó que la unidad de tipo representaba el ancestro común, quien obtuvo sus estructuras por adaptaciones del pasado.

Cuando Darwin regresó del viaje del *Beagle*, casi inmediatamente tuvo la fortuna de conocer a Owen. El 26 de octubre de 1836, Lyell mandó una carta a Owen invitándolo al té de la noche. Una vez que se conocieron, su relación empezó bastante bien debido a que Darwin había traído restos fósiles de Sudamérica y Owen fue quien los examinó. El 1 de Julio de 1858, en la reunión de la *Linnean Society*, se leyeron los escritos de Darwin y Alfred Russel Wallace en donde anunciaban públicamente la teoría de la selección natural. Enterado de esto, en septiembre del mismo año, en la reunión de Leeds de la *British Association*, Owen, quien en aquel tiempo era el presidente de la asociación, se mostró favorable a las ideas de Darwin y Wallace. Anteriormente, Owen había sostenido una teoría que explicaba la extinción de las especies por la acción del ambiente, ahora, Darwin y Wallace argumentaban que un cambio en el ambiente podría propiciar el origen de nuevas variedades. Rupke (1994) indica que Owen fue de los pocos naturalistas, sino es que el único, en advertir a la comunidad científica de la importancia de las ideas de Darwin y Wallace. A pesar de esta favorable recepción de la teoría, una vez que Darwin publicó *El origen*, Owen se convirtió en uno de sus más acérrimos enemigos.

Después que *El origen* salió al público, Owen estuvo muy enfadado con el libro de Darwin, y no fue sino hasta que, en abril de 1860, en el *Edinburgh Review*, cuando

publicó por primera vez su crítica en anonimato. Darwin escribió a Lyell: “He leído el *Edinburgh* que sin duda sé que está escrito por Owen. Es extremadamente maligno, astuto, y siento que hasta es contraproducente. Me molesta ser odiado con tal intensidad, así como en la él que me odia (Darwin, citado en Darwin, 1887). Ante esto solamente cabría preguntarse, ¿por qué Owen se enfadó tanto con la publicación de Darwin, si al principio se había mostrado receptivo con su teoría? Una explicación consiste en que Owen sintió envidia del éxito de *El origen*. Darwin escribe esto en su autobiografía: “Después de la publicación de *El origen de las especies*, él se convirtió en mi acérrimo enemigo, no debido a ninguna discusión entre nosotros, sino, hasta donde yo sé, por celos del éxito del libro” (Darwin, citado en Barlow, 1958). Sin embargo, la historia de los celos no lo dice todo. Otra explicación es que Owen era evolucionista, y todas sus críticas y discusiones circularon alrededor de esa postura. Owen estaba defendiendo su propia postura de la evolución; y si tenemos en cuenta esto, quizá podemos entenderlo cuando leyó *El origen*, en el momento en que Darwin lo incluyó como un naturalista que apoyaba la “inmutabilidad de las especies”. De hecho en el *Edinburgh Review*, Owen escribe que si Darwin, con las palabras “inmutabilidad de las especies”, quiere referirse al rechazo de “la concepción de la existencia de causas secundarias o una ley que opera continuamente en el origen de las especies”, entonces, Darwin estaba mal interpretando sus conclusiones las cuales incluyen un contexto evolucionista.

Ahora bien, si Owen estaba defendiendo su postura como evolucionista ¿por qué Darwin se sintió tan odiado por Owen?, ¿por qué se refirió a él como “extremadamente maligno, astuto” y “contraproducente”? Independientemente de su defensa hacia la evolución, la crítica que Owen hace a la teoría de la selección natural es bastante certera. Por ejemplo, según Owen, los experimentos observados en las modificaciones de las palomas domésticas no muestran que su variabilidad salga de aquellos límites que componen su tipo, las palomas no han dejado de ser palomas. Por otro lado, argumenta que las cornamentas de los ciervos son de las partes más flexibles y variables de todos los cuadrúpedos; sin embargo, aún no se tiene ninguna evidencia de algún cambio gradual significativo en esas cornamentas, y aunque los ciervos han llevado a cabo combates desde tiempos inmemorables, esas cornamentas permanecen constantes, siempre manteniéndose dentro de sus límites de variabilidad, es decir, siempre

conservan el patrón común. Finalmente, Owen propone algunos ejemplos del registro fósil. Sobre ellos muestra que el primer Ictiosaurio que vivió en la Tierra conserva la misma estructura fundamental que el último Ictiosaurio, y lo mismo aplica para el Pterodáctilo.

Pero Owen resintió la teoría de Darwin porque ésta destrozaba totalmente su sistema estructuralista. Darwin había convertido el arquetipo de Owen en un ancestro que vivió en el pasado; por tanto, las homologías ya no estaban representadas por un esquema en común, el arquetipo dejó de ser una herramienta metodológica, para Darwin, aquellas homologías habían surgido para solucionar problemas ecológicos del pasado, ahora cada modificación de la estructura representaba una ventaja que podría haber sido heredada hasta el presente, la forma era producto de la función.

Mientras que Darwin resistió los escritos de Owen, ya que en la teoría evolucionista de Owen no incluía la explicación de la selección natural, pues veía muchas dificultades a través de ella. Darwin quizá se dio cuenta que la teoría de Owen era la única capaz de rivalizar con el poderoso argumento de la selección natural. Owen había llamado a su teoría “hipótesis de derivación a partir del tipo original”, en ella argumentaba que las especies surgían de manera “repentina y considerable”, además postulaba que los cambios no se daban “accidentalmente en cada dirección; sino en un curso preordenado, definido y correlacionado”. Con esto, podríamos decir que Owen es el primer naturalista antidarwinista, precursor de las teorías estructuralistas como el saltacionismo y la ortogénesis, y en poner en duda la eficacia del mecanismo de la selección natural.

Pero, si era tan evidente la postura de Owen acerca del evolucionismo, ¿por qué la mayor parte de los darwinistas interpretaron sus palabras bajo el contexto del creacionismo? Rupke (1994) señala que esa interpretación pudo haber sido intencional, puesto que la correspondencia de Darwin con Joseph Hooker y Thomas Huxley, Lyell, entre otros, muestra una obsesiva conspiración en contra de Owen. Incluso, dándole la imagen de tirano, cuando en realidad su ataque era más pasivo. Uno polémico debate surgió en 1866, cuando la *London Review* y la *Popular Science Review* anunciaron que Owen había admitido el mecanismo de selección natural. Darwin aprovechó este suceso y en la cuarta edición de *El origen de las especies*, en su introducción, puso a Owen como un precursor de la teoría de la selección natural.

La teoría evolucionista de Owen publicada en *On the Anatomy of Vertebrates* no tuvo tanto éxito. En cambio, *El origen de las especies* se volvió una de las obras más populares de la época (hasta en la actualidad). Podríamos decir que el mecanismo de selección natural fue generalmente aceptado, pero quizá no en el sentido que fuese considerado como el más importante para la evolución. En todo caso, el darwinismo tuvo mucho alcance. Después de la década de los setenta del siglo XIX, Owen escribió muy poco sobre la evolución, su trabajo estaba más enfocado hacia cuestiones de la anatomía comparada, pero, sobre todo, se concentró en los asuntos que incumbían en el desarrollo de un nuevo museo encargado exclusivamente en la historia natural.

Pese a la gran cantidad de logros y reconocimiento que Owen tuvo a lo largo de su vida, su perspectiva de la evolución y su ataque hacia la teoría de la selección natural, lo llevaron hacia el olvido. Hoy en día, algunos libros de texto siguen refiriéndose a él como un antievolucionista y creacionista, del mismo bando de Adam Sedgwick y Sam el jabonoso Wilberforce. Sin duda, Owen quedó eclipsado por el triunfo del darwinismo: Charles Darwin yace en la Abadía de Westminster, justo a un lado de la tumba de Isaac Newton. Mientras que Richard Owen, el creador de la palabra dinosaurio, fue enterrado en un cementerio popular, Saint Andrew Churchyard en Ham.

## REFERENCIAS

- Amundson, Ron. 1998. Typology Reconsidered: Two Doctrines on the History of Evolutionary Biology. *Biology and Philosophy* 13: 153-177.
- Amundson, Ron. 2005. *The Changing Role of the Embryo in Evolutionary Thought: Roots of Evo-Devo*. Nueva York: Cambridge University Press.
- Barlow, Nora. [ed]. 1958. *The Autobiography of Charles Darwin 1809-1882*. London: Collins.
- Camardi, Giovanni. 2001. Richard Owen, Morphology and Evolution. *Journal of the History of Biology* 34: 481-515.
- Darwin, Charles. 1859. *On the Origin of the Species by Means of Natural Selection*. Primera Edición. Londres: John Murray.

- Darwin, Charles. 1866. *On the Origin of the Species by Means of Natural Selection*. Cuarta Edición. Londres: John Murray.
- Darwin, Francis [ed]. 1887. *The Life and Letters of Charles Darwin, including an autobiographical chapter*. Volumen dos. Londres: John Murray.
- Gould, Stephen J. 2002. *The Structure of Evolutionary Theory*. Cambridge: Harvard University Press.
- Hull, David. 1973. *Darwin and his Critics: The Reception of Darwin's Theory of Evolution by the Scientific Community*. Chicago: The University of Chicago Press.
- MacLeod, Roy M. 1965. Evolutionism and Richard Owen, 1830-1868: An Episode in Darwin's Century. *Isis* 56: 259-280.
- Ochoa, Carlos y Barahona, Ana. 2009a. "El debate entre Cuvier y Geoffroy, y el origen de la homología y la analogía". *Ludus Vitalis* 17 (32) 37-54.
- Ochoa, Carlos y Barahona, Ana. 2009b. *Forma versus función: Historia de la homología y la analogía*. Facultad de Estudios Superiores Iztacala y Facultad de Ciencias: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Owen, Richards. 1868. *On the Anatomy of Vertebrates*. Volumen tres, Mammals. Londres: Longmans, Green, and Co.
- Owen, Richard. 1894. *The Life of Richard Owen*. Nueva York: D. Appleton and Company.
- Richards, Evelleen. 1987. A Question of Property Rights: Richard Owen's Evolutionism Reassessed. *The British Journal for the History of Science* 20: 129-171.
- Rupke, Nicholas. 1994. *Richard Owen: Victorian Naturalist*. New Haven y Londres: Yale University Press.
- Russell, Edward S. 1916. *Form and Function: A Contribution to the History of Animal Morphology*. Londres: John Murray.

## HÁ OBJETIVIDADE NAS PRIMEIRAS PESQUISAS EM ECOLOGIA MARINHA?

RICARDO SANTOS DO CARMO

[rscarmo@ufba.br](mailto:rscarmo@ufba.br)

LUISA FERREIRA RIBEIRO

[luisa\\_bio@hotmail.com](mailto:luisa_bio@hotmail.com)

CHARBEL NIÑO EL-HANI

[charbel.elhani@pq.cnpq.br](mailto:charbel.elhani@pq.cnpq.br)

*Laboratório de Ensino, História e Filosofia da Biologia,  
Departamento de Biologia Geral, Instituto de Biologia,  
Universidade Federal da Bahia (Brasil)*

DURANTE A MAIOR PARTE DO SÉCULO XX, filósofos da ciência usualmente igualaram ‘ciência’ com ‘física’, e questões relevantes para a biologia como, por exemplo, o tipo de teleologia nas frequentes explicações funcionais nas disciplinas desta ciência, permaneceram sem importância. De fato, apesar de Aristóteles ter trazido à tona as implicações teleológicas do conceito de função, produzindo o entendimento de uma finalidade imanente nos fenômenos biológicos, desde sua explicação de que os atributos encontrados nos animais contribuem para uma função e por isso mesmo eles existem, uma discussão dedicada a estas relações veio a ocorrer com mais clareza na biologia apenas a partir da década de 1970. Do mesmo modo, outros assuntos como as implicações do materialismo, vitalismo e idealismo –subjacentes aos debates acerca das teorias da formação celular no século XIX– somente se prestaram a mostrar que as questões levantadas pela biologia, além de sem importância, eram fora de lugar. Entre as décadas de 1930 e 1960, não é que os conteúdos de biologia estivessem ausentes nas discussões de filosofia da ciência (ver Byron 2007), mas que não estava disponível uma genuína filosofia da biologia e, em paralelo, uma historiografia dessa ciência. Na

prática, o estabelecimento de um lugar próprio para as questões colocadas pela biologia contribuiu para a diversidade de filosofias e de histórias das ciências que temos hoje.

Uma das áreas cujas questões mais têm merecido atenção entre biólogos e historiadores da ciência é a história e filosofia da ecologia (Egerton 1983, p. 259; Takacs & Ruse 2011). Sintomaticamente, um dos pontos centrais de sua história recente concerne ao tratamento de seu estatuto científico. A dificuldade da ecologia em enunciar leis universalmente válidas para prever fenômenos ecológicos serviu a críticas por filósofos (e.g., Smart 1963) e cientistas (e.g., Shrader-Frechette & McCoy 1993) de que este campo da biologia não se qualifica como ciência. Na literatura de filósofos da ecologia, contudo, esta crítica principal encontrou limites na argumentação, claramente porque, como bem apontaram Colyvan e Ginzburg (2003), a tese de que as afirmações na ecologia devam ser de caráter universal, em vez do compromisso de que sejam gerais, exprime um vínculo inadequado com a natureza das leis físicas. Além disso, a crítica da não-cientificidade da ecologia se mostra mais ainda mais injustificada quando olhamos para a história dessa ciência e vemos casos relevantes de afirmações com domínio de aplicação mais restrito que também levaram à produção de conhecimento científico testável e reconhecido na prática atual (ver, e.g., Real & Brown 1991; Woerster 1994; Kingsland 1995).

Na literatura de história da ecologia, têm sido oferecidas divergentes interpretações para os antecedentes desta ciência, uma situação, em grande medida, explicada por sua intrínseca natureza polimórfica (McIntosh 1985, p. 6; Kingsland 1994, p. 349). Por exemplo, uma defesa importante é a de que os fundamentos da ecologia podem ser identificados nos naturalistas dos séculos XVII e XVIII, tais como Carl Linnaeus, René-Antoine Réaumur, Pehr Kalm, e mesmo Aristóteles na Grécia Antiga (Egerton 1977). Trata-se, por assim dizer, de uma ‘abordagem continuísta’ da historigrafia da ciência (ver Wilson 1995) que não faz uma separação entre a história natural e a tradição da geobotânica no século XIX, como os trabalhos de Humboldt. Aqui, de outro modo, desde uma ‘abordagem descontínuísta’, entendemos que a ecologia moderna se desenvolve a partir da década de 1890, distinguindo-se da história natural e da geobotânica, com as “pesquisas das causas” nos trabalhos dos botânicos Eugenius Warming e Andreas Schimper. Uma ênfase morfológica nas pesquisas de Warming iniciou o ramo da ecologia vegetal no século XIX (e.g., Morton 1981) e a

adição de uma perspectiva fisiológica por Schimper contribuiu para formar a ciência ecológica que se desenvolveu ao longo do século XX (e.g., Stauffer 1957; Limoges 1971; Oldroyd 1980; Acot 1990; Woerster 1994).

Neste trabalho, investigamos a história de um ramo importante da ciência ecológica que surgiu na chamada “década gloriosa” do final do século XIX (Damkaer & Mrozek-Dahl 1980), qual seja, a ecologia marinha, com o objetivo de entender o tipo de conhecimento que seus primeiros praticantes estavam interessados em produzir. Trata-se de uma narrativa histórico-epistemológica dos trabalhos de dois naturalistas contemporâneos, Edwards Forbes e Philip Gosse, os quais, entre as décadas de 1870-1880, contribuíram para os fundamentos da ecologia marinha (McIntosh 1985, p. 99). Ademais, consideramos na literatura em história da ecologia os trabalhos de Victor Hensen e Carl Petersen, ecólogos de uma geração seguinte à que fizeram parte Forbes e Gosse, e discutimos a natureza do conhecimento científico de seus trabalhos. Esse tipo de pesquisa que busca explicitar o compromisso dos pesquisadores com um certo tipo de conhecimento científico, exigindo que seja um conhecimento objetivo, talvez também verdadeiro, parece-nos possível se pensarmos que a epistemologia pode ser historicizada e, assim, deve haver uma história dos critérios que deveriam ser satisfeitos para que o conhecimento contasse como válido. De fato, o que chamamos aqui de critérios são definidos por Lorraine Daston e Peter Galison (2010) como “virtudes epistêmicas”, nomeadamente: (1) verdade-da-natureza; (2) objetividade mecânica; (3) objetividade estrutural; e (4) julgamento treinado, que emergiram em diferentes épocas da história da ciência. De fato, trata-se de um novo programa de pesquisa iniciado por estes autores e que, diferente da visão dominante de que a objetividade e a verdade emergiram juntas no século XVII, esclarecem que a objetividade como virtude epistêmica surgiu apenas em meados do século XIX.

Nossos resultados sugerem que, embora a ecologia tenha se distinguido como ciência no contexto histórico em que emergiu a virtude epistêmica de objetividade, os primeiros trabalhos que pavimentaram seu desenvolvimento não podem ser ditos ‘objetivos’, ou seja, a objetividade não era um ideal que regulava a realização dessas pesquisas. A objetividade, nos termos de Daston e Galison (2010, p. 203), entendida como a vontade de não ter qualquer vontade, isto é, uma virtude do pesquisador de suprimir a própria vontade de ver no mundo o que espera ver, deixando que a natureza

fale por si mesma no trabalho científico, parece estar ausente nos trabalhos de E. Forbes e P. Gosse. Por exemplo, Forbes questionando-se acerca de qual seria o propósito da série de cílios nos pedúnculos da estrela-do-mar, argumenta: “[...] Que Deus é infinitamente sábio é uma verdade revelada; e se a organização diante de nós parece excelente ou imperfeita não importa — conhecemos é o perfeito e o correto, sendo o trabalho de um Deus infinitamente sábio” (Forbes, 1841, p. 98-99). Também, no prefácio de uma importante obra de Gosse, encontramos: “Um assunto tão vasto como o oceano poderia ser visto em uma variedade de aspectos, todos eles mais ou menos instrutivos: a que foi escolhida é aquela em que se apresenta a mente de um naturalista, desejoso de ver o Onipotente Criador em Suas obras” (Gosse 1880, p. 5). Portanto, em vez de retratar o particular, com todas as suas singularidades e acidentes, que seria evidência do compromisso com um modo de “objetividade”, as descrições e ilustrações desses naturalistas buscam representações do tipo ideal dos organismos coletados, uma marca distintiva da virtude epistêmica “verdade-da-natureza”.

No final do século XIX e começo do século XX, a ecologia lidava com significativas disputas entre os cientistas acerca das práticas e métodos mais adequados para os seus objetos de estudo: as comunidades terrestre e aquática de organismos. Particularmente, como McIntosh (1985, p. 56) salienta, desafiavam os cientistas dessa época os problemas de homogeneidade e a explicação de padrões. Por exemplo, Frederic Clements foi um crítico duro do método “descritivo” na ecologia do início do século XX, porquanto, segundo ele, nenhum outro método poderia “produzir resultados mais distantes da verdade” (Clements 1977, p. 8). Para Clements, o uso das impressões sensoriais diretas para descrever a vegetação em termos gerais pode ser chamado “ecologia estática”, que poderia ser feita com pouco preparo e teria pouco valor. Em contraste, a sua defesa da “ecologia dinâmica” (Clements 1916) tem a ver com sua proposta de que o que importa no estudo das comunidades vegetais é a mudança ao longo do tempo, cabendo distinguir, mediante contagem do número de indivíduos, entre a formação vegetal propriamente dita e as suas condições de contorno. A proposta dos “métodos dos quadrats” (Pound & Clements 1898) segue dessa perspectiva de que a contagem oferece uma estimativa precisa do tamanho de uma população, que é visto como o “salto para a quantificação numérica na ecologia” (Tobey 1981, p. 57).

Essa interpretação, entretanto, é imprecisa historicamente, porque embora, no início, a ecologia animal tenha seguido muito dos passos da ecologia vegetal (Acot 1990, p. 50), a situação se mostra invertida pelo menos nesse ponto. Um uso importante de um tratamento matemático na ecologia ocorre primeiro na ecologia aquática com o zoólogo alemão Victor Hensen, ao desenvolver uma série de métodos de amostragem de plâncton em espaço local com vistas a estimar o número de indivíduos em escala regional (ver, e.g., Jonhstone 1908). De acordo com Lussenhop (1974, p. 320), o desenvolvimento dos métodos de amostragem, que se prestam a alguma abordagem estatística, para estimar o tamanho das populações de organismos em grandes áreas significa um compromisso de Hensen em produzir resultados de pesquisa mais confiáveis, na medida em que são uma consequência da operação de métodos bem definidos, reproduzíveis e válidos para uma comunidade de usuários.

A defesa do uso de procedimentos quantitativos para investigar e representar a natureza encontrou, no entanto, resistência na ecologia nascente. Muitos dos contemporâneos de Hensen não se convenceram da validade dos seus resultados, por exemplo, acerca das diferenças de distribuição das comunidades planctônicas dos mares Báltico e Kattegat. Haeckel, para citar um dos seus críticos, não aceitava os resultados de Hensen por não acreditar numa distribuição uniforme dos organismos planctônicos nos oceanos, como Hensen assumiu. E, de modo mais importante, nos diz Lussenhop (1974, p. 328), se opôs Haeckel aos procedimentos de Hensen “por causa de sua desconfiança nas estatísticas”. Para Haeckel, ainda explica Lussenhop (1974, p. 329), a estatística é problemática na ecologia porque fornece “uma aparência enganadora de precisão quando ela não é possível”.

Apesar de críticas como esta, a introdução da abordagem estatística tem a ver com o ideal de Hensen de comparação dos resultados de pesquisa entre os cientistas, que poderia ser de alguma maneira realizada se protocolos rígidos fossem seguidos. De fato, já no final da década de 1890, mais ecólogos reconhecem nos instrumentos de amostragem uma maneira de tornar rotineira a coleta de dados na natureza e fazem uso de alguma abordagem estatística como método para comparações e conclusões para além dos dados coletados.

Entre os estudos em ecologia marinha, também o biólogo dinamarquês Carl Pertersen serve a esse ideal de minimizar a interferência do cientista na coleta dos

dados, ao propor, em 1896, a contagem de indivíduos bênticos como uma medida da biomassa das comunidades bênticas, um procedimento que ele acreditava ser mais preciso do que a percentagem de material seco empregado pelos ecólogos terrestres (McIntosh 1985, p. 112). Petersen estava interessado em estimar a biomassa bentônica para aumentar as atividades pesqueiras (Petersen 1913). Uma estimativa confiável, segundo ele, dependeria de métodos padronizados de coletas de dados e o uso de técnicas estatísticas para estimar a biomassa total de comunidades bentônicas na área de interesse (Baker et al. 1977; Pearson et al. 1985).

A virtude da objetividade, marcada pela norma de que regras compartilhadas e tratamento quantitativo orienta um modo confiável de investigar a natureza encontra cada vez mais ressonância nos trabalhos dos ecólogos e, como bem observa McIntosh (1985, p. 166, Lussenhop 1974, p. 320), a imensa maioria dos trabalhos em ecologia animal na década de 1930 utilizava algum método de contagem e tratamento estatístico para representar a dinâmica das populações, ainda que eles soubessem pouco acerca das causas das mudanças. Vemos, assim, na prática dos ecólogos um modo instrumentalista de investigar a natureza, segundo o qual o conhecimento científico para ser válido deveria ser baseado apenas nos dados coletados, esses obtidos por meio de procedimentos padronizados e representados com máxima precisão, isto é, sem distorções e interpretações do cientista, o que se acreditava ser possível com alguma abordagem estatística. Nos termos de Daston e Galison (2010, p. 6), esses ecólogos de meados dos anos 1880 e década de 1890 estão comprometidos com a virtude da “objetividade mecânica”, um ideal regulativo que se torna parte do “empirismo coletivo” da ecologia por volta dos anos 1930 e orienta os cientistas a disciplinar-se quanto aos seus desejos ou interpretações sobre os dados.

Antes de 1890, como vemos nos trabalhos de Edwards Forbes e Philip Gosse, se exigia do conhecimento, para que fosse válido, que se mostrasse verdadeiro, não objetivo. Por estarem servindo à virtude epistêmica “verdade-da-natureza”, Forbes, Gosse e seus contemporâneos esperavam um dos outros que fossem capazes de selecionar os espécimes, então aperfeiçoar aquele exemplar na produção da imagem, para ver não suas irregularidades, suas particularidades, seus acidentes, mas o que está além dele: o característico, o essencial, o universal, o típico. Nesses termos, ao colocá-los entre os primeiros de uma comunidade de estudiosos da flora e fauna marinha (ver

também Egerton 2010), nem em preceito nem na prática podemos dizer que a ecologia marinha nascente servia à objetividade como uma virtude epistêmica.

Ao aceitarem a objetividade como virtude epistêmica, Hensen e Petersen se tornam um tipo de *persona* científica diferente de Forbes e Gosse e, sintomaticamente, aspiram diferentes qualidades em suas pesquisas. Similarmente, o conhecimento produzido por Hensen não é igual ao tipo de conhecimento de outros cientistas do final do século XIX ou antes, ainda que métodos de amostragem e tratamento estatístico fossem práticas sancionadas nos séculos XVII e XIX para representar fielmente a natureza. Avaliando os trabalhos de Hensen, também Lussenhop enxerga diferenças e os explica em termos de métodos: “Os métodos de amostragem de Laplace e dos principais estatísticos do final do século XIX contrastavam fortemente com os de Hensen, porque, apesar do conhecimento subjetivo da população amostrada ou através dos censos, eles tentavam escolher amostras representativas ou típicas” (Lussenhop 1974, p. 336). Entendemos, de outro modo, que as diferenças não se devem a métodos, mas a disputa entre virtudes epistêmicas. Enquanto Hensen via a objetividade como uma norma para contrapor-se à subjetividade, cientistas do século XVII buscavam a verdade, como vemos na referência ao típico.

Ademais, o que esse trabalho de Lussenhop revela é uma curiosa situação em que os estatísticos do final do século XIX acreditam na objetividade dos métodos de amostragem, além disso reconhecem o mal da subjetividade ameaçando essa prática, mas ainda insistem que a objetividade pode ser alcançada se as amostras típicas forem selecionadas. Em outras palavras, é curiosa a tentativa de curar o mal da subjetividade com uma prática que depende fortemente da intervenção do pesquisador (a seleção do típico) e, por isso mesmo, também se presta à acusação de ser subjetiva nesse contexto de fins do século XIX.

À guisa de conclusão, é muito interessante que, na década de 1930, os ecólogos começam a questionar a objetividade como virtude. O ideário da busca pela visão cega, operacionalizada com o uso de alguma técnica estatística como forma de deixar a natureza falar por si mesma no trabalho científico, parece não ser suficiente para a generalização. Em 1939, por exemplo, o ecólogo George Eber MacGinitie traz mais uma vez à baila o ponto de que a suposição de distribuição uniforme dos indivíduos de uma população em uma determinada área deveria ser repensada.

Referindo-se à prática dos ecólogos, McGinitie salientou a dificuldade de supor que dois ambientes pudessem ser exatamente iguais, bem como duas comunidades. Para contornar esse problema, um método de estudo seria dividir uma comunidade em muitas comunidades e definir suas fronteiras, mas que isto deveria ser deixado para o “bom julgamento do investigador” (McGinitie 1939 apud McIntosh 1985, p. 116). Nesse ponto, pelo menos duas considerações são possíveis de nossa parte: (i) a primeira é a de que McGinitie está a defender que julgar é um ato de intervenção da subjetividade; (ii) outra consideração é que McGinitie, como membro de uma comunidade de cientistas do início do século XX, se mostra comprometido com visão de que a intervenção humana é uma condição necessária para revelar padrões nos dados. No primeiro caso, é compreensível a reação de uma comunidade de ecólogos ao mal da subjetividade, que deve ser curado com a virtude da objetividade. Mas se o julgamento aparece nos trabalhos de McGinitie e de outros ecólogos do início do século XX não como um mal a ser rechaçado, mas como uma ação a ser exercida, uma terceira virtude epistêmica está em jogo, o “julgamento treinado”. Como uma reação as limites da objetividade, Daston e Galison (2010, p. 322) nos explica que o julgamento treinado soma ao repertório de virtudes epistêmicas da ciência a partir das décadas de 1930 e 1940. Na ecologia, em particular, colocamos a investigação dessa virtude no horizonte de nossas pesquisas.

## REFERÊNCIAS

- Acot, P. (1990) *História da Ecologia*. Editora Campus (Rio de Janeiro, RJ).
- Baker, J.H., Kimball, K.T., Bedinger Jr, C.A. (1977) Technical note comparison of benthic sampling procedures: Petersen grab vs. Mackin Corer. *Water Research* 11, pp. 597–601.
- Byron, J.M. (2007) Whence Philosophy of Biology? *British Journal for the Philosophy of Science* 58, pp. 409–422.
- Colyvan, M. and Ginzburg, L.R. (2003) The Galilean turn in population ecology. *Biology and Philosophy* 18, pp. 401–414.
- Clements, F.E. (1916) *Plant Succession: An Analysis of the Development of Vegetation*. Publication N.º 242. Carnegie Institution of Washington (Washington, DC).

- Clements, F.E. (1977) *Research Methods in Ecology*. Arno Press (New York, NY).
- Daston, L. and Galison, P. (2010) *Objectivity*. Zone Books (New York, NY).
- Damkaer, D. M. and Mrozek-Dahl, T. (1980) The Plankton-Expedition and the copepod studies of Friedrich and Maria Dahl. In *Oceanography: The Past* (Sears, M. and Merriman, D., eds), pp. 462–473, Springer-Verlag (New York, NY).
- Egerton, F. (1977) *American Plant Ecology, 1897-1917*. Arno Press (New York, NY).
- Egerton, F. (1983) The History of Ecology: Achievements and Opportunities, Part One. *Journal of the History of Biology* 16, pp. 259–310.
- Egerton, F. (2010) History of the Ecological Sciences, Part 35: The Beginnings of British Marine Biology: Edwards Forbes and Philip Gosse. *Bulletin of the Ecological Society of America*, pp. 176–201.
- Forbes, E. (1841) *A History of British Starfishes, and Other Animals of the Class Echinodermata*. John Van Voorst (London, UK).
- Gosse, P.H. (1880) *Wonders of the Great Deep; or, The physical, animal, geological, and vegetable curiosities of the ocean*. John W. Lovell Company (New York, NY).
- Jonhstone, J. (1908). *Conditions of Life in the Sea: A Short Account of Quantitative Marine Biological Research*. Cambridge University Press (Cambridge, MA).
- Kingsland, S.E. (1994) Essay Review: The History of Biology. *Journal of the History of Biology* 27, pp. 349–357.
- Kingsland, S.E. (1995) *Modeling Nature: Episodes in the History of Population Ecology*. University of Chicago Press (Chicago, IL).
- Limoges, C. (1980) De l'économie de la nature aux écosystèmes: l'histoire de l'écologie esquissée à grands traits. *Spectre*, pp. 9–14.
- McGinitie, G.E. (1939) Littoral marine communities. *American Midland Naturalist* 21, pp. 28–55.
- McIntosh, R.P. (1985) *The Background of Ecology: Concept and Theory*. Cambridge University Press (Cambridge, MA).
- Morton, A.C. (1981) *History of Botanical Science: An Account of the Development of Botany from Ancient Times to the Present Day*. Academic Press (New York, NY).
- Oldroyd, D.R. (1980) *Darwinian Impacts*. Humanities Press (Atlantic Highlands, NJ).

- Pearson, T.H., Josefson, A.B., Rosenberg, R. (1985) Petersen's benthic stations revisited. I. Is the Kattegatt becoming eutrophic? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 92, pp. 157–206.
- Petersen, C.G.J. (1913) Valuation of the sea. 2. The animal communities of the sea bottom and their importance for marine zoogeography. *Report of the Danish Biological Station* 21, pp. 1–44.
- Pound, R. and Clements, F.E. (1897). Review of "Observations on the Distributions of Plants along the Shore at Lake on the Woods". *American Naturalist* 31, pp. 980–984
- Real, L.A. and Brown, J.H., eds. (1991) *Foundations of Ecology: Classic Papers with Commentaries*. University of Chicago Press (Chicago, IL).
- Smart, J.J.C. (1963) *Philosophy and Scientific Realism*, Routledge & Kegan Paul (London, UK).
- Shrader-Frechette, K. and McCoy, E.D. (1993) *Method in Ecology*, Cambridge University Press (Cambridge, MA).
- Stauffer, R.C. (1957) Haeckel, Darwin and Ecology. *Quarterly Review of Biology* 32, pp. 138–144.
- Takacs, P. and Ruse, M. (2011) The Current Status of the Philosophy of Biology. *Science & Education*.
- Tobey, R. (1981) *Saving the Prairies: The Life Cycle of the Founding School of American Plant Ecology, 1895-1955*. University of California Press (Berkeley, CA).
- Wilson, C. (1995) *The Invisible World: Early Modern Philosophy and the Invention of the Microscope*. Princeton University Press (Princeton, NJ).
- Woerster, D. (1994) *Nature's Economy: A History of Ecological Ideas*. Cambridge University Press (Cambridge, MA).

# LOS CAMBIOS EN LAS TEORÍAS BIOLÓGICAS EVOLUTIVAS EN TEXTOS DE ENSEÑANZA EN CHILE

MANUEL TAMAYO HURTADO

*Universidad Católica del Maule, Talca (Chile)*

[manuel.tamayoh@gmail.com](mailto:manuel.tamayoh@gmail.com)

LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA ES LA IDEA CENTRAL que da sentido a la Biología moderna. Sin embargo, se ha dificultado por movimientos extracientíficos, que en diferentes países han desencadenado una fuerte oposición a la enseñanza de la Biología evolutiva. Los grupos religiosos fundamentalistas, que sienten el peligro para sus creencias que representa el avance de las Ciencias y la Filosofía, han desarrollado variadas estrategias, desde la burda tergiversación de contenidos científicos hasta ridiculización y persecución de pensadores o investigadores –llegando hasta el homicidio, como en los casos de Hipatia (380-415), Miguel Servet (1511-1553), Giordano Bruno (1548-1600) o Lucilio Vanini (1584-1619)– y desde la amplia divulgación de pseudoargumentos para descalificar las evidencias científicas hasta el total silenciamiento del tema. Varios estudios demuestran que las presiones de los grupos antievolucionistas han llevado a reducir progresivamente o a tergiversar la enseñanza de la Biología evolutiva en colegios (Skoog 1979; Rosenthal 1985; Barberá y Zanón 1999).

Este trabajo examina esta situación en la educación media chilena. Se efectuó un trabajo de revisión exhaustiva de la bibliografía disponible en bibliotecas y librerías para reunir la máxima información posible para formar un panorama claro en relación a tres aspectos: Chile en los inicios del evolucionismo, desarrollo del evolucionismo en los medios científicos e intelectuales chilenos, y el evolucionismo en la Enseñanza Media de Chile.

Reunida una muestra importante de los principales textos de Biología o Ciencias

naturales producidos en Chile, para el último nivel de enseñanza secundaria o media se evaluó la pugna entre posiciones evolucionistas y antievolucionistas reflejada en los contenidos de estos textos, se relacionó la ideología de los autores de textos con su posición frente al evolucionismo, se determinó la importancia relativa asignada al tema evolutivo en la enseñanza media, la contribución de los textos de estudio chilenos al desarrollo de las ideas evolucionistas, el avance del conocimiento científico y su manifestación en la enseñanza de la evolución, se compararon diversas ediciones de los mismos textos para analizar los cambios principales introducidos en sus contenidos, se hizo una revisión de los temas y subtemas de la Biología evolutiva considerados en los textos publicados a partir de 1960, desde fines del período de la síntesis, y se revisó cada texto para estimar la veracidad de sus afirmaciones.

En Chile se produjeron disputas desde mediados del siglo XIX hasta mediados del siglo XX entre grupos evolucionistas y opositores. Durante décadas se produjo un fuerte enfrentamiento político e ideológico entre dos bandos irreconciliables que deseaban orientar la enseñanza pública, los laicos-liberales y los católicos conservadores, lo cual se reflejó en la enseñanza de la Biología. Los textos de estudio para enseñanza a nivel medio se abanderizaron en uno u otro sentido, según la posición de sus autores. El tema de la evolución biológica se incorporó en el programa oficial de enseñanza para las escuelas públicas en 1902, cuando se editaron los primeros textos de estudio dedicado a este tema, de los cuales tuvo mayor éxito *“La Teoría de la Evolución”* o *“La teoría biológica de la evolución natural de los seres vivos”* de Bernardino Quijada Burr. El texto de Quijada polarizó rápidamente a entusiastas partidarios y a furibundos detractores de la evolución orgánica. Como reacción al libro, desde 1923 se publicó una serie de textos muy críticos contra el darwinismo, escritos por sacerdotes católicos, tales como E. Santier Saint Gabriel, Theo Drathen, Valentín Panzarasa, Guillermo Ebel, Alejandro Horvat y Carlos Weiss.

El concepto de “evolución biológica” tiene distinta connotación. Algunas definiciones se refieren solamente al nivel supraespecífico y son gradualistas, no consideran que la evolución pueda ser un proceso a veces brusco o saltacionista. También se habla incorrectamente de “perfección” a través de “escala de progreso” unidireccional falsa. Otras definiciones consideran que la evolución es el cambio o el origen de las especies por descendencia común, o describen el proceso solamente a

nivel intraespecífico, en forma reduccionista, concepto largamente superado, presinteticista. Investigadores, intelectuales o educadores chilenos participaron en el desarrollo o la discusión de ideas evolucionistas. En textos de Bernardino Quijada se enriqueció la exposición de la materia con numerosos ejemplos de especies nacionales, especialmente en relación con concepto de especie y pruebas de la evolución. Los mismos ejemplos, y otros, se siguieron mencionando en otros libros de estudio, para rebatir los argumentos evolucionistas. En textos más recientes, sus autores se han preocupado escasamente por entregar ejemplos de especies nativas chilenas.

El texto de Drathen de 1925 acepta a la evolución biológica como hipótesis, y, aunque es antidarwinista, reconoce que la gran mayoría de los biólogos contemporáneos son evolucionistas. En cambio, otros textos de autores religiosos, como Santier Saint Gabriel (1923) y Ebel (1936), con fijismo a ultranza, representan una postura que al menos en los círculos científicos ya no se mantenía en esos años. A través del tiempo fue variando la importancia del tema evolutivo en la enseñanza media, como se refleja en los programas oficiales. A lo largo del siglo XX, se produjo tendencia a la disminución del porcentaje dedicado al tratamiento de la Evolución Biológica en textos de estudio chilenos de enseñanza media. Esta reducción se justifica por el mayor desarrollo de otros campos biológicos (Biología molecular, problemas ambientales, adelantos en materia de reproducción, el abuso de drogas, etc.), porque es difícil seleccionar actividades prácticas adecuadas acerca de evolución y porque se trata de un tema muy amplio, lo que dificulta su enseñanza, pero a ello puede agregarse la presión de grupos antievolucionistas.

También hubo cambios en la posición oficial de autoridades educativas frente al creacionismo antievolucionista. Hacia fines del gobierno de Eduardo Frei Montalva, en el marco de la reforma educacional, se eliminó el tema “Evolución” de los programas de Biología de enseñanza media en Chile, situación que se mantuvo por casi 20 años. Hay razones para pensar que pudo deberse a presiones de sectores religiosos. Los contenidos referentes a la Evolución biológica se reintegraron a la Enseñanza Media chilena en 1985, y durante un tiempo se incluyeron además para sexto año básico, pero en la década de 1990 pasaron a formar parte de un plan optativo. Con la nueva Reforma Educacional, el tema evolutivo se incluyó nuevamente entre los contenidos del plan común, pero en tercer año medio. Se detecta cierta relación entre cambios de enfoques

en el tema de la evolución producidos a través de la historia de las ideas y su enseñanza en Chile. Se han incorporado gradualmente a los textos de estudio nuevos enfoques teóricos, en sucesivas ediciones de algunos textos más que en otros.

Los textos de enseñanza examinados muestran el reemplazo de algunas corrientes predominantes dentro del pensamiento evolucionista, y la pérdida de crédito de lamarquismo, ortogeneticismo y evolucionismo teísta. El texto de Quijada representa la visión del “eclipse del darwinismo” o período agnóstico: adhesión absoluta al evolucionismo, pero sin decidirse entre diferentes escuelas, con críticas a favor y en contra de las posiciones de Geoffroy, Lamarck, Darwin, De Vries, etc. En la séptima edición, Quijada parece aceptar el evolucionismo teísta y amplía las objeciones al principio lamarquiano del uso y desuso de los órganos. En fechas más recientes se ha producido mayor retardo en renovación de las ideas evolutivas en textos de estudio respecto al avance de la investigación científica. Textos como los de Horvat y Weiss (1978), Molina y Zárate (1985), Lastra y cols. (1991), Hidalgo y cols. (1995) y Glavic y Ferrada (1998), presentan las ideas básicas del sinteticismo, pero hay escasas referencias a los avances recientes del período de Postsíntesis.

En los textos revisados se considera a Charles Darwin y a Jean Lamarck como dos principales teóricos del evolucionismo. Johann Goethe apareció en un plano secundario en textos antiguos, y luego dejó de ser tomado en cuenta. Cuvier y Linné se mencionan como los principales fijistas. No hay claridad entre qué prelamarquianos deben considerarse importantes. A principios del siglo XX eran valoradas las ideas de Geoffroy, en la actualidad se les da escasa importancia. También fue valorado Ernst Haeckel, pero cayó en descrédito. Se encuentran opiniones muy disímiles respecto a supuestas ideas evolucionistas de San Agustín y de Santo Tomás. Especialmente los católicos evolucionistas aceptan que San Agustín planteó ideas evolucionistas, los católicos fijistas lo niegan. Otros creacionistas no católicos incluyen a San Agustín entre los evolucionistas. Algunos opinan que Lamarck aceptaba la existencia de una “*tendencia complicadora inherente al protoplasma o principio evolutivo interno impulsor*”, lo cual es dudoso.

Ediciones sucesivas de los textos presentan diferencias, suprimiendo, modificando o agregando ideas. Los cambios principales suelen mostrar cómo fueron cambiando puntos de vista, o se buscó suavizar las confrontaciones con posiciones

antagónicas o enmendar errores. Se observa algún incremento progresivo en la diversidad de aspectos tratados. En los textos de estudio se han desarrollado determinados campos o temas específicos dentro del amplio tema de la evolución biológica y ha cambiado la importancia relativa de cada uno de ellos. Los primeros textos se reducían a comparar el evolucionismo con el fijismo, valorar los diferentes tipos de evidencias a favor del evolucionismo y discutir argumentos relativos a distintos mecanismos evolutivos propuestos. A veces se sugerían distintas líneas evolutivas. Posteriormente, la Biología evolutiva se amplió con el desarrollo de la genética de poblaciones, el sinteticismo, el avance en el conocimiento de la especiación, origen de la vida, pautas evolutivas en macroevolución y aplicación de la evolución a las Ciencias sociales. Los textos de educación media publicados en Chile a partir del año 1960, cubren entre el 27% y el 49% de los aspectos más relevantes del evolucionismo actual. Temas no tratados son: objeciones creacionistas, evolución teísta, ortogénesis, mimetismo, mecanismos de especiación parapátridos y peripátridos, procesos de anagénesis y cladogénesis, coevolución, evolución en mosaico, origen de los virus, y diversos temas que relacionan a la evolución con Ciencias sociales. Varios de estos aspectos se consideran en textos de enseñanza media de otros países.

Los textos de estudio de Biología a nivel medio en Chile han presentado la evolución biológica en forma a veces inexacta, especialmente los que adoptaron posiciones antievolucionistas. Las principales objeciones planteadas por textos fijistas al evolucionismo se centran en la teoría darwiniana de la selección natural. Los creacionistas teístas también suelen oponerse al darwinismo con argumentos similares. El análisis de estas críticas demuestra que se basan en un concepto erróneo acerca de este mecanismo, o de suposiciones equivocadas. En los textos de estudio escritos por antievolucionistas se suele confundir a la generación espontánea con la abiogénesis, concluyendo que la vida no pudo surgir evolutivamente por causas naturales desde la materia inerte, porque Pasteur demostró la imposibilidad de la generación espontánea. Con estas afirmaciones se desconoce el hecho obvio de que la “generación espontánea” suponía el surgimiento de formas vivas actuales y complejas directamente desde la materia inerte bajo las condiciones imperantes en nuestro planeta en la actualidad, hecho absolutamente ajeno a las teorías evolucionistas. Algunos textos de estudio confunden la paleontología con la arqueología, sus alcances y métodos. En un texto se

afirma que los neodarwinistas suponen fuerzas internas, innatas en los vivientes, que los impulsan a progresar, lo cual es claramente falso. Otro error frecuente es el de denominar “*teoría neodarwinista*” al sinteticismo. Se suele explicar las diferencias entre las concepciones lamarquista y darwinista de la evolución asumiendo que Darwin no aceptaba el efecto directo de los factores ambientales ni la herencia de caracteres adquiridos. En realidad, la teoría darwiniana también aceptaba la herencia de caracteres adquiridos y fueron los neodarwinistas, encabezados por August Weismann, los que la desecharon reemplazándola por las mutaciones.

A diferencia de lo ocurrido a nivel de enseñanza media, entre los biólogos chilenos en el nivel universitario y dentro del campo científico, no existió enfrentamiento alguno. Desde inicios del siglo XX se abordan las ideas darwinistas en cursos de Biología, antropología y sociología de las universidades chilenas. El análisis realizado a nivel de enseñanza media podría ampliarse hacia la docencia universitaria.

# EL ENFOQUE JERÁRQUICO EN EL NÚCLEO DE LOS PLANTEAMIENTOS ORGANICISTAS Y SISTÉMICOS EN BIOLOGÍA

JON UMEREZ

*IAS-Research – Philosophy of Biology group, Depto. de Lógica y Filosofía de la  
Ciencia, Universidad del País Vasco (UPV/EHU) (España)*

[jon.umerez@ehu.es](mailto:jon.umerez@ehu.es)

## **1. Introducción**

HAY AL MENOS TRES AMPLIOS ELEMENTOS CONCEPTUALES que caracterizan, de modo bastante obvio, el significado filosófico de las corrientes organicistas vinculadas a la biología del desarrollo de principios del siglo XX: centralidad del organismo, perspectiva sistémica y pensamiento jerárquico en términos de niveles de organización.

La hipótesis que pretendo explorar en este trabajo mantiene que uno de los aspectos cuya fortuna merece ser escrutada, desde un punto de vista epistemológico, como señal de la persistencia de la Biología Teórica de principios del siglo XX en décadas posteriores, es, precisamente, el pensamiento jerárquico pues se da la circunstancia de que tanto su presencia como su olvido coinciden con una actitud más general (favorable o contraria, respectivamente) con el organicismo en las ciencias de la vida. Incluso aunque esta visión jerárquica sea, en algunos casos, el único indicio aparente de la visión más abarcadora. De forma complementaria, planteo que la ausencia de un enfoque genuinamente jerárquico en algunas propuestas actuales, por ejemplo, en el campo de la emergente *biología de sistemas* es indicativo del diferente origen y ambición de tales planteamientos.

## 2. Organismo y organización

La cuestión acerca de la organización biológica ocupa un lugar central entre los problemas teóricos a los que se enfrenta la Biología de la primera mitad del siglo XX. Una buena parte de las tradiciones que constituyen el ámbito de la Biología Teórica de esa época se ocupan de clarificar los fundamentos conceptuales de la disciplina, intentando dar respuesta al desafío (de raigambre kantiana) de la organización autónoma y proporcionar las herramientas metodológicas más apropiadas para la tarea. En este contexto tiene el organicismo su más pleno desarrollo con el propósito de superar definitivamente la prolongada y estéril oposición entre vitalismo y mecanicismo (clásico).

La hipótesis que propongo explorar se sustenta al estudio las raíces organicistas del pensamiento jerárquico que, habiendo estado claramente presentes en el organicismo y la Biología Teórica de principios del siglo XX, reaparece con bastante intensidad, aunque limitada, entre los años 60 y 70 de ese siglo y vuelve a adquirir importancia en la actualidad. Es decir, si nos centramos en estos aspectos (concepto de organización biológica y biología teórica), podemos identificar esos tres períodos con diferentes proyección y limitaciones (vid., Etxeberria & Umerez 2006) y cada uno con sus diversas propuestas teóricas y ámbitos disciplinarios más receptivos: en la primera, teorías de la Evolución Emergente y de los Niveles de Integración, el “*Theoretical Biology Club*”, el embrión de la Ciencia de Sistemas, junto al desarrollo de la morfología y la embriología; en la segunda, teorías de la auto-organización, modelos abstractos y computacionales, biología teórica Biología del desarrollo; en la tercera y actual, *Systems Biology*, Epigenética, Evo-Devo, diversas “omics”.

Por otro lado, la reflexión acerca del concepto de nivel de organización constituyó un elemento clave en las teorías de figuras relevantes en la puesta en marcha de este enfoque como Needham, Novikoff, von Bertalanffy, Woodger y otros autores. Asimismo, los autores responsables del resurgimiento, a contrapelo, en las últimas décadas del siglo pasado (Polanyi, Simon, Pattee, entre otros) mantienen o retoman la preocupación por este concepto y, en particular, intentan dar cuenta del papel de la relación inter-nivélica en la organización de los sistemas biológicos. En la tercera etapa, sin embargo, no es tan claro que las líneas de investigación actuales confieran al elemento jerárquico un significado igualmente relevante.

### 3. *Case-study*: Paul A. Weiss

Entre esos autores, el embriólogo y neurólogo Paul Alfred Weiss representa de forma muy apropiada la continuidad de este punto de vista, desde el principio de su carrera en los años 20 hasta su intensa actividad en los años 60 y 70.

Weiss nació en Viena el 21 de marzo de 1898 (murió el 8 de septiembre de 1989) en una familia acomodada y en un entorno culto. Durante la Gran Guerra sirvió tres años como oficial de artillería y, al terminar ésta, el mismo otoño de 1918, comenzó Ingeniería Mecánica *Technische Hochschule* (actualmente *Vienna University of Thechnology*) aunque al año siguiente se pasó a Biología (Brauckmann 2003, 2004).

En la década de los 20 concluyó una serie de estudios experimentales con una tesis doctoral (1922) bajo la dirección de Hans Przibram (director del *Biological Research Institute of the Academy of Sciences*) y varias publicaciones (p.e., 1925 y versión en inglés 1959) acerca de las posiciones de descanso de las mariposas en respuesta a condiciones de luz y gravedad que se centraban en sus alas. Como resultado de su investigación ofreció una sólida crítica la teoría mecanicista de los tropismos de Loeb, mostrando que se basaba en asumir que la similitud de movimientos en diferentes casos tenía que ser debida a una identidad en hipotéticos mecanismos subyacentes, y ofrecía alternativamente “una teoría general de sistemas del comportamiento animal” (ref. Weiss 1969) que implicaba un explícito enfoque jerárquico.

Weiss señala en esos trabajos (1922, 1925) que la dinámica interna es más compleja y diversa. En suma, su famosa afirmación de que “los organismos no son marionetas operadas por los hilos del entorno” (“organisms are not puppets operated by environmental strings”):

[...] [T]he beginning and the end of a behavioral act could often be unequivocally correlated with a cue from the environment, but the execution of the given act was found to be so variable and indeed unique in detail, from case to case and from instance to instance that it was gratuitous to maintain that the attainment of essentially the same result regardless of the variety of approaches is simply the blind outcome of a chain of seriated steps appropriately pre-designed by evolution to lead to that end. (Weiss 1969, 4).

Esta perspectiva va a seguir siendo fundamental en su posterior trabajo científico (embriología, neurología, biología celular en general, etc.) y va a ser central en su contribución a los debates sobre el lugar de la biología a finales de los años 60 y principios de los años 70. Esta participación se queda bien ejemplificada en el libro que editó acerca de los *Hierarchically Organized Systems in Theory and Practice* (Weiss 1971b) donde se incluye su ensayo centrado en las ciencias biológicas “The Basic Concept of Hierarchic Systems” (Weiss 1971a) que recoge la introducción a la edición revisada y actualizada de su libro clásico acerca de la dinámica del desarrollo biológico (Weiss 1968), apelando al enfoque sistémico:

Conceptually the life sciences are entering a phase of maturation. Yet, time has come when growing knowledge is forcing them to cease acquiescing in noncommittal symbolic cover terms for properties of living systems such as “growth”, “organization”, “specificity”, “metabolism”, etc., and to go on to describe precisely and without equivocation the factual content of the phenomena thus labeled. And if one pursues this course judiciously [...] one comes to the realization that the trend from naïve microdeterministic causality toward macrodeterministic “*system*” theory is inexorable (Weiss 1971, vii).

También hay que destacar, entre otras aportaciones, otros trabajos teóricos como su famoso “ $1 + 1 \neq 2$ ” (Weiss 1967), con su amplio repertorio de ejemplos empíricos; su extensa y profunda contribución al Simposio que organizó Arthur Koestler en Alpbach, *Beyond Reductionism*, titulada “The living system: determinism stratified” (Weiss 1969); o el más divulgativo “The System of Nature and the Nature of Systems: Empirical Holism and Practical Reductionism Harmonized” (Weiss 1977); así como su libro de reflexión acerca de las ciencias de la vida (Weiss 1973). En todos estos trabajos, así como en su carrera como científico y teórico en las décadas anteriores, Weiss practica y defiende con rigor y profundidad una perspectiva que considero que puede ser de utilidad para abordar cuestiones y debates abiertos de nuevo en la actualidad.

La elección de Weiss como hilo conductor de esta exploración se basa en la continuidad personal que establece su trayectoria de más de 50 años (a diferencia por ejemplo de Needham) y en su trabajo experimental en los campos de la embriología y la neurología, lo que hace del suyo un caso excepcional como ha explicado Haraway en detalle (1976) o como indica June Goodfield en su más que elogiosa apreciación:

And amongst the antireductionists of the twentieth century we can find one example of a biologist whose ideas stand out as brightly coloured threads in the fabric of theoretical and philosophical biology. For, as a first-class experimentalist, whose laboratory 'hardware' both in terms of empirical results and conceptual innovation is widely recognized and appreciated, Paul Weiss stands apart from the majority of antireductionists in the organismic school of biology. For above all he is an experimentalist, whose philosophical statements have been backed up by a wealth of empirical detail, [...] (Goodfield 1974, 73).

#### **4. Conclusiones.**

En consecuencia, a partir de esos trabajos y considerando el contexto conceptual en las diferentes épocas, planteo un análisis preliminar acerca de la conexión entre su trabajo científico experimental en cuestiones, sobre todo, de biología del desarrollo y su perspectiva teórica fundada en una concepción explícitamente sistémica y jerárquica, como una forma de evaluar el alcance y los límites de su influencia, así como de la potencialidad de su enfoque (y la de otros científicos con una perspectiva teórica similar) para abordar los problemas de las ciencias biológicas en diferentes momentos del siglo pasado y en la actualidad.

El análisis de la aportación de Weiss corrobora que una enfoque jerárquico es la “marca” de una perspectiva propia o genuinamente sistémica en contraste con tendencias contemporáneas que constituyen más bien formas de cooptación formal pero no sustantiva.

### Agradecimientos

El autor agradece la financiación del Proyecto FFI2011-25665, Ministerio de Economía y Competitividad y de la UE (Feder), y de la Subvención a Grupos IT 505-10, Gobierno Vasco.

### REFERENCIAS

- Brauckmann, Sabine (2003) The Scientific Life of Paul A. Weiss (1898--1989). *Mendel Newsletter* 12: 2-7.
- Brauckmann, Sabine (2004) Paul A. Weiss, 1898–1989: The Cell Engineer. In Darwin H. Stapleton (ed.) *Creating a Tradition of Biomedical Research: Contributions to the History of the Rockefeller University*. New York: Rockefeller University Press, pp.: 271-282.
- Drack, Manfred & Apfalter, Wilfried (2007) Is Paul A. Weiss' and Ludwig von Bertalanffy's System Thinking Still valid Today. *Systems Research and behavioral Science* 24: 537-546.
- Drack, Manfred, Apfalter, Wilfried & Pouvreau, David (2007) On the making of system theory of life: Paul A. Weiss and Ludwig von Bertalanffy's conceptual connection. *The Quarterly Review of Biology* 82(4): 349-373.
- Etxeberria, Arantza & Umerez, Jon (2006) Organismo y Organización en la Biología Teórica ¿Vuelta al organicismo? *Ludus Vitalis* XIV(26): 3-38
- Goodfield, June (1974) Changing Strategies: A comparison of Reductionist Attitudes in Biological and medical research in the Nineteenth and Twentieth Centuries. In F.J. Ayala & Th. Dobzhansky (eds.) *Studies in the Philosophy of Biology. Reduction and Related Problems*, Berkeley, CA: University of California Press, pp. 65-86 (73-86).
- Haraway, Donna J. (1976) *Crystals, Fabrics, and Fields. Metaphors of Organicism in Twentieth-Century Developmental Biology*. Newhaven, CT: Yale University Press (reprinted 2004 Berkeley, CA: North Atlantic Books, foreword by S.F. Gilbert)

- Koestler, Arthur & Smythies, J. R. (eds.) (1969 [1970]) *Beyond Reductionism. New Perspectives in the Life Sciences (The Alpbach Symposium 1968)*. London: Hutchinson [New York: Macmillan]
- Weiss, Paul A. (1922) *Richtungbestimmende Einflüsse äußerer Faktoren. Die Ruhestellung der Vanssiden*. Tesis doctoral, University of Vienna.
- Weiss, Paul A. (1925) Tierisches Verhalten als "Systemreaktion". Die Orientierung der Ruhestellungen von Schmetterlingen (Vanessa) gegen Licht und Schwerkraft. *Biologia Generalis* 1: 165-248.
- Weiss, Paul A. (1959) Animal behavior as system reaction: orientation toward light and gravity in the resting postures of butterflies (Vanessa). *General Systems Yearbook of the Society for General System Research* 4: 19-44.
- Weiss, Paul A. (1967)  $1 + 1 \neq 2$  (One Plus One Does Not Equal Two). In G. Quarton, Th. Melnechuck & F. Schmitt (eds.) *The Neurosciences. A Study Program*, New York: Rockefeller University Press, pp.: 801-821.
- Weiss, Paul A. (1968) *Dynamics of Development. Experiments and Inferences*. New York: Academic Press.
- Weiss, Paul A. (1969) The living system: determinism stratified. In Koestler & Smythies (eds.), pp. 3-55.
- Weiss, Paul A. (1971) The Basic Concept of Hierarchic Systems. In Weiss (ed.), pp. 1-43.
- Weiss, Paul A. (ed.) (1971) *Hierarchically organized systems in Theory and Practice*. New York: Hafner Publishing.
- Weiss, Paul A. (1973) *The science of life: The living system --a system for living*. Mt. Kisco, NY: Futura Pub. Co.
- Weiss, Paul A. (1977) The System of Nature and the nature of Systems: Empirical Holism and Practical Reductionism Harmonized. In K. E. Schaefer, H. Hensel & R. Brady (eds.) *A New Image of man in Medicine, Vol. I – Towards a Man-Centered Medical Science*, Mt. Kisco, NY: Futura Pub. Co, pp.: 17-63.

**Sección F**

**Problemas filosóficos sobre Biología Molecular, Genética,  
Ecología y otras ciencias biológicas**

# UEXKÜLL DESDE DELEUZE: UNA NUEVA FORMA DE CONCEBIR AL SUJETO

MARÍA LUISA BACARLETT PÉREZ

[bacarlett@gmail.com](mailto:bacarlett@gmail.com)

ROSARIO PÉREZ BERNAL

[rosariopbernal@gmail.com](mailto:rosariopbernal@gmail.com)

*Facultad de Humanidades,*

*Universidad Autónoma del Estado de México (México)*

SI LA OBRA UEXKÜLLIANA HA SIDO INTERESANTE y recuperada por algunos filósofos, no ha sido necesariamente igual dentro de la etología. Las razones de tal olvido pueden ser variadas, pero quizá la más importante resida en el mismo factor que le ha vuelto interesante a los ojos de la filosofía: un cierto talante romántico, una cierta mirada a la naturaleza como un todo, una perspectiva teleológica que choca con una visión mecánica de la naturaleza, la nostalgia de que la ciencia ya no reconozca un plan detrás de ella, pero también el talante provocador con el cual cuestiona muchas de las seguridades y convicciones más acendradas de la filosofía y la ciencia occidental, por ejemplo, su apuesta en ver al mundo como un lugar que contiene tantos sujetos como seres vivos y que hay tantos mundos como animales y formas de vida. Efectivamente, Uexküll expande y pone en jaque una de las categorías canónicas de la filosofía occidental moderna, la de sujeto, a partir de lo cual un sujeto no es aquel que a partir de la actividad solipsista y voluntaria de su conciencia descubre un mundo y le da forma; no, un sujeto es ante todo una entidad receptiva que a través de la percepción se conforma a sí misma y conforma el ámbito que lo rodea, a través de hábitos y contemplaciones, de afecciones y respuestas, dando lugar a universos subjetivos inconmensurables entre sí, pero que se traslapan y estructuran mutuamente. Si con Descartes podemos poner en duda todo lo que nos rodea, la existencia misma del mundo, y con ello tenemos el índice de lo indudable de nuestra existencia, con Uexküll

sólo hay sujetos porque hay un medio significativo que es producto y a la vez estructura de manera particular a cada sujeto que lo habita y percibe. Si no hay medio sin un sujeto que lo contemple e interprete, tampoco hay sujeto sin un medio al cual percibir. Tales ideas Uexküll las desarrolló a lo largo de una obra poco prolífica, pero sin duda rica en consecuencias para el pensamiento etológico y filosófico posterior: *El ambiente y el mundo interior de los animales* (1909), *Ideas para una concepción biológica del mundo* (1913), *Cartas sobre biología a una dama* (1920), *Biología teórica* (1926), *Vida y naturaleza* (1928), *Teoría sobre la vida* (1930), *Paseo a través de los mundos animales y humano* (1934) y *Teoría de la significación* (1940).

Como ya habíamos apuntado, Uexküll no resta inmune ante diversas influencias filosóficas que marcan en gran medida su concepción de la animalidad y de la naturaleza, pero sin duda, de entre todas esas influencias la de Kant es la más significativa, sobre todo porque partiendo del giro copernicano que implica la obra kantiana, Uexküll está perfectamente de acuerdo con aquella máxima que nos dice que “no encontramos en la naturaleza más que lo que hemos puesto previamente en ella”, perspectiva que si en Kant tiene un talante fundamentalmente epistemológico, en Uexküll asume un cariz abiertamente ontológico: lo que hay, el mundo y los sujetos que lo habitan, son producto del encuentro de los seres vivos que contemplan y actúan sobre un medio que configuran a partir de sus percepciones, a la vez que este medio configura la estructura de éstos partir de lo que ellos contemplan y privilegian como significativo. Si para Kant “toda realidad es apariencia subjetiva”, para Uexküll hay tantos mundos como maneras de percibir y de habitar existen; es decir, la realidad que conocemos y de la que tenemos experiencia es, en última instancia, aquella que subjetivamente percibimos. Claro está que Uexküll lleva la apuesta kantiana al extremo, pues para él no sólo se trata de la percepción humana, sino de la de todo ser vivo. No hay, por tanto, un mundo objetivo válido para todas las formas de percibir, no hay un único mundo fuera del cual la ciencia, como única mirada objetiva, podría darnos cuenta, bien al contrario, hay tantos mundos como maneras de contemplar y actuar sobre la realidad, y cada mundo estará hecho por aquello que para cada sujeto, para cada animal es significativo o porta algún significado. Así, donde la ciencia suele ver un único mundo, Uexküll propone la existencia de una infinidad de mundos perceptivos todos igualmente válidos y perfectos, a la vez inconmensurables pero conectados por interferencias e

interacciones. Hay, pues, un claro talante anti-anropocéntrico a partir del cual no hay un solo mundo, es decir, el humano, y donde cada mundo –el de la garrapata, el de la mosca, el del perro, el de la araña, etc.– tiene tanta perfección y complejidad como el otro. A cada sujeto, pues, le envuelve un medio circundante o *Umwelt* a partir del cual cada uno determina –a través de la contemplación, de la percepción, de la actividad también– lo importante, lo significativo, lo existente.

Cada animal, pues, habita su propio *Umwelt* o medio circundante. La etología uexkülliana nos transporta a un mundo poblado de miles de esferas –también llamadas por Uexküll “pompas de jabón”– dentro de cada cual los sujetos que las habitan construyen su mundo y se construyen a sí mismos a partir de tal relación. No es que el mundo esté allá afuera esperando que los seres vivos se adapten a él, antes bien, cada organismo entra en relación con una parte muy pequeña del mundo, se crea un mundo circundante por la manera como se relaciona con él, creando un ámbito único y propio de él. Renuente a aceptar cabalmente la perspectiva darwinista,<sup>1</sup> Uexküll apuesta, no por la selección del más apto, sino por la “selección del adaptado”, es decir, “la naturaleza no escoge a lo organismos adaptados a ella, sino que cada organismo se escoge la naturaleza a él adaptada”. (Uexküll 1934: 7) La dificultad de dar cuenta de tal concepción del sujeto y del medio es que ambos términos no pueden concebirse separadamente; de manera muy cercana a como Heidegger hablará después del “ser en el mundo” –en este punto la deuda de Heidegger respecto a Uexküll es innegable–, el zoólogo estonio apunta a que el animal y su medio no son separables, sino una estructura unitaria que debe ser considerada holísticamente (Buchanan 2008). El medio circundante o *Umwelt* se parece pues a una esfera imaginaria construida alrededor del animal, dentro de la cual sólo existen aquellas cosas que son significativas para él, fuera de cuyo perímetro está lo que no existe, es decir, lo que no puede ni ver ni percibir. El ejemplo al que recurre nuestro autor se ha convertido ya en un clásico. La garrapata vive en un medio que a nuestros ojos puede parecer extremadamente simple, pero que cierra un círculo perfecto en el cual cumple todas las funciones que llenan su ciclo vital, su

---

<sup>1</sup> De hecho, la distancia que Uexküll antepone frente al darwinismo responde a la misma razón por la cual pone distancia de toda perspectiva que a sus ojos le parece demasiado mecanicista o demasiado sujeta a leyes deterministas. De hecho, rechaza toda perspectiva que intente reducir la biología a las leyes de Física o la Química, sobre todo porque desde su punto de vista la verdadera actitud metafísica no es creer que hay un alma o un plan en el mundo, sino creer que hay un mundo material y absoluto, un mundo en sí, con leyes eternas, cuando en realidad es el sujeto el que dota de leyes y sentido al mundo que habita.

plan. La luz del sol, el árbol o superficie donde se posa, el calor de la piel de un mamífero, el ácido butírico que despiden su sudor, la sangre que succiona, a estos pocos elementos o portadores de significado se reduce el mundo de la garrapata, pero no necesita más, si una parvada de pájaros vuela por arriba del árbol en el que se encuentra o una serpiente se desliza al pie del mismo, ello simplemente no forma parte del medio circundante de la garrapata, no existen como parte de su mundo. Lo cual no excluye que los diversos mundos entren en contacto e interfieran, pero en cada mundo el mismo objeto se convierte en un portador de significado muy distinto. Mientras que el perro es para la garrapata el portador de significados “calor”, “sudor”, “sangre”, para mí ese mismo perro porta los significados “amigo”, “compañía”, “guardián”.

Cada medio es, así, el producto de la perspectiva del sujeto que lo habita y de que dota a sus elementos de cierto significado, pero de igual manera, cada ser vivo se constituye como sujeto a través de la manera como percibe, actúa y se acopla a su medio significante. Cada viviente, al vivir en su propio medio o burbuja de jabón, hace un corte en el caos para determinar lo que para él es significativo, claro está que el medio regresará sobre él influyendo en su conducta, sus respuestas y hasta en su estructura física. Uno de los ejemplos más ilustrativos a los que recurre Uexküll es la relación entre la flor y la abeja, para ésta la flor es uno de los portadores de significado más importantes de su medio, lo cual puede verse reflejado en el cuerpo de la propia abeja, cuerpo constituido de órganos que parecen estar hechos para succionar la miel de la flor. Uexküll habla de que la abeja como *flower-like* y de la flor como *bee-like*.

El complemento entre la abeja y la flor no significa que cada una posea solamente un portador de significado en su medio –la abeja para la flor, la flor para la abeja–, de hecho, cada una tiene en su medio muchos otros portadores de significado; sin embargo, en este cruce entre la abeja y la flor también dos medios se traslapan momentáneamente, creando lo que Uexküll llama la “melodía de la naturaleza”, es decir, la naturaleza estaría hecha por diversas notas que entrarían en contrapunto y darían lugar al mundo natural; la abeja es una nota y la flor es otra, ambas crean una melodía que es la naturaleza misma; pero lo interesante es reparar en que la melodía no remite ni a un punto, ni a un sujeto, ni a una nota aisladamente, remite a la relación, al *entre*. Ese es precisamente uno de los elementos más interesantes e innovadores que propone Uexküll y que, para el otro autor que aquí nos convoca, Deleuze, resulta capital

para su propia empresa filosófica. Efectivamente, en la etología uexkülliana los sujetos no preceden a las relaciones que los conforman, no hay sujeto antes de entrar en contacto con otros objetos significativos y con otros sujetos, es como si la otredad fuera intrínseca a cada ser vivo, de tal forma que la abeja es *flower-like* (como la flor, o para utilizar una voz heideggeriana *florea*) y la flor es *bee-like* (como la abeja, o abejea). Es decir, la abeja no es una entidad fija y dada de una vez por todas, es abeja por las conexiones que establece, para usar un término deleuziano, por los *agenciamientos* que entabla, no es un punto sino una línea que la conecta a otra cosa, es el devenir que conforman todas sus interacciones. Como lo expresa Buchanan: “En el fondo, un organismo es lo que es capaz de devenir, de modo que es ya otro en el que se convierte en esta armoniosa relación” (2008: 34). Uexküll está hablando de una *intencionalidad animal* no mediada por la conciencia a la manera husserliana, pero que se plasma sin embargo en la estructura del propio cuerpo. El cuerpo de la abeja está hecho, finalmente, de las afecciones que le vienen a partir de las conexiones que entabla. Deleuze no duda en calificar a Uexküll de spinozista, pues no le interesan los sujetos bien constituidos ni permanentemente estructurados, sino aquellos que se conforman a partir de las afecciones que les produce el encuentro con otros cuerpos. De ahí que podamos hablar de una especie de “onto-etología”, es decir, un intento de elucidar *lo que es* a partir de lo que los seres vivos constituyen como significativo a partir de su percepción y actividad en un medio (un medio que no preexiste ni a la percepción ni a la actividad).

Deleuze encuentra en Uexküll un excelente ejemplo para realizar su propia crítica a aquello que llama las “líneas fuertes del ser”, es decir, una ontología que concibe cuerpos y sujetos en términos sustanciales o, al menos, constituidos de ciertas categorías fuertes que preceden a toda relación y exposición; frente a ello, piensa que los sujetos no preexisten a las relaciones y agenciamientos que hacen posibles, es decir y trayendo a cuenta el léxico spinozista a través del cual Deleuze lee a Uexküll: es la capacidad de afectar y de ser afectado lo que constituye la individualidad de cada cosa. En este sentido, para Deleuze, la etología sería el estudio de las relaciones entre las cosas, de sus relaciones de velocidad o lentitud, de su capacidad afectar y de ser afectadas. En otros términos, lo que nos quiere exponer Uexküll, desde la lectura de Deleuze, es que para dar cuenta de un ser vivo no hay que preguntar qué es, sino qué

puede, otra vez Spinoza: con qué puede conectarse, con qué puede realizar nuevos agenciamientos, cómo devenir lo que no es (y que sin embargo, de alguna manera, es). En este sentido, lo importante para Deleuze no son tanto estas burbujas de jabón o medio perceptivos de los que nos habla Uexküll, sino los traslapes, los contagios, las *líneas de fuga* que pueden establecerse entre diversas burbujas, entre diversos medios. En esta dinámica de contagios y traslapamientos, los medios son territorializados y desterritorializados a partir de los distintos agenciamientos que se realizan, pero estas conexiones pueden leerse también como oportunidades de afectar y de ser afectado; en cada conexión las afecciones producidas, las percepciones, las sensaciones, el incremento o la disminución de las fuerzas, todo ello constituye al individuo en ese momento dado, es esa latitud y en esa longitud concreta. Los seres vivos, tal y como los concibe Uexküll, pueden verse entonces como *haecceidades*, término de Duns Scoto que viene de la raíz *Haec* y que significa *esta cosa, lo que está aquí*, y lo que está aquí son los individuos que estas afecciones individúan, afecciones que vienen de la hora del día, del clima, de la humedad, de todo aquello que se conecta con este ser vivo a esta hora del día y que lo hacen ser *lo que es*: “El clima, el viento, la estación, la hora, no son de naturaleza diferente a las cosas o las personas que las pueblan, las siguen, que en ellas se duermen o despiertan” (Deleuze 1980: 321). No hay sujeto previo a las relaciones que entabla, a aquello que lo afecta, por ello mismo, cada sujeto es esos acoplamientos que lleva a cabo, esos afectos que padece y produce. El sujeto deja de ser así, una sustancia o una conciencia previa a todo encuentro, deja de ser presupuesto y fundamento, para encontrarse al final, no al principio; nunca acabada ni terminada, sino siempre rehaciéndose, siempre reconstituyéndose. Este debilitamiento del sujeto, y con él de un caudal de categorías ontológicamente fuertes, pone en jaque también nuestra creencia en la existencia de un único sujeto, el hombre, éste, al igual que el perro o la garrapata, es un sujeto más, una *haecceidad*, que se conforma con cada nuevo encuentro, con cada nueva afección y acoplamiento.

## BIBLIOGRAFIA

Affeisa, Hicham-Stephane, y Jean-Baptiste Jeangène Vilmer. 2010. *Philosophie animale*. París: Vrin.

- Agamben, Giorgio 2002. *L'ouvert. De l'homme et de l'animal*. París: Rivages.
- Buchanan, Brett 2008. *The Animal Environment of Uexküll, Heidegger, Merleau-Ponty, and Deleuze*. New York: Suny.
- Deleuze, Gilles 1980. *Mille Plateaux*. París: Editions du minuit.
- Fontenay, Elisabeth de 1998. *Le silence des bêtes*. París: Fayard.
- Kuhn, Thomas 2002. *El camino desde la estructura*. Barcelona: Paidós.
- Lestel, Dominique 2006. *Les animaux sont-ils intelligents ?* París: Le Pommier.
- Lestel, Dominique 2010. *L'animal est l'avenir de l'homme*. París: Fayard.
- Sauvagnargues, Anne 2006. *Deleuze. Del animal al arte*. Buenos Aires: Amorrortu.
- Uexküll, Jacob von 1926. *Theoretical Biology*. New York: Harcourt, Brace and Company.
- Uexküll, Jacob von 1934. *Ideas para una concepción biológica del mundo*. Madrid: Espasa-Calpe.
- Uexküll, Jacob von 1965a. *Mondes animaux et monde humain*. París: Denoël.
- Uexküll, Jacob von 1965b. *Théorie de la signification*. París: Denoël.
- Uexküll, Jacob von 2010. *Milieu animal et milieu humain*. París: Rivages.

# REFLEXIONES SOBRE LA BIOLOGÍA APLICADA: EL CASO DE LA INVESTIGACIÓN DEL CÁNCER

ANNA ESTANY PROFITÓS

*Departament de Filosofia, Universitat Autònoma de Barcelona (Espanya)*

[anna.estany@uab.cat](mailto:anna.estany@uab.cat)

LA IMPORTANCIA DE LA BIOLOGÍA APLICADA tiene que ver con una serie de fenómenos en torno al papel de la ciencia y la tecnología en nuestra sociedad. Entre dichos fenómenos podemos señalar la imbricación que en la actualidad existe entre la investigación básica, la utilización de ésta por las ciencias de diseño (ciencias que transforman el mundo, como las ingenierías, la medicina, la biblioteconomía, etc.) y la construcción de artefactos (tecnología) para cambiar la realidad. Esto es posible por la rapidez con la que se pasa del conocimiento científico a su aplicación para satisfacer necesidades humanas o construir tecnología. M. Kranzberg, historiador de la tecnología, señala en “The unity of science-technology” (1967) que pasaron 1700 años desde que la máquina de vapor fuera diseñada en Alejandría hasta que Watt la hizo funcionar, el principio de fotografía tardó en llevarse a la práctica 200 años desde que fue esquematizado por Leonardo, el motor eléctrico tardó 40 años, la energía nuclear 5 años, el transistor 5 años, los plásticos transparentes 2 años y los rayos láser 18 meses. Esto, dice Kranzberg, apoya la tesis de que la asociación de la ciencia (que quiere saber el “porqué”) y la tecnología (que quiere saber el “cómo”) produce una reacción en cadena de descubrimiento científico e invención tecnológica. La investigación del cáncer es un caso de biología molecular aplicada en el que inciden diversos factores de la imbricación entre conocimiento científico, tecnología y consecuencias para la sociedad. A ello hay que añadir que cualquiera de los resultados relacionados con los tumores afecta la vida de miles de personas a nivel planetario y, en consecuencia, agranda la propia discusión científica, poniendo en el centro del debate la relación entre las ciencias puras y aplicadas.

El objetivo de esta comunicación es analizar el papel de la biología molecular en la investigación del cáncer en tanto en cuanto constituye ciencia aplicada y, en consecuencia, intervienen factores tanto epistemológicos como sociales. Para dicho análisis voy a tomar en consideración el modelo de ciencias de diseño de H. Simon (1969) y la reflexión filosófica sobre el mismo de I. Niiniluoto (1993), y la praxiología como ciencia de la acción eficiente de T. Kotarbinski (1965), como marcos teóricos de una aproximación racionalista a la relación entre ciencia pura y aplicada.

Para ejemplificar la tensión entre ciencia pura y aplicada voy a analizar un estudio de un grupo de científicos y filósofos alemanes que en las décadas de los 70 y 80 realizaron sobre las relaciones entre investigación básica y medicina en Alemania a raíz de la investigación del cáncer. R. Hohlfeld (1983) entrevistó a 29 científicos que trabajaban en campos de biología molecular, investigación experimental del cáncer, investigación clínica del cáncer, medicina del cáncer y epidemiología entre los años 1975 y 1976. El estudio muestra las reticencias entre tradiciones teóricas, experimentales y prácticas en la investigación científica.

Los científicos en la investigación básica, en este caso la biología molecular, sostienen que la ciencia no puede estar planificada por objetivos políticos. Dice uno de los entrevistados: “La investigación básica, en particular la biología celular, debe generar el conocimiento necesario antes de que pueda ocurrir algún avance real. La impaciencia, a pesar de que pueda estar justificada y ser comprensible por parte de los millones de pacientes de cáncer, no debería hacer que, bien las organizaciones científicas o los políticos, adopten medidas que, en último término, consuman grandes cantidades de dinero sin aportar un éxito real”. Esta forma de pensar reduce el problema del cáncer a acontecimientos clave en los procesos biológicos, que deben ser explicados por teorías moleculares. La consecuencia es que el progreso aquí sólo dependería de valores estrictamente epistémicos y la curación o no de los enfermos de cáncer no sería ningún indicador de progreso.

El primer paso hacia la aplicación constituye el campo de “la investigación experimental del cáncer” que consiste en un tipo de investigación localizada detrás de la frontera de la “verdadera” ciencia, estructurada por las aún cuestiones teóricas fundamentales no resueltas. Este tipo de investigación está orientada no a la obtención de conocimiento por sí mismo sino que está dirigida a la solución de algunos problemas.

Los científicos que trabajan en este campo comparten la idea con los de la investigación básica de que los problemas de salud de este tipo tienen que resolverse por instrumentos científicos sobre la base de la clarificación de los mecanismos biológicos subyacentes y que esto requiere “alta tecnología”. También comparten con los de investigación básica que se necesitan expertos en el tema. Lo que les diferencia, fundamentalmente, es que los de la investigación experimental están motivados por el objetivo de que su trabajo revierta en beneficio de la humanidad, aunque también consideran relevante la explicación de los procesos estrictamente biológicos.

Cuando la motivación científica intrínseca combinada con una orientación a un fin externo a la ciencia ocurre en un campo con cuestiones teóricas clave aún no resueltas, entonces se da un tipo de investigación que corresponde a lo que entendemos por investigación aplicada. Los científicos que realizan este tipo de investigación tratan de hacer llegar los resultados de la investigación en las disciplinas básicas a la clínica. Este sería el caso de los investigadores del cáncer los cuales tienen las lealtades divididas entre investigación básica en biología y la orientación clínica. Un entrevistado afirma: “Investigador del cáncer’ es casi un invento. El investigador del cáncer está situado entre dos mundos. Estos son, por un lado, el mundo de la clínica, y, por el otro, la prestigiosa investigación básica, por ejemplo, la Sociedad Max Plack. La gente implicada en la investigación básica dirá que la investigación del cáncer no tiene una base sólida, que la preocupación por el cáncer como tema principal es una restricción para la investigación básica a gran escala” (Hohlfeld, 1982). Además, la formación de unos y otros es distinta y, por lo que Hohlfeld muestra en las entrevistas no parece fácil la colaboración entre científicos en investigación básica e investigación aplicada. En primer lugar, los médicos piensan que no ha habido un avance real ni siquiera una contribución real al progreso médico en la lucha contra el cáncer desde la biología molecular. En segundo lugar, el modelo médico, teóricamente, toma el modelo de las ciencias empíricas, física, química, etc. al mismo tiempo que descontextualiza el órgano o el individuo enfermo. En tercer lugar, a veces distintas especialidades médicas se disputan el tratamiento de los enfermos del cáncer. Finalmente, hay desconfianza de los médicos hacia los científicos en investigación básica, tal como muestra la afirmación de uno de los médicos entrevistados: “No podemos dejar a los enfermos en manos de los científicos [...]. No vamos a ser reducidos al papel de agentes de los científicos”.

Hay una serie de preguntas que, en este momento, se plantean muchos científicos investigadores del cáncer: ¿por qué hay la sensación de que se ha avanzado más en la base teórica que en la técnica y organizativa?, ¿cuáles podrían ser los factores que hacen que, a pesar de conocerse muchos mecanismos del desarrollo de los tumores, el cáncer no puede curarse? Los casos de supervivencia (que en algunos cánceres han aumentado considerablemente en las últimas décadas) se deben más a técnicas que permiten detectar los cánceres en fases iniciales que a verdaderas curaciones una vez se ha detectado la enfermedad. Podríamos decir que lo que falla aquí es el puente entre el conocimiento teórico y la necesidad que se trata de satisfacer.

Dentro de este amplio campo de la investigación del cáncer están los estudios epidemiológicos. Se trata de estudiar qué es lo que enferma a la persona sana. Este no es el objetivo del médico que trata sólo a las personas ya enfermas. Las dificultades en este campo proceden, fundamentalmente, de las consecuencias políticas y sociales que puede suponer los resultados de un estudio epidemiológico. La epidemiología puede considerarse también ciencia aplicada a partir de determinados factores y sus correspondientes enfermedades. En el caso del cáncer se trata de buscar indicadores de los que se ha encontrado una correlación con un tipo de tumor. Algunos de estos indicadores tendrán su base en la biología molecular pero otros pueden estar ligados a factores sociales en sentido amplio, desde determinadas conductas a factores medioambientales. En cualquier caso, podemos decir que en los estudios epidemiológicos intervienen la diversidad de factores que hemos visto en la ciencia aplicada.

Posiblemente, la razón fundamental de las dificultades y tensiones en la investigación del cáncer es que concurren diversas ciencias, tanto puras como de diseño. Estas consideraciones hacen más complejo el progreso en la investigación del cáncer. Siguiendo a Kotarbinski, podemos decir que el progreso de las disciplinas prácticas están en función de tres elementos fundamentales: la base teórica, la base técnica y la base conductual. En el caso del cáncer el avance en la cura de esta enfermedad dependería del progreso en la biología molecular, de los instrumentos y técnicas de diagnóstico y del sistema sanitario. Toda la investigación en torno de los oncogenes constituiría la base teórica de la medicina del cáncer.

Un ejemplo de avance a basado en el elemento técnico lo tenemos en el

desarrollo de un bisturí que detecta en segundos células cancerígenas. Según una noticia aparecida en *El País* (24-3-2000) científicos de los Laboratorios Nacionales Sandia del Departamento de Energía de Estados Unidos han desarrollado un bisturí destinado a detectar la presencia de células cancerígenas mientras el cirujano extirpa un tumor oscurecido por la sangre, el músculo y la grasa. El aparato se llama “láser de microcavidades biológicas” y ha logrado distinguir en el laboratorio entre células cultivadas, consistentes en células normales del cerebro llamadas astrocitos, y su forma maligna, llamada “glioblastomas”. Esto puede ayudar a los cirujanos a eliminar con precisión los crecimientos malignos a la vez que reduce al mínimo la cantidad de tejido sano que se extirpa.

La tercera base del progreso es la base conductual. ¿Cómo podríamos interpretar esta base en el caso de la investigación del cáncer? En estos momentos de circulación del conocimiento a nivel planetario (al menos como posibilidad) las diferencias en las expectativas de vida para los enfermos de cáncer responden a diferencias en las políticas sanitarias, en función de factores económicos, sociales y políticos. Es decir, manteniendo las bases teórica y técnica estables, el progreso en la medicina del cáncer se debe a cambios en la base organizativa y de posibles acciones en el terreno de la política sanitaria.

De forma indirecta, también intervendrían en el progreso de la medicina del cáncer las políticas medioambientales que son responsables de una buena parte de los factores ambientales del cáncer. Se trata, en último término, de la gestión de riesgos que comportan muchas de las prácticas de la sociedad actual.

## REFERENCIAS

- BERENBLUM, I. *Cancer research today*. Pergamon, Oxford, 1967.
- BÖHME, G., W., R. VAN DEN DAELE, W. HOHLFELD, W. KROHN & W. SCHÄFER, *Finalization in science. The social orientation of scientific progress*, D. Reidel, Dordrecht (Holland), 1983.
- CASACUBERTA, D. y ESTANY, A., *¿EUREKA? El trasfondo de un descubrimiento sobre el cáncer y la genética molecular*, Tusquets Ed., Barcelona, 2003.

- GASPARSKI, W.W. & T. PSZCZOŁOWSKI (eds.) *Praxiological studies. Polish contributions to the science of efficient action*. D. Reidel, Boston, 1983.
- GROSS, L., *Oncogenic viruses*, Pergamon, Oxford, 1970.
- HOHLFELD, R., “Two scientific establishments which shape the pattern of cancer research in Germany: basic science and medicine”, en ELIAS, N. , MARTINS, H., y WHITLEY, R. (eds.) *Scientific establishments and hierarchies. Sociology of Sciences*, v. VI: 145-168, Dordrecht (Holland), D. Reidel, 1982.
- HOHLFELD, R., “Cancer research. A study of praxis-related theoretical developments in chemistry, the biosciences and medicine”, En BÖHME, G. VAN DEN DAELE, W. HOHLFELD, R., KROHN, W. Y SCHÄFER, W., *The finalization of science*, Dordrecht (Holland), D. Reidel, 1983.
- KOTARBINSKI, T., *Praxiology. An introduction to the science of efficient action*. New York: Pergamon Press, 1965.
- KRANZBERG, M., “The unity of science-technology”, *American Scientist*, v. 55, n. 1, pp. 48-66, 1967.
- KRANZBERG, M., “The disunity of science-technology”, *American Scientist*, v. 56, n. 1, pp. 21-34, 1968.
- NIINILUOTO, I., “The aim and structure of applied research”, *Erkenntnis*, v. 38, pp.1-21, 1993.
- POTTER, R., “Biochemical perspectives in cancer research”, *Cancer Research*, v. 24, pp. 1085-1098, 1964.
- PROCTOR, R.N., *Cancer wars. How politics shapes what we know and do not know about cancer*, Basic Books, New York ,1995.
- SIMON, H., *The science of the artificial*, The MIT, Cambridge (MASS), 1996 (3ª edición).
- WEINBERG, R.A., *Racing to the beginning of the road: The search for the origin of cancer*, W.H. Freeman, 1998.
- WOJICK, D., “Philosophy of technology and the structure of technological revolutions”. En G. Bugliarello y D.B. Doner (eds.) *The history and philosophy of technology*, University of Illinois Press, Champaign (ILL ),1979.

# AN EPISTEMOLOGICAL FRAMEWORK FOR THE FUNCTIONAL EXPLANATIONS IN CONTEMPORARY ECOLOGY

NEI DE FREITAS NUNES-NETO

*Institute of Biology, Federal University of Bahia (Brazil)*

[nunesneto@gmail.com](mailto:nunesneto@gmail.com)

ALVARO MORENO BERGARECHE

*Department of Logic and Philosophy of Science, University of Basque Country (Spain)*

[alvaro.moreno@ehu.es](mailto:alvaro.moreno@ehu.es)

CHARBEL NIÑO EL-HANI

*Institute of Biology, Federal University of Bahia (Brazil)*

[charbel.elhani@pq.cnpq.br](mailto:charbel.elhani@pq.cnpq.br)

IN THE SCIENCE OF ECOLOGY THERE IS PLENTY of philosophical problems, some of which only recently have been discussed in the philosophy of biology (Colyvan *et al.* 2009). One of these problems is raised by the functional language that pervades Ecology (Almeida 2004; Caponi 2010). In spite of being present earlier in Ecology –at least since the beginnings of the XX century– the functional language became more visible in the beginnings of the 1990s, with the raise of the Biodiversity and Ecosystem Function Research Programme (from now, BEF; see Naeem 2002), which emerged in the 1990s amidst a growing social recognition of the biodiversity crisis. Since then the functional discourse became an ubiquitous and central element in ecological explanations, especially important in the theoretical integration between Community Ecology to Ecosystem Ecology (Naeem 2002).

Nevertheless, in spite of this strong presence, the functional discourse has not been adequately investigated in Ecology (or in its philosophy), and many fundamental problems about the theme remain without clear answers. On the one hand, ecologists

who use functional explanations seem simply to take the concept of function for granted, regarding it as self-evident, just as if the other ecologists would automatically understand what one thinks function is. However, this concept is far from trivial, given the philosophical problems raised by the functional or teleological language in biological explanations at least since Aristotle, such as their supposed inversion of causality or the problem of the relationship between biological and physical explanation. On the other hand, few works in philosophy of science has shown a special interest in the epistemological problems associated to functional discourse in ecology (Almeida 2004; Jax 2005; Nunes-Neto e El-Hani 2006, 2011; McLaurin e Sterelny 2008; Caponi 2010). This becomes particularly clear when we take into consideration the attention given to functional or teleological language in evolutionary biology or physiology, for instance, where the theme is much more discussed.

Particularly in the philosophical domain, we can recognize a kind of *implicit consensus* concerning functional language in Ecology, which can be put in the following terms: the etiological approaches (e.g. Wright 1973) cannot offer an adequate concept of function for Ecology because it is strongly linked to a selectionist perspective and, consequently, it would be necessary to adopt the idea of natural selection acting on ecological entities above the population level in order to ascribe function. Nevertheless, ideas such as community or ecosystem selection are still very controversial in biology and its philosophy. The selectionism of the etiological approach, as well as other problems of it, like its epiphenomenalism –that is, the fact that ascriptions of etiological functions have no relation to the current organization of the system, since they always point to the past history of the item of functional ascription– seem to undermine an etiological concept of ecological function. As a consequence, in the line of this implicit consensus, some authors suggested that an epistemological ground to ‘function’ in Ecology is to be found in the systemic approach (Cummins 1975), because when explaining and ascribing function this approach is not committed to the historical –more specifically, selectionist– assumptions that undermine the application of the etiological notion (Almeida 2004; Nunes-Neto e El-Hani 2006, 2011; McLaurin e Sterelny 2008; Caponi 2010). However, as far as we know, no fully-fledged systemic approach to ecological functions is found in the literature, and, thus, those works simply propose a direct application of Cummins without evaluating –

among other important aspects– the conditions of applicability of Cummins’ functional analysis in Ecology. This is the point where the contemporary literature stops.

We agree that the etiological approach of function is not appropriate to deal with functional explanations in Ecology, for the reasons already mentioned. However, we disagree that Cummins approach is appropriate, because it does not take into consideration the organization of the system, and a notion that for us is crucial: that functions exist in a closure of constraints. As a consequence, in this work we intend to go beyond this implicit consensus, through the proposal of an organizational framework –more specifically, the organizational perspective proposed by Mossio et al., (2009)– to ground functional explanations in contemporary Ecology.

But, in order to proceed, we need first to define the notion of function –among the different ones found in BEF– that we will seek to ground in philosophy of Biology. We will focus on the notion that the Items of Biodiversity –that is, components or units of biodiversity (organisms, populations, guilds etc)– have functions in the ecosystemic context.

A first, tentative definition of function in Ecology could be put in the following terms:

An ecological function is a precise (differentiated) effect of a given constraining action on the flow of matter and energy (process) performed by a given item of biodiversity, in an ecosystemic closure of constraints.

We need to explain the main components in this definition. First of all, notice that there are *two hierarchical levels* in this conception of function: the level of the Items of Biodiversity which constrain the flow of matter and energy, and the level of the flow of matter and energy itself, which we call processes. Both levels are entangled, but here we can describe separately each of them.

Let’s begin by the process, focusing on the flow of matter. This is composed by the atoms of Carbon (C), Nitrogen (N), Phosphorus (P), Sulphur (S) etc (that is, essential elements to the biological metabolism), which can be followed in an ecosystem, in an analogous way that biochemists follow radioactive atoms/substances in the cell (Allen & Hoekstra, 1992). Although the atoms of C, N, P, S etc obviously exist

(in the Earth's reservoirs, such as the atmosphere, the oceans, the soils etc) without the constraining role of biological or ecological entities (notice that prebiotic Earth atmosphere contained these elements already), the *specific flow that recycles matter* in the ecosystem is very much dependent on these biological or ecological entities. In other words, the level of the processes should not be understood as a level of merely physicochemical events; they are instead metabolically or ecologically generated flows. That is, these flows simply would not exist as such if there were not the biological or ecological entities which perform a constraining action on them.

This suggests something about the constraining role of life on flows of matter. To use our terminology we can say that the Items of Biodiversity harness (constrain) the matter in the ecosystem in a way that the coordinated action of all these items makes possible ecosystemic properties, such as the adequate cycling of C, N, P, S etc.

In order to illustrate this conception of function in Ecology we take the case of one bromeliad and its associated fauna and microorganisms. Bromeliads are plants of the family *Bromeliaceae*, frequent in tropical environments, which possess a reservoir delimited by its leaves –called phytotelmata– in which they accumulate water from rain. In the phytotelmata and in the aerial part of the plant, there is a huge diversity of organisms, forming a complex network of interactions (Romero & Srivastava 2010).

An explanation of the case, in our terminology, would be as follows. First of all, notice that the boundary conditions of the ecosystem are those that influence the ecosystem dynamics from outside, such as solar radiation, temperature, rain, direction and strength of winds, etc. The ecosystem is composed by constraints, by one hand, and also by a process. The constraints are the bromeliad *Quesnelia arvensis*, microorganisms of different groups, larvae and adults of mosquitoes of the family *Culicidae*, and, finally, a top-predator, the spider *Aglaoctenus castaneus*. And the process is the cycling of matter in the ecosystem, more specifically the route of the radioactive atoms of N in it.

A more detailed description of the organization of the ecosystem can begin with the top-predator, the spider *A. castaneus*. This spider lives at the top of the plant where it builds its web. It predaes on adults (in the aerial part of the plant) and larvae (in the surface of the water) of *Culicidae* insects. The actions of the spider can be seen as constraints on the flow of the N in the ecosystem. This happens through the biochemical

(and also ecological) transference of the N found in the biomass of *Culicidae* organisms predated by them to the spider itself. This obeys generalized organizational principles, strictly associated to particular traits of the organism at stake (say, for the spider, related to its sit-and-wait hunting mode, associated in turn with its metabolism and web construction and architecture). Through the influence of these constraints, what would be indeterminate possible states of the N atoms in the ecosystem turn into a determinate state (which can be seen as a kind of channeling or modulation of those indeterminate states). In other words, if there were not a spider, the N of the *Culicidae* would be free in ecological terms, it would be not constrained. The N found in the biomass of *Culicidae* will become –after the action of predation and digestion in the spider– part of the biomass of the spider itself and also will compose the guanine-rich feces of the predator. Both the spider carcass (after its death), its feces and the carcasses of the preys, will constitute the raw material for the decomposition of organic matter by the functional group of the microorganisms in the phytotelmata. These will use the N in form of guanine and in the form of amino acids and proteins (which contain the N) of the spider’s body to their own metabolism. The plant will also absorb part of this N in the phytotelmata through its specialized leaf trichomes in the water column (Romero & Srivastava, 2010). By its turn, the *Culicidae* acts capturing the N in the microorganisms’ biomass through its filter-feeding behavior, through which they incorporate the N of the ecosystem. And the N of the *Culicidae* is captured by the predation of the spider, closing the cycle. This closure is performed by the constraints of the system, not only in terms of the process being harnessed. That is to say, if there were not these Items of Biodiversity, the cycling of N could not happen, or could not happen at adequate rates, leading the ecosystem to a state in which it could not maintain itself.

This organizational approach for function in Ecology allows us to account for the strong references to function and organization in the BEF, because it allows us to put in more precise terms an idea found in the BEF: that the function of biodiversity is to regulate or constrain the environmental or ecosystemic properties (Mace *et al.*, 2012).

For further developments, it seems necessary hereafter to concentrate on a more formal definition of function in Ecology and also account for the other uses of function in this science, mainly the notion of “ecosystem function/functioning”. Perhaps the abstract concept advanced here can ground –with some adaptation– also these other

uses. Moreover, another very important theme of investigations, linked to the one we focused here, is the axiological –that is, moral– foundations of the functional discourse in contemporary Ecology, Ecological Economics and management of natural resources. However, we shall leave these other related themes for future works.

## REFERENCES

- Allen, T. e Hoekstra, T. (1992). *Toward a Unified Ecology*. New York: Columbia University Press.
- Almeida, A. M. R. (2004). *O Papel Funcional da Biodiversidade: Uma Análise Epistemológica do Programa de Pesquisa Biodiversidade-Funcionamento Ecosistêmico*. Salvador-BA, Brazil: Graduate Studies Program in History, Philosophy, and Science Teaching, Federal University of Bahia and State University of Feira de Santana (Masters' Thesis).
- Caponi G. (2010). La ciencia de lo sustentable: razón de ser del discurso funcional en ecología. *Principia* **14**(3): 349–373.
- Colyvan, M. *et al.* (2009). Philosophical Issues in Ecology: Recent Trends and Future Directions. *Ecology and Society*, n.14, v.2, pp. 01-12.
- Cummins, R. (1998[1975]). Functional Analysis. In: Allen, C.; Bekoff, M.; Lauder, G. 1998. (eds). *Nature's Purposes – Analyses of Function and Design in Biology* . Cambridge, MA: MIT Press, 169-196.
- Jax, K. (2005). Function and “functioning” in ecology: what does it mean? *Oikos*, 111, 3, 2005.
- Mace, G.; Norris, K.; Fitter, A. (2012). Biodiversity and ecosystem services: a multilayered relationship. *Trends in Ecology and Evolution*, Vol. 27, No. 1.
- MacLaurin, J. & Sterelny, K. (2008). *What is Biodiversity?* Chicago University Press, Chicago.
- Mossio, M., Saborido, C., Moreno, A. (2009). An organizational account of biological functions, *The British Journal for the Philosophy of Science*, 60: 813-841.
- Naeem, S. (2002) Ecosystem consequences of biodiversity loss: the evolution of a paradigm. *Ecology* 83 (6): 1537-1522.

- Nunes-Neto, N.F.; El-Hani, C. N. (2011). Functional explanations in biology, ecology, and Earth system Science: Contributions from philosophy of biology. *Boston Studies in the Philosophy of Science*, v. 290, p. 185-200.
- Romero & Srivastava, 2010. Food-web composition affects cross-ecosystem interactions and subsidies. *Journal of Animal Ecology*, 79, 1122–1131.
- Wright, L. (1998[1973]). Functions. In: Allen, C., Bekoff, M., Lauder, G., (eds.), *Nature's purposes – analyses of function and design in biology*. Cambridge, MA: MIT Press, pp. 51–78.

# LA FUNCIONALIDAD BIOLÓGICA DE LOS GENES DESDE UN ENFOQUE ORGANIZACIONAL

ELSA MURO

*Universidad de Navarra (España)*

[emuro@alumni.unav.es](mailto:emuro@alumni.unav.es)

## 1. Introducción

LAS DOS NOCIONES DE FUNCIÓN BIOLÓGICA que han sido propuestas para entender los genes y su actividad causal son la noción etiológica de “efectos seleccionados” (en adelante, ES) (por ejemplo, Godfrey-Smith, Maynard Smith 2000, Sterenly 2000, Kaplan y Pigliucci 2001, Rosenberg 2007, Shea 2007, Shea 2011), y la noción sistémico-disposicional del “rol causal” (en adelante, RC) (Reydon 2009). En este trabajo discuto ambos enfoques (sección 2) y propongo enfocar la función del ADN a través de una tercera noción de función biológica, la sistémico-organizacional (Schlosser 1998, McLaughlin 2001, Mossio *et al.* 2009), destacando las ventajas frente a los enfoques ES y RC (sección 3).

Antes de continuar, conviene decir que, tal y como han destacado muchos autores, una adscripción funcional conlleva implícita una explicación *teleológica* del portador de la función; es decir, conlleva explicar la existencia de éste por sus efectos (ver, por ejemplo, Wright 1973, 1976, Nagel 1977). La afirmación “La función de X es F” equivale a tres afirmaciones simultáneas: 1) “F es efecto de X en un sistema”, 2) “X es necesario para efectuar F en ese sistema” y 3) “El efectuar F es la razón por la que X está presente en ese sistema”.

Si hemos de interpretar (3) en un sentido “causal” (lo cual parece exigible para una teoría de funciones *biológicas*), esta definición de función (donde X y F son *tipos*, y no *casos singulares*, de rasgos y efectos, respectivamente) sólo es verdadera para

aquellas combinaciones de casos particulares en las que X en (1) es temporalmente anterior a X en (2) (Nagel 1977, Schlosser 1998). En consecuencia, una teoría de funciones biológicas que satisfaga el *desideratum* de naturalizar la dimensión teleológica implícita en toda adscripción funcional ha de hacer referencia a la *reproducción* de casos particulares de un mismo tipo (X en  $t_1$ , X en  $t_2$ ) a lo largo de una historia causal. Los dos enfoques sobre la funcionalidad biológica que han tratado de satisfacer este *desideratum* son dos: las teorías etiológicas (Wright 1973, 1976; Millikan 1984, 1989; Neander 1991; Godfrey-Smith 1994) y las teorías organizacionales (Bickhard 2000, Schlosser 1998, McLaughlin 2001, Christensen y Bickhard 2002, Delancey 2006, Mossio *et al.* 2009). Las primeras han hecho referencia a la historia evolutiva del rasgo funcional reproducido en distintos organismos, mientras las segundas han naturalizado la dimensión teleológica en la dinámica del sistema u organización en que el rasgo se haya actualmente envuelto.

## **2. Dos enfoques de la función de los genes: ES y RC**

Según el enfoque ES, que es el admitido por la gran mayoría de autores, la función de un gen sería aquel efecto por el que genes anteriores del mismo tipo en organismos anteriores del mismo linaje han sido seleccionados por selección natural. Esta perspectiva tiene la ventaja de que ofrece una explicación naturalizada de la existencia de un gen por sus efectos. Sin embargo, tal y como han argumentado otros autores, conlleva los siguientes problemas:

i) Al centrarse en la historia evolutiva del gen, no alude a lo que el gen particular al que se atribuye la función hace en el organismo en el que está. Sin embargo, la verdadera relación causal que motiva las adscripciones funcionales por parte de los biólogos es la del gen actual y no la del gen pasado. Por ejemplo, en Biología genes particulares que ya no desempeñan la función por la cual sus antepasados fueron seleccionados (“pseudogenes” que ya no desempeñan ninguna función, o genes que han empezado a desempeñar una nueva función) no son identificados como casos del mismo tipo funcional que sus homólogos en otras especies que siguen desempeñando la antigua función. El criterio que siguen los biólogos para individuar genes es más bien el de su efecto causal en el sistema en el que están en la actualidad; es un criterio que relaciona la estructura de un gen con el sistema actual en el que está (Reydon 2009)

ii) De acuerdo con la teoría neo-darwiniana de la evolución, el proceso causal que “decide” qué genes transmite un organismo a su descendencia no es la selección natural, ni está determinado por los efectos que los genes producen (ni en el organismo padre ni en los organismos hijos) sino que consiste en un conjunto de eventos azarosos que tiene lugar durante la meiosis y la fertilización de las células sexuales (Nagel 1977). Y el resto de genes de un organismo se produce por replicación fiel de los transmitidos al cigoto, en las divisiones celulares durante el desarrollo.

El enfoque RC ha sido sucintamente esbozado por Reydon recientemente, junto a una crítica a la concepción ES (Reydon 2009). Para Reydon, los genes *taxa* son clases naturales funcionales en las cuales los biólogos agrupan genes particulares no por las historias evolutivas de sus linajes, sino por tener un efecto particular en los procesos moleculares de las células. Para conocer la función de un gen bastaría, según este enfoque, con observar su rol causal en el organismo. Un enfoque RC se enfrenta, sin embargo, a un problema: no aporta ningún criterio natural para distinguir adecuadamente entre contribuciones funcionales de un gen al organismo y efectos disfuncionales del gen tales como los de los genes involucrados en enfermedades genéticas (dos ejemplos serían el cáncer y la fibrosis quística). Esta dificultad está relacionada con el hecho de que el enfoque RC no tiene capacidad para dar cuenta de la explicación teleológica del rasgo funcional, y pierde con ello un valioso criterio para fundar la normatividad.

### **3. Un nuevo enfoque: teoría organizacional de la funcionalidad génica**

En general, las teorías sistémico-organizacionales naturalizan la dimensión teleológica de las funciones biológicas en el tipo de organización específica de los sistemas vivos, que se caracteriza por consistir en un régimen causal circular entre sus procesos constitutivos y la estructura macroscópica que permite la continua auto-reproducción del sistema y sus componentes a lo largo del tiempo (Mossio *et al.* 2009, Schlosser 1998, McLaughlin 2001). La actividad del sistema se convierte, de esta manera, en una condición necesaria para la existencia del sistema mismo, y de sus partes. Esta “clausura organizacional” justifica, según estos enfoques, la explicación de la existencia de un proceso o ítem por referencia a sus efectos.

Considero que este marco es más adecuado para entender la funcionalidad de los genes, debido a que éstos se auto-repican bajo condiciones generadas por la organización del sistema individual en que están. Las funciones de los genes (que se dirigen principalmente a la síntesis de las macromoléculas necesarias para el mantenimiento de la célula y del organismo<sup>1</sup>) explican (tiene un rol causal en) la existencia de nuevos genes en nuevos ADNs, en la medida en que la *replicación*<sup>2</sup> del ADN requiere un contexto celular específico que ha sido generado por la actividad del ADN mismo.

Dentro del enfoque organizacional de funciones biológicas, se han propuesto diversas teorías. La que en este trabajo aplico al caso de los genes es una versión nueva de un subtipo de estas teorías que se distinguen por el énfasis en la *re-producción del rasgo funcional* a lo largo de la vida del sistema vivo (Schlosser 1998 y McLaughlin 2001).

La definición de Schlosser es la siguiente:

In self-re-producing systems that remain stable for a certain period of time T,  
[...] F is a function of X(t) iff:

[...] for a certain period of time  $t_0 < t < t + x + y < t_0 + T$

- (1) X(t) is directly causally necessary to establish F(t + x) (under certain circumstances  $c_1$ )
  - (2) F(t + x) is [indirectly] causally necessary to establish X(t + x + y) (under certain circumstances  $c_2$ )
  - (3) The causal relations between X(t), F(t + x), X(t + x + y) are complex.
- (Schlosser 1998, pp. 312–5).

Es importante indicar que en la definición de Schlosser la relación entre F(t + x) y X(t + x + y) no ha de ser tan directa como la relación causal entre X(t) y F(t + x) sino que ha de estar mediada por una red *compleja* de interacciones, donde “complejidad” se

---

<sup>1</sup> Esta función de síntesis es llevada a cabo a través de dos tipos diferentes de actividad causal: i) servir de template para las cadenas de moléculas en las nuevas macromoléculas, o ii) regular la expresión de otros genes para que la primera función sea efectuada/realizada en el espacio y el tiempo adecuados.

<sup>2</sup> La replicación es el proceso bioquímico por el que la célula sintetiza, utilizando como template los ADNs que contiene, nuevos ADNs idénticos. Este mecanismo permite la transmisión de parte de la información biológica de una célula madre a células hijas, y es la base de la herencia del material genético.

define como la capacidad de algunos sistemas de auto-reproducir sus estados no a través de ciclos simples (este sería el caso de un péndulo), sino a través de secuencias que envuelven transiciones alternativas de estado que dependen de las condiciones ambientales. La complejidad es una cuestión gradual y como ejemplo de relación escasamente compleja Schlosser pone el caso del ADN egoísta de Dawkins: “In between, are phenomena like “selfish DNA”, which can re-produce themselves *largely uncoupled* from the complex self-re-producing web of interactions that constitutes the organism in which they reside” (Schlosser 1998).

Aplicada al caso de los genes, la definición de Schlosser sería la siguiente:

La síntesis de un tipo particular de macromolécula (M) es una función de una secuencia de ADN (G) si y sólo si

Para un cierto periodo de tiempo  $t_0 < t + x + y < t_0 + T$

(1\*) G es en t causalmente necesaria (de un modo directo) para sintetizar M en (t+x) (bajo ciertas circunstancias  $c_1$ ) (por *expresión* del ADN)

(2\*) La síntesis de M en (t + x) es causalmente necesaria para que (*de un modo indirecto*; y en unas determinadas circunstancias  $c_2$ ) G se auto-reproduzca en (t+x+y) (por *replicación* del ADN)

(3\*) Las relaciones causales entre G en t, la síntesis de M en (t+x), G en (t+x+y) son complejas.

Hay que aclarar una cuestión acerca de esta definición, en lo que concierne a (2\*) y el modo “indirecto” en que M conecta causalmente con G. La relación causal entre M y la reproducción de G no es “tan” indirecta como la relación causal entre, por ejemplo, el bombeo de sangre y el mantenimiento de un corazón. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la actividad del ADN en la síntesis de macromoléculas es funcional a dos niveles, intra e intercelular: *contribuyendo* al mantenimiento y reproducción de cada célula (a través de la síntesis de las macromoléculas necesarias) realiza una contribución funcional a nivel orgánico, ya que la auto-construcción de éste se realiza a través de diferenciación celular y meiosis (y en éstas juega un papel crucial la síntesis de las moléculas adecuadas, a partir de la plantilla ADN). En consecuencia, en (2\*), la síntesis de M es causalmente necesaria para la reproducción de G a esos dos niveles: por un lado, de un modo menos indirecto, porque la reproducción de G requiere una serie de macromoléculas (proteínas, ARNs, etc.) que son sintetizadas por ese ADN;

por otro lado, de un modo más indirecto, porque la reproducción de G requiere, también, el mantenimiento de la organización del sistema entero.

Las ventajas del esquema de Schlosser son dos:

i) Incluye índices temporales, con lo que deja claro que se trata de explicar la existencia del gen por los efectos de genes del mismo tipo *en momentos anteriores* (refleja la dinámica autorreplicante del ADN en un organismo). No obstante, como en la replicación se generan nuevos casos particulares de ADN (a diferencia de los ejemplos estándar de funciones como el corazón, en el que el cierre causal culmina sobre el mismo caso particular de corazón), considero que una cuarta cláusula debería aclarar que G en t y G en (t+x+y) son distintos casos particulares que sólo comparten el hecho de ser del mismo tipo “G” (ver, para esta reflexión, Delancey 2006).

ii) Reconoce la condicionalidad de la funcionalidad de un gen a determinadas circunstancias  $c_1$  y  $c_2$ . La relación entre los genes y las proteínas sintetizadas en las células es, como muchos autores han recalado, “muchos-muchas” (en inglés, “many-many”): un mismo gen (entendido como segmento de ADN) puede servir para la síntesis de diferentes proteínas, y una misma proteína puede necesitar la transcripción de segmentos no contiguos de un ADN (Dupré 2006). La definición propuesta permite dar cuenta de la multifuncionalidad y de la equivalencia funcional de los genes, que ha conducido a autores como Dupré a desprestigiar la noción de gen como secuencia funcional de ADN (“ser un gen *para* una proteína”). En efecto, ofrece la posibilidad de definir suficientemente el concepto de gen, de manera que la pregunta “¿esta determinada secuencia de ADN tiene la función de hacer la proteína M?” puede ser respondida mecánicamente, si se aportan los datos acerca de las circunstancias (en qué momento y espacio del organismo se encuentra, si se están dando determinados eventos en el entorno celular, etc.).

La definición de la funcionalidad génica en términos “condicionales” escapa también a las críticas de determinismo genético que los representantes de la Teoría de los Sistemas en Desarrollo (DST) han lanzado contra el discurso del “gen para” (“gene for’ talk”) (Oyama 2000), en la medida en que hace explícita la mutua dependencia entre factores genéticos y extragenéticos del desarrollo.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> La contribución que un gen hace o puede hacer sobre el desarrollo es, tal y como han visto los autores de la DST, intrínsecamente dependiente de la co-ocurrencia de otros factores (Oyama 2000).

La desventaja de la definición de Schlosser en relación al genoma otorga primacía a la re-producción de *cada uno* de los rasgos que componen un sistema, más que en la auto-re-construcción del sistema “as a whole”. Pero la capacidad de re-producción de un rasgo no es siempre signo de que el rasgo es funcional, como es obvio en el caso del desarrollo del cáncer (Saborido *et al.*). La atención al caso del cáncer ilumina un aspecto esencial de la funcionalidad biológica, y es que ésta ha de conllevar algún beneficio para el sistema que vaya más allá de la necesidad de re-producir (o mantener, sostener) cada uno de sus rasgos. En el caso de los genes, la síntesis de las macromoléculas adecuadas en cada espacio y tiempo contribuye a la diferenciación de los distintos tipos de células, tejidos y órganos, y a la división celular (que está condicionada por la síntesis, en un momento particular del ciclo celular, de determinadas proteínas); es decir, la actividad causal de los genes hace una contribución a la capacidad de todo sistema viviente de “auto-construirse” o “desarrollarse” regenerando continuamente sus propios componentes moleculares y celulares.

La propuesta de McLaughlin sí hace referencia a la necesidad de que la función contribuya o beneficie al sistema como un todo y no sólo a la re-producción del rasgo. Según McLaughlin, afirmar que la función de X es F significa que:

- (1) X does/enables F (in or for some system S);
  - (2) F is good for some S; and
  - (3) *By being good for some S*, F contributes to the (re)production of X (there is a feed-back mechanism involving F’s benefiting S that (re)produces X)
- (McLaughlin [2001], p. 140) (la cursiva es mía)

Así, aunque los efectos de un gen de cancer contribuyen a la reproducción del gen, en este esquema no se diría que ese gen es funcional porque no beneficia primero al sistema como un todo. Las desventajas de este esquema es que no recoge las dos ventajas que he mencionado del esquema de Schlosser.

Por tanto, una nueva versión organizacional más apropiada sería esta:

La síntesis de un tipo particular de macromolécula (M) es una función de una secuencia de ADN (G) en un sistema S si y sólo si

Para un cierto periodo de tiempo  $t_0 < t + x + y < t_0 + T$

(1\*\*)  $G_1$  es en  $t$  causalmente necesaria (de un modo directo) para sintetizar  $M$  en  $(t+x)$  (bajo ciertas circunstancias  $c1$ ) (por *expresión* del ADN)

(2\*\*)  $M$  supone un beneficio para  $S$

(3\*\*) Por ser un beneficio para  $S$ ,  $M$  es causalmente necesaria para que (de un modo indirecto, y en unas determinadas circunstancias  $c2$ )  $G$  se re-produzca dando lugar a  $G_2$  en  $(t+x+y)$  (por *replicación* del ADN)

(4\*\*) Las relaciones causales entre  $G$  en  $t$ , la síntesis de  $M$  en  $(t+x)$ ,  $G$  en  $(t+x+y)$  son complejas

(5\*\*)  $G_1$  es un caso particular de  $G$  distinto de  $G_2$

En este enfoque la funcionalidad de un gen se funda en el organismo en que ejerce su actividad causal (frente a las teorías ES); la existencia del gen se explica por sus efectos (frente a las teorías RC); y hay un criterio para distinguir entre casos funcionales y disfuncionales (que la reproducción del gen tenga lugar debido a la contribución que su efecto hace a la capacidad de auto-construcción de un organismo).

## REFERENCIAS

- Bickhard, M. H. (2000), Autonomy, Function, and Representation, Communication and Cognition - *Artificial Intelligence*, 17 (3-4): 111–31
- Christensen, W. D., y Bickhard, M. H. (2002), The Process Dynamics of Normative Function, *The Monist* 85 (1): 3–28
- Delancey, C. (2006), Ontology and teleofunctions: a defense and revision of the systematic account of teleological explanation, *Synthese* 150: 69–98
- Dupré, J. (2007), The constituents of life, *Spinoza Lectures*, University of Amsterdam
- Dupré, J. y Barnes, B. (2008), *Genomes and what to make of them*, Chicago, University of Chicago Press
- Godfrey-Smith, P. (1994), “A modern history theory of functions”, *Noûs*, 28: 344–62
- Kaplan, J. M. y Pigliucci, M. (2001), Genes ‘for’ Phenotypes: A Modern History View, *Biology and Philosophy* 16: 189–213

- Maynard Smith, J. (2000), The concept of information in Biology, *Philosophy of Science* 67, 177-194.
- McLaughlin, P. (2001), *What Functions Explain. Functional Explanation and Self-Reproducing Systems*, Cambridge, Cambridge University Press
- Millikan, R. G. (1984), *Language, Thought, and Other Biological Categories*. Cambridge: MIT Press
- Millikan, R. G. (1989), In defense of proper functions, *Philosophy of Science*, 56: 288–302.
- Moreno, A. (2000), Closure, Identity, and the Emergence of Formal Causation
- Mossio, M., Moreno, A. (2010), Organisational Closure in Biological Organisms, *History and Philosophy of Life Sciences* 32: 269-288
- Mossio, M., Saborido, C. y Moreno, A. (2009), An organizational account of biological functions, *British Journal for the Philosophy of Science* 60: 813-841
- Nagel, E. (1977), Functional explanations in Biology, *The Journal of Philosophy* 74 (5): 280-301
- Neander, K. (1991) Function as selected effects: The conceptual analyst's defense', *Philosophy of Science*, 58: 168–184.
- Oyama, S. (2000), *The Ontogeny of Information: Developmental Systems and Evolution*, Durham, N.C., Duke University Press
- Reydon, T. (2009), Gene Names as Proper Names of Individuals: An Assessment, *British Journal of Philosophy of Science* 60: 409–432
- Ruiz-Mirazo, K. (2001), *Physical conditions for the appearance of autonomous systems with open-ended evolutionary capacities*, PhD dissertation, University of the Basque Country
- Sarkar, S. (2005), *Molecular models of life: philosophical papers on molecular biology*, Cambridge, Mass., MIT Press, 2005
- Schlosser, G. (1998), Self-re-Production and Functionality: A systems-theoretical approach to teleological explanation, *Synthese* 116, 303–354
- Shea, N. (2007), Representation in the genome and in other inheritance systems, *Biology and Philosophy* 22, 313–331
- Shea, N. (2012), Inherited representations are read in development, *British Journal for the Philosophy of Science* 63, 1–31

- Sterelny, K. (2000), The Genetic Program Program: A Commentary on Maynard Smith on Information in Biology, *Philosophy of Science*, 67 (2): 195-201
- Varela, F., Maturana, H. y Uribe, R. (1974), Autopoiesis: The Organisation of Living Systems, its characterization and a model, *BioSystems* 5: 187-96
- Wright, L. (1973), Functions, *The Philosophical Review* 82 (2): 139-168
- Wright, L. (1976), *Teleological Explanations: An Etiological Analysis of Goals and Functions*, Berkeley: University of California Press

## MESTIZO GENÓMICO (MEXICANO): DE LA MEZCLA DE “RAZAS” A LA MEZCLA DE “GENES”

ABIGAIL NIEVES DELGADO

*Instituto de Investigaciones Filosóficas,*

*Universidad Nacional Autónoma de México (México)*

[abigailnievesdelgado@gmail.com](mailto:abigailnievesdelgado@gmail.com)

HISTÓRICAMENTE SE HA IDENTIFICADO a la población mexicana con la idea de una población mestiza. Esta población tuvo origen, según nos cuentan, cuando los españoles conquistadores y los indígenas locales comenzaron a establecer relaciones de reproducción, a generar un nuevo tipo de habitantes, por decirlo de algún modo. El mestizo como designador social, y los otros nombres que sirvieron para clasificar a la población del nuevo continente en “castas”, cumplió un papel económico y social del que en muchos otros lados ya se ha hablado.

Tiempo después, este mito fundacional fue reiterado por varios pensadores del siglo XX quienes se encargaron de describir y reivindicar el producto de esta “mezcla de razas” otorgándole características positivas y únicas. Se construyó de esta manera una “nueva raza”, la tan citada “raza de bronce” confeccionando la identidad compartida de todos los mexicanos.

Dentro del contexto científico actual, posterior a la conclusión del Proyecto del Genoma Humano, el mito fundacional (español/europeo e indígena) se reactiva ahora en una versión cuantitativa. Si la nación mexicana es mestiza, entonces debe tener mitad de genes españoles/europeos y mitad de genes indígenas, es decir 50% y 50%.

De acuerdo, esta parece una versión brutalmente simplificada de lo que los científicos pueden cuantificar cuando realizan análisis de ancestría. En los planteamientos para el análisis de la diversidad humana de la genómica y la antropología molecular, no se espera un modelo 50-50, se toma en cuenta la historia, dicen. Entonces se dice que no se puede dejar de lado la importante contribución de

ancestría africana o negra, y es dentro de este modelo tripartita en el que se clasifican las distintas poblaciones, por lo menos en el caso mexicano. Así se puede determinar qué población tiene un mayor componente africano, qué población es más indígena y cuál es más europea y se puede unificar a todas las distintas opciones bajo el mote de mestizo, un mestizo genómico.<sup>1</sup> Este mestizo genómico, además, tendrá características únicas en relación a las otras poblaciones humanas, mismas que son fundamentales para explicar y resolver las propensiones patológicas más comunes de la población. ¿Qué hay de sospechoso en este planteamiento?

Como parte de un análisis más amplio del término “mestizo”, su relación con la filosofía de razas y su injerencia actual en la construcción de nuevas identidades, en este trabajo se propone problematizar la relación entre dos acepciones del término mestizo, misma que por lo general se presentan entretejiendo dimensiones emergentes a través del discurso de la antropología molecular y la genómica médica. Al tener una distinción clara entre lo que significa este término en distintos contextos, se podrían repensar discusiones actuales entre científicos naturales y sociales (por llamarlos de alguna forma) alrededor de un tipo de racialización de la investigación científica relacionada con el estudio de las poblaciones y la medicina genómica, por ejemplo.

Al pretender describir a una misma población como mestiza desde el punto de vista histórico y mestiza desde los nuevos resultados en genética de poblaciones, se entrecruzan varios supuestos que subyacen a distintas formas de explicar la conformación de una nación, el surgimiento de una población y la identidad de un pueblo. Estas distintas acepciones, entonces, suelen invadir recíproca e indistintamente el territorio de una y otra. En el mestizo que es objeto de estudio en las disciplinas que estudian la diversidad y la variación humana, algo que se podría llamar, como hemos mencionado antes, el mestizo genómico, se apelmazan otros relatos ocasionando una falta de claridad en el concepto, lo que conlleva, a su vez, a una falta de claridad en la discusión.

---

<sup>1</sup> Vivette García Deister ha hablado de la polisemia del término mestizo en el ámbito científico y específicamente ha hablado del mestizo molecular.

## 1. Poblaciones originales

Uno de los tropiezos conceptuales más sobresalientes en el planteamiento del mestizo molecular del que se habla en la genética de poblaciones es la idea de población original o inicial.

En el caso mexicano, las poblaciones europea, indígena y africana o negra se considerarían como las poblaciones iniciales a partir de las cuales se daría el mestizaje. Sin embargo, parece muy problemático el concebir a estas poblaciones como si en ellas mismas no hubiera una complejidad composicional. Ya en la declaración de la UNESCO de 1964 (UNESCO, 1969) se afirma que no existen poblaciones genéticamente homogéneas, algo como razas puras. No queda claro en qué sentido es que estas poblaciones se entienden en el contexto de la genética de poblaciones.

La cualidad de prístino, original o inicial se asocia con un supuesto aislamiento geográfico, lo que se traduce en una búsqueda constante por examinar e identificar a las poblaciones aisladas y a las mezcladas, omitiendo una reflexión sobre la composición de las supuestas poblaciones originales o iniciales. La posibilidad de diferenciar una de la otra, o de identificar las características de cada una de una manera objetiva y por métodos “científicos”, ha sido una constante preocupación de las disciplinas enfocadas en el estudio de poblaciones humanas, (como la antropología física, la bioquímica y ahora la genética) esfuerzo que puede ser rastreado históricamente tanto en teorías científicas como en prácticas.

En el caso mexicano específicamente, la identificación de estas poblaciones “iniciales” con aquellas que según el mito fundador construyeron a la población mexicana, reactiva en el imaginario colectivo una idea, hasta cierto punto simplista e idealizada, del origen particular de una población.

¿Europeo de dónde? ¿Todos los europeos son iguales? ¿Español de dónde? Lo mismo para las otras dos ancestrías. Es claro que este es entonces un ejercicio de idealización o reificación, donde ninguna de las poblaciones referencia se concibe con el grado de heterogeneidad que supondría tener tras el tiempo evolutivo y los procesos de migración y reproducción que las suponen haber afectado. En la declaración de la UNESCO de 1950 (UNESCO, 1969) ya se habla de un proceso continuo de hibridación de las poblaciones humanas. El resultado de la constante hibridación sería entonces que todos los hombres somos mestizos.

La coexistencia del mestizo histórico, que proviene del mito fundador, con el mestizo genómico se sostiene a partir de la falta de claridad en nociones centrales a la genética de poblaciones.

El espesor del término mestizo, resultado de la acumulación de lo mencionado antes, hace posible dar por hecho, por mencionar algunos ejemplos, la pureza o aislamiento de ciertas poblaciones (por ejemplo las poblaciones indígenas de México que actualmente son objeto de investigación por tal razón) o la determinación a priori de la composición genética de cierta población (como la del mestizo mexicano que de antemano es entendido como una mezcla de español con indígena). Ambas situaciones problemáticas.

Una consecuencia más del pobre esfuerzo por establecer definiciones un poco más rigurosas por parte de los hacedores de ciencia es que se dota de características peculiares a la población resultante de esta mezcla original. Y son estas características las que han sido utilizadas por algunos investigadores en el contexto de la genómica médica, como justificación para hablar de patologías y, por lo tanto, curas particulares a grupos poblacionales. Justificando así, la racialización de la genómica médica y por supuesto, su comercialización.

Este tipo de ejercicio crítico, donde se recalca el vínculo del estudio de la variación humana con otros discursos, hace posible ver que la mayoría de las veces el trabajo científico va de la mano con nociones preconcebidas y una agenda política y económica determinada, cuestión que resulta paradójal a la pretensión de objetividad del conocimiento científico.

Ahora quisiera pasar del ámbito experto al del público. ¿Qué pasa con la identidad?

## **2. Mestizos no expertos**

En el marco de un proyecto que busca conocer la percepción pública sobre temas de raza, genómica y mestizaje en América Latina,<sup>2</sup> hemos podido recabar algunas

---

<sup>2</sup> El proyecto “Raza, genómica y mestizaje en América Latina: una perspectiva comparativa” es coordinado por Peter Wade de la Universidad de Manchester (UK) y es un esfuerzo de colaboración internacional entre México, Colombia y Brasil.

<http://www.socialsciences.manchester.ac.uk/disciplines/socialanthropology/research/rgm/s/>

respuestas de público no experto sobre autodescripción y autoasignación de porcentajes de ancestría mediante entrevistas personales y grupos de discusión.

Frente al ejercicio de autodescribirse o, mejor dicho, autoadscribirse a una categoría, la respuesta fácil venía con mestizo. El mito fundacional y la labor de la filosofía indigenista parecen haber logrado invisibilizar las distinciones y homogeneizar a una población.

Un caso similar se presentaba al exponer al público a una tabla de ancestría donde se debía elegir el porcentaje de cada una en relación a un ejercicio adivinatorio de autopercepción. Entraban en juego entonces elementos de dos tiempos: uno ancestral lejano y uno más cercano. El entrevistado podía imaginarse fragmentado al recurrir al mito fundacional (si llegaron los españoles y aquí había indígenas entonces debo ser mitad y mitad) o pensando en las historias familiares que dan sentido a su identidad (mi abuelito era de... los padres de mi abuela venían de...).

En estos casos, la asociación de ciertos componentes genéticos específicos, resultado de la mezcla antes mencionada, con cualidades físicas y psicológicas, reactiva otra serie de supuestos que de igual forma configuran el imaginario de la población.

### 3. Epílogo

Ya en el 2009 el INMEGEN entregó el Mapa Genómico de los Mexicanos al presidente Felipe Calderón. Se argumentó que a partir de éste, se podrían entender y resolver varias condiciones patológicas comunes a los mexicanos, a los mestizos mexicanos. Varias críticas se han presentado en relación a este proyecto.<sup>3</sup>

Tanto en el caso de las pruebas de ancestría como en el de la medicina genómica se puede leer un mismo discurso. El mexicano mestizo está conformado por porcentajes ancestrales (cuya heterogeneidad no es explícita) de otros lados. Esta conformación lo hace más susceptible que otras poblaciones a ciertas enfermedades ¿No deberíamos ser escépticos de estos resultados al poner en la mesa los problemas conceptuales anteriores?

No es la primera vez que se cuestiona ciertos aspectos de la práctica científica en cuanto al análisis de las poblaciones humanas, pero es probablemente la primera vez en la que se tienen resultados empíricos sobre cómo se percibe la población no experta

---

<sup>3</sup> Una referencia fundamental a este tema es el libro *Genes & Mestizos: Genómica y raza en la biomedicina mexicana*, volumen compilado por Carlos López Beltrán.

cuando se le solicita describirse en los mismos términos que los científicos naturales utilizan. Muy probablemente las respuestas obtenidas son sensibles a los instrumentos que se han movilizad para obtener las respuestas, queda entonces la duda de qué tipo de respuestas se obtendrían si las preguntas fueran distintas. Sin embargo parece claro, no sólo por este trabajo (o parte muy breve de un trabajo rico en información y resultados), que las nociones poblacionales utilizadas en la ciencia se transmiten igual de turbias de los expertos a los no expertos.

Parece grave que una de las ciencias que gozan de mayor credibilidad en la actualidad, como es el análisis genético/genómico de los organismos, dependa de nociones poco bien definidas y de menos claridad como la de poblaciones originales y mestizas. Más grave es aún cuando ésta misma disciplina posee el poder teórico de generar discursos clasificatorios, discursos que dotan o restan cualidades a los hombres, que los hacen diferentes o que los igualan.

Ante este escenario, parece relevante entonces, proseguir con el ejercicio crítico de las disciplinas científicas, que de distintas maneras tienen injerencia en las posibilidades identitarias del hombre, desde distintos métodos y frentes. Igualmente importante es buscar el diálogo con científicos sociales y naturales, una empresa que hasta el momento ha sido difícil de concretar (y que en sí misma conlleva otros problemas filosóficos).

## REFERENCIAS

López Beltrán, Carlos (comp.) (2011) *Genes&Mestizos: Genómica y raza en la biomedicina mexicana*, Ficticia-UNAM, México.

UNESCO (1969), *Cuatro declaraciones sobre la cuestión racial*. UNESCO, Paris.

# FROM MOLECULES TO ECOLOGY AND BACK: THE HIERARCHY THEORY VIEW OF SPECIATION

TELMO PIEVANI

*Department of Biology, University of Padua (Italy)*

EMANUELE SERRELLI

*“Riccardo Massa” Department of Human Sciences, University of Milano Bicocca*

(Italy)

[emanuele.serrelli@unimib.it](mailto:emanuele.serrelli@unimib.it)

## **1. Hierarchy Theory**

THE BIRTHDATE OF HIERARCHY THEORY can be located in the 1980s when, in the context of complexity theory, several scientists (e.g., Allen & Starr 1982) and thinkers (e.g., Salthe 1985) began exploring in detail the nature of hierarchical systems. Hierarchy Theory uses a relatively small set of principles to keep track of the complex structure and behavior of systems with multiple levels such as social systems, physical and biological structures, and biological taxonomies. Among evolutionary biologists, Niles Eldredge (e.g., 1986) adopted Hierarchy Theory as an approach to understanding the evolutionary process. From such standpoint, Eldredge developed and defended his own positions on debates such as individuality in evolution, units and levels of selection, rates of evolution, and macroevolution –debates that were heated in the 1980s and, not by chance, are still open today. On the one hand, Eldredge’s series of papers and books progressively developed and revised details such as the number of hierarchical levels, entities, and processes (a still much open enterprise); on the other hand, robustness, flexibility, and generality were demonstrated of the core intuition by Eldredge in his application of Hierarchy theory, that is that “The clue to unravelling the evolutionary consequences of interactions [between ecosystems and species] derives from the observation that organisms seem to be both energy conversion machines and reproducing ‘packages’ of genetic information. As such they are integrated

simultaneously into two largely separate, but interacting kinds of general systems” (1986 p. 351). And the intuition is orthogonal and goes beyond the particular and contingent debates that have emerged in the last 30 years of evolutionary theory. Nowadays Hierarchy Theory is being developed and updated in light of an explosion of new discoveries and fields, but also as a way of re-thinking and re-framing concepts, like species and speciation, that have been present in evolutionary theory for many decades. Hierarchy Theory is surprisingly little known, given that it provides a unifying approach for representing the multi-level structure of the organic world and an explanatory framework for the wide range of natural phenomena, but at the same time it requires a reformulation of all the major concepts of evolution. Here we examine the example of speciation, and also the further implications for the case of contemporary models of hominid evolution.

## **2. The Hierarchy approach to evolution: economy and genealogy**

According to Hierarchy Theory, organisms are parts of at least *two* different kinds of systems:

(1) *Matter-energy transfer systems*, where organisms are parts of local populations that in turn are parts of local ecosystems. The economic roles played by such populations are what constitute ecological niches. Local ecosystems are parts of regional systems, a geographic mosaic of matter-energy transfer systems that together constitute the global biosphere.

(2) *Genetically-based information systems*: organisms are parts of local breeding populations that in turn are parts of each individual species. Species, through the process of evolution, are parts of historical lineages: genera, then families, orders etc. of the Linnaean Hierarchy. While evolutionary theory has legitimately focused most on genetic processes and the formation of genetic lineages, evolution does not occur in a vacuum: specifically, it is what takes place inside matter-energy transfer systems that determines, in large measure, the patterns of stability and change in genetic systems that we call “evolution”.

The interplay of the economic and the genealogical hierarchies is a crucial way of framing the explanation of the patterns of the real world of biological systems and their histories at all scales. The “sloshing bucket theory of evolution” (Eldredge 2003)

describes the multilevel interplay between ecological disruption, taxic extinction and consequent bursts of evolutionary diversification. The pulse, pace and scope of ecological disruptions –ranging from localized disturbances; regional, longer term disruptions; and (rarely) drastic global environmental change– have corresponding effects on dynamic matter-energy systems on different scales. Localized disruptions result in re-establishment of very similar local ecosystems, based on genetic recruitment of members of the same species still living outside the affected area; on the grandest scale, mass extinctions resulting from global environmental disruption witness the disappearance of larger-scale taxonomic entities. Over periods of millions of years (5-10 my, typically), the ecological roles played in the now-disrupted ecosystems by organisms in now-extinct groups are assumed by evolutionarily modified species that are derived from taxa that survived the extinction event. The intermediate situation – where regional ecosystems are disturbed, resulting in the extinction of many species– is perhaps of the greatest interest: the fossil record shows clearly that most speciation events (hence most evolutionary genetic change in the history of life) take place as a consequence of regional ecosystemic collapse and multiple extinctions of species across different lineages.

### **3. Speciation in the Hierarchy approach**

Traditional presentations of *speciation* commonly depict one species at a time, and classify speciation events on a geographical basis (allopatric, peripatric, sympatric etc.). In light of hierarchy theory, both these habits are wrong, and a rethinking of the process of speciation is needed to explicitly describe the interaction between (1) economic and (2) genealogical events.

First, with “geographic speciation”, more than an eco-geographical event we actually mean *one of the possible genealogical consequences of ecological barriers*, i.e. the multiplication of genealogical entities at the level of species within instances of the evolutionary hierarchy (we use the biological concept of species, with no necessary link with the individuality thesis). As Gavrilets (2010) pointed out, a geographical taxonomy of speciation is silent about what happens in the genealogical hierarchy, for example about the kinds of genetic, morphological or behavioral “uncoordination” that yield reproductive isolation. A new *genealogical* taxonomy of processes of diversification

(e.g., sympatric speciation, birth of varieties and subspecies, agamospecies) is possible. On the other hand, geographic barriers impact *many* species at once: ecological events which arguably trigger speciation are cross-phyletic.

Second, a proper re-description of *geographic* speciation should contextualize the phenomenon properly in the scenario of *ecological* systems (ecosystems and, at a macroevolutionary time scale, faunas). Sometimes speciation can be adaptive (critical assessments of its relative frequency are necessary). But the important thing is that adaptation –usually seen from an intra-populational point of view– should as well be described in the context of ecological reassortment and reshaping of communities. We are in presence of contemporaneous processes that occur at the population-ecological time scale at different levels of the ecological hierarchy, inviting reinterpretation of the concepts of adaptation and fitness, coevolution, and niche construction. Intra-populational, inter-individual variation of ecologically relevant traits is examined as the “raw recruit” for natural selection. Transversal comparison among ecological communities brings into focus patterns in ecological processes and systems, and also processes like adaptive convergence. In this way, some epistemological problems which are usually related to adaptation disappear, and new ways of framing the issue emerge. For example, coevolution is not a separate issue, neither it is niche construction, i.e., the cross-genealogical modification of selective pressures as a consequence of the existence and activity of populations, including the interactive role of abiotic factors.

#### **4. Hierarchy Theory, speciation, and human evolution**

This re-worked concept of speciation and, more generally, eco-genealogical diversification, seems to play a key role in the latest “inference to the best explanation” models of hominid evolution that integrate all the clues coming from paleontology, archaeology, molecular biology, and neuroscience (Pievani 2012).

The model is a revised version of the “exaptive hypothesis” about the emergence of cognitively modern humans, not involving a discontinuous and very recent “great leap forward” without geographical reference. It shows three many evolutionary phases closely intertwined with ecology: (1) 200 to 80 Kya: emergence of genetically and anatomically modern populations in Africa and first waves out of Africa to southwest Asia; (2) 80 to 60Kya: punctuated bursts of cultural innovation in Africa, with climate

instability triggering demographic expansions and contraction; (3) 60 to 50 Kya: final wave of cognitively modern humans rapidly spreading in Eurasia and then Australia and Americas, broad hunting and extinction of mega-fauna and demographic substitution of all the other human species or forms. The invention of farming and animal husbandry effectively removed humans for the first time from depending solely upon the resources afforded by their local ecosystems: *Homo sapiens* became the first species whose local populations did not have ecological niches –and indeed were living outside local ecosystems. This change in ecological circumstance –which underlies the nature of much of global human existence for the past 10,000 years or so– is sharply brought into perspective when viewed through the prism of hierarchy theory. Viewed from a hierarchical perspective, it is easy to show that hominid bands, up to and including the by-now nearly-extinct hunter-gathering bands (such as the San peoples of southern Africa), with their integration of ecological and reproductive functions, were nonetheless still members of their local ecosystems – utterly dependent, for example, on the productivity of the lands on which they lived, as well as their individual and collective skills of harvesting plant and animal resources. But a major change in the human ecological condition occurred during the First Agricultural Revolution ca. 10,000 years ago.

The relationship between ecology and genealogy/genetics/evolution (i.e., the circulation of information) is interactive and bidirectional: the first phase is characterized by anatomic innovation and mainly by a neotenic trend in the hominid clade (reorganization of gene expression, new neural substrate, influences on social organization and communication, episodic expressions of symbolic behavior); the second phase shows the complete evolution of vocal trait that would have enabled fully articulated language, and the earliest evidence of symbolic behavior in Africa; and the third phase sees the branching and merging diffusion of modern complex languages and cultural diversities along with genetic information, by which we can today trace the globalization history of our species. According to the recent “serial founder effect” model, the decrease of genetic diversity in current human populations, highly proportional to the distance from Africa, could be explained by a sequence of genetic drifts produced by the movements and expansions out of Africa of such hunter-gathering bands.

## 5. Conclusion

We offered a brief outline of the Hierarchy Theory of evolution, which was rooted in complexity theory in the 1980s, was adapted and refined to account for biological evolution, and was evoked as a position in major debates in the last 30 years like those on biological individuality or units of selection. We suggested that the importance of Hierarchy as both a framework and a refined theory, in particular its formalization of two main interacting hierarchies (ecological and genealogical), goes well beyond those specific debates, and should be valued and taught as a general view of evolution. With the example of speciation, we illustrated the potential of Hierarchy Theory to reformulating major concepts and to suggesting genuinely novel lines of research. Finally, with the example of recent clue-based reconstructions of hominid evolution, we showed the explanatory power of Hierarchy Theory for specific empirical case studies.

## REFERENCES

- Allen TFH, Starr TB (1982). *Hierarchy: Perspectives for Ecological Complexity*. Chicago: University Chicago Press.
- Gavrilets S (2010). High-dimensional fitness landscapes and speciation. In Pigliucci M, Müller GB, eds. *Evolution – The Extended Synthesis*. Cambridge-London: MIT Press, pp. 45-79.
- Eldredge N (1986). Information, economics, and evolution. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17:351-369.
- Eldredge N (2003). The sloshing bucket: How the physical realm controls evolution. In Crutchfield JP, Schuster P, eds. *Evolutionary Dynamics - Exploring the Interplay of Selection, Accident, Neutrality, and Function*. Oxford: Oxford University Press, pp. 3-32.
- Pievani T (2012). The Final Wave: *Homo sapiens* biogeography and the evolution of language. *RIFL SFL*: 203-216. doi 10.4396/2012618

Salthe SN (1985). *Evolving Hierarchical Systems: Their Structure and Representation*.  
New York: Columbia University Press.

## **Sección G**

### **Problemas filosóficos en la evolución y en el desarrollo**

## EVOLUCIÓN Y DIOECIA

CÉSAR ANTONIO ABARCA GARCÍA\*

[c.abarca@correo.ler.uam.mx](mailto:c.abarca@correo.ler.uam.mx)

JESSICA PÉREZ ALQUICIRA\*\*

CÉSAR AUGUSTO DOMÍNGUEZ PÉREZ-TEJADA\*\*

*\*Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma (México)*

*\*\*Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ecología, Departamento de Ecología Evolutiva. (México)*

EN TÉRMINOS MUY GENERALES, LA DIOECIA puede ser definida como un polimorfismo reproductivo que se caracteriza porque en una misma población coexisten dos clases de individuos, unos que producen únicamente gametos masculinos y otros que por el contrario, solamente producen gametos femeninos. En el caso de los animales dioicos, las células sexuales masculinas son los espermatozoides y las femeninas son los óvulos. En las plantas, para todos los grupos taxonómicos que presentan especies dioicas, los gametos masculinos se conocen como polen y los femeninos, al igual que en los animales, como óvulos. Una característica común de todas las especies dioicas independientemente del grupo taxonómico al que pertenezcan, es que siempre los gametos masculinos son de tamaño más pequeño que los femeninos, pero por el contrario, se producen en mayor cantidad. Además de lo anterior, es frecuente que ambos fenotipos sexuales (machos y hembras) se encuentran representados estadísticamente dentro de una población en la misma frecuencia, es decir, uno a uno. En dichas poblaciones, la única forma de que un individuo se reproduzca y deje descendencia, es cuando un gameto masculino llega a uno femenino y lo fecunda. Posteriormente se produce un cigoto que comparte el material genético de ambos progenitores.

Una vez que surge o aparece la dioecia como un sistema de reproducción que se ha derivado de otro, tiene como consecuencia el origen de una gran diversidad de

importantes fenómenos biológicos que van desde la maximización del dimorfismo sexual o la aparición de cromosomas sexuales, hasta el cuidado parental y la elección de la pareja. Por si ello fuera poco, este sistema de reproducción sexual ha evolucionado en repetidas ocasiones y de manera independiente dentro y entre los siguientes cinco grandes linajes: los animales (particularmente los terrestres), las plantas con semillas desnudas como por ejemplo los pinos (gimnospermas), los musgos (briofitas), los helechos (pteridofitas) y las plantas que presentan y se reproducen a través de las flores (angiospermas).

Desafortunadamente, en cuatro de los cinco grupos taxonómicos antes citados, la dioecia representa una condición sexual que se encuentra totalmente fija, es decir, no existen etapas intermedias de su evolución. Por lo tanto, a partir de esos cuatro grupos es imposible reconstruir cómo se originó la dioecia y qué fuerzas evolutivas propiciaron cada uno de los cambios o los más importantes, desde que ocurrieron en el sistema reproductivo ancestral. Al contrario de lo que sucede en dichos grupos, en las plantas que presentan flores o angiospermas, la dioecia no solamente ha evolucionado en diversas ocasiones de manera independiente, sino que en la actualidad existen varios grupos en donde se encuentra en distintas etapas de su evolución. Por ejemplo, en algunas especies del género *Fuchsia* (Onagraceae) existen poblaciones hermafroditas en donde han aparecido individuos unisexuales; en otras poblaciones por el contrario, la presencia de machos y hembras en una proporción es elevada y la de hermafroditas en cambio es baja. Desde un punto de vista teórico, ambas situaciones representan los extremos de la evolución de la dioecia. Es decir, el comienzo y el final. Debido a que las angiospermas representan casi la única oportunidad que tenemos para estudiar la evolución de la dioecia, no es de extrañar que desde los primeros trabajos pioneros que realizó Darwin, éstas se hayan convertido en un sistema de estudio modelo para poner a prueba distintas hipótesis evolutivas.

En la actualidad por ejemplo, las angiospermas han permitido proponer varias hipótesis que intentan explicar tanto el origen de la dioecia desde un sistema hermafodita, que es el ancestral, como sus principales consecuencias en términos genéticos, ecológicos y evolutivos.

Entre estas hipótesis, actualmente destacan las siguientes cuatro. La ecológica que es una de ellas, ha mostrado varias cosas, entre las más importantes, que la dioecia

es un sistema reproductivo que se ha favorecido en las islas en donde su presencia es mayor que en otro tipo de lugares. Asimismo que las plantas dioicas comúnmente poseen flores pequeñas, de colores cremosos, que son polinizadas por animales generalista y finalmente, que sus frutos que son rojos y carnosos, son dispersados por frugívoros especialistas. A pesar de la abundante evidencia empírica que existe al respecto, esta hipótesis ha sido criticada porque solamente cuenta con evidencia de tipo correlativa. Otra hipótesis, que probablemente es la más criticada de entre las cuatro, propone que la selección sexual, teoría propuesta por Darwin para explicar el dimorfismo sexual en los animales, es el mecanismo a través del cual se originó la separación de los sexos entre distintos individuos. Sin embargo, en acaloradas discusiones publicadas en revistas de biología de alto impacto como *American Naturalist* o *Nature*, lo más que se ha llegado ha aceptar sin tanta polémica, es que más que explicar el origen de la dioecia, la selección sexual podría ser una fuerza evolutiva importante una vez que ésta ha surgido maximizando algunas características que tienen que ver con el dimorfismo sexual. Por ejemplo, las diferencias que existen entre los sexos en cuanto a la cantidad y el tamaño de las flores o respecto a la cantidad y calidad del néctar. La tercera y cuarta hipótesis y que no son mutuamente excluyentes, son las que cuentan con mayor respaldo teórico y por ello seguramente, son las más aceptadas entre la comunidad científica. La primera de ellas propone que un sistema reproductivo dioico se favorece porque al asignarse los recursos reproductivos de manera separada, las funciones reproductivas masculina y femenina se maximizan más, que cuando se encuentran juntas en un mismo individuo, como sucede en los individuos que son hermafroditas. Finalmente, la otra hipótesis, que ha sido la más difundida, lo que propone es que la dioecia, al ser un mecanismo que separa las funciones sexuales entre los individuos se favorece porque evita por completo la autofecundación y por lo tanto, sus posibles efectos negativos o deletéreos. Para explicar esta hipótesis imaginemos una población de individuos hermafroditas en donde es común que las plantas se reproduzcan por autofecundación. Sí la autofecundación o endogamia uniparental produce efectos nocivos en la progenie, entonces cualquier mecanismo que la evite como la dioecia, será inmediatamente favorecido por la selección natural.

A pesar de la importancia que tiene poner a prueba las distintas hipótesis evolutivas acerca de la evolución de la dioecia en las angiospermas, en la mayoría de los

casos, más que pruebas empíricas, se da por cierto lo que teóricamente se ha propuesto. Por ejemplo, si es cierto que la dioecia es un sistema de reproducción sexual que es capaz de evitar la endogamia (pues una planta dioica no se puede autofecundar) y que esa es su ventaja adaptativa, entonces se espera que la dioecia mantenga mayores niveles de variabilidad genética que los sistemas reproductivos ancestrales hermafroditas de los que se derivó. A pesar de que ese supuesto es uno de los más generales que se derivan de la hipótesis de la depresión por endogamia, es de llamar la atención que varios de los sistemas reproductivos hermafroditas a partir de los cuales se puede originar la dioecia, ya tuvieran mecanismos genéticos que evitan la autofecundación. En esos casos aunque es difícil mantener los supuestos teóricos acerca de que la ventaja de la dioecia se debe a que evita la endogamia uniparental puesto que los otros sistemas reproductivos hermafroditas ancestrales también la evitaban, al menos podríamos esperar que ésta mantuviera el mismo nivel de variabilidad genética que ese tipo de sistemas ancestrales. De lo contrario y aunque parezca asombroso, entonces la dioecia más que ofrecer las ventajas adaptativas que supone la hipótesis de evitar la endogamia, podría ser desventajosa.

Para poner a prueba el supuesto de que la dioecia puede mantener mayores o al menos iguales niveles de variación genética que sus ancestros hermafroditas, en este trabajo seguimos dos aproximaciones. En la primera de ellas, que fue empírica, comparamos la distribución de la variación genética dentro y entre poblaciones de una especie dioica y otra hermafrodita (incompatible) del mismo género (*Erythroxylaceae*). El estudio lo hicimos por medio de marcadores moleculares muy variables denominados como *inter simple sequence repeats* (ISSR's). En la segunda aproximación, hicimos una extensa revisión bibliográfica de artículos en donde se reportaran los patrones de variación genética con enzimas para cualquier especie dioica. Posteriormente comparamos dichos patrones de diversidad genética con especies hermafroditas que estuvieran emparentadas a nivel de género o de familia. Nuestro resultado más importante, fue en contra de lo que se esperaba teóricamente (y que al mismo tiempo constituye la idea más difundida), pues resultó que tanto en el estudio empírico como en la comparación bibliográfica, las especies dioicas tuvieron en promedio, significativamente menos variación genética que las especies hermafroditas. Debido a que en la evaluación que hicimos no solamente utilizamos dos aproximaciones

independientes, sino que no importando la historia de vida de las plantas (larga o corta), su forma de polinización (por agua, viento o animales) o que una gran cantidad de especies fueran filogenéticamente independientes, siempre las especies dioicas tuvieron menos variación genética que la esperada, concluimos al menos dos cosas. Una es que la reducción de la variación genética en las angiospermas dioicas es un suceso común y la otra que nos parece mucho más importante desde un punto de vista de cómo se forma el conocimiento, es que a pesar de lo que se ha dicho, la dioecia más que ser una innovación clave en términos de que maximiza la variación genética, es un sistema reproductivo que puede reducirla. Pensamos que la última conclusión es la más importante, pues aunque parezca sorprendente, la hipótesis de la endogamia se encuentra tan ampliamente difundida como cierta, que aún sin haber sido evaluada, en distintos foros académicos en dónde únicamente presentamos nuestros resultados empíricos, resultaba tan sorprendente lo que habíamos encontrado, que se llegó a sugerir que habíamos cometido algún error experimental. Como sabemos que no es así y que nuestros resultados se siguen confirmando, nos parece importante divulgar no solamente los datos, sino sus implicaciones sociales.

Ya casi para terminar, nos gustaría señalar que en el área de la biología evolutiva o de la biología y la genética de la conservación, es común que se asuma que una de las consecuencias más graves que tiene la reducción o pérdida de la variación genética, es que exista una relación estadística positiva entre esta pérdida y las probabilidades de extinción. Este parece ser el caso en la angiospermas, pues resulta que éstas no solamente tienen menos variación genética que lo que se había asumido hasta entonces, como lo hemos expuesto, sino que otros estudios han mostrado que las probabilidades de extinción de las especies dioicas son más grandes que las que existen en sus grupos hermanos hermafroditas. Ambos resultados son importantes de tomar en cuenta en el contexto de la conservación de las especies, pues indican que las plantas dioicas son más vulnerables de desaparecer que las hermafroditas. Un resultado que es congruente con tal afirmación, es que las especies dioicas se encuentran más representadas en las listas de especies en peligro o riesgo de desaparecer, que sus grupos hermanos hermafroditas. Asimismo, los tres estudios comparten una misma lógica que no tenían antes de que pusiéramos a prueba la hipótesis de la endogamia.

Finalmente, queremos destacar y recalcar que este trabajo constituye un ejemplo que muestra cómo muchas ideas centrales de las ciencias biológicas, que han sido aceptadas y difundidas ampliamente como ciertas, no cuentan con datos empíricos que las respalden. En el caso de la evolución de la dioecia por ejemplo, nuestros resultados indican que es necesario no solamente evaluar las demás hipótesis a profundidad sino incluso comenzar a pensar en otras.

# SELECCIÓN NATURAL Y CONSTRUCCIÓN DE NICHOS: UNA ¿«DIALÉCTICA»? EVOLUCIONISTA

JUAN RAMÓN ÁLVAREZ

*Universidad de León (España)*

[juan-ramon.alvarez@unileon.es](mailto:juan-ramon.alvarez@unileon.es)

*Human beings, like all other organisms, are 'active subjects transforming nature according to its laws' and are always in the course of adapting to the ecosystems they themselves construct. (David Harvey, 1993, 28)*

## 1. Introducción

ESTA COMUNICACIÓN ES UN FRAGMENTO de la parte inicial de una investigación más extensa en la que se examinan intentos de unificación de ciencias naturales y humanas, especialmente de teorías biológicas forjadas en el marco evolucionista y enfoques operacionales propios de las ciencias humanas. En el planteamiento que se inicia con esta intervención están contemplados los casos de aproximaciones entre ciencias biológicas y ciencias humanas que comparten principios restrictivos (ecológicos) y técnicos (transformadores) (Cf. Álvarez 1988, 2009).

Dos intentos parecen singularmente interesantes. Son, por una parte, la introducción de la teoría de construcción de nichos entrelazada y complementando la teoría de la selección natural en el programa evolucionista y, por otra, la proyección de la teoría de juegos como red unificadora de las ciencias del comportamiento. Al primero dan credibilidad los trabajos de Kevin Laland, John Odling-Smee y Marcus Feldman; al segundo sobre todo la iniciativa encabezada por Herbert Gintis. El grueso de estos planteamientos, aun cuando han tenido antecedentes importantes con anterioridad, se ha desarrollado a partir de la última década del siglo pasado y la que va de éste. En ambos casos la aproximación ha consistido en revisar conceptos básicos, tales como en el primero el de adaptación (Day *et al.*, 2003) y en el segundo algunos supuestos como el

llamado “egoísmo” tanto en la biología como en la economía. En lo que sigue se plantearán los problemas conceptuales y las pretensiones epistemológicas del primero de dichos intentos.

## **2. Selección natural y construcción de nichos**

En el año 2003 Odling-Smee, Laland y Feldman publicaron su conocido libro *Niche Construction. The neglected process in evolution*, en cuya introducción afirman que los organismos juegan dos papeles en la evolución:

[...] [E]l primero consiste en portar los genes; los organismos sobreviven y se reproducen según el azar y las presiones selectivas naturales en sus ambientes [...]. El segundo papel de los fenotipos en la evolución no está bien descrito ni bien entendido por los biólogos evolucionistas y no ha sido objeto de mucha investigación. Lo llamamos “construcción de nichos” (2003: 1).

La idea de la construcción de nichos constituye el polo opuesto, en las interacciones entre los organismos y sus medios, de la selección natural entendida como la reproducción diferencial entre variedades de las diferentes especies en virtud de las ventajas que ciertas características de los organismos favorecen (en caso contrario, perjudican) la supervivencia de unas u otras. En la selección natural el medio como conjunto o sistema de restricciones juega el papel fundamental y se considera que cualesquiera transformaciones del medio por parte de los organismos no son suficientemente importantes como reacción y contrapeso a esas restricciones. La tesis de la construcción de nichos es justamente que esas transformaciones son relevantes en el proceso general de la evolución según la selección natural, pero también por la transformación de los ambientes como resultado de la acción de los organismos. Por tanto, la idea de la construcción nichos no niega la acción de la selección natural, sino que la complementa de forma recíproca.

Esa acción transformadora del medio hace que el organismo deje de ser un mero vehículo (Dawkins) y sea un verdadero interactor (Hull), de forma tal que si el medio alcanza los genes a través de las fronteras orgánicas, tampoco los organismos están encapsulados en sus fronteras aparentes, sino volcados a través de ellas en sus efectos

en los medios correspondientes. Esta proyección causal no ha sido negada por los evolucionistas más seleccionistas. Prueba de ello es el bien conocido libro de Dawkins *The Extended Phenotype* (1982). La cuestión no es tanto el hecho de la eficacia del organismo sobre el medio, de que trata precisamente ese libro, sino la interpretación en términos de la eficacia biológica de los genes de esos organismos que trascienden sus fronteras. Es decir, que la influencia de las transformaciones del medio se canalizan en el curso de la herencia genética y no constituyen por sí mismas otra forma de herencia. Por el contrario, la tesis de la construcción del nicho abona la afirmación de un segundo tipo de herencia no genética, sino ambiental o ecológica. Los organismos no sólo heredan los genes, sino también los ambientes. En resumen, dos procesos de transmisión en una interacción que, si no fuera porque la palabra ha sido tan manoseada que a veces se torna trivial, podría considerarse “dialéctica”. Me acojo aquí a la legitimidad de usar el vocablo basándome en la verosimilitud que le dan nombres como Lewontin –el reconocido precursor de la tesis de la construcción de nichos<sup>1</sup>- y en España Cordón (1966, 1982) con la tesis de la evolución conjunta de los animales y su medio. Con la cautela adicional de que esta dialéctica –una idea filosófica- tiene un valor regulativo y heurístico, y que sólo el desarrollo bajo esa regla de conceptos científicos verdaderamente operativos pueden añadir a su sentido filosófico un conjunto de verdades científicas.<sup>2</sup>

### 3. Los organismos “fuera de sí”

La literatura reciente está plagada de expresiones como “fenotipo ampliado”, “organismo ampliado” (Turner, 2000), etc. Hay que reconocer, sin embargo, que las ideas tras estas expresiones no son tan recientes. En cuanto a la segunda expresión, literalmente tomada, encontramos un recuento de antecedentes en Rattasepp (2010) y en (Álvarez 1985: 120 y ss.) están señalados precedentes en las esferas orgánicas de Nicolai Hartmann y en los campos de comportamiento de François Meyer. No obstante, puede señalarse que se trata más bien de ideas filosóficas que de conceptos científicos y

---

<sup>1</sup> La cita habitual es a Lewontin (1983), aunque la base del argumento y la ilustración de los sistemas de ecuaciones se encuentra también en Levins y Lewontin (2000, 104 y ss.).

<sup>2</sup> Buen ejemplo de ello es lo sucedido con la llamada lógica dialéctica. La idea general de una lógica dialéctica no pasó de ser un aliciente para el desarrollo de lógicas que, como las llamadas lógicas paraconsistentes, admiten contradicciones, salvo las fuertes del sistema. Algo semejante es lo que sugiero aquí, aunque en el caso de las lógicas la noción de dialéctica sea recta y en este caso puede ser oblicua o analógica.

que propiamente hasta el libro de Dawkins (1982) no se ofrece una exposición en términos de conceptos propiamente biológicos de las unidades orgánicas ampliadas o extendidas.<sup>3</sup>

La idea principal que dirige la teoría de la construcción de nichos es la de la proyección causal que extiende la eficacia operativa de las unidades orgánicas y la transformación de los medios. El componente proyectivo entendido como extensión hace de las unidades orgánicas no individuos cerrados sino focos operativos cuyas fronteras con los medios son difusas. El efecto transformador hace de la relación entre organismos y medios una relación técnica en que los organismos alteran el ambiente de forma que para sus descendientes y para otros miembros de especies que cohabitan en el nicho constituyen una herencia ambiental o ecológica. Si la selección natural presenta el ambiente como dominante y filtro a través de los fenotipos de los genes correspondientes, la construcción de nichos considera a los organismos como una especie de “ingenieros ambientales” que dejan como legado ambientes diferentes.

#### **4. La analogía de la técnica y la aproximación entre ciencias biológicas y ciencias humanas**

Entre los castores que construyen presas en los ríos y los constructores de la especie *homo sapiens* que construyen viaductos y polígonos industriales media una gran distancia que no ha impedido, sin embargo, la proyección analógica de la transformación del mundo por el trabajo en la transformación del medio mediante la actividad de los organismos: por ejemplo el “tratamiento” digestivo del suelo de las lombrices de tierra ya estudiadas por Darwin. Entre selección natural y construcción de nichos se establece la “dialéctica” de la evolución, un proceso de realimentación no trivial que tiene un intercambio peculiar entre la naturalización de la acción y la operativización de la naturaleza. Es bien conocida la utilización por parte de Darwin de la selección artificial como modelo de la selección natural y la extensión a todas las poblaciones orgánicas de la lucha por la existencia maltusiana concebida para las poblaciones humanas (Álvarez 2009, 2010). En la teoría de la construcción de nichos, los constructores de referencia no son ni los castores, ni los macacos, ni las lombrices de

---

<sup>3</sup> La catarata posterior de literatura sobre las unidades extendidas –con especial relieve, las referentes a la “extended mind” desde el artículo seminal de Clark y Chalmers (1998) y en la síntesis ampliada de la teoría de la evolución (Pigliucci y Müller, 2010)- ocuparían un espacio aquí no disponible.

tierra, sino los *homines sapientes*. Hay aquí una naturalización de la técnica humana que se consigue con la simultánea operativización de las actividades orgánicas de especies no humanas en sus medios respectivos. Por eso no debe de extrañar que se plantee la extensión de la construcción de nichos a las ciencias humanas como la arqueología, porque precisamente es devolver la idea generalizada a sus orígenes particulares una vez que éstos aparecen ahora como casos a los que se aplica la idea general, al modo como se aplica a las poblaciones humanas la idea general de la lucha por la existencia desde las que fue extendida por Darwin a todos los demás (Álvarez 2009).

### **5. La “dialéctica” ecológico-técnica y la adaptación revisada**

Como se indica en la introducción, las ciencias naturales –particularmente las biológicas– comparten con las ciencias humanas principios ecológicos y técnicos. El principio explicativo de la selección natural que Darwin introdujo en el bloque causal de *El origen de las especies* (capítulos I-IV, Cf. Álvarez, 2010) es un principio ecológico; el principio de la construcción de nichos es un principio técnico que para el darwinismo de más estricta observancia queda incorporado como mucho al planteamiento de Dawkins de fenotipos ampliados, y en esa incorporación queda neutralizado. Para Moreno (2008), que enfoca la evolución desde la ecología, la actual teoría darwinista de la evolución es “la historia natural consciente de sí misma”, la construcción de nichos en un tiempo  $t$  es el resultado de la acción de los organismos seleccionados en un tiempo  $t-1$ , es decir, no es otra cosa que “el producto de la selección natural previa” (Moreno, 2008: 29).

Muy al contrario, para los defensores de la teoría de construcción de nichos la teoría de la evolución reducida a la unicidad del principio explicativo de la selección natural es una teoría incompleta que ha de corregirse con la introducción en parangón del principio operacional de la transformación del medio por los organismos y el establecimiento de la relación dialéctica o interactiva entre herencia genética y herencia ambiental. Son conscientes de que su planteamiento no ha de convencer con sólo palabras, sino con hechos: por medio del desarrollo de los modelos adecuados que haga no solamente de su alegato un discurso retórico, sino una ejecución científica con resultados tan solventes como los que pueda producir la aplicación operativa del principio de selección natural. Es más, sin la introducción efectiva de principio de

construcción de nichos tampoco la teoría de la evolución podrá alcanzar sus fines epistemológicos.

Con los principios conjugados de selección natural y construcción de nichos es necesario revisar el concepto de adaptación, que con la sola referencia a la causalidad de la selección quedaba reducida a la influencia del medio sobre los organismos. La construcción de nichos obliga a reconocer el carácter dual de la adaptación. De esto también existen antecedentes, como de casi todo. El gran psicólogo evolutivo del siglo pasado, Jean Piaget, -que empezó siendo malacólogo, comprendió la adaptación como la síntesis de dos procesos opuestos, a saber, la *acomodación* del organismo al medio y la *asimilación* del medio por el organismo (Cf Piaget 1969). La semejanza entre acomodación y selección natural, y entre asimilación y construcción de nichos, no es un perfecto paralelo, pero no es posible pasarla por alto (Cf. Parker, 2005).

Para finalizar, la teoría de la evolución por selección natural y de construcción de nichos, basada en principios ecológicos y técnicos, proporciona un panorama unificador de las ciencias biológicas y las ciencias humanas, precisamente porque se desarrolla sobre los principios que ambas comparten. Ésta es otra manera de volver a abrir la puerta al tratamiento paralelo de la evolución biológica y la evolución cultural – de la tortuga y la liebre de Barash- tras intentos más bien fallidos como la memética y afines.

#### BIBLIOGRAFÍA<sup>4</sup>

Álvarez, J.R. (1985), Fenomenologías, ontologías y metodologías biológicas, *Contextos*, III/6, 1985, 115-150.

Álvarez, J.R. (1988), *Ensayos metodológicos*, León, Universidad de León.

Álvarez, J.R. (2009), De aquel Darwin tan singular al darwinismo universal: la problemática naturalización de las ciencias humanas, *Ludus vitalis*, XVII, 32, 307-326.

Álvarez, J.R. (2010), La selección natural: lenguaje, método y filosofía, *Éndoxa*, 24 (2010), 91-122.

---

<sup>4</sup> La bibliografía sobre la construcción de nichos es ya abundantísima. En la versión completa de la comunicación figurarán entradas más numerosas. Aún así no harán justicia a todo lo publicado

- Clark, A. y Chalmers, D. (1998), The extended mind, *Analysis* 58, 1 (1998), 7-19.
- Cordón, F. (1966), *La evolución conjunta de los animales y su medio*, Barcelona: Península (2ª edición revisada y ampliada, Barcelona: Ánthropos, 1982).
- Dawkins, R. (1982), *The Extended Phenotype. The Gene as the Unit of Selection*, Oxford: Oxford University Press.
- Day, R.L. Laland, K.N., and Odling-Smee, J. (2003) Rethinking adaptation: the niche-construction perspective, *Perspectives in Biology and Medicine*, 46, 1 (2003):80–95.
- Harvey, David (1993), The Nature of Environment: The Dialectics of Social and Environmental Change\*, *Socialist Register*, 29 (1993), 1-51, accessible en <http://socialistregister.com/index.php/srv/issue/view/427>. (Consultado 16/06/2012)
- Levins, R. y Lewontin, R. (1985), *The Dialectical Biologist*, Cambridge (MA): Harvard University Press.
- Lewontin, R.C. (1983), Gene, organism, and environment, en Bendall, D.S. (ed.) *Evolution from Molecules to Men*: Cambridge University Press, pp. 273–285.
- Moreno, J. (2008), *Los retos actuales del darwinismo. ¿Una teoría en crisis?*, Madrid: Síntesis.
- Odling-Smee, F.J., Laland, K.N. y Feldman, M.W. (2003), *Niche Construction. The neglected process in evolution*.
- Piaget, J. (1969), *Biología y conocimiento*, traducción de F. Rodríguez Aramburu, Madrid, Siglo XXI.
- Rattasepp, S. (2010): The Idea of extended Organism in 20<sup>th</sup> Century Thought, *Hortus semioticus*, 6(2010), 31-39. Accesible en [http://www.ut.ee/hortussemiticus/6\\_2010/pdf/hortussemiticus\\_6\\_rattasepp.pdf](http://www.ut.ee/hortussemiticus/6_2010/pdf/hortussemiticus_6_rattasepp.pdf) (Consultado 31/05/2012).
- Parker, S.T. (2005), Piaget's Legacy in Cognitive Constructivism, Niche Construction, and Phenotype Development and Evolution, en Parker, S.T., et al. (2005), 1-31.
- Parker, S.T., et al. (2005), *Biology & Knowledge Revisited, From Neurogenesis to Psychogenesis*, Londres:Erlbaum.
- Pigliucci, M. y Müller, G.B. (2010), *Evolution. The Extended Synthesis*, Cambridge (MA): MIT Press.

Turner, J.S. (2000), *The Extended Organism. The Physiology of Animal-Built Structures*, Cambridge (MA): Harvard University Press.

# EXTRAPOLACIONES DE LA ‘HOMOLOGÍA PROFUNDA’: PROBLEMAS EPISTÉMICOS EN LOS ESQUEMAS EXPLICATIVOS DE CORTE ‘EVO-DEVO’ EN CIENCIAS COGNITIVAS

JUAN MANUEL ARGÜELLES SAN MILLÁN

*Escuela Nacional de Antropología e Historia (México)*

BERNARDO YÁNEZ MACÍAS VALADEZ

*Centro de Estudios Filosóficos, Políticos y Sociales Vicente Lombardo Toledano*

*(México)*

FRANCISCO VERGARA SILVA

*Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (México)*

[f.vergarasilva@gmail.com](mailto:f.vergarasilva@gmail.com)

LOS CONCEPTOS Y ESTRATEGIAS ANALÍTICAS DE LA BIOLOGÍA están ejerciendo una influencia creciente sobre otras ciencias. Entre las disciplinas involucradas en esta nueva interacción con las ciencias biológicas se encuentran las ciencias cognitivas *sensu lato* –un campo que incluye a la neuropsicología, la etología primatológica, y algunas otras áreas de estudio relacionadas. La biología evolutiva del desarrollo (‘evo-devo’), un programa de investigación integrativo que sobresale en el horizonte actual de la biología, ha inspirado a algunos especialistas en ciencias cognitivas en el intento por resolver ciertos problemas específicos de su quehacer. En el presente trabajo, argumentamos que la extrapolación de la perspectiva evo-devo hacia las ciencias cognitivas, si bien promete ser productiva, asimismo puede entrañar problemas epistémicos. Estos problemas están relacionados con la diferencia entre los tipos de explicación y conceptos de causalidad que pueden establecerse y/o aplicarse en los sistemas jerárquicos propios de evo-devo, *vis-à-vis* las explicaciones propias de sistemas jerárquicos característicos de las ciencias cognitivas. En el presente trabajo,

discutimos el problema específico que se presenta en un caso de extrapolación de la noción de ‘homología profunda’, un concepto propio de evo-devo, al ámbito de la jerarquía cognitiva-conductual relacionada con las ‘neuronas espejo’ y los mecanismos conductuales de imitación en primates. Nuestra discusión plantea el inicio de una línea de investigación sobre epistemología de evo-devo y ciencias cognitivas, en el ámbito taxonómico propio de la antropología biológica: los homínidos y los primates.

### **1. Evo-devo se reúne con las ciencias cognitivas**

El vínculo trazable entre las ciencias cognitivas y la biología evolutiva del desarrollo (‘evo-devo’) ha sido recientemente explorado por connotados filósofos de la biología. Entre ellos se encuentra Paul Griffiths, quien ha comentado que “si las ideas que han dado cabida a la evo-devo han sido tan productivas en abrir nuevas líneas de investigación en la evolución morfológica, entonces pueden ser igualmente eficaces en el estudio de la evolución psicológica” (Griffiths 2007, p. 196). Otros especialistas, provenientes en su mayoría de los estudios conductuales o las neurociencias, han escrito trabajos que siguen la línea de pensamiento ejemplificada en la anterior cita de Griffiths. Por ejemplo, la revista británica *Philosophical Transactions of the Royal Society B* publicó recientemente un volumen dedicado exclusivamente a la relación entre evo-devo y conducta (Bertossa 2011, editor). Es de esperarse que este interés crezca conforme se caractericen un número mayor de sistemas cognitivos y se ponga especial atención en sus aspectos ontogenéticos, en un contexto comparativo.

Uno de los temas de interés para los especialistas en ciencias cognitivas interesados en importar ideas desde evo-devo para el estudio de los problemas propios de su campo es el concepto de *modularidad*. Desde hace algunos años, la modularidad se ha convertido en un tema predilecto en la investigación de corte evo-devo (ver, por ejemplo, los volúmenes sobre el tema editados por Callebaut y Rasskin-Gutman 2005, y Schlosser y Wagner 2004). Nuevamente, Griffiths proporciona un buen apoyo para ejemplificar este interés, en la siguiente aseveración acerca de modularidad: “hay importantes similitudes entre el tratamiento que se le da a la modularidad en evo-devo respecto de la forma en que la neuropsicología y las ciencias cognitivas individualizan los subsistemas o módulos” (Griffiths 2007, p. 197).

Similitud, sin embargo, no es sinónimo de identidad. Es importante anotar, como

lo hace Griffiths, que estructuralmente hablando hay diferentes tipos de módulos relacionados con cognición, así como también existen diferentes procesos y mecanismos asociados –es decir, distintas funciones a las que hay que encontrar correspondencia con los módulos cuya naturaleza es eminentemente estructural. De acuerdo con este autor, en el dominio de la cognición podríamos distinguir tres tipos de módulos: los del desarrollo, los neurofuncionales y los mentales, cada uno de los cuales posee una estructura particular –o, mejor dicho, una correspondencia con estructuras neuro-anatómicas específicas– además de formas específicas de interacción (Griffiths 2007). Lo anterior ya sugiere que, cuando establecemos una comparación entre los sistemas propios de evo-devo –donde por lo regular intervienen ‘genes del desarrollo’, que definen patrones de expresión conservados, los cuales a su vez especifican la morfogénesis de estructuras homólogas– y los sistemas cognitivos, se requiere tener en cuenta una distinción importante. En los sistemas cognitivos, es usual que *la caracterización de niveles se haga primariamente en términos de función, mientras que la homología estructural se ubique en un segundo plano*. La distinción entre ambos tipos de sistemas jerárquicos tiene entonces un aspecto netamente epistémico, que es de especial interés en el presente trabajo.

## **2. ‘Homología profunda’ (*‘deep homology’*) y el dominio de la cognición: un ejemplo reciente**

Además de la modularidad, existen algunos otros conceptos que, al ser centrales para evo-devo, tendrían gran utilidad potencial al aplicarse en el dominio de las ciencias cognitivas. Entre estos conceptos sobresale el de *homología profunda* (*‘deep homology’*). Homología profunda fue uno de los conceptos fundadores de evo-devo como un campo disciplinario, ya que su definición formal –en relación con los conceptos ‘clásicos’ de homología– se derivó del sorprendente descubrimiento de la existencia de (los ya mencionados) genes del desarrollo, conservados a través de grupos taxonómicos animales con muy diversos planes corporales (para una revisión del origen disciplinar de evo-devo en relación a la definición de homología profunda, ver Abouheif et al. 1997 así como Bolker y Raff 1998). En un trabajo reciente sobre evo-devo, publicado a propósito del ‘año de Darwin’, Neil Shubin, Cliff Tabin y Sean Carroll (conocidos especialistas en paleontología, genética del desarrollo en sistemas modelo y

evo-devo) han definido ‘homología profunda’ como una “*comunidad* de procesos causales genético-moleculares que no obstante fundamentan la *divergencia* embriológica y morfoanatómica característica de numerosos grupos taxonómicos” (Shubin, Tabin y Carroll 2009, p. 818; cursivas añadidas).

*2.1. Las ‘homologías cognitivas profundas’ de de Waal y Ferrari (2010): una descripción mínima*

El concepto de homología profunda, tal y como ha sido expuesto por Shubin y colaboradores (2009), ya ha arribado a las ciencias cognitivas. Frans B. M. de Waal y Pier Francesco Ferrari lo han empleado recientemente, como parte de su propuesta de un programa de investigación sobre homología de la conducta y sus bases neurobiológicas en primates –programa que supone una estrategia analítica para las ciencias cognitivas que ellos llaman ‘aproximación de abajo hacia arriba’ (“bottom-up approach”; de Waal y Ferrari 2010, p. 201). El sistema específico en referencia al cual estos autores han encontrado acomodo para la noción de homología profunda es una jerarquía de niveles de organización típica de la disciplina de las ciencias cognitivas. En dicha jerarquía, un conjunto de conductas ligadas al aprendizaje por imitación en situaciones afectivas constituye el nivel superior, mientras que el inferior está representado por el célebre mecanismo celular-tisular denominado ‘neuronas espejo’ (de Waal y Ferrari 2010, p. 203).

*2.2. Una breve aproximación a los problemas epistémicos de la extrapolación entre evo-devo y ciencias cognitivas propuesta por de Waal y Ferrari (2010)*

¿De qué manera emplean de Waal y Ferrari (2010) a la homología profunda en su trabajo? La respuesta es simple, en función de la breve descripción anterior. El nivel inferior de organización identificado por estos autores está constituido por grupos específicos de neuronas espejo –evidentemente ya diferenciadas y funcionales– los cuales presumiblemente encarnan ‘mecanismos homólogos profundos’ del aprendizaje por imitación en *todos* los primates, desde su ancestro común –o antes, incluso (de Waal y Ferrari 2010, p. 204). Sin embargo, como hemos descrito antes, el concepto de homología profunda propio de evo-devo, expuesto por Shubin y colaboradores (2009), estipula que *los mecanismos que se encuentran en el nivel más inferior son*

*obligatoriamente de naturaleza genético-molecular*. Siendo así, el esquema ‘cogno-evo-devo’ de de Waal y Ferrari (2010) no resulta ser exactamente equivalente al de los biólogos evo-devoístas. Dado que el estatuto de homología profunda asignado por de Waal y Ferrari (obra citada) al nivel de organización jerárquica correspondiente a las neuronas espejo no hace referencia alguna a genes, expresión genética, u origen embrionario de las estructuras, puede decirse que está ‘desacoplado’ de la jerarquía usual en un sistema evo-devo, que comienza con un nivel genético-molecular y pasa por niveles de complejidad superior (celular, tisular, organográfico, etcétera) hasta terminar en el nivel morfológico (adulto).

Pero este ‘desacoplamiento’ no constituye, en nuestra opinión, el problema epistémico fundamental a identificar en el trabajo analizado aquí. Un punto que sí es decisivo en dicha identificación es que una homología profunda, tanto en las jerarquías tradicionalmente estudiadas por evo-devo como en las de las ciencias cognitivas, puede establecerse únicamente si descartamos la posibilidad de la evolución convergente de las similitudes observadas en los niveles de organización relevantes, y que suponemos causalmente relacionados. Al hablar de ‘evolución convergente’ en este contexto, hacemos alusión especialmente a la que podría tener lugar justamente en el nivel inferior de la jerarquía en el ejemplo descrito por de Waal y Ferrari –i.e. el nivel de las neuronas espejo. Nosotros admitimos que de Waal y Ferrari (2010, p. 202) son conscientes de que “sólo si conocemos los sustratos genéticos y/o neurales subyacentes, podemos clasificar a las capacidades (cognitivas) con confianza, dentro de las categorías de ‘análogas’ u ‘homólogas’”. Por ello, es entonces necesario insistir en que no contamos con información acerca de las similitudes o diferencias entre las ‘complejas circuiterías regulatorias’ que dan lugar a los núcleos de neuronas espejo en las distintas especies de primates con capacidades imitativas. Así, en vista de que cabe la posibilidad de que redes genéticas regulatorias diferentes podrían dar lugar a grupos de neuronas espejo con propiedades funcionales similares, nos parece delicado suponer *de facto* que las capacidades imitativas en los primates, que en sí mismas también son propiedades funcionales, dependen de una sola implementación anatomo-funcional (molecular-celular-tisular).

### 3. Conclusiones y prospectos

Claramente, el análisis presentado hasta aquí sugiere la importancia de tomar en serio las prácticas descriptivas y experimentales propias de los diferentes niveles de análisis involucrados en estos dos complejos dominios de producción de conocimiento biológico y neurocognitivo-conductual. El presente trabajo forma parte de una línea de investigación de largo plazo sobre epistemología de la biología, la antropología biológica y las ciencias cognitivas;<sup>1</sup> en este sentido, sabemos que los siguientes pasos del proyecto específico desarrollado aquí requieren la elaboración de argumentos que atiendan a muchos otros ámbitos. Por su carácter netamente epistemológico, entre ellos cabe destacar los argumentos referentes al acceso diferencial que los investigadores tienen al conocimiento de los mecanismos causales propios de los niveles de organización que subyacen a los procesos cognitivos, *vis-à-vis* aquellos mecanismos que sustentan la constitución (epi)genética de morfologías complejas. Esta vertiente (futura) del análisis nos permitirá establecer los detalles relativos a los distintos tipos de explicación científica que pueden tener validez en evo-devo y ciencias cognitivas, dentro del ámbito taxonómico propio de la antropología biológica.

### REFERENCIAS

- Abouheif, Ehab, Michael Akam, William J. Dickinson, Peter W. H. Holland, Axel Meyer, Nipam H. Patel, Rudolf A. Raff, V. Louise Roth y Gregory A. Wray. 1997. Homology and developmental genes. *Trends in Genetics* **13**:432-433.
- Bertossa, Rinaldo C. (editor). 2011. Evolutionary developmental biology (evo-devo) and behavior. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* **366**:2056-2180.
- Bolker, Jessica A. y Rudolf A. Raff. 1996. Developmental genetics and traditional homology. *BioEssays* **18**:489-494.
- Callebaut, Werner y Diego Rasskin-Gutman (editores). 2005. *Modularity: Understanding the Development and Evolution of Natural Complex Systems*

---

<sup>1</sup> En función de las adscripciones actuales de los autores, este proyecto multi-disciplinario involucrará la participación de personal académico de tres instituciones mexicanas: el Centro de Estudios Filosóficos, Políticos y Sociales Vicente Lombardo Toledano (CEFPSVLT), la Escuela Nacional de Antropología e Historia (ENAH), y el Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (IBUNAM).

(*Vienna Series in Theoretical Biology*). Cambridge: MIT Press.

De Waal, Frans B. M. y Pier Francesco Ferrari. 2010. Towards a bottom-up perspective on animal and human cognition. *Trends in Cognitive Sciences* **14**:201-207.

Griffiths, Paul. 2007. Evo-devo meets the mind: towards a developmental evolutionary psychology. En Sansom, Roger y Robert N. Brandon (editores), *Integrating Evolution and Development: From Theory to Practice*. Cambridge: MIT Press.

Schlosser, Gerhard y Günter P. Wagner (editores). 2004. *Modularity in Development and Evolution*. Chicago: University of Chicago Press.

Shubin, Neil, Cliff Tabin y Sean Carroll. 2009. Deep homology and the origins of evolutionary novelty. *Nature* **457**:818-823.

# AUTONOMY AS A PROPERTY THAT DEFINES INDIVIDUAL ORGANISMS AMONG MULTICELLULAR COMMUNITIES

ARGYRIS ARNELLOS

[argyris.arnellos@ehu.es](mailto:argyris.arnellos@ehu.es)

KEPA RUIZ-MIRAZO

[kepa.ruiz-mirazo@ehu.es](mailto:kepa.ruiz-mirazo@ehu.es)

ALVARO MORENO

[alvaro.moreno@ehu.es](mailto:alvaro.moreno@ehu.es)

*Universidad del País Vasco, San Sebastian (España)*

CONTEMPORARY ATTEMPTS TO DEFINE BIOLOGICAL INDIVIDUALITY are based either on physiological and genetic characteristics (see e.g. [15]), on the cooperative/competitive behaviors of the entities involved (e.g. [17], [16]), on evolutionary concepts, like fitness and adaptation (e.g. [4], [16]), or on mixed approaches that favor specific aspects of functional integration, such as germ-soma separation (e.g. [1], [8], [9]) and other strategies that foster cohesion and minimize potential conflict among the constituting units (e.g. [5], [7]).

But each of these aspects does not apply in all cases un-problematically. For instance, physiological unity is not present in every organism and genetic relatedness is not strictly necessary for high cooperation, while genetic heterogeneity is not always a threat to multicellular integrity [4]. In many cases potential cooperation does not linearly transform into actual cooperation and potential for low conflict does not mean actual high integration or even actual low conflict [16]. Furthermore, there are cases of discordant selection, where selection operating at a lower level may act against the selection at a higher level, even if the alignment and export of the fitness interests of the component units of an organism could also result in adaptation at the level of the multicellular (MC) organism ([6], [4]). However, adaptation is not an easy notion to

explain, and is often taken to be demonstrated at a single level of selection, thus resulting in different answers, when it is the outcome of group selection or of multiple levels of individual selection [10]. In summary, there is a plurality of views and various difficulties in the problem of defining the biological individual and there are several criteria, whose combination generates multiple and diverse verdicts that do not necessarily overlap [2].

In the majority of the approaches mentioned before, biological individuals are usually considered as the entities that constitute the implicit or explicit point of reference for basic biological concepts such as fitness, adaptation, generation, trait, phenotype, lineage, development, natural selection and, especially, for the concept of organism. At the same time, the relevance of collaborative interactions among biological individuals is unquestionable, and increasingly acknowledged in the literature (see e.g. [3], [16]). However, the acknowledgment of the collaborative dimension should not come at the expense of the role of individuality. On the contrary, it seems that *individual-systemic* and *collaborative* aspects of biological individuality are strongly and deeply intertwined. Actually, the global and historical picture of the nature of life implies that the hierarchy of biological individuals is emergent in evolution towards cohesive dynamic systems that are constantly interacting with their environments [12]. We think this is important as it is possible that without a highly integrated and cohesive individual organization, living systems would not be able for long-term maintenance and evolution [13], and because it could turn out that without a strong idea of individual organization it would be very difficult to provide a naturalized account of concepts like functionality, agency, unit of selection, etc. [14].

We consider that a more comprehensive approach to biological individuality is needed, and we suggest the notion of ‘autonomy’ as a possible candidate for such an inclusive or comprehensive approach. Autonomy places the individual organism at the centre of the stage and emphasizes that any biological individual needs to realize the property of maintaining itself as a metabolic system. Autonomous systems are not independent from their surrounding, they critically rely on diverse features of the environment (e.g.: general physico-chemical conditions for viability, energetic and material availability, etc.) but they continuously generate and regenerate all the constraints and mechanisms upon which the use and management of those resources is

based. Therefore, there is a continuous interplay between the organization of processes constituting a relatively stable identity-self, and the interactions that this identity triggers and supports, which are crucial for its maintenance. So, primarily, autonomy covers the main properties shown by any living system at the constitutive and especially, the developmental dimension (i.e. metabolic 'self-construction', the ongoing functional self-production and re-production of a given, precarious identity or 'self').

In other words, we suggest that autonomy provides a naturalized functional grounding that integrates the physiological and genetic characteristics of a biological individual with the evolutionary concepts of fitness and adaptation. Autonomy, of course, can –and should– be conceived in terms of collaboration with, or even dependence on external factors/systems. But, as in the case of metabolism, it is impossible to talk of autonomy without the specification of some form of self-constructed, individual identity. Although biology shows many examples of collective aggregates and groupings of cellular entities, which may resemble composite forms of autonomy, it is not clear whether those groupings should be considered full-fledged autonomous individuals or just colonial systems. Multicellular animals, for example, even though they subsume a core of autonomous organization in each of their cells, at the same time, they put together a highly integrated meta-cellular autonomous organization, whose constitutive identity (or at least some key aspects of it) is operationally specified and regulated by a self-constructed developmental logic of global coordination. According to this view, most bacterial colonies should not be regarded as full-fledged autonomous MC systems because, even if there is cooperation among the cell entities, there is no regulatory system to integrate the cells together as a unit of selection in its own right. More specifically, although communication between the cells certainly occurs in those cases (e.g., via cell-cell signaling pathways), which leads to interesting patterns of collective, 'self-organized' behaviour, there are no specific mechanisms for the coordination and regulation of a process of development and for the maintenance of a higher-order organization. This is a reason why autonomy is difficult to be explained and operationalized scientifically ([11], [2]).

In this paper we attempt to provide a framework that will allow us to examine whether the concept of autonomy can account for greater and more functionally and interactively diverse forms of collective associations of biological individuals. In other

words, when and how would it be possible to discern whether a group of cells is just gathering together temporarily to improve their overall fitness, or irreversibly becoming part of a higher-order autonomous entity. We argue that the creation of a full-fledged autonomous entity is not possible without a stronger subordination of the constitutive elements to the new functional requirements of the emerging global individual [14]. MC organisms originated from single-celled ones, and the generation of the internal differentiation due to germ-soma separation appears in their constitution together with some loss of the freedom by which single cells ensemble to form the new entity. Also, for a MC entity to be formed, there needs to be some form of developmental or aggregative process. Considering that the most prominent cases of MC entities such as animals, higher plants and fungi have evolved using certain forms of developmental schemes it seems that, at least in those cases, there should have been some kinds of developmental constraints harnessing the formation of the new MC organisation so that it could adapt to the selective pressures. More specifically, cells in a MC organism lose their totipotency through irreversible differentiation processes that make them apt to live only in a very specific environment, tightly surrounded by other cells, and therefore to serve the global cause of the whole organism. Therefore, they depend on other cells, and ultimately on the ones that are part of the physical boundary, to obtain the material and energetic resources needed to carry out their own metabolism. This is a situation that gradually appears from early developmental stages. What is of interest, in particular, is that through gastrulation cells are beginning to live in a more specific environment, where the migrated cells are surrounded by the still flagellated ones, which stay at the periphery of the group and start to provide the necessary material and energetic conditions for the proliferation of the internal cells. This is a very early stage of development, which is consistent with natural selection (since cells find a way to maintain and proliferate) due to the constraints that have been internally generated and begin to coordinate the process of gastrulation, and as such, the development of the MC group. Therefore, developmental capacity has played a crucial role in the evolution of organismal multicellularity, at least in MC organisms at the level of metazoans.

Accordingly, we suggest that with respect to multicellular communities or colonies, autonomy should be analyzed following at least a set of criteria related to the specific developmental mechanisms to coordinate and regulate cell behaviour in the

collectivity, the presence of differentiated cell types and their resulting functional integration for the maintenance of the organismal level (the level of the whole). On those lines, we examine in detail the developmental process of particular cases of advanced bacterial multicellularity, such as cyanobacteria, and of early eukaryotic multicellularity, like green algae (where overall developmental regulation is not that evident and a very limited type of cellular differentiation is at work), and we compare them with sea urchins as a case of an early metazoan. We show that although the former cases exhibit a substantial degree of functional integration, they qualify as border-line cases of autonomous entities, while full-fledged autonomy requires higher levels and a significantly different type of regulatory integration in development.

## REFERENCES

1. Buss, L. W. (1987). *The evolution of individuality*. Princeton University Press.
2. Clarke, E. (2011). The problem of biological individuality. *Biological Theory* 5(4): 312-325
3. Dupré J, O'Malley M.A. (2009). Varieties of living things: Life at the intersection of lineage and metabolism. *Philos Theor Biol*, 1:e003.
4. Folse 3rd, H. J., and J. Roughgarden. (2010). What is an individual organism? A multilevel selection perspective. *The Quarterly review of biology* 85(4): 447-472.
5. Frank, S. A. (2003) Repression of competition and the evolution of cooperation. *Evolution* 57(4): 693–705.
6. Gardner, A., and A. Grafen. 2009. Capturing the superorganism: a formal theory of group adaptation. *Journal of Evolutionary Biology* 22(4): 659–671.
7. Godfrey-Smith, P. 2009. *Darwinian Populations and Natural Selection*. OUP Oxford, March 26.
8. Maynard Smith, J., and E. Szathmáry (1995). *The major transitions in evolution*. New York: Freeman.

9. Michod R. E. 2007. Evolution of individuality during the transition from unicellular to multicellular life. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 104 (supplement 1):8613– 8618.
10. Okasha, S. (2006). *Evolution and the levels of selection*. Oxford University Press.
11. Rosslenbroich, B. (2008) The theory of increasing autonomy in evolution - a new proposal for understanding macroevolutionary innovations. *Biology & Philosophy* 24: 623-644.
12. Ruiz-Mirazo, K., Etxeberria, A., Moreno A., & Ibáñez, J. (2000). Organisms and their place in biology. *Theory in Biosciences* 119: 43-67.
13. Ruiz-Mirazo, K., Umerez, J. & Moreno, A. (2008) Enabling conditions for open-ended evolution. *Biology and Philosophy* 23(1): 67-85.
14. Ruiz-Mirazo, K. & Moreno, A. (2011). Autonomy in evolution: from minimal to complex life. *Synthese* (2). doi:10.1007/s11229-011-9874-z.
15. Santelices, B. (1999). How many kinds of individual are there? *Trends in Ecology & Evolution* 14(4): 152–155.
16. Strassmann, J. E, and D. C Queller. (2010). The Social Organism: Congresses, Parties and Committees. *Evolution* 64(3): 605–616.
17. West, S. A, and E. T Kiers. (2009). Evolution: What Is an Organism? *Current Biology* 19(23): R1080–R1082.

## LA COMPATIBILIDAD DE MATTHEN: SOBRE EL PAPEL CAUSAL DE LA SELECCIÓN NATURAL

VÍCTOR J. LUQUE

*Universitat de València (España)*

[vicluqmar@hotmail.com](mailto:vicluqmar@hotmail.com)

DESDE SU FORMULACIÓN ORIGINAL POR CHARLES DARWIN, la polémica sobre qué papel juega la selección natural en la explicación evolutiva no ha cesado, ni parece que vaya a hacerlo. Ya en los textos del británico, encontramos dos formas diferentes de referirse al principal mecanismo de la evolución. En una, la selección natural es entendida como una causa del cambio evolutivo, donde su analogía con la selección artificial no hacía más que reforzarla.<sup>1</sup> En la otra, y en gran parte debido a las críticas que recibió (ya que muchos estaban entendiendo a la selección natural como un “agente consciente”, sustituto de la deidad agente de W. Paley), Darwin resalta que la selección natural es un lenguaje metafórico para el resultado de la conservación y difusión de los rasgos que favorecen a los seres vivos para sobrevivir y reproducirse en su entorno.<sup>2</sup> De este modo,

---

<sup>1</sup> “I have called this principle, by which each slight variation, if useful, is preserved, by the term of Natural Selection, in order to mark its relation to man's power of selection” (Darwin, 1859, p. 61). Y unas páginas más adelante: “It may be said that natural selection is daily and hourly scrutinizing, throughout the world, every variation, even the slightest; rejecting that which is bad, preserving and adding up all that is good [...] Although natural selection can act only through and for the good of each being, yet characters and structures, which we are apt to consider as of very trifling importance, may thus be acted on” (ibid. p. 84).

<sup>2</sup> “Several writers have misapprehended or objected to the term Natural Selection (...) In the literal sense of the word, no doubt, natural selection is a misnomer; but whoever objected to chemists speaking of the elective affinities of the various elements? (...) It has been said that I speak of natural selection as an active power or Deity; but who objects to an author speaking of the attraction of gravity as ruling the movements of the planets? Everyone knows what is meant and is implied by such metaphorical expressions; and they are almost necessary for brevity. So again it is difficult to avoid personifying the word Nature; but I mean by Nature, only the aggregate action and product of many natural laws, and by laws the sequence of events as ascertained by us. With a little familiarity such superficial objections will be forgotten” (Darwin 1861, pp. 84-85).

las dos visiones contrapuestas que se han establecido, entienden la selección natural como un resultado o consecuencia [cf. Endler (1986), Futuyma (1998), Walsh (2000)] o, también, como una causa [cf. Sober (1984), Bouchard y Rosenberg (2004), Gould (2004)], pudiendo encontrar ambos apoyo textual en los textos de Darwin. Los primeros hacen hincapié en el resultado de la selección (la reproducción diferencial de unos organismos sobre otros debido a rasgos heredables), mientras que los segundos centran su mirada en el proceso por el cual se llega al resultado anterior.

En esta *batalla* intelectual, Mohan Matthen ha jugado un papel central desde que, junto con André Ariew, firmara un artículo titulado “Two Ways of Thinking about Fitness and Natural Selection” (2002), donde se defendía el abandono de la noción habitual de *fitness* (en su terminología, *vernacular* o *informal fitness*) usada por biólogos y filósofos de la biología, a favor de una visión puramente estadística denominada por ellos *predictive* o *formal fitness*. En dicho artículo, la selección natural es meramente un resultado estadístico, inseparable no sólo de la deriva genética, sino del proceso evolutivo mismo. Uno de los objetivos del escrito era luchar contra la visión ampliamente extendida de la teoría evolutiva como una teoría de fuerzas (cf. Sober, *ibíd.*). Así, defendían que no era posible, como en la mecánica newtoniana, separar las (supuestas) distintas *fuerzas* que actúan sobre las poblaciones. Para Matthen y Ariew, si hay una analogía correcta con alguna rama de la física, no es la mecánica newtoniana, sino la termodinámica estadística. Fenómenos como el incremento de la entropía no son explicados mediante procesos causales sino como meras tendencias estadísticas. De este modo, la selección natural debería entenderse como una tendencia estadística a nivel poblacional, abandonando cualquier pretensión de rol causal de ésta. Es decir, serían meros agregados matemáticos de eventos a nivel individual.

Aunque la propuesta de los autores es más que discutible (cf. Bouchard y Rosenberg, 2004), la visión de Matthen y Ariew es poco menos que estimulante. La sorpresa nos llega cuando leemos los trabajos de Matthen acerca de la otra polémica relacionada con la selección natural: si juega un papel positivo o negativo. Dicha polémica cristalizó entre las dos visiones contrapuestas por Elliott Sober (1984) y Karen Neander (1988 y 1995), donde ambos, mediante sendos experimentos mentales,

defendían sus visiones negativa<sup>3</sup> y creativa (acumulativa) de la selección,<sup>4</sup> respectivamente.

Si alguien leyera solamente los artículos escritos junto a Ariew, pensaría que Matthen niega cualquier papel causal de la selección, ya sea positivo o negativo. Pero en varios textos (1999, 2002, 2003), el autor indio se ha posicionado a favor de Neander, defendiendo, por tanto, que la selección natural juega un papel positivo en la formación y explicación de los rasgos de los individuos. A diferencia de ella, Matthen postula un argumento independiente de la noción acumulativa o creativa, donde un único evento selectivo puede influir en la composición de las futuras generaciones, mediante el incremento de las oportunidades de que un individuo tenga descendencia con un rasgo concreto porque un evento selectivo cambió las frecuencias de los genes disponibles. Por ejemplo, un proceso de selección favorece cierto rasgo *C* en una población de ovejas, incrementando la proporción de ovejas con el rasgo *C* en dicha población, o ha favorecido la tendencia a preferir ese rasgo a la hora de aparearse. La consecuencia será que aumentarán las probabilidades de que una oveja se aparee con otra oveja portadora de dicho rasgo. Es decir, se podría explicar, en parte, porqué cierta oveja posee el rasgo *C* debido a que un proceso selectivo anterior favoreció que uno de sus padres se apareara con otra oveja con ese rasgo, y no solo por el desarrollo del mismo (cf. Matthen, 1999).

---

<sup>3</sup> Sober (1984, pp. 149 y 152) propone el siguiente experimento mental. Imaginemos una sala donde todos los niños leen a un nivel de grado 3. Hay dos maneras diferentes de afrontar la explicación de porqué están en esa habitación: una sería describir, de forma individual, cuáles han sido las experiencias pasadas y condiciones psicológicas que causaron que alcanzaran dicho nivel de lectura. Es decir, se intenta explicar de forma *individualizada* porqué cada niño particular (Patricia, Marc, Xavi, etc.) poseen el nivel de lectura que tienen, el desarrollo de dicha habilidad. La explicación seleccionista, en cambio, diría que los niños que pertenecen a la clase de nivel de lectura 3 lo hacen porque se rechazan a los que no tienen dicho nivel. Más concretamente, se explica por qué todo el mundo de dicha sala lee a nivel 3, pero no de forma individualizada, sin apelar al desarrollo (adquisición) de esa capacidad.

<sup>4</sup> Neander utiliza distintos experimentos mentales para defender su visión acumulativa de la selección y no la de “un solo paso” de Sober. Este ejemplo de Maximiliano Martínez y Andrés Moya, modificado de Neander (1995, p. 74), es el más aclarador: “Imagínese que tenemos una urna que contiene dieciséis bolas, la mitad de las cuales están numeradas de diez a ochenta en múltiplos de diez. En el fondo de la urna hay ocho hoyos con los números 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 y 80, en donde, tras un giro de la urna, deben caer las respectivas bolas cuyos números concuerden, es decir, la bola con el número 10 en el hoyo 10, la 20 en el hoyo 20, etc. La probabilidad de que después de hacer girar la urna caigan en los ocho hoyos las bolas respectivas es extremadamente baja. Podría uno pasarse la vida intentándolo una y otra vez sin obtener éxito. Ahora, imagine que, en los múltiples intentos, cada vez que una bola acertada cae en uno de los ocho hoyos, ésta permanece allí de ahora en adelante (no se sale de su hoyo en los nuevos giros). De esta manera, tras múltiples giros, la probabilidad de llenar los ocho hoyos con las bolas respectivas va, paulatinamente, aumentando considerablemente” (Martínez y Moya 2009, p. 79).

Este posicionamiento resulta poco menos que llamativo ya que, si se siguen los postulados de los artículos con Ariew, y con sus propias palabras: “natural selection is a mathematical aggregate of individual events. This seems to imply that it is not a causally connected process [...] it is not a process within which the earlier events cause the later” (Matthen y Ariew 2002, p. 79).<sup>5</sup>

La visión aparentemente contradictoria (al menos hasta 2003) de Matthen respecto a la selección natural no debería, en principio, ser incompatible. Christopher Stephens (2004) ha defendido una visión armonizadora de las partes confrontadas, donde la selección natural puede ser entendida, al mismo tiempo, como un *proceso* y como un *producto*.<sup>6</sup> Entendida la selección natural del primer modo se enfatiza en la interacción organismos/ambiente que desemboca en la reproducción diferencial; mientras que entendida como un producto la selección se identifica con dicho efecto o resultado (supervivencia y reproducción diferencial). La primera forma, además, sería imprescindible si consideramos a la selección como el único proceso conocido capaz de producir adaptaciones complejas. Así la selección, al cambiar las frecuencias génicas, sería una causa activa tanto de la evolución, como en la creación de adaptaciones.

De este modo, los trabajos de Matthen se presentan como dos visiones compatibles del papel causal de la selección, a pesar del propio autor.

## REFERENCIAS

Bouchard, F. y A. Rosenberg (2004): Fitness, Probability and the Principles of Natural Selection, *British Journal for the Philosophy of Science*, vol. LV, pp. 693-712.

Darwin, Ch. (1859): *On the Origin of Species*, London: John Murray.

—— (1861) *On the Origin of Species* (3<sup>rd</sup> edition), London: John Murray.

---

<sup>5</sup> En un artículo posterior, son aún más taxativos y claros al respecto: “Natural selection is not a cause of evolution. (We are not opposed to Darwin and the modern synthesis—quite the contrary. Rather, we argue that the relationship envisaged by these theories is not a causal one.)” (Matthen y Ariew 2009, p. 201).

<sup>6</sup> En realidad esta distinción ya se encuentra en Sober (1984, p. 196). En ella el autor señala como algunos términos (“adaptación”, “selección”, “casamiento”, etc.) hacen referencia tanto al proceso como al producto de dicho proceso. De la misma manera que casarse concluye en la condición de casado, o un rasgo adaptativo concluye siendo (siempre que la selección natural fije dicho rasgo adaptativo en la población en las siguientes generaciones) una adaptación (el producto, el cual hace referencia a su historia y no a su función actual), la selección permite esa doble visión.

- Endler, J. (1986): *Natural selection in the wild*, Princeton: Princeton UP.
- Futuyma, D. J. (1998): *Evolutionary Biology* (3<sup>rd</sup> edition), Sunderland (MA): Sinauer.
- Gould, S. J. (2004): *La Estructura de la Teoría de la Evolución*, Barcelona: Tusquets.
- Martínez, M. y A. Moya (2009): Selección natural, creatividad y causalidad, *Teorema*, 28 (2), pp. 71-94.
- Matthen, M. (1999): Evolution, Wisconsin Style: Selection and Explanation of individual Traits, *British Journal for de Philosophy of Science*, vol. L, pp. 143-150.
- (2002): Origins are not Essences in Evolutionary Systematics, *Canadian Journal of Philosophy*, vol. XXXII, pp. 167-182.
- (2003): Is Sex Really Necessary? And Other Questions for Lewens, *British Journal for de Philosophy of Science*, vol. LIV, pp. 297-308.
- Matthen, M. y A. Ariew (2002): Two Ways of Thinking about Fitness and Natural Selection, *The Journal of Philosophy*, 99 (2), pp. 55-83.
- (2009): Selection and Causation, *Philosophy of Science*, 76, pp. 201-224.
- Neander, K (1988): What Does Natural Selection Explain? Correction to Sober, *Philosophy of Science*, vol. LV/3, pp. 422-426.
- (1995): Pruning the Tree of Life, *British Journal for de Philosophy of Science*, vol. XLVI/1, pp. 59-80.
- Sober, E. ([1984] 1993): *The Nature of Selection*, Chicago: University of Chicago Press.
- Stephens, Ch. (2004): Selection, Drift, and the ‘Forces’ of Evolution, *Philosophy of sciences*, 71, pp. 550-570.
- Walsh, D. M. (2000): Chasing Shadows: Natural Selection and Adaptation, *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 31 (1), pp. 135-153.

# LA ‘TOPOBIOLOGÍA’ DE GERALD EDELMAN: UN ‘EVO-DEVO’ EN ARRESTO ONTOGENÉTICO

FRANCISCO VERGARA SILVA

*Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (México)*

[f.vergarasilva@gmail.com](mailto:f.vergarasilva@gmail.com)

## **1. Gerald Edelman y la teoría biológica contemporánea**

DESPUÉS DE RECIBIR EL PREMIO NOBEL EN 1972, en reconocimiento a sus trabajos acerca de la estructura de los anticuerpos, el biólogo norteamericano Gerald M. Edelman (Nueva York, 1929) incursionó durante varios años en investigaciones sobre las propiedades de las moléculas de adhesión celular (en inglés, *cell adhesion molecules* o CAMs). Edelman (1986, p. 363) calificaba a las CAMs como “los candidatos principales al papel de reguladores de la morfogénesis”, dado su estatuto como “productos de genes estructurales cuya expresión en la superficie celular sirve para vincular a los epitelios, condensar el mesénquima y restringir el movimiento”. En este contexto, las CAMs de Edelman podrían ser consideradas como “las conexiones mecanoquímicas entre el código genético y la organización de estructuras tisulares complejas.”

En artículo recién citado, resulta claro que la labor de Edelman en el campo de investigación relacionado con las CAMs no fue simplemente la de un bioquímico o un biólogo molecular interesado en la estática y la dinámica de dichos elementos morforegulatorios, caracterizados principalmente en modelos animales. Para Edelman, el estudio de los mecanismos moleculares de la morfogénesis debería insertarse en un programa de investigación de mayor amplitud, dentro del cual las preguntas acerca de la relación entre evolución y desarrollo ontogenético –incluyendo algunas que atañen a la evolución y desarrollo del sistema nervioso humano– constituyeran el esquema de referencia principal. En el presente artículo, establezco una comparación entre los postulados principales elaborados por Edelman en los 1980s y el discurso actual de la

‘biología evolutiva del desarrollo’ o ‘evo-devo’, con el propósito futuro de dialogar con algunos trabajos recientes de historiografía de este campo de estudio. Dichos trabajos postulan que la versión historiográfica canónica de evo-devo ha dejado fuera autores y/o aproximaciones que deberían considerarse, o bien como antecedentes y/o precursores, o bien como líneas de investigación con un legítimo carácter evo-devoísta (ver, por ejemplo, Olsson y colaboradores 2009). Con miras a dicha interacción futura, aquí concluyo que la visión de Edelman en el periodo mencionado es claramente compatible con las perspectivas evo-devo contemporáneas, y que sin embargo existen razones por las cuales Edelman, como autor, ha sido prácticamente ignorado en tales perspectivas biológicas –así como en las historiografías revisionarias ya mencionadas.

## **2. El evo-devo de Edelman: la ‘hipótesis del morforegulador’ y ‘las preguntas embriológica y evolutiva’**

En 1988, Edelman planteó, en formato de libro, su propia versión del programa de investigación mediante el cual sería posible responder a aquellas preguntas fundamentales que vinculan ontogenia y filogenia. El título del libro es *Topobiology: An Introduction to Molecular Embryology*.<sup>1</sup> La lectura crítica de este libro permite afirmar que los capítulos 8 y 9, titulados “La pregunta de la genética del desarrollo” y “La pregunta evolucionista”, son cruciales en la elaboración del argumento con el que Edelman se propone elucidar la manera en que debería estudiarse la relación entre ontogenia y filogenia. El tratamiento que Edelman presenta acerca de “las cascadas de genes del desarrollo, los procesos primarios del desarrollo y las moléculas morforegulatorias” le llevan inicialmente (capítulo 8) al planteamiento de doce postulados, que ya prefiguran una comprensión sobre dicha relación vinculada

---

<sup>1</sup> El significado del vocablo ‘topobiología’ aparece definido desde el primer capítulo en dicho volumen: “Desarrollaré la hipótesis según la cual la morfogénesis y la evolución morfológica dependen de un conjunto especial de mecanismos moleculares regulatorios mediados por la superficie celular conforme ésta interactúa en lugares particulares en el embrión con otras superficies, tanto celulares como no-celulares. Estos mecanismos morforegulatorios relacionan a los eventos mecanoquímicos que afectan a la forma celular, la división celular y el movimiento, con patrones particulares de expresión genética. Estos mecanismos logran lo anterior mediante conjuntos de moléculas de superficie celular que median una forma u otra de adhesión celular, y que interactúan directa e indirectamente con el citoesqueleto, la estructura compleja de las células que gobierna su forma y movimiento. (Esta hipótesis permite) confrontar el asunto crucial de las interacciones moleculares dependientes-de-lugar en la superficie celular, *un campo que yo llamo topobiología* [...]” (Edelman 1988, pp. 4-5).

cercanamente con una perspectiva evo-devo.<sup>2</sup> A partir de dichos postulados, Edelman propone entonces la *hipótesis del morforegulator*, desarrollada en los siguientes tres enunciados: (i) El componente genético esencial de la formación de patrones temprana proviene de la existencia y respuesta temporal a señales inductivas de esos genes regulatorios que determinan la aparición y función de las moléculas morforegulatorias; (ii) el vínculo entre los componentes epigenéticos y genéticos del desarrollo está en las vías inductivas de señalización que surgen de los colectivos dominados por adhesión (celular), a su vez dando lugar a señales que retroalimentan desde estos colectivos a los genes que gobiernan las moléculas morforegulatorias; y (iii) la actividad coordinada, dependiente-de-lugar, de (estos) tres tipos diferentes de genes –morforegulatorios, historegulatorios y selectores– llevan a la forma y patrón generales (Edelman 1988, pp. 134-136).

En el capítulo 9, Edelman reelabora su hipótesis del morforegulator, de tal manera que la convierte en “un marco molecular para relacionar a la genética del desarrollo y la morfogénesis, con la evolución” (p. 160). Dicho marco es en realidad una extensión de dicha hipótesis, lograda a través del uso del concepto de *heterocronía*, que Edelman ya había identificado –a partir de su lectura de la obra de Stephen Jay Gould– como una noción de extrema utilidad para la construcción de su propio programa de investigación. La manera en que Edelman emplea la noción de

---

<sup>2</sup> Las partes de estos doce postulados (pp. 129-133 de *Topobiology*) presentadas por Edelman *en cursivas* se citan literalmente a continuación: “1. El desarrollo está bajo control genético. 2. Los eventos del desarrollo son, sin embargo, epigenéticos y están topobiológicamente controlados. 3. El desarrollo es regulativo. 4. El patrón, no simplemente la diferenciación celular, constituye(n) la base evolutiva de la morfogénesis. 5. Dentro de un género (taxonómico), el desarrollo puede mostrar variaciones en rasgos morfológicos particulares y patrones pero no altera el plan corporal general. 6. El asunto fundamental en la genética del desarrollo es la regulación del patrón principalmente por la acción de genes regulatorios y sólo incidentalmente por genes estructurales. 7. Los procesos primarios de división celular, movimiento de células y tejidos, y muerte celular proporcionan las fuerzas motrices para el desarrollo de la forma. Los procesos primarios de adhesión y expresión génica dependiente-de –lugar o inducción embrionaria regulan a estas fuerzas motrices. 8. La superficie celular juega un papel especial en estas interacciones topobiológicas. 9. Tres familias de moléculas morforegulatorias expresadas en la superficie celular parecen estar específicamente relacionadas con los eventos de adhesión celular y modulación de los eventos de señalización durante la inducción y la histogénesis posterior: las CAMs, las SAMs (‘surface-adhesion molecules’, es decir, moléculas de adhesión a superficies) y las CJMs (‘cell-junction molecules’, es decir, moléculas de unión celular). 10. Existe una relación cercana entre la expresión de CAMs, la adhesión celular, y la formación de bordes entre colectivos celulares durante la inducción y la formación de tejidos. 11. La evidencia sugiere que las SAMs pueden causar una modulación global de la superficie celular, apoyando cambios desde el epitelio hasta el mesénquima. 12. De las CJMs, las proteínas de unión en hendidura (‘gap junction’) parecen ser los candidatos más evidentes para el papel de formación de estructuras que permiten la comunicación entre colectivos de células.” En todos los casos, he traducido la palabra ‘development’ por ‘desarrollo’.

heterocronía en conexión con su hipótesis del morforegulador es extremadamente simple: “*la regulación genética de CAMs y SAMs proporciona una base molecular de la heterocronía*” (pp. 161-162; cursivas añadidas). Edelman ofrece más adelante una reformulación de la misma idea, en la cual se añade una referencia a una concepción (de afiliación matemática, formalista) de ‘no-linealidad’: “los cambios pequeños en los tiempos de respuesta de los genes morforegulatorios de las CAMs y SAMs que resultan de mutaciones que afectan elementos que actúan en *cis*- o en *trans*- pueden llevar a grandes cambios no-lineales en secuencias de expresión y morfología” (p. 163).

### **3. El marco conceptual para evo-devo propuesto por Gerd Müller como punto de referencia para el programa de investigación evo-devoísta de Edelman**

La tesis central del presente trabajo es que el programa de investigación presentado por Gerald Edelman en *Topobiology* contiene elementos que son equivalentes, para fines prácticos, a algunas de las propuestas que actualmente han sido asimiladas –por la comunidad biológica internacional relevante– dentro del denominador disciplinar ‘evo-devo’. El ejercicio de demostrar estas equivalencias, sin embargo, no es trivial. Para propósitos de la presente exposición, la estrategia que sigo para comenzar a evidenciar estas equivalencias es la transcripción de las propuestas teóricas sobre evo-devo emitidas en fecha reciente por el biólogo austriaco Gerd Müller, un autor que se distingue por haber desarrollado versiones ‘epigenéticas, no-genocentristas’ de la ‘teoría evo-devo’. La referencia de Müller que elijo como representativa para establecer esta comparación es una revisión publicada en una revista de alto factor de impacto, perteneciente al grupo editorial *Nature* (Müller 2007). En mi opinión, las notables similitudes entre el discurso de Edelman y la perspectiva de Müller se hacen evidentes directamente en la lectura comparativa. Los párrafos siguientes, tomados directamente de Müller (2007, pp. 943-944), hacen referencia a cuatro diferentes programas de investigación que –en mi opinión– encuentran clara equivalencia en las ideas de Edelman resumidas en las dos secciones previas del presente texto.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Las indicaciones de ‘nota al pie’ al final de cada párrafo conectan con la conclusión correspondiente, en el original.

*El programa de embriología comparativa y morfología.* Esta aproximación estudia las diferencias morfogenéticas que distinguen las ontogenias primitivas de las derivadas. La información que proviene de las especies del presente se combina de manera incremental con las contribuciones de la paleontología, incluyendo las que atañen a los embriones fosilizados de vertebrados y las etapas tempranas del desarrollo de los invertebrados.<sup>4</sup>

*El programa de genética evolutiva del desarrollo.* Esta aproximación se enfoca en la maquinaria genética del desarrollo. El rápido progreso en la clonación de genes regulatorios y las nuevas técnicas para la visualización de la expresión genética en tejidos embrionarios ha convertido a ésta en el área más productiva del evo-devo empírico hoy en día. Su logro fundacional fué el descubrimiento de extensas similitudes en la regulación entre especies lejanamente relacionadas con planes corporales fundamentalmente diferentes.<sup>5</sup>

*El programa epigenético experimental.* Este programa examina cómo la dinámica de las interacciones moleculares, celulares y tisulares afecta el cambio evolutivo. Pone atención a las propiedades del desarrollo que no son determinadas genéticamente directamente de manera directa, como la auto-organización ó los factores físicos y geométricos.<sup>6</sup>

---

<sup>4</sup> “A través de su caracterización de los patrones de evolución morfológica a gran escala, la paleontología proporciona evidencia de cambios significativos en las vías del desarrollo, por ejemplo, a través de la heterocronía, y los detalles de la variación anatómica a lo largo de cientos de millones de años pueden ser comparados con los patrones del desarrollo en las especies actuales. Una aproximación reciente ha consistido en la cuantificación de las transformaciones ontogenéticas en la forma, y en el uso de conceptos de espacio morfogenético para la interpretación evolucionista de los datos de desarrollo.”

<sup>5</sup> “El programa se concentra en la evolución de las herramientas genéticas y la lógica regulatoria que subyace al desarrollo orgánico; por ejemplo, la evolución de los genes homeóticos a través de mutación, duplicación y divergencia. Las jerarquías de redes regulatorias de genes y de vías de señalización que regulan las interacciones celulares y tisulares son igualmente centrales. El mapeo de los patrones de expresión y su correlación con rasgos de construcción característicos de la arquitectura corporal proveen información sobre sus posibles papeles en la evolución fenotípica.”

<sup>6</sup> “Se ha demostrado que las perturbaciones del número de células, el ciclo celular, la temporalidad del desarrollo y las interacciones inductivas pueden producir fenocopias de caracteres derivados o ancestrales, ocasionalmente dando lugar a transformaciones homeóticas. La aproximación epigenética también busca las influencias del ambiente en el desarrollo, demostrando que el mismo genotipo puede producir fenotipos sorprendentemente diferentes en respuesta a condiciones extremas alteradas.”

*El programa teórico y computacional.* Esta aproximación se concentra en la cuantificación, modelación y simulación de la evolución del desarrollo, y asiste a la unificación conceptual de la teoría de evo-devo en conjunción con la investigación experimental. Entre sus tareas sustanciales se encuentra el establecimiento de la relación entre la temporalidad precisa y la topología de la actividad genética con los cambios observables (Müller emplea aquí el término inglés ‘actual’) en las conductas celulares y tisulares. Esto ha llevado al desarrollo de herramientas computacionales para la reconstrucción tridimensional y la cuantificación de la expresión génica en embriones en desarrollo, y a la exploración de nuevas metodologías matemáticas para el análisis de dichos datos.<sup>7</sup>

#### **4. Conclusión: la ausencia de la ‘topobiología’ de Edelman en la ‘teoría evo-devo’ contemporánea**

El comentario en extenso acerca de las equivalencias entre el programa de investigación en ‘topobiología’ desarrollado por Gerald Edelman y la teoría evo-devo del siglo XXI –aquí ejemplificada con el trabajo de Gerd Müller– evidentemente demanda un análisis detallado, que se dejará para después. Sin embargo, para concluir es pertinente avanzar algunas hipótesis orientadas a explicar por qué el programa de investigación de Edelman está en una especie de ‘arresto ontogenético’ –frase con la cual quiero sugerir que ‘ha dejado de desarrollarse’, al estar prácticamente ausente no sólo de los textos que exponen la perspectiva canónica contemporánea de evo-devo, sino también de la mayoría de los recuentos historiográficos recientes de la misma. Presento tres hipótesis, para las cuales queda pendiente una elaboración posterior: (i) El

---

<sup>7</sup> “Los análisis multivariados extienden la aproximación cuantitativa a las trayectorias de la forma ontogenética. Tales herramientas teóricas ayudan a localizar los componentes ontogenéticos del cambio fenotípico, asisten en la organización de los datos y vinculan a evo-devo con la genética cuantitativa y con el estudio de la integración morfológica. Los datos ontogenéticos cuantitativos también son usados para la modelación biomórfica del desarrollo de sistemas de órganos específicos, como los dientes y las extremidades en vertebrados, de modo que ilustran cómo los cambios en la actividad genética y la auto-organización de grupos de células afectan a la morfogénesis y las posibilidades de la variación fenotípica o la innovación. Los modelos nos ayudan a identificar propiedades generales de las redes del desarrollo en proceso de evolución, sugiriendo, por ejemplo, que existe una tendencia evolutiva hacia el reemplazo de redes ‘emergentes’ auto-organizadas por redes jerárquicas. Esto indica que las ontogenias genéticamente atrincheradas de las especies actuales, de las cuales se deriva nuestro conocimiento del desarrollo, constituyen una condición estabilizada y canalizada, aunque una mayor flexibilidad y potencial innovador pudieron haber existido en sistemas primitivos.”

énfasis de Edelman nunca estuvo en los genes homeóticos y/o en lo que Müller llama ‘el programa de genética evolutiva del desarrollo’; los genes homeóticos son mencionados en *Topobiology* sólo de manera secundaria, aunque sin negar la importancia de su descubrimiento; (ii) Edelman no desarrolló su investigación a partir de trabajos originales en un sistema modelo empleado por una comunidad numerosa de colegas; y (iii) Edelman tenía un interés especial en aplicar su perspectiva teórica a problemas neurobiológicos y de ciencias cognitivas, como lo demuestran sus libros publicados durante la década de los 1990s.

## REFERENCIAS

- Edelman, Gerald M. 1986. Molecular mechanisms of morphologic evolution. *Chemica Scripta* **26B**: 363-375.
- Edelman, Gerald M. 1988. *Topobiology: An Introduction to Molecular Embryology*. Basic Books.
- Müller, Gerd B. 2007. Evo-devo: extending the evolutionary synthesis. *Nature Reviews Genetics* **8**: 943-949.
- Olsson, Lennart, Uwe Hossfeld y Olaf Breidbach. 2009. Preface. Between Ernst Haeckel and the homeobox: the role of developmental biology in explaining evolution. *Theory in Biosciences* **128**: 1-5.

## **Sección H**

### **Origen, definición y clasificación de la vida**

## STABILITY, REGULATION AND THEIR ROLE IN MINIMAL LIVING SYSTEMS

LEONARDO BICH

*IAS-Research Center for Life, Mind, and Society, Department of Logic and Philosophy  
of Science, University of the Basque Country (Spain)*

[leonardo.bich@ehu.es](mailto:leonardo.bich@ehu.es)

THE APPEAL TO THE NOTION OF REGULATION is widespread in biology, and it is usually referred to the capability of a living system to compensate internal changes or external perturbations: a property also related to the ideas of homeostasis and adaptation. Yet, this notion is still not well defined and very dissimilar types of phenomena are gathered under this label. In fact, regulative roles or properties are usually ascribed to processes, components and subsystems whose behaviors and contributions to the functioning of living systems are qualitatively different. This lack of preciseness becomes particularly problematic when the notion of regulation is applied to issues related to the origins of life, like for example the processes of emergence of proto and early cells, the characterization of minimal living systems, and the identification of their specificity with respect to physico-chemical systems.

The aim of this paper is to explore the role played by the notion of regulation in the origins of life domain and in minimal life, in particular in the metabolic approach based on the notion of “biological autonomy” (Ruiz-Mirazo and Moreno 2004). A distinction will be proposed between different forms of compensating mechanisms in proto and basic living systems: namely, *structural stability*, *passive* and *active regulation*.

One of the main issues emerging in the elaboration of theoretical models of basic autonomy concerns the integration of the properties of self-production and self-maintenance with the capability to respond to internal and external perturbations

without losing the identity of the system: for example, processes like Piaget's adaptation through assimilation and accommodation (Piaget 1967). In fact, although models of minimal living systems like Ganti's Chemoton (Ganti 2003) and Rosen's M/R-system (Rosen 1972; 1991) can, at least in principle, make sense of self-production and self-maintenance they do not explicitly account for a minimal form of regulation –even though in Ganti's theoretical framework the capability for regulation is listed among the “absolute criteria” for life (Ganti 2003). Yet, production processes themselves take place in a well specified internal environment that needs to be stabilized in order to enable the existence of those same processes: they therefore require mechanisms able to compensate for external perturbations, to prevent destructive side reactions to take place, to damp the continuous internal variations in concentrations, to select distinct internal pathways among the possible ones, and to maintain the parameters of the internal environment inside a specific interval. In addition, some chemical interactions need to be harnessed towards a certain degree of specificity, necessary to favor those processes involved in self-production.

Different kinds of mechanisms of stabilization of the internal environment and of compensation of perturbations can be identified. At a basic level we can identify passive mechanisms like, among the others: physical buffering; robustness to perturbation in the form of damping of variations in concentrations; mutual stabilization between coupled processes; assimilation and accommodation of new substrates into the system. Feedback circuits too are in place between the internal activity of self-production of the system and its parameters, so that a change in the parameters of the internal environment can affect the whole internal activity of the system and *vice versa* (*parametric feedback*). We can also conceive of more active mechanisms that allow the system the capability of operating differentially on its own internal dynamics in a way subordinated to its own maintenance. A feature common to most of them is that it seems more problematic to ascribe the regulatory power to the intrinsic properties of individual components or subsystems than to consider it as a shared/organizational property, as a change in one component or step can be easily compensated by changes in the others, canceling its effect (Fell 1997).

Ganti's and Rosen's models seem to embed at least some of these simple forms of regulation enabled by their nonlinear or cyclical modes of organization: e.g. feedback

control, metabolic repair, and –in Ganti’s only– compartment production and information based control (Bechtel, 2007). Furthermore, other ideas that implicitly involve regulation can be found in the notion of “conservation of organization” proposed by the autopoietic school (Maturana and Varela 1980). Nevertheless, at their current status of development, these ideas seem to be compatible both with a basic inertia to changes and with active compensating mechanisms. What is therefore needed is a theoretical framework for regulation.

The issue of the normative dimension of regulation in basic living systems will be not addressed here, but normativity and intrinsic purposivity will be assumed as grounded in the mechanism of self-production and self-maintenance of the living system, in other words in its organizational closure (Mossio *et al.* 2009). Instead, a general classification of those properties to which a regulatory role is usually ascribed will be proposed, clarifying the form of the compensating response to the environmental perturbations and the organization of the internal mechanism that generates it.

1) *Structural Stability*. It can be defined as the property according to which in a perturbed system the restoring force acts at the same time as the perturbing one, and in an opposite direction: the perturbing and perturbed variables are directly dependent on each other (Sommerhoff 1950). Stability is characterized by the following features: (a) it concerns the persistence of an entity in a given environment; (b) interactions take place at the same time-scale and do not entail differential contributions by subsystems; (c) it does not need organized systems in order to be implemented, as molecules can already exhibit it. Paradigmatic cases are constituted by the pendulum in its simple and damped forms, or by Le Chatelier’s principle in chemical systems at equilibrium. Other examples in the chemical domain are molecular resistance to environmental conditions like hydrolysis, buffering by self-assembled compartments without channels, etc.

2) *Passive regulation*. It takes place in the presence of a coupling between subsystems, or an organized network of processes, that interact with each other by opposing the displacement of the system from a certain state, due to perturbations. As in the previous case, here too perturbation and response take place on the same time scale. Examples are couplings between processes like those represented by Locke-Volterra systems, and some cases of *feedback* (e.g. the parametric one) that work in accordance with the condition about time scales. Simple forms of Piagetian adaptation (assimilation

and accommodation) can already take place in these kinds of mechanisms in the form of mutual compensations between strictly coupled subsystems of sub-processes in the presence of internal and external perturbations.

3) *Active Regulation.* The system modulates its own internal states and dynamics as well as its interaction with the environment. The following requirements can be ascribed to this more complex form of regulation: (a) the system needs to allow for *different possible internal regimes*. It is not the case, for example, of the behavior of water molecules in dissipative physical systems such as Bénard cells, that admit only one kind of dynamics –the hexagonal convection cells– under the strict boundary conditions in which they take place; (b) the systems needs to be *internally organized*, that is, to have different subsystems or subprocesses contributing differently to its internal dynamics; (c) the regulative behavior should be based on the *correlation* – instead of the direct interdependence– between these subprocesses and subsystems (Sommerhoff 1950);<sup>1</sup> (d) the different processes that contribute to the regulative behavior need to work on *different time scales*. Indeed, active regulation can be defined as a case of correlation of processes taking place at different time scales, characterized by the differential activation of distinct possible regimes available to the internal or the interactive dynamics of the system. The mechanisms involved work in a way subordinated to the maintenance of the system to which they belong –through their grounding in the self-production mechanisms– and they can act on internal processes to keep a certain variable inside a specific interval of values, to shift to a different interval to favor different internal dynamics, or to canalize certain processes. In basic living systems active regulation takes place through the action of meta-constraints which influence the activity of those basic constraints involved in the self-production of the system (e.g. the enzymes). For this reason it seems to entail a higher level of organization than the one in which self-produced constraints are involved. An example is a metabolic network with multi-scale feedback loops, in which the activity of the enzyme is modulated through allosteric interactions or, more indirectly, through changes in the properties of the internal environment (e.g. the pH).

---

<sup>1</sup> Correlation in this case means that the state of a subsystem at a certain instant is not directly dependent on the state of another subsystem at that same instant - that is, they are somehow decoupled - yet the two subsystems are not unrelated, but are related indirectly through the system they integrate (e.g. common causes, etc.).

According to this framework, feedback is not synonymous with regulation. Feedback mechanisms do not characterize univocally one form of regulation either, but additional conditions need to be taken into consideration in order to identify their role in the system.

Starting from this classification, some remarks can be made about the presence and the role of these different forms of regulation in the main models of minimal metabolism, like Ganti's and Rosen's ones. The latter accounts for mechanisms of the second kind (passive regulation): those based on compensating couplings between subsystems. The M/R-Systems model can also account for different modalities of integration of new substrates coming from the environment (Rosen 1972), that resemble the Piagetian mechanisms of assimilation and accommodation. In addition, Rosen's model is characterized by the presence of feedback loops between different classes of processes that belong to the second class of regulative mechanisms. In fact the feedback loops are constituted by the strict direct coupling between subsystems, and they affect the processes of production, rather than the activity, of the internally generated constraints (in this case: the enzymes).

Ganti's model too presents some properties to which a regulative role has been often ascribed (Ganti 2003; Di Paolo 2005; Griesemer and Szathmáry 2009). A first regulatory aspect, mentioned both by Ganti (2003) and Di Paolo (2005), refers to the capability by the template subsystem to activate the production of the membrane after a certain threshold of concentration in the product of the metabolic subsystem is reached. The regulative role would consist in the system responding to the increment of internal pressure by enlarging the membrane in order to avoid exploding. According to the classification proposed, this example belongs to the first class of mechanism (stability), based on the damping of strictly structural perturbations: in this case the damping takes the form of threshold activation.

A second case (of passive regulation) is the supposed capability by the template subsystem of the Chemoton to control the metabolism by affecting the concentration of its products. This is an example of a mechanism of regulation of the second kind (passive), which it is based on the "strict stoichiometric coupling" between the subsystems (Griesemer and Szathmáry 2009: 485). No regulative mechanism of the third kind can be identified in this model. As a consequence, the Chemoton does not

entirely satisfy Ganti's fifth absolute life criterion, the one which states that "processes in living systems must be regulated and controlled" (Ganti 2003: 78), even though it can be considered to be "inherently stable" (third criterion).

Yet, Ganti's model implicitly contains the theoretical means to escape the regulatory limitations of the strict clock-like coupling between subsystems, which makes internal processes directly dependent from each other and so precludes mechanism of regulation of the third kind. As suggested in Griesemer and Szathmáry (2009), at least two modifications of the model can free the internal interactions from strict coupling. One is constituted by the replacement of the AND relation between the metabolic and the template subsystems with an OR one, which determines a partial decoupling between the internal subsystems. The other consists in the implementation of "stoichiometric freedom" in the system (Griesemer and Szathmáry 2009). It is obtained by introducing a new template composed of different monomers, that would enable sequence-based interactions and so make them independent from stoichiometric couplings. A third way is indicated by Zachar *et al.* (2011) by introducing two different template subsystems with a relation of the OR type between them, so that their internal dynamics become partially decoupled from those of the other subsystems.

Nevertheless, these modifications constitute only some conditions of possibility for regulation, as they introduce forms of decoupling between subsystems that can allow for higher order interactions. They are not regulative *per se* unless integrated in a regulative metasystem, which is missing in Ganti's model.

In conclusion, both Ganti's Chemoton and Rosen's M/R-system, though exhibiting some form of simple regulative behaviour, cannot account for active regulation. This lack of mechanisms of the third kind seems to lead to the conclusion that both models are still too simple for describing some of the basic properties of minimal living systems.

### **Acknowledgments**

The author wishes to thank Alvaro Moreno and Kepa Ruiz-Mirazo for the very valuable feedback on an earlier version of this paper. This work was funded by Ministerio de Ciencia y Innovación, Spain ('Juan de la Cierva' program) and Basque Government (Research Project IT 505-10).

## REFERENCES

- Bechtel, W. (2007). Biological mechanisms: Organized to maintain autonomy. In F. Boogerd, F. Bruggeman, J. H. Hofmeyr, H. V. Westerhoff (eds.). *Systems Biology. Philosophical Foundations*. Amsterdam: Elsevier, 269-302.
- Di Paolo, E. A. (2005). Autopoiesis, adaptivity, teleology, agency. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 4(4), 419-452.
- Fell, D. (1997). *Understanding the Control of Metabolism*. London: Portland University Press.
- Ganti T. (2003). *The Principles of Life*. Oxford University Press, Oxford.
- Griesemer, J. & Szathmáry, E. (2009). Ganti's Chemoton model and life criteria. In S. Rasmussen, M. Bedau, L. Chen, D. Deamer, D. C. Krakauer, N. H. Packard & P. F. Stadler (eds.). *Protocells. Bridging Nonliving and Living Matter*. Cambridge MA: MIT Press, 481-513.
- Maturana, H & Varela, F. (1980). *Autopoiesis and Cognition. The Realization of the Living*. Dordrecht: Reidel Publishing.
- Mossio, M., Saborido C. & Moreno, A. (2009). An Organizational Account of Biological Functions. *British Journal for the Philosophy of Science*, 60, 813-841.
- Piaget, J. (1967). *Biologie et connaissance*. Paris: Gallimard.
- Rosen, R. (1972). Some relational cell models: the metabolism-repair systems. In R. Rosen (ed.), *Foundations of Mathematical Biology*. New York: Academic Press, vol. II, 217-253.
- Rosen, R. (1991). *Life Itself. A Comprehensive Inquiry into the Nature, Origin, and Fabrication of Life*. New York: Columbia University Press.
- Ruiz-Mirazo, K. & Moreno, A. (2004). Basic Autonomy as a Fundamental Step in the Synthesis of Life. *Artificial Life*, 10, 235-259.
- Sommerhoff, G. (1950). *Analytical Biology*. London: Oxford University Press.

Zachar, I., Fedor, A. & Szathmáry, E. (2011). Two Different Template Replicators Coexisting in the Same Protocell: Stochastic Simulation of an Extended Chemoton Model. *PLoS ONE*, 6(7), e2138.

# TELEONOMÍA O TELEOLOGÍA, O EL ERROR DE MONOD

CRISTIAN GARVIA ARAOZ

*Lycée Georges Gusdorff (Instituto) / ICP – Paris (Francia)*

[biologiateorica@voila.fr](mailto:biologiateorica@voila.fr)

UNA DE LAS PRIORIDADES DE LA FILOSOFÍA DE LA BIOLOGÍA ha sido definir lo que entendemos por vida. Si en Biología estamos habituados a las definiciones, de especie, de familia, de género, etc., y cuando nos referimos a una especie cualquiera, ésta cuenta con un nombre preciso así como con una serie de características que le son propias, y que precisamente le distinguen de las demás especies. La definición es entonces crucial para la constitución de las ciencias biológicas.

Pero definir “lo que está vivo” en su más amplio sentido, parece ser una problemática que numerosos biólogos y filósofos han intentado solucionar y ante la cual no parece existir pleno consenso. Esta es una suerte de paradoja, pues mientras que el quehacer biológico se fundamenta en definiciones de formas, de procesos, etc., nos resulta muy difícil definir lo que entendemos por vida.

El problema, evidentemente, no es nuevo, pero aún cuando conozcamos cada vez mejor la materia viva presente en nuestro planeta, poco se ha avanzado en cuanto a establecer una definición “definitiva” de lo que es la vida. Si los filósofos se han interesado en el asunto, los biólogos, en tanto que concernidos directamente por el asunto, también han procurado proporcionarnos, si no una definición, al menos una idea más precisa de cómo habríamos de definir la vida.

Un buen ejemplo en este sentido es el caso del biólogo francés Jacques Monod, ganador del Premio Nobel de Medicina y Fisiología en 1965 por sus aportes al entendimiento de los operones y su vínculo con la regulación de la expresión genética en bacterias. Esta proximidad con la genética y con la forma en la que el ARN se ha de manifestar y construir una unidad biológica, una bacteria por ejemplo, seguramente le

inspiraron para que cinco años más tarde, publicara el libro por el cual se le recuerda hasta hoy, *El azar y la necesidad*.

En dicho texto, el autor intenta precisamente si no definir la vida, por lo menos dar una descripción lo más general posible de ella, es decir, esbozar cuáles serían sus características “universales”, observables desde las bacterias hasta los mamíferos pasando por insectos, peces, etc. *El azar*, como se llama comúnmente a esta obra de Monod, tiene el mérito de entender la vida más como un proceso que como un conjunto de estructuras materiales bien precisas y concatenadas exquisitamente.

Monod apuesta entonces por una descripción compuesta por tres conceptos; la teleonomía, la invariancia reproductiva, y la morfogénesis autónoma. La teleonomía es un concepto que se introduce en el texto del microbiólogo francés para recordar al lector que la vida no tiene “un sentido”. Siendo ésta “objetiva y no proyectiva”, Monod quiere subrayar el hecho de que en todo organismo pueda constatarse una cierta idea de finalidad (como por ejemplo, que el ojo “sirve para ver”), sin por ello aceptar la noción de “teleología”, en el sentido de intencionalidad divina o “inteligente”, como lo afirman los creacionistas, por ejemplo.

Este concepto es muy importante porque permite al autor introducir el siguiente; la invariancia reproductiva. El mismo se refiere precisamente a esta “teleonomía” que puede observarse en todo organismo. De manera general, por ejemplo, un embrión de pez “tiene como fin” transformarse en pez, y lo mismo puede decirse de cualquier otra forma de vida en un estadio temprano de desarrollo. Para Monod, esta “perogrullada” no es una interpretación teleológica de los hechos, sino que una constatación, que puede verificarse incluso genéticamente puesto que en las células existe el “background para...”.

Finalmente, la tercera propiedad se denomina morfogénesis autónoma, y en cierto sentido refuerza y fusiona los dos conceptos anteriores puesto que si un embrión, o un conglomerado de células se ensamblan “automáticamente”, porque hay leyes físicas que así lo permiten y no intenciones divinas ni fuerzas que no podamos constatar, entonces la teleonomía queda así exenta de toda sospecha que pudiera recaer sobre ella, y al mismo tiempo se validaría la tesis de la invariancia reproductiva por cuanto dicho ensamblaje culminaría, precisamente, conformando tal o cual estructura biológica.

La lógica aplicada es muy coherente, pues los tres principios se respaldan muy bien entre sí. Sin embargo, y aquí está nuestra crítica, la solidez conceptual de la tesis de Monod queda irremediable y lamentablemente fragilizada cuando tomamos en cuenta consideraciones empíricas. Si bien *El azar* nos proporciona un esbozo de lo que entendemos por vida, la dependencia que existe entre los tres principios esbozados no hace más que permitir que la tan temida *teleología* se cuele, una vez más, por la puerta trasera y se incruste justo en medio de una tesis originalmente materialista.

### **1. La teleonomía**

La primera noción a cuestionar es la teleonomía, noción rescatada de la obra de Aristóteles, con el objeto establecer una distinción conceptual frente al término, que permitiera así a los naturalistas describir en los seres vivos claros ejemplos de proyección, sin aludir a una intencionalidad “extra biológica”. Por ejemplo, se puede decir que el ojo sirve *para* ver, y los oídos *para* escuchar. Si bien se consigue facilitar la descripción de numerosos fenómenos, no hay que olvidar precisamente este carácter del término; estrictamente descriptivo, y no explicativo. En este sentido, la teleonomía alude más propiamente a un estado de cosas convenientemente aislado, a una serie finita de fenómenos que se establece “culminan” en un proyecto (tal órgano para tal función). Los seres vivos son “objetos dotados de un proyecto”, más específicamente “[...] *se distinguen de todas las demás estructuras de todos los sistemas presentes en el universo por esta propiedad que llamaremos teleonomía*”.

Esto contradice la tesis de Monod. Con este criterio se aventura a catalogar esta supuesta propiedad como un “absoluto”, como un constituyente de la vida, como dice Monod: “En vez de rehusar esta noción (como ciertos biólogos han intentado hacer), es por el contrario indispensable reconocerla como esencial a la definición misma de los seres vivos [...]”. Si admitimos tal, como una definición, y queremos ser consecuentes con lo afirmado hasta aquí, hay que ver la finalidad mas como una instancia extra biológica donde la física o química, en virtud de que la serie de fenómenos descritos como necesarios y teleonómicos actuaría primeramente sobre las propias moléculas, y el ADN mismo, desde el cual Monod estima recién emergen. Esto es claro si consideramos que también se puede observar fines en instancias netamente químicas; porque ciertamente, toda conformación molecular dada en tiempo y condiciones

específicas sirve para adecuar a la misma a las condiciones físicas imperantes (un “proyecto”). Si se concede a la teleonomía validez alguna siquiera coma parte en la definición del fenómeno obligamos a la materia a seguir este proyecto a como dé lugar.

En cambio, la regularidad de la vida es una característica derivada, en el mejor de los casos un epifenómeno en el objeto biológico, no más que una descripción de algunas instancias biológicas exquisitamente conservadas en el tiempo y espacio, y por el propio hecho de contar con cierta regularidad en su ocurrencia, son susceptibles de enmarcarse en trazos fenoménicos con “principio y fin”, pero que en el fondo son circunstanciales. Cuando se desciende hasta las moléculas más elementales, esta regularidad deviene contingencia. Por ejemplo, en el normal desarrollo de una proteína se hallan involucrados una serie de eventos que deben conservarse y mantenerse para que el correcto ensamblaje de estructuras más complejas. Si por motivo alguno, el orden de adición de uno de éstos es alterado, se altera también toda la serie material superior. Por ejemplo, si se produce una mutación en un gen, “el proyecto” del que habla Monod no tiene validez, pero la estructura biológica mutante puede ser viable, sin ser una “copia fiel” del original.

A juzgar por el título de la obra, esperaríamos una conclusión más próxima a un materialismo descarnado, pero nos encontramos finalmente con los mismos “demonios vitalistas” que Monod quiso ahuyentar, alojados allí donde menos se esperaba. La obra pierde así consistencia, y peor, incurre en una contradicción que él propio Monod no alcanza a percibir, pero contra la que continúa combatiendo.

## **2. Morfogénesis autónoma**

Si la teleonomía es el sello distintivo de la vida, la estructuración espontánea no es más que el proceso material que las vincula y les da la existencia; “*Si la invariancia y la teleonomía son efectivamente ‘propiedades’ características de los seres vivos la reestructuración espontánea debe ser considerada más bien un mecanismo*”, dice Monod. A través de tal propiedad, los mismos, y siguiendo “*un plan estrictamente determinista*”, ejecutan sus fines. Pero como hemos visto, si la teleonomía no es empíricamente un imperativo para que una estructura dada se desarrolle conforme a un “plan”, la morfogénesis autónoma sí debiera serlo en los hechos, y necesariamente si queremos continuar en la lógica propuesta por Monod y hacer el último esfuerzo por

salvar esta frágil coherencia que se espera deberían tener sus principios vitales. Si la morfogénesis autónoma se validara de tal manera que nuestro “plan” estructural culminase, entonces la teleonomía estaría más bien sostenida por esta propiedad de autoconstrucción. Pero no es el caso.

Hay que tener presente la existencia de estructuras que presentan tal propiedad (de tipo autocatalítico) sin por ello ser vivientes. Al respecto Monod afirma: “*Se puede al menos imaginar objetos capaces de reproducción invariante, incluso desprovistos de todo aparato teleonómico. Las estructuras cristalinas pueden ser un ejemplo, a un nivel de complejidad muy inferior, por cierto, al de todos los seres vivos conocidos*”. En efecto, se replicará la secuencia material propia del cristal, a través de su autoconstrucción inmediata en condiciones propicias para ello. Empero, para tales casos, la distinción entre crecimiento por adición y replicación efectiva resulta ambigua. Estimamos que se debe hablar más propiamente de crecimiento periódico, puesto que si algo ha de replicarse, no es más que la “lógica” cristaloides, de cuya interacción no se deduce un organismo, sino una modalidad espacial y morfológica específica a conservar.

En consecuencia, un cristal es una estructura que no comporta ni teleonomía ni replicatividad, sino crecimiento iterado. En tal sentido, esta instrumentalidad, aparentemente tan trivial a nivel de cristales, es igualmente trivial para seres vivos, los que se diferencian de los primeros solo en el hecho de que su crecimiento es aperiódico. Entonces, esta propiedad no define un ser vivo, es una simple constatación de un fenómeno. Tenemos entonces que la necesidad en la consecución de un fin cualquiera a través de determinados y únicos pasos es legítima en un plano material, pero no conceptual, ya que habría ciertamente necesidad de crear estructuras, pero no necesidad de una u otra estructura en particular.

### **3. Invariancia**

Definida por Monod como la invariancia es “*la capacidad de reproducir una estructura de alto grado de orden [...]*”. Es la noción a la que nos hemos referido también como replicación. El autor considera muy superficialmente los elementos termodinámicos implicados en su validación, y pese a vincularla con las otras dos propiedades, explica que tiene su origen en el material genético y se expresa a través de

las otras dos nociones consideradas: “*La invariancia genética no se revela mas que a través y gracias a la morfogénesis autónoma de la estructura que constituye el aparato teleonómico*”.

Recordemos que se conserva lo que el medio permite, es la conformidad estructural y/o energética de una estructura con sus circunstancias inmediatas, sólo así es posible concebir una estructura que junto con mantener su coherencia material con el medio pueda conservarse y duplicarse simultáneamente. Se puede decir que la evolución ha “conservado” una estructura viva a condición de adaptarla a las diversas contingencias ambientales que enfrentaba. El resultado de ello es la enorme variedad de formas vivientes de las que somos parte y testigos; todas en concordancia con su medio, como el fruto de las circunstancias y sin mediar proyecto alguno.

Si el crecimiento es aperiódico para organismos, no se puede hablar de conservación de un proyecto, sino de una circunstancia. Igualmente, una estructura podrá replicarse si ésta es la forma por la que establece su correspondencia material y energética con su ambiente, y desde el cual se validará su coherencia material con el medio, pudiendo la autopoiesis, o incluso la reproducción, constatarse o no. En suma, la invariancia de la que Monod habla no puede ser entendida más que como un mero epifenómeno, una particular regularidad de eventos que no cuenta con ningún valor explicativo, un espejismo que presupone que una especie, una familia o un género son “necesarias”, mientras que son el puro fruto del azar y de lo contingente.

# A METÁFORA DA MÁQUINA E A NOVA IMAGEM DA VIDA – NATURALISMO PARA ALÉM DO MECANICISMO

VICTOR MARQUES

*Doutorando em Filosofia (PUCRS), bolsista CAPES (Brasil)*

[victorxis@gmail.com](mailto:victorxis@gmail.com)

CARLOS BRITO

*Prof. Dr. Departamento de Computação (UFC) (Brasil)*

NESSE TRABALHAMOS NOS PROPOMOS a dar conta de dois objetivos: começamos por investigar a origem histórica da metáfora de máquina, examinando quais problemas lhe deram origem e porque se mostrou tão útil ao desenvolvimento da biologia, para em seguida apontar seus limites, expondo, a partir do trabalho de vários autores, uma imagem da vida como processo circular de auto-constituição, que preserva os compromissos naturalistas para além de uma perspectiva mecanicista.

É possível traçar a origem da metáfora da máquina à Idade Média, em particular ao momento no qual os avanços tecnológicos e a produção de artefatos cada vez mais complexos exerceram profunda influência cultural e forneceram novas imagens para interpretar o mundo natural. A linguagem mecânica serviu então, intuitivamente, aos pioneiros no estudo sistemático da anatomia a compreender os novos dados em termos de experiências já familiares. Na filosofia mecânica de Descartes, que pretendia dar conta da natureza puramente em termos de interações de matéria inerte, nada mais natural do que pensar o organismo como apenas com mais um tipo de máquina, em nada diferente de um autômato extremamente complicado. Esse esforço se encaixa no contexto do surgimento da ciência moderna, com o desenvolvimento, a partir de Galileu, de uma nova física, em oposição a física teleológica aristotélica e, em geral, a visão de mundo animista do pensamento antigo. Desde então, a “metáfora da máquina”

tem sido o modelo preferido, mesmo quando não explicitamente tematizado, dos que pretendem abordar o fenômeno da vida a partir de uma perspectiva científica, condicionando a intuição seja dos próprios biólogos seja de pesquisadores de outras áreas.

Além de se basear em semelhanças reais, a metáfora da máquina apresenta outras vantagens intelectuais consideráveis. Não só aproxima a biologia da engenharia, e por consequência da física, como oferece um modelo naturalista, explicando a atividade dos seres vivos sem incluir na explicação a qualquer objeto fora do escopo de investigação da ciência. Em larga medida, a metáfora deve sua vitalidade e popularidade ao seu papel privilegiado na batalha contra o vitalismo. Para a prática concreta do cientista, no entanto, é ainda mais importante suas consequências metodológicas, pois serve de fundamentação para um programa de pesquisa analítico em biologia, ao justificar que o mesmo procedimento para se estudar uma máquina é igualmente aplicável para se estudar um organismo: desmembrá-lo em suas partes constituintes e caracterizá-las individualmente como sub-sistemas independentes. Não há como negar que esse programa foi imensamente bem sucedido, e permaneceu no centro dos avanços espetaculares da biologia molecular no século XX.

A metáfora revelou-se tão poderosa que conseguiu sobreviver inclusive ao desmoronamento de duas outras noções que costumavam acompanhá-la, e com as quais formava um sistema teórico coerente: a idéia de criação especial e o pré-formacionismo. O reconhecimento do caráter histórico dos seres vivos e a compreensão do desenvolvimento como um processo de natureza epigenético parecem fragilizar a metáfora, forçando importantes desanalogias, uma vez que, via de regra, o surgimento de uma máquina está ligado a atividade de uma mente e não envolve a emergência espontânea de ordem.

De fato, se os organismos são máquina é forçoso reconhecer que se trata de um tipo de máquina bastante peculiar, que ainda não somos capazes de construir. Mesmo a caracterização de seres vivos como máquinas reprodutivas é uma observação ambígua, e pode dar origem a duas formas gerais bastante distintas de se compreender o fenômeno da vida. Poderíamos em primeiro lugar, entender “reprodução” como replicação, isso é, produção de uma outra entidade, com características semelhantes. O fato mais importante dos sistemas biológicos seria, portanto, que eles são o resultado de um

evento reprodutivo, e possuem, portanto, uma história genealógica, que pode se estender igualmente para o futuro. O fundamental é que a partir das noções de replicação, herança, variação, e viabilidade diferencial é possível deduzir o princípio da evolução por seleção natural. Segundo essa visão, o que caracteriza fundamentalmente a vida é a sua ligação com o processo evolutivo: organismos são entidades que, no nível populacional, podem sofrer evolução por seleção e, no nível individual, resultam de um processo evolutivo prévio. É, precisamente, o efeito cumulativo da atuação ao longo de várias gerações do princípio de seleção natural que confere às partes do organismo a aparência de terem sido feitas para determinados propósitos.

No entanto, reprodução pode igualmente ter o sentido de auto-produção, ou conservação ativa das condições de identidade. Um sistema reprodutivo é nesse sentido um sistema com capacidade de auto-manutenção. O segundo sentido nos chama atenção não para a história genealógica do organismo, ou seu potencial de replicação, mas para os processos metabólicos que a cada momento regeneram e/ou modificam a forma do vivente e o seu modo de ser no mundo. Os biólogos chilenos Humberto Maturana e Francisco Varela foram pioneiros nessa segunda abordagem.

Terrence Deacon, reconhecendo igualmente que ambos são funcionalmente organizados, chama atenção para importantes diferenças importantes entre máquinas e organismos. Enquanto nas máquinas as partes são produzidas separadamente e só posteriormente postas juntas no processo de montagem, nada parecido acontece no organismo: os organismos se desenvolvem espontaneamente, suas partes se diferenciam a partir de um ponto inicial relativamente indiferenciado, e não precisam ser externamente encaixadas. Os componentes orgânicos são, desde o princípio, integrados e interdependentes. Nas máquinas que construímos, usualmente o processo de fabricação é inteiramente distinto ao processo de funcionamento: montamos a máquina, com componentes pré-existentes, para que ela faça alguma outra coisa X. No organismo estamos diante de um sistema onde os componentes deixam de existir quando retirados do contexto da atividade orgânica, no interior da qual estão continuamente sendo reproduzidos e reparados. Os processos que constituem o ser vivo estão continuamente se regenerando mutuamente, de forma que a existência de cada componente depende do contexto garantido pelos demais componentes, em uma rede emaranhada de mútua dependência e relação recíproca. De fato, nós podemos dizer que o que define mesmo o

organismo, os seus limites, as restrições que o dão forma, são postos no e pelo processo de funcionamento, o resultado de sua atividade é assim sua existência continuada.

Além disso, os constituintes dos organismos são maleáveis, plásticos, constantemente em mudança, moduláveis pelo metabolismo do organismo para garantir respostas adaptativas. A regularidade do organismo não resulta de materiais que resistem à deformação. Ao contrário da máquina, que mantém sua forma porque a constituição física de seus componentes é de tal modo que torna as interações entre eles de alguma forma parcialmente insensíveis a flutuação termodinâmica, o organismo, por sua vez, usa processos químicos termodinâmicos fora do equilíbrio para gerar regularidades por auto-organização.

Defendemos, portanto, que, tanto por razões pedagógicas quanto conceituais, é interessante e frutífero enfatizar os elementos que fogem à nossa apreensão intuitiva de seres vivos como artefatos maquinais, substituindo a metáfora da máquina por uma metáfora do orgânico pós-vitalista, atualizada pela compreensão moderna de sistemas dinâmicos e processos de auto-organização.

## REFERÊNCIAS

- DEACON, T. *Incomplete nature: How mind emerged from matter*. New York: W. W. Norton & Company. 2011.
- KAUFFMAN, S. *Investigations*. New York: Oxford University Press. 2000.
- MATURANA, H. & VARELA, F. *De máquinas e seres vivos: Autopoiese - a Organização do Vivo*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.
- MOSSIO, M. & MORENO, A. Organisational Closure in Biological Organisms. *Hist. Phil. Life Sci.*, v. 32, pp: 269-288. 2010.
- PIGLIUCCI, M. & BOUDRY, M. Why Machine-Information Metaphors are Bad for Science and Science Education. *Science & Education.*, v. 20 (5-6), p: 453-471, 2010.
- ROSEN, R. *Life itself: a comprehensive inquiry into the nature, origin, and fabrication of life*. New York: Columbia University Press, 1991.

VARELA, F.J. *Principles of biological autonomy*. New York: Elsevier North Holland, Inc., 1979.

# ON THE ORIGIN OF SELF-CONSTRUCTING FUNCTIONAL PROTOCELLS: THE LIPID-PEPTIDE MODEL

SARA MURILLO

[saramurillosanchez@gmail.com](mailto:saramurillosanchez@gmail.com)

KEPA RUIZ-MIRAZO

[kepa.ruiz-mirazo@ehu.es](mailto:kepa.ruiz-mirazo@ehu.es)

*Unidad de Biofísica (CSIC-UPV/EHU)*

*D. Lógica y Filosofía de la Ciencia. Universidad del País Vasco (UPV/EHU).*

*Donostia-San Sebastian, (Spain)*

THE SCIENTIFIC RESEARCH ON ORIGINS OF LIFE has developed under the far-reaching influence of molecular biology, so most efforts in this field during the last decades have been put into the abiotic synthesis of biomolecules (biopolymers, in particular), taken as separate chemical species, disregarding that they actually occur together in living organisms and, therefore, their nature and initial formation may well be strongly interdependent. Nevertheless, an increasing tendency towards more systemic approaches in biological research is observed at present, including the field of origins of life (Powner *et al.* 2009; Szostak 2011; Ruiz-Mirazo *et al.* 2012). In this contribution we will describe a protocell model in which physical (self-organizing and self-assembling) processes and chemical reactions are interconnected in a self-constructing and self-encapsulating (proto)metabolic network, allowing the whole system to be functionally integrated for its self-maintenance; that is, an autonomous system. The importance of the idea of autonomy lies in its great potential to explain the origin of molecular complexity as a property of the whole system, rather than a property of individual molecules.

Maturana and Varela's works in the seventies and eighties, when they established the concept of *autopoietic* systems (Varela, Maturana & Uribe 1974; Maturana & Varela 1973; Maturana & Varela 1980) was a cornerstone in the construction of this new way of thinking about biological systems. They proposed the idea that life, in its most fundamental core, is a certain form of organization by which each living entity recursively produces itself and its boundaries. This involves the notion of *organizational closure* generated when a component production network (abstraction of metabolism) gets intertwined with a physical border (individuality concept), both being, at the same time, *condition for* and *result of* each other, in the context of the global self-maintenance of that system where they achieve an operational or functional meaning.

However, the level of abstraction of the autopoietic theory was too high for an adequate naturalization of the problem. Laws and constraints from physics and chemistry (in particular, the fact that these systems must be far from equilibrium open systems) have important consequences in their organization. As thermodynamically open systems, living beings must establish couplings with their environment and modulate their dynamic and interactive behaviour as a response to the perturbing effects that the latter could exert on them. In consequence, 'basic autonomous systems' (BAS) have been proposed (Ruiz-Mirazo & Moreno 2004) as a new conception or re-elaboration of the central autopoietic idea, to be grounded on more realistic (*in vitro* and *in silico*) implementations of it. BAS differ from other physicochemical self-maintaining systems (e.g., 'dissipative structures' [Nicolis & Prigogine 1977]) in the level or, rather, in the nature of their organization, in which differentiated components exert reciprocal constraints to globally achieve an organizational closure, which is an important property of a living system (Mossio & Moreno 2010). In this specific type of organization a set of molecular structures is able to counterbalance their spontaneous decay by constraining each other and their surroundings in a recurrent, robust way that ensures their continuous turn-over and replacement (Letelier *et al.* 2006).

Basic autonomy relies on the capacity of a system to manage the flow of matter and energy through it, so it can regulate, modify and control internal self-constructive processes and exchanges with the environment (Ruiz-Mirazo & Moreno 2004). Accordingly, this kind of system must develop its own molecular mechanisms or self-

constraining components to stay away from thermodynamic equilibrium and keep its characteristic dynamics running. That means a system able to generate and regenerate all the constraints (including parts of its boundary conditions) that define it as such a system, as well as its own particular way of interacting with the environment.

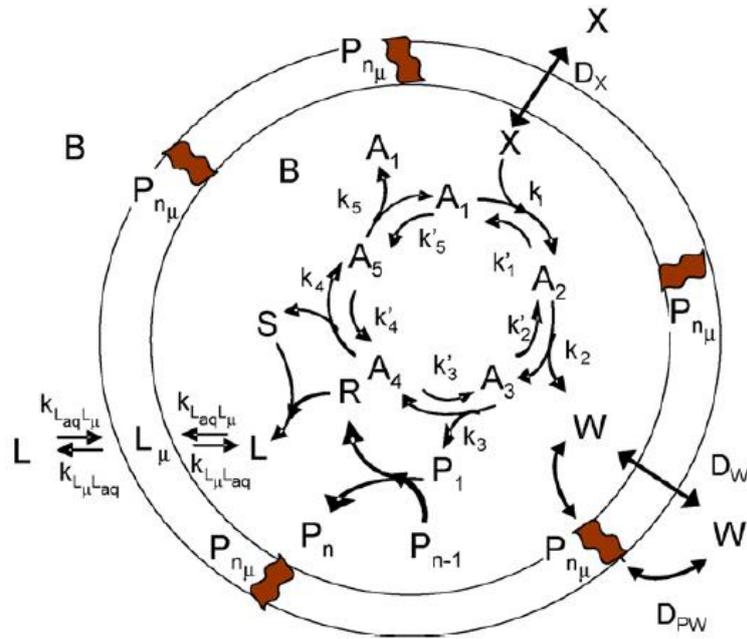
Interestingly, most of the processes important for achieving self-construction are not spontaneous (endergonic) processes, which cannot take place if not coupled to some other spontaneous (exergonic) processes. Thus, it is necessary to establish a whole set of coupling mechanisms that allow endergonic-exergonic processes (both internal and with the environment, which is always the source of matter and energy) happen together, in the same space and time coordinates. Nevertheless, this group of constraints has to be (in accordance with the relational-constructive logic of the autopoietic theory) built up by the system itself. And energy resources are, in turn, needed for this task. If one realizes this, like Kauffman (2000) did, interpreting work as the constrained release of energy in the system (so that it can be used for its own purposes: i.e., its global self-maintenance), the idea of 'work-constraint cycle' immediately follows. From this perspective, work in an autonomous system is any energetic contribution to the construction and maintenance of the self-organizing system away from equilibrium (i.e., any process that contributes to regenerate the set of constraints which make possible the constrained release of energy again), what could be the basis to define *functionality* in the system [Moreno & Ruiz-Mirazo 2009]. In order to be efficient and sufficiently robust, the set of endergonic-exergonic couplings underlying work production in the system has to be, in addition, well coordinated and kinetically controlled. Nowadays this is carried out by enzymes, which change activation energies and regulate metabolic reactions in very sophisticated ways. But at the first stages of the origin of BASs, the job ought to be done by more rudimentary catalysts, perhaps oligopeptides or smaller multimers, whose formation would be favored in the context of lipidic or fatty acid self-assembled structures, such as primitive vesicles, as we will here defend.

In fact, the generation of a physical border (a membrane) is a crucial step to: i) ensure the control of energy flow required for the robust maintenance of network; ii) solve the problem of diffusion and dilution (control of concentrations); and iii) create a chemical micro-environment (minimally stable) to enclose the precursor reaction network and maintain its distinctive, far from equilibrium dynamics. Furthermore, this

boundary must be tightly linked to the component production network (being *condition for* and *result of* it) and play an active role in the interaction with the environment, regulating and controlling matter and energy exchanges with it.

Therefore, in a plausible prebiotic scenario, three minimal components (membrane, catalysts and energy resources) would be required in order to constitute and maintain the network of endergonic-exergonic couplings underlying basic autonomy. These three fundamental components would be strongly interdependent: if one fails, all the others do, together with the system as a whole. In that context, the 'lipid-peptide protocell model' has been elaborated precisely with the aim to understand this interweaving of the minimal set of components necessary for basic autonomy, and the corresponding emergent properties that such a system would present.

The model shows a semipermeable envelope (made out of simple amphiphilic, self-assembling molecules, like fatty acids or other lipids) where functional mechanisms are anchored (peptides and oligomers) which will help the system to overcome problems like the accessibility of certain substrates to the interior (and the disposal of some others) or the regulation of osmotic imbalances, becoming the host of a proto-metabolic reaction network. This reaction network, in turn, is responsible of replacing the amphiphiles and aminoacids required for the lipid-peptide membrane. Collectively, these structures constrain in different ways the flow of energy and matter so that the system can work, in turn, to maintain those very structures in far from equilibrium conditions. An *in-silico* version of this model was already implemented by Ruiz-Mirazo and Fabio Mavelli [2008] (see Figure 1), but we are currently working on the *in-vitro* system, aiming at a more realistic understanding of how that type of systems could appear on the prebiotic Earth, and contrasting or challenging our work hypotheses with the behaviour of real biomolecules and their self-assembly/self-organizing properties.



**Fig. 1:** Scheme for the ‘minimal lipid–peptide cell’ scenario. L stands for lipid (amphiphilic molecule, in general); B for buffer; X and S for different lipid precursors; W for waste product; R for a byproduct of oligomerization processes required for internal lipid synthesis; P1 is the aminoacid (monomer); Pn an oligomer; Pn stands for a trans-membrane oligomer channel; the Ai stand for the minimal set of metabolites required in the internal autocatalytic cycle. (From: [Ruiz-Mirazo & Mavelli 2008]).

This approach is a step forward with regard to previous models of proto-metabolic cells because it tries to capture the active role and dynamic properties of the cellular compartment itself (the membrane), as a bilayer made of amphiphilic molecules plus other compounds (like peptide chains), enclosing an ‘aqueous core’ where different reactions take place. So a central motivation behind our work is to develop a model that could suitably address the issue of how short peptide chains come to interact with lipid vesicles in a way that the latter may profit from the interaction to become more elaborate –and biologically relevant– compartments. This kind of proto-cellular organization, with several different components mutually constraining each other, plays a central role in making possible the evolution and increase of functional complexity (Moreno & Ruiz-Mirazo 2009). When any constraint changes in the system, since it is affecting other constraints (their properties or their dynamics), the variation is transmitted across the various functional components. And if the new organization is

still able to sustain the system, a new way of self-maintenance will emerge (Mossio & Moreno 2010).

So, now that the scientific community is becoming increasingly aware of the fact that life is irreducibly *systemic*, it is more and more obvious that the problem of its origins should also be tackled systemically. From this perspective, models like the present one are good candidates to explore and clarify the behavior of complex mixtures of molecules in interaction. In particular, one of the major advantages of the lipid-peptide minimal cell model is that the set of initial molecular species required (amphiphilic, lipid-like molecules combined with simple aminoacids and peptide chains) are all prebiotically plausible, according to the vast amount of evidence collected in the field of origins of life for more than half a century. An additional positive aspect is that it could serve to illustrate the problem of how to trigger off a process of Darwinian evolution, even before genetic mechanisms were developed, since this would require in any case a minimal degree of functional or phenotypic diversity expressed in the candidate prebiotic systems (Moreno & Ruiz-Mirazo 2009).

## REFERENCES

- Kauffman, S.A. (2000). *Investigations*. Oxford Univ. Press, Oxford.
- Letelier J. C., Soto-Andrade, J., Guíñez Abarzúa, F., Cornish-Bowden, A. & Cárdenas, M. L. (2006). Organizational invariance and metabolic closure: analysis in terms of (M,R)-systems. *J Theor Biol* 238: 949–961
- Maturana, H., & Varela, F. J. (1973). *De máquinas y seres vivos—una teoría sobre la organización biológica*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria S.A.
- Maturana, H., & Varela, F. J. (1980). *Autopoiesis and cognition. The realization of the living*. Dordrecht, The Netherlands: D. Riedel.
- Moreno, A. & Ruiz-Mirazo, K. (2009). The problem of the emergence of functional diversity in prebiotic evolution. *Biology and Philosophy* 24: 585-605.
- Mossio, M. & Moreno, A. (2010). Organisational Closure in Biological Organisms *Hist. Phil. Life Sci.*, 32, 269-288.

- Nicolis, G. & Prigogine, Y. (1977). *Self-organization in Non-equilibrium Systems*. Wiley, New York
- Powner, M.W., Gerland, B. and Sutherland, J.D. (2009). Synthesis of activated pyrimidine nucleotides in prebiotically plausible conditions. *Nature* 459: 239–242.
- Szostak, J.W. (2011). An optimal degree of physical and chemical heterogeneity for the origin of life? *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 366: 2894-2901.
- Ruiz-Mirazo, K., Moreno, A., (2004). Basic autonomy as a fundamental step in the synthesis of life. *Artificial Life* 10 (3), 235–259.
- Ruiz-Mirazo, K., & Mavelli, F. (2008). On the way towards ‘basic autonomous agents’: Stochastic simulations of minimal lipid-peptide cells. *BioSystems* 91, 374–387.
- Ruiz-Mirazo, K., Briones, C. & de la Escosura, A. (2012): Prebiotic Systems Chemistry: New Perspectives for the Origins of Life. Submitted to *Chem. Revs.*
- Varela, F. J., Maturana, H., & Uribe, R. (1974). Autopoiesis: The organization of living systems, its characterization and a model. *BioSystems* 5, 187–196.

## **Simposios**

Simposio 1

LAUREANO CASTRO, LUIS CASTRO y MIGUEL A CASTRO

(Coords.),

MIGUEL A. TORO y ANDRÉS MOYA

“Darwinismo y ciencias sociales: la hipótesis de *Homo suadens*”

LAUREANO CASTRO y MIGUEL A. TORO

“La cultura como estrategia: la hipótesis de *Homo suadens*”

LUIS CASTRO y MIGUEL A. CASTRO

“Transformando la matriz heurística de las ciencias sociales desde la óptica naturalista  
de *Homo suadens*”

ANDRÉS MOYA

“La ciencia en el futuro del hombre”

## LA CULTURA COMO ESTRATEGIA: *HOMO SUADENS* Y EL APRENDIZAJE SOCIAL *ASSESSOR*

LAUREANO CASTRO NOGUEIRA

[lcastro@madrid.uned.es](mailto:lcastro@madrid.uned.es)

*Centro Asociado de Madrid, UNED (España)*

MIGUEL ÁNGEL TORO IBÁÑEZ

*Departamento de Producción Animal, ETS Ingenieros Agrónomos, UPM (España)*

SÓLO NUESTRA ESPECIE, ENTRE LAS ACTUALES, ha logrado desarrollar un sistema de transmisión cultural acumulativo, dotado de gran valor adaptativo, que la ha transformado en la especie cultural por excelencia. No está claro cuál es el factor que ha permitido su desarrollo en los humanos pero no en otras especies de primates. Boyd y Richerson (1996) sugieren que la evolución cultural acumulativa no está presente en chimpancés debido a que éstos poseen una capacidad de imitar mucho menos consistente que la humana. Con un argumento parecido, Tomasello (1999) sostiene que la transformación del aprendizaje social primates en un sistema de herencia cultural acumulativo requirió un cambio cualitativo en la capacidad de imitación, precedido del desarrollo de la capacidad para elaborar una teoría de la mente, gracias a la cual nuestros antepasados fueron capaces de percibir a sus coespecíficos como seres provistos de una mente similar a la suya, dotada de intencionalidad.

En esta ponencia defendemos la hipótesis de que la evolución de la cultura en nuestra especie necesitó no sólo la capacidad para elaborar una teoría de la mente y un incremento de la habilidad imitativa, sino también la aparición en uno de nuestros antepasados homínidos, al que denominamos *Homo suadens* (del latín suadeo: valorar, aprobar, aconsejar) de una potencialidad cognitiva nueva: la capacidad conceptual de categorizar en términos de valor (positiva o negativa; buena o mala) la conducta propia y ajena (Castro y Toro 2004; Castro *et al.* 2008). Nuestra propuesta defiende que esta

capacidad de categorizar transformó el aprendizaje social primate en un sistema de transmisión cultural *assessor*, basado en la aprobación o reprobación parental de la conducta que aprenden los hijos y, en una segunda etapa ontogénica, en la interacción valorativa con los individuos que constituyen nuestro grupo microsocioal de referencia (Castro *et al.* 2008; Castro *et al.* 2010). Sugerimos que los seres humanos han desarrollado evolutivamente mecanismos psicológicos que facilitan este aprendizaje *assessor* haciéndonos emocionalmente receptivos a la aprobación y a la censura ajena, de manera que asociamos lo apropiado o inapropiado de una conducta con las emociones de agrado o desagrado que genera su aceptación o rechazo en el entorno social más íntimo de cada individuo.

Según nuestro modelo la adopción de una conducta aprendida en primates puede ser definida como un proceso con tres etapas. Primera, descubrir y conocer una determinada conducta; segunda, ponerla a prueba; y tercera, rechazarla o incorporarla al repertorio conductual del individuo. Los primates pueden llegar a descubrir una conducta – el primer paso– mediante aprendizaje individual por ensayo y error, por discernimiento o descubrimiento razonado, por focalización de la atención, por emulación, por imitación, etc., pero una vez aprendida los individuos todavía deben ponerla a prueba y, mediante sus estructuras cerebrales valorativas, generadoras de placer o desagrado, han de evaluarla para a continuación aceptarla o rechazarla. Los primates, al igual que los demás mamíferos, mantienen intactos los sistemas de valor requeridos para el aprendizaje por ensayo y error, sistemas que son más antiguos en la filogenia de mamíferos que la capacidad de verdadera imitación. El éxito del aprendizaje social primate en sus distintas formas radica en que los individuos manifiestan básicamente las mejores conductas que han logrado desarrollar a lo largo de su existencia, filtrando de manera indirecta la información que han acumulado. De este modo, cuando uno observa como actúa un individuo está accediendo en principio a la mejor alternativa conductual de la que dispone en su repertorio (Rendell *et al.* 2010).

Existe evidencia clara de que tanto los primates humanos como los no humanos podemos ir modificando la conducta para ajustarla mejor a las condiciones ambientales. Este proceso es esencial para el desarrollo de un sistema de transmisión cultural acumulativo, capaz de producir tradiciones complejas que un individuo no puede inventar por sí mismo y cuyo aprendizaje puede resultar laborioso. Muy probablemente esta circunstancia ha contribuido en nuestra especie a potenciar el desarrollo de sesgos

cognitivos que favorecen la exploración preferencial bien de las alternativas más frecuentes (conformidad), o de las que están asociadas a un mayor éxito (prestigio), ya que el individuo no dispone de tiempo para probar todas las alternativas. Sin embargo, el rendimiento que produzca la conducta imitada sigue siendo esencial para su aceptación. Si se prescindiese de la evaluación de la conducta y se aceptase sin más la conducta que exhibe otro individuo, habría el peligro cierto de mantenerla cuando los cambios ambientales la conviertan en inadecuada, en poco útil para las nuevas circunstancias. También se corre el peligro de mantener una mala réplica de la misma que no produzca todo el rendimiento esperado, riesgo que aumenta si la conducta es compleja, ya que dicha complejidad lleva asociado un incremento de los errores al copiarla que pueden reducir su utilidad potencial de manera significativa.

Según nuestra hipótesis, la aprobación o desaprobación de la conducta funciona como un criterio de evaluación extra, que facilita la toma de decisiones cuando la evaluación entre alternativas conductuales es laboriosa o compleja. De este modo, los jóvenes pueden aprovechar la experiencia de los padres y, al tiempo, el aprendizaje social se transforma en un sistema de herencia en sentido estricto, ya que los niños reproducen la estructura fenotípica de la generación parental, sin perder la capacidad de modificar su conducta si descubren mejores alternativas. La aprobación y la reprobación de la conducta mal imitada incrementan la fiabilidad del proceso de transmisión, algo esencial para conseguir un sistema de herencia cultural acumulativo (Blackmore 1999; Sperber 2005). La desaprobación permite que los hijos adquieran una valoración negativa sobre una conducta sin necesidad de que sufran todas las consecuencias negativas que se derivan del aprendizaje por ensayo y error de la misma. De este modo, decrecen los costes asociados a la evaluación de conductas que, aunque sean fáciles de categorizar como desfavorables, pueden ocasionar consecuencias muy negativas mientras el individuo las pone a prueba. Una gran parte de las cosas que un individuo aprende a lo largo de su vida se refiere a conductas y acciones que debemos evitar. Este tipo de conocimientos no se puede transmitir por imitación, excepto en contadas ocasiones y siempre de forma indirecta. Esta orientación sobre lo que no se puede hacer, sobre lo prohibido, permite además controlar los efectos negativos que la capacidad de imitar puede tener sobre los jóvenes. La reprobación representa una extensión del

cuidado parental dirigido a evitar que los jóvenes reproduzcan conductas categorizadas como desfavorables o inapropiadas para su edad.

Estamos pues ante un nuevo sistema de transmisión cultural que se produce entre individuos capaces de generar, de transmitir y de aceptar valores. Los seres humanos hemos desarrollado mecanismos psicológicos que facilitan la transmisión cultural de valores haciéndonos más receptivos a la aprobación/reprobación de la conducta (Cialdini y Goldstein 2004; Castro *et al.* (2004). En una línea parecida, Gergely y Csibra (2006) defienden que la comunicación humana está adaptada a la transmisión de conocimientos genéricos entre individuos, lo que ha producido el desarrollo de un sistema cognitivo de comunicación en nuestra especie al que denominan “pedagogía natural”. Este sistema permite recibir a los niños y jóvenes conocimiento mediante aprendizaje social a través de enseñanza.

Nuestra tesis mantiene también que durante la ontogenia la comunicación valorativa entre padres e hijos es sustituida por otra, también en clave valorativa, entre individuos de la misma generación que interaccionan socialmente (Castro *et al.* 2008; Castro *et al.* 2010). De este modo, extendemos el modelo de transmisión cultural *assessor* entre padres e hijos a otro más general en el cual la aprobación o reprobación de la conducta proviene, además, de otros individuos no necesariamente emparentados entre sí. La presión de selección que favoreció este nuevo tipo de comunicación valorativa proviene de las interacciones cooperativas para beneficio mutuo que se producían en los pequeños grupos que formaban nuestros antepasados durante el Pleistoceno. La cooperación para beneficio mutuo implica que la interacción entre dos o más individuos es más rentable que la de un individuo por separado y eso exige, en muchos casos, compartir información sobre cómo actuar y coordinarse para mejorar la eficiencia. Los individuos *Homo suadens*, cuando interaccionan, están obligados en cierto modo a comparar su conducta con la de sus iguales y a modificarla si la consideran mejor que la propia. Aunque no tengan el propósito de educar como sucede con los hijos, los individuos aprueban o reprueban la conducta de los otros y esto resulta decisivo para el establecimiento de interacciones cooperativas eficaces.

Cada individuo posee un grupo social de referencia, formado por aquellas personas con las que interacciona de manera preferencial y ante cuya opinión se muestra especialmente sensible: familiares, amigos y colegas. Nuestra propuesta sugiere que los

humanos han desarrollado mecanismos psicológicos que nos han hecho receptivos primero a los consejos parentales y, después, a la opinión de los miembros de nuestro grupo social de referencia. Por ello, parece razonable asumir que ha evolucionado una tendencia a aceptar las recomendaciones de aquellas personas con las que más estrechamente se relaciona cada individuo, favoreciendo la coordinación y, como consecuencia, la cooperación entre los individuos. Las consecuencias negativas que puede tener la censura social y el ostracismo explicarían la evolución de esta predisposición psicobiológica que busca la aceptación y el reconocimiento de aquellos con los que se interacciona de modo más intenso, lo que se traduce en una tendencia incuestionable a aceptar la influencia social (Cialdini y Goldstein 2004; Castro *et al.* 2010). Hume, Adam Smith y Darwin, entre otros, ya detectaron con claridad la presencia en la naturaleza humana de dicha tendencia psicológica que nos permite disfrutar con el reconocimiento social.

La puesta en práctica de una conducta, con independencia de cómo haya sido aprendida, permite que los individuos experimenten las emociones de agrado o desagrado asociadas a su práctica y, a partir de esas sensaciones, tiene lugar su incorporación o rechazo al repertorio conductual. La novedad en el caso humano es que una parte de esas emociones tienen su origen en la aceptación o el rechazo social que produce la conducta. Por tanto, el individuo se encuentra ante dos fuentes de valor cuando experimenta una conducta, una biológica, derivada del placer o displacer directo que produce la misma, y otra social, derivada del placer o displacer que origina su aceptación o rechazo. *Homo suadens* interioriza la emoción de placer o desagrado producida socialmente como si fuese una propiedad más de la conducta y la utiliza para su categorización como favorable o desfavorable. Klucharev *et al.* (2009) han mostrado, mediante resonancia magnética funcional, que la conformidad está basada en mecanismos que se ajustan a los mismos principios del aprendizaje mediante refuerzo. La lógica subyacente a este proceso se puede esquematizar como sigue: si una conducta es aprobada, entonces es buena, mientras que, si es reprobada, entonces es mala. De este modo, los individuos *Homo suadens* sienten placer cuando ajustan su conducta a lo que considera correcto su entorno social y, por el contrario, tienen sentimientos de culpa y malestar cuando no es así, con independencia de cuál sea el contenido concreto de ese deber.

## REFERENCIAS

- Blackmore, S. (1999): *The Meme Machine*. Oxford University Press, Oxford.
- Boyd, R., y Richerson, P.J. (1996): Why culture is common but cultural evolution is rare? *Proceedings of the British Academy*, 88: 77-93.
- Castro, L. y Toro, M.A. (2004): The evolution of culture: from primate social learning to human culture. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 101: 10235-10240.
- Castro, L., Medina, A. y Toro, M.A. (2004): Hominid Cultural Transmission and the Evolution of Language. *Biology and Philosophy*, 19: 721-737.
- Castro, L., Castro Nogueira, L. y Castro Nogueira, M.A. (2008): *¿Quién teme a la naturaleza humana? Homo suadens y el bienestar en la cultura: biología evolutiva, metafísica y ciencias sociales*. Tecnos, Madrid.
- Castro, L., Castro Nogueira, L., Castro Nogueira, M.A., y Toro, M.A. (2010): Cultural transmission and social control of human behavior. *Biology and Philosophy* 25: 347-360.
- Cialdini, R. B., & Goldstein, N. J. (2004). Social influence: Compliance and conformity. En S. T. Fiske, D. L. Schacter, & C. Zahn-Waxler (Eds.), *Annual review of psychology* (Vol. 55: 591-621), Annual Reviews, Inc.
- Gergely, G. & G. Csibra (2006): Sylvias recipe: The role of imitation and pedagogy in the transmission of cultural knowledge. En N. J. Enfield & S. C. Levenson (ed.): *Roots of Human Sociality: Culture, Cognition, and Human Interaction*, Berg Publishers, Oxford, 229-255.
- Klucharev, V., Hytönen, K., Rijpkema, M., Smidts, A., y Fernández, G.: (2009) Reinforcement learning signal predicts social conformity. *Neuron*, 61: 140–151.
- Rendell, L., Boyd, R. et al. (2010): Why Copy Others? Insights from the Social Learning Strategies Tournament. *Science*, 5975: 208-213.
- Sperber, D. (2005): *Explicar la cultura. Un enfoque naturalista*. Morata, Madrid.
- Tomasello, M. (1999): *The Cultural Origins of Human Cognition*. Harvard University Press, Cambridge, MA.

# TRANSFORMANDO LA MATRIZ HEURÍSTICA DE LAS CIENCIAS SOCIALES DESDE LA ÓPTICA DE *HOMO SUADENS*

LUIS CASTRO NOGUEIRA

MIGUEL A. CASTRO NOGUEIRA

*Facultad de Ciencias Políticas y Sociología, Departamento de Sociología I, UNED  
(España)*

EL INTENTO DE DARWIN DE ANALIZAR LA CULTURA y la conducta humana desde un punto de vista naturalista no tuvo una acogida favorable entre la mayor parte de los pensadores que han elaborado los fundamentos de las ciencias sociales. Las tradiciones que configuran el cuerpo central de teoría en las ciencias sociales, el llamado por algunos *Modelo estándar*, comparten la convicción de que las culturas constituyen sistemas que pueden ser interpretados de manera autorreferencial, sin tener en cuenta las características psicobiológicas de la naturaleza humana. En esta ponencia defendemos, a partir de una aproximación naturalista basada en nuestra radical condición de *Homo suadens* (Castro y Toro 2004; Castro *et al.* 2008),<sup>1</sup> la necesidad de reconceptualizar algunos de los problemas del corazón teórico-metodológico de las ciencias sociales. Esta necesidad es especialmente urgente en todos aquellos ámbitos en los que el análisis sociocultural (histórico, antropológico, económico o sociológico) se apoya subsidiariamente en una concepción de la naturaleza humana carente de una base biológica contrastada. En contra de la imagen dominante popular que atribuye a la investigación naturalista el propósito de dar cuenta de los fenómenos culturales como proyecciones a escala colectiva de una gramática profunda alojada en nuestros genes, nosotros sostenemos que lo que el programa naturalista puede ofrecer al científico social

---

<sup>1</sup> Para un comentario extenso sobre el significado de nuestra condición de *Homo suadens* véase, en este mismo volumen, la ponencia de Laureano Castro Nogueira y Miguel Ángel Toro Ibáñez titulada: “La cultura como estrategia: *Homo suadens* y el aprendizaje social *assessor*”.

es un nuevo conjunto reglas heurísticas –con permiso de Durkheim y Giddens– que prescriben ciertos compromisos teóricos y prohíben otros. O si se prefiere, un consistente *sistema de alertas* frente al uso especulativo de interesadas representaciones de la naturaleza humana, así como de otras nociones ideológicas y tropismos deterministas que anidan en la ciencia social estándar (Castro Nogueira *et al.* 2012). Tales reglas no anulan la oportunidad de una ciencia social autónoma, cuyos objetivos son irrenunciables, ni pretenden reducir el espacio discursivo de las ciencias sociales al ámbito de lo epifenoménico, pero sí transforman de manera sustancial el abordaje de muchos de los marcos teóricos en los que las ciencias sociales se desenvuelven.

Presentamos a modo de ejemplo tres campos de reflexión que pueden ilustrar nuestro propósito.

a) La naturaleza del vínculo social.

Un primer asunto esencial consiste en la clarificación de la naturaleza del vínculo social. Las ciencias sociales se encuentran atravesadas por una equivocada consideración del individuo como átomo social, que se reproduce tanto en las tradiciones individualistas, en las que el origen de lo social se concibe como resultado no pretendido de la actividad de la *mónada-sujeto*, como en las tradiciones holistas y colectivistas, en las que el individuo, como *realidad primera y bruta*, es configurado por el organismo social mediante sus pregnantes potencias socializadoras. Tanto en unas como en otras tradiciones, el individuo es pensado como *realidad radical*.

Nosotros defendemos que ésta es una concepción viciada de origen pues la exploración de la naturaleza humana, como ya intuyeran muchos pensadores, pone de manifiesto, elocuentemente, que el ser humano es un ser constitutivamente *proyectado en sus relaciones sociales* –hacia ellas y desde ellas. Nuestra *socialidad*, aquella que es propia de nuestra naturaleza, es el resultado contingente de nuestra filogénesis, un proceso en el que la transmisión cultural como estrategia adaptativa (una cultura que funciona como sistema de herencia, que permite la acumulación de saberes y prácticas adaptativos entretejidos con otros claramente neutros y maladaptativos) se encuentra asociada a una ontogenia ralentizada que necesita e incentiva el vínculo *familiar*, a un sistema nervioso costoso, complejo y muy potente y a una predisposición para el aprendizaje social que requiere de intensas microinteracciones sociales.

La *socialidad humana* consiste en una *red de relaciones de aprendizaje y cooperación*, emocionalmente intensas y cuantitativamente limitadas –microsociales–, que se extienden articulando *pequeños grupos* de individuos, muchos de los cuales se encuentran, además, unidos por vínculos de parentesco y/o reciprocidad. Una pieza fundamental de esos procesos de interacción consiste en la búsqueda de reconocimiento y aprobación por parte de los otros, de aquellos que configuran los sistemas de relaciones privilegiadas en los que se inserta el individuo, esto es de nuestra condición de *Homo suadens* (Castro *et al.* 2008; Castro *et al.* 2010). Los gestos explícitos o implícitos de aprobación y reprobación social que acompañan toda interacción, especialmente aquellas cuya finalidad específica es el aprendizaje o la cooperación, resultan cruciales en el proceso de transmisión cultural, optimizando la incorporación local, de los contenidos culturales y prácticas sociales que dan cuerpo al fondo cultural de cada comunidad humana.

Esta forma de *socialidad primordial*, y no el *individuo* o *lo social*, es la que constituye el verdadero entramado ontológico de las colectividades humanas y, en consecuencia, es ella quien determina las condiciones objetivas mediante las cuales *experimentamos* –es decir, *representamos, sentimos y actuamos* en– cualesquiera instituciones y procesos socioculturales –tales como una guerra, una confesión religiosa o una práctica profesional–, pues actúa como condición de posibilidad y como medida real de todas nuestras vivencias.

Esta nueva ontología, centrada en las tramas microsociales en las que el individuo experimenta tanto su individualidad como su pertenencia al cuerpo social, nos obliga a renunciar a los tropismos deterministas tan propios de la lógica sociologista y culturalista, al tiempo que nos abre a la comprensión de la inestabilidad e inconsistencia de los procesos sociales empíricos y nos permite recuperar de manera comprensible y no paradójica la perspectiva del actor social situado.

b) Repensar la socialización.

Uno de los problemas esenciales del modelo estándar, a nuestro juicio, estriba en que sólo contempla la socialización a partir de un eje ideal, enteramente pasivo, entendido como absorción escolástica por cada individuo-materia prima de una forma sustancial (cultura, estructura o institución social) que se impone coactivamente sobre

cada sujeto. Sin embargo, para entender de verdad la complejidad social y su riquísima ontología es necesario enriquecer y transformar esta visión unilateral con otras perspectivas tanto o más decisivas que ésta.

Por un lado, tal y como han reivindicado Foucault y, en su estela, los teóricos del Actor-Red como Latour, es imprescindible reconocer el papel fundamental de lo material, técnico y arquitectónico, así como de la dimensión ético-estética de seducción y fascinación colectiva de “lo social” ligado al Saber-Poder. Por otro lado, resulta crucial cruzar aquel primer eje que nace de la poderosa facticidad de lo social con otro muy diferente de orden bio-socio-espacial. De este modo, sin que las estructura *sociales* (escuelas, empresas, iglesias, universidades, instituciones políticas, centros comerciales o burocracias), pierdan un ápice de sus poderes virtuales de sujeción sobre los individuos, es menester enfatizar el hecho de que éstos las experimentan y refractan de formas muy diversas cuando interactúan y se envuelven entre ellos en forma de amistades íntimas, burbujas amorosas, camaradas, correligionarios y variopintos grupos de creyentes en torno a muy distintas complicidades, de las que habla Sloterdijk.

La investigación neurobiológica y evolutiva nos muestran que la plasticidad de la naturaleza humana no se ajusta a la idealización durkheimiana de la *materia prima*, pues posee una profundidad que no se agota en un estadio inicial, la infancia, o en ciertos momentos puntuales de nuestra vida en los que el individuo se encuentra preparado para *absorber la sustancia cultural*. Nuestra plasticidad debe adquirir un protagonismo mucho mayor del que hasta ahora le han otorgado las ciencias sociales, pues hemos de dar cabida en nuestros modelos de comportamiento social a unos actores que, por razón de su compleja plasticidad, no sólo se disponen a adquirir competencias *–habitus–*, aprender reglas de juego *–lógicas prácticas–* y actuar bajo sistemas de restricciones y fuerzas sociales objetivas *–campos–*, sino que además se ven en la necesidad de desempeñar su acción de acuerdo con pautas motivacionales muy diversas *–las que se corresponden con los diferentes contextos locales en que se sitúan–*, implementando algoritmos cognitivos potencialmente divergentes *–los que gobiernan las diversas estructuras cerebrales–* y en climas emocionales dispares *–que van desde la completa distancia empática a una participación vívida y sentida.*

Es por esta razón por la que la aproximación estándar conduce a constantes paradojas y conflictos protagonizadas por sujetos inconsistentes cuya acción sólo

responde parcialmente a lo que se espera de ellos, pues no puede dar cuenta de todos aquellos casos –potencialmente infinitos– en que las prácticas y competencias sociales de dichos actores se ven refractadas, transformadas o incluso anuladas de acuerdo con las necesidades de cada escenario local y, muy especialmente, bajo los poderosos efectos de la *microsocialidad* en la que cada cual experimenta *sensu stricto* cualesquiera contenidos, objetos y prácticas de una cultura.

c) Conocimiento y creencia.

Una tarea urgente para las ciencias sociales es dotarse de una genuina fenomenología de las creencias, pero no en tanto que investigación acerca de la creencia como contenido distinguible del saber o la superstición, sino como indagación acerca de lo que significa *ser creyente*, es decir, *Homo suadens*. Como hemos argumentado en su momento (Castro *et al.* 2008), *Homo suadens* tiene su razón de ser filogenética en su extraordinaria capacidad para transmitir y recibir información cultural encapsulada en y entreverada de relieves valorativos. Sólo porque los procesos de aprendizaje y enseñanza ocurren de este modo y sólo porque hemos desarrollado un segundo sistema de evaluación en el que la carga valorativa se instala en los contenidos mediante el juego paritario de la receptividad emocional de nuestra mente y el empuje aprobatorio y reprobatorio de la interacción social más elemental, la transmisión cultural ha sido posible tal y como la conocemos en nuestra especie.

Las ciencias sociales no pueden obviar un asunto crucial, a saber, que las creencias formadas en los procesos de aprendizaje, mediadas por los vínculos sociales primordiales y fraguadas bajo las modalidades del *Homo suadens*, son el punto de partida de cualquier reflexión sobre nuestra realidad social, pues de lo contrario los votantes de los partidos políticos, los asociados a un sindicato, los adscritos a una clase socioeconómica o los seguidores de una *confesión* religiosa o laica se mostrarán siempre como individuos heterodoxos, inconsistentes en sus prácticas e infieles a los principios que les adscribimos, como si tuvieran el *habitus a medio hacer* y no fueran del todo conscientes de *lo que son* y de *lo que deben ser*. Esta es la otra cara de la moneda. Las creencias de las personas nunca son lo que la ciencia social les atribuye como propio de su *habitus*, su *confesión*, sus *intereses*, su *capital cultural* o su *cuna*. Las creencias reproducen estereotipos, representaciones imaginarias e intereses de

clase, por supuesto, pero lo hacen refractando cada una de esas representaciones a través de los prismas de la *socialidad originaria*, de una ontología microsocia.

Cualquier sistema de creencias se constituye en torno a tres elementos: lo que el creyente cree –el contenido de la creencia–, lo que hace como creyente –es decir, sus prácticas– y lo que siente y experimenta cuando piensa y actúa como creyente. Las creencias no son formas *débiles* del saber, débiles en el sentido epistemológico. Tampoco son, en sentido inverso, formas *fuertes*, cargadas emocionalmente, frente a otras formas más neutras y objetivas. La creencia es la forma primigenia de todo saber, pues todo saber se adquiere como creencia, es decir, como una determinada configuración localizada espacio-temporalmente y corporalizada que conecta ciertos contenidos, ciertas prácticas y ciertos valores. Todo cuanto aprendemos lo aprendemos como tal configuración: así aprende un joven novicio los secretos de su fe, su vocación y su encaje institucional, mediante la convivencia y la interacción intensa con otros cuya mirada aprobatoria aprende a desear, cuyas emociones emula y cuyos gestos, expresiones e indumentarias imita; así aprende un niño a emocionarse con los colores del equipo de sus mayores y a sentir lo que *debe* sentir cuando contempla a un contrario o comparte con los suyos las consignas, los gritos y los espacios de encuentro; así aprendemos también a distanciarnos de lo extraño y ajeno y a vibrar con nuestra lengua, con los paisajes de nuestra tierra, sus aromas, su luz y sus sabores, hasta sentir que tales experiencias de bienestar y conexión emocional son el efecto que tales *realidades bellas, buenas y verdaderas* producen en nosotros como deberían producirlos en cualquier otro. El secreto de nuestros aprendizajes consiste en eso mismo, en que estamos hechos para atribuir las razones de nuestra seguridad cognitiva y de nuestro bienestar (o malestar) emocional sobre la (supuesta) objetividad (Verdad, Belleza y Bondad) de sus contenidos y no sobre las sinergias fraguadas mediante el aprendizaje entre lo que creo, lo que hago y lo que siento.

El sistema de transmisión de creencias funciona al margen de los contenidos concretos de las mismas. Esto explica el carácter contingente de buena parte de los rasgos culturales en las sociedades humanas y su escasa correlación, en muchos casos, con un valor biológico adaptativo. Ahora bien afirmar que el aprendizaje assessor funciona generando creencias que el individuo percibe como verdaderas gracias a la influencia social, no es, claro está, lo mismo que afirmar que todo lo que se aprende

tiene realmente la misma consideración de veracidad objetiva. Los seres humanos a lo largo de la historia han sido capaces de establecer principios axiomáticos y reglas de inferencia, como se hace en lógica y matemáticas, o criterios de falsación, como se hace en ciencia, que funcionan como brillantes hallazgos epistemológicos, a partir de los cuales se puede discriminar con racionalidad entre unas creencias y otras. Sin embargo, sólo una parte del conocimiento se refiere a proposiciones lógicas o a hechos y es, en principio, contrastable. No parece sencillo encontrar otros principios con vocación de universalidad que nos permitan extender el ámbito de aplicación de la razón e ir más allá de lo conseguido en las ciencias exactas y experimentales. Mucho nos tememos que parecerá poco, pero en lo que al debate público de ideas y valores se refiere, no hay otra cosa que la conveniencia de mostrar que toda propuesta ideológica entraña siempre una axiomática en la que sólo cabe discutir racionalmente acerca de las tesis derivadas (teoremas), pero no de sus axiomas o principios, que dependen enteramente de nuestras preferencias aprendidas. Sin embargo, vale la pena insistir en que esta convicción no conduce a una suerte de entropía emocional y valorativa nihilista, pues ésta sí que está, por entero, fuera de nuestro alcance como seres humanos. El relativismo radical y profundo al que nos estamos refiriendo, un abismo al que todos preferimos no asomarnos, no sólo no se encuentra afectado por los gélidos vientos de la anomia, el cinismo o la falta de compromiso, sino que proclama, más bien, que tales actitudes no son propias de nuestra naturaleza y que *Homo suadens* es siempre un ser de creencias, valores y compromisos.

## REFERENCIAS

- Castro, L. y Toro, M.A. (2004): The evolution of culture: from primate social learning to human culture. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 101: 10235-10240.
- Castro, L., Castro Nogueira, L. y Castro Nogueira, M.A. (2008): *¿Quién teme a la naturaleza humana? Homo suadens y el bienestar en la cultura: biología evolutiva, metafísica y ciencias sociales*. Madrid: Tecnos.

Castro, L., Castro Nogueira, L., Castro Nogueira, M.A., y Toro, M.A. (2010): Cultural transmission and social control of human behavior. *Biology and Philosophy* **25**: 347-360.

Castro Nogueira, M., Castro Nogueira, L. y Castro, L. (2012). Transformando la matriz heurística de las ciencias sociales. Luces (y sombras) de la investigación naturalista de la cultura. *Empiria, Revista de Metodología de Ciencias Sociales*. N° 23, enero-junio, 2012, pp. 41-81.

## LA CIENCIA EN EL FUTURO DEL HOMBRE\*

ANDRÉS MOYA

*Universitat de València y Centro Superior de Investigación en Salud Pública (CSISP)*  
*(España)*

[Andres.Moya@uv.es](mailto:Andres.Moya@uv.es)

LA BIOLOGÍA Y LAS CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN están contribuyendo de forma decisiva a una reconsideración efectiva del puesto del hombre en el cosmos. La revolución biotecnológica de nuestros días procede, en la reciente genealogía de la ciencia, de un singular descubrimiento: el de la estructura en doble hélice del DNA. Los grandes descubrimientos catapultan las posibilidades de la ciencia hacia realidades difícilmente imaginables. La realidad es producto de la ciencia, sería la máxima –por si alguien dudaba, en este país propenso al que inventen otros– del poderosísimo valor intrínseco del hallazgo fundamental. Casi sin solución de continuidad hemos pasado de la resolución de la estructura del DNA a la manipulación del material genético (la ingeniería genética), a la elucidación de la composición genética de los organismos (el genoma), y ahora estamos implicados en el desarrollo de tecnologías que nos permitan evaluar cómo funcionan, en su totalidad, los genomas; porque empezamos a apreciar que los organismos son totalidades, pero totalidades que se pueden estudiar y manipular de una forma efectiva, poco o nada metafórica. El desarrollo ha sido tan espectacular, que produce vértigo pensar lo que llevamos entre manos y de qué vamos a ser testigos en un futuro más o menos inmediato. Si ya cuesta admitir que el genoma de nuestra especie es algo quimérico, y que esta promiscuidad contra natura es más abundante de lo que en principio estábamos dispuestos a admitir, conviene que vayamos reflexionando sobre las nuevas quimeras, las que construimos, simplemente por ser quien somos.

---

\* Versión modificada para este Congreso del capítulo 19, “El puesto del hombre en el Cosmos”, de mi obra *Naturaleza y Futuro del Hombre*, Editorial Síntesis, Madrid. 2011.

Las ciencias que, de una forma u otra, guardan relación con la gestación de un *cyborg*, un robot o el ciberespacio han echado a andar. Pero solamente eso, han echado a andar, aunque tengamos la impresión de disponer ya de los conocimientos fundamentales para proceder. Los avances en las tipologías respectivas en relación con la construcción de determinados entes se irán poniendo en conjunción para, de forma integrada, avanzar más rápidamente hacia la creación más y más sofisticada de entes transhumanos. Me gustaría remarcar, de entre todas esas tipologías, aquella que tiene por finalidad lograr obtener un dispositivo similar al cerebro humano. Y aquí nos encontramos con una problemática ciertamente interesante que conviene desarrollar.

La noción de intervención se transforma en auto-intervención cuando de lo que hablamos es la actuación sobre nosotros mismos. La medicina tradicional, en tanto que medicina pre-científica, actuaba artificialmente sobre nuestra salud, con suerte desigual, obviamente. Esa suerte mejora en la medida en que el conocimiento, mediado por la ciencia, que aplicamos sobre nuestra salud corporal y mental es racional; conoce las causas y actúa en consecuencia. ¿Hasta dónde podemos llevarnos? ¿Cuánta auto-intervención nos podemos aplicar? Si la tesis que sostengo es que el futuro está en nuestra manos, y progresivamente lo estará más, evidentemente es obligada la toma de decisiones sobre hasta qué punto deseamos intervenir en nosotros mismos. Esto establece una difusa línea que separa nuestra propia naturaleza inmaculada del desarrollo más o menos progresivo de entes mixtos, robotizados, cyborgizados o cibermundializados. Tales entes se implementan porque están respondiendo en la línea de ser respuestas a preguntas como: ¿Podemos replicarnos a partir de algún componente celular?; ¿qué estatus ontológico tendría, entonces, ese otro ser con respecto al donante? O, por ejemplo: ¿Hasta cuánto podemos alargar la vida individual?, ¿podemos transferirla a otro ente, mecánico u orgánico, si trasplantamos el cerebro? Unas breves consideraciones sobre esta particular cuestión son relevantes, puesto que ya son objeto de reflexión científica y, por supuesto, filosófica. Entonces: ¿podremos crear algo parecido al cerebro humano actual? La manera en cómo puede abordarse esta cuestión es doble desde el punto de vista técnico. Podría ser el cerebro de un replicante, es decir, un ente con un cerebro cuya estructura, célula a célula, sería idéntica al de partida. Tal que si se tratara de un proceso de copia a partir de un molde, en el supuesto de que fuéramos capaces de ir recomponiendo, a partir de células neurales individuales, todas y

cada una de las interacciones complejas del cerebro molde. Por supuesto, se advertirá que las propias células tienen, a su vez, una estructura compleja, por lo que previamente a insertar una en el cerebro copia habría que reproducir su composición, algo que nos lleva al proyecto de sintetizar una célula neuronal a partir de los componentes moleculares. Podemos suponer que nuestro conocimiento, llegado el momento, puede ser el suficiente como para justificar que conocemos las leyes de organización celular de un órgano tan complejo como el cerebro, así como las propias de la organización de la célula neuronal a escala molecular. Sería como un acto de copia exquisita a todas las escalas y con un nivel de fidelidad absoluto a través del cual el resultado esperable consistiría en una especie de copia perfecta, un análogo indistinguible del modelo. No soy capaz de imaginar, sinceramente, tecnología tan avanzada que permita una creación tal. Pero tampoco creo que existan impedimentos conceptuales fundamentales, tal como Searle sostiene, para no poder ir prosperando en esta línea. Para Searle un programa no puede ni podrá reproducir un cerebro o, por precisarlo más, lograr que por esta vía se logren determinados estados mentales, particularmente el de autoconciencia. Searle sí que anticipa que podamos conseguir, por medio de la computación creciente, simular determinadas funciones o propiedades cerebrales, pero, ontológicamente hablando, no serán equivalentes en esencia pues la entidad en cuestión, el cerebro digital, no tendrá conciencia, y el cerebro humano sí la tiene. El cerebro es más que un algoritmo sintáctico, y aquello que logremos por la vía algorítmica será sintáctico en esencia y, por lo tanto, carecerá de las peculiaridades semánticas, presentes en componentes orgánicos del cerebro, que son fundamentales para lograr estados cerebrales como el de autoconciencia. El mensaje de Searle va en la línea de evaluar el alcance de dos líneas de investigación sobre la simulación, analógica o digital, del cerebro. Y apuesta por la primera, la del replicante, como la más efectiva para la consecución de tal objetivo. Pero sus observaciones tienen un alcance ontológico de primera magnitud. En efecto, no es lo mismo aproximarnos a la emulación del cerebro por una vía que por otra, porque no parece factible que la tipología del ciber mundo o la de la robotización permitan el desarrollo de una entidad ontológica similar a la humana. Aunque las entidades generadas por estas aproximaciones simulen procesos cerebrales no por ello serán entes conscientes. Otra asunto es la aproximación de la cyborgización, según la cual cabe pensar en un ente cerebral humano con implantes mecánicos y artificiales, preservando

el cerebro humano. Tampoco esto representa un caso de réplica analógica, aunque sí un paso más en la desubicación del cuerpo humano de su órgano más fundamental. Un paso más en la sustancial transformación ontológica del hombre sería el del replicante, en la línea comentada más arriba, si pudiera lograrse un análogo del cerebro. Estas preguntas y reflexiones, aunque se pueden formular muchas otras, son necesarias, y es imperativo que llevemos a cabo una reflexión sería, sea o no factible una respuesta afirmativa a ambas, porque sólo la reflexión previa nos permitirá realizar una evaluación de futuros posibles y nos pondrá en mejor disposición para decidir.

Dentro de la dinámica del Universo se encuentra la evolución particular acontecida en nuestro planeta que ha dado lugar a la aparición de seres inteligentes. La propia biología evolutiva es mucho más incrédula que la cosmología en torno a una supuesta direccionalidad en la promoción de seres vivos inteligentes. El biólogo se mueve, como mucho, en una escala de tiempo concreta, la de los cuatro mil quinientos millones de años de antigüedad de su planeta, y la teoría que ha derivado para dar cuenta del cambio orgánico permite dar con explicaciones más o menos completas sobre lo acontecido en el pasado. Pero no es una teoría que se mueva bien en el dominio de las predicciones para el futuro, incorporando por supuesto el factor de la contingencia. Las contingencias evolutivas están bien documentadas y ellas son las que nos hacen dudar sobre la inevitabilidad de una especie como la humana. No es momento de entrar en el alcance del principio antrópico (que desde la cosmología vendría a sostener que determinadas constantes son las que son para permitir la aparición del hombre; de no ser las que son no estaríamos aquí), pero el físico le diría al biólogo que si la historia de la Tierra se volviera a repetir en algún otro lugar recóndito del Universo, volvería a aparecer un ser inteligente. En todo caso la relación de nuestra especie con el resto de la biología planetaria es particular, porque no solo somos capaces de reconstruir la historia que se ha recorrido hasta llegar a nosotros sino, también para iniciar el camino del control de nuestro propio destino y nuestra naturaleza. La vida y mucha de su variada fenomenología pueden considerarse como una sucesión de emergencias sometidas en grado variable a la selección natural. Y una emergencia particular es el hombre. Frente a la duda de admitir que, al igual que hemos hecho acto de presencia en el teatro del Universo, podríamos no haberlo hecho, cabe la reflexión de una eventual solución a este conflicto con ciencia de la que carecemos en la actualidad. No podemos esperar a la

resolución de este conflicto y, en todo caso, podemos abastecernos con ciertas convicciones que nos lleven a creer en el sentido o sinsentido, respectivamente, de nuestra existencia. Pero lo que no deja lugar a duda es que estamos aquí, que hemos transformado nuestra naturaleza y otras naturalezas, y que estamos en camino de transformaciones tranhumanizadoras y transevolutivas de mucho mayor calado. Es probable que podamos encontrar un sentido a nuestra existencia aceptando el reto de poner el futuro en nuestras manos.

Simposio 2

VICENTE CLARAMONTE (coord.),

[vicente.claramonte@gmail.com](mailto:vicente.claramonte@gmail.com)

JUAN RAMÓN ÁLVAREZ BAUTISTA, ANTONIO DIÉGUEZ, JOSÉ  
SANMARTÍN, RAUL GUTIERREZ LOMBARDO y JORGE  
MARTÍNEZ CONTRERAS

“Carlos Castrodeza, *in memoriam*”

JUAN RAMÓN ÁLVAREZ BAUTISTA

“Inquietud erudita y filosofía de una pieza”

ANTONIO DIÉGUEZ

“Carlos Castrodeza: de la filosofía de la biología a la biología de la filosofía”

JOSÉ SANMARTÍN

“Carlos Castrodeza: el sabio sentido del humor al servicio de la filosofía”

RAUL GUTIERREZ LOMBARDO

“La vida, según Shakespeare, es un cuento narrado por un idiota, que nada significa”

JORGE MARTÍNEZ CONTRERAS

“Hume y Castrodeza: instintos y razón”

## CARLOS CASTRODEZA: INQUIETUD ERUDITA Y FILOSOFÍA DE UNA PIEZA

JUAN RAMÓN ÁLVAREZ

*Universidad de León (España)*

[juan-ramon.alvarez@unileon.es](mailto:juan-ramon.alvarez@unileon.es)

### **1. El amigo**

EN PRIMER LUGAR, QUIERO AGRADECER a los organizadores del congreso mi presencia en esta mesa en memoria de Carlos Castrodeza. Todos los que aquí participamos hemos conocido a la persona y al filósofo: unos durante muchos años y otros, como yo al menos, en un periodo más breve. Pero esa brevedad fue especialmente entrañable dada su peculiaridad. Parece oportuno decir que en esta época de las llamadas técnicas de la información y la comunicación fue a través del teléfono y el correo electrónico que Carlos y yo entablamos una relación que terminó en una sincera amistad. No es lo habitual. En torno a marzo o abril de 2009 nuestros colegas de la UNED responsables de la revista *Éndoxa* entraron en contacto conmigo para invitarme a preparar en ese año darwiniano un número monográfico de la revista dedicado al gran biólogo británico. Me adelantaron que tenían avanzadas las gestiones con Carlos Castrodeza para que participara en la coordinación del volumen. Carlos era una garantía como especialista en filosofía e historia de la biología, bien conocido y reconocido como estaba para una labor como esa. Él solo se bastaba y sobraba para coordinar un volumen sobre Darwin, el darwinismo y los darwinistas. Sin embargo, es razonable pensar que, dado lo avanzado de la fecha, una sola persona se vería en dificultades para sacar adelante el encargo. Aunque no lo conocía personalmente, para mí era una garantía que alguien con sus conocimientos y su obra fuera compañero de faena en algo que habría que hacer de prisa, pero con cuidado y calidad.

Pues fue así que al cabo de unos pocos días, telefoneé a Carlos a la Universidad de Madrid, me presenté y le dije que había aceptado coordinar con él el número monográfico. Hoy, haciendo memoria, estoy casi seguro de que aquella llamada fue un verdadero hecho consumado que comprometió a Carlos definitivamente. Mi interlocutor resultó una persona sumamente amable y de rápida reacción. Sin colgar el teléfono ya empezamos a ver a quiénes podía cada uno de nosotros solicitar su colaboración en un tiempo tan breve. Apuntamos en principio unos diez cada uno y quedamos en comunicarnos a través del correo electrónico y de ir pensando en tener alguna reunión a lo largo del proceso. Por extraño que pueda parecer, el número salió publicado antes de que Carlos Castrodeza y yo tuviéramos un encuentro personal. Esto ocurrió al año siguiente en una tesis doctoral en San Sebastián, donde se consolidó en presencia una buena amistad que desafortunadamente no ha podido continuar.

## **2. El filósofo**

Pero claro está, la importancia que para mí adquirió la amistad personal debe ceder el lugar aquí a la que a mi juicio tiene la obra de Carlos y su figura académica. Hace unos años, Carles Solà, que fue Rector de la Universidad Autónoma de Barcelona, refiriéndose a cuál debería ser en la universidad la verdadera base de una buena docencia insistió en que, tras darle muchas vueltas al asunto, llegó a concluir que debe serlo la erudición (que ejemplificó con la excelencia académica que en el mundo anglosajón denominan *scholarship*). Es éste un tercer elemento a añadir a la investigación y a la docencia como actividades que caracterizan a los profesores destacados. Mi intención en lo que sigue es sostener que la obra de Carlos Castrodeza es un muy buen ejemplo de erudición y que, además, como filósofo de la ciencia no se limitó al ejercicio más estrecho de esa profesión, sino que a través precisamente de un conocimiento erudito consiguió crear una filosofía muy amplia que, partiendo del conocimiento biológico, supera ese marco integrando en ella la tradición complementaria de las Letras y las Humanidades. Voy a hacer lo posible por no repetir interpretaciones que con mucho fundamento han hecho otros colegas, entre ellos Andrés Moya, en el capítulo titulado “La darwinización del mundo” en su libro *Naturaleza y futuro del hombre* (Madrid, Síntesis, 2011) y Antonio Diéguez en varios lugares, entre otros en su recensión de *La darwinización del mundo* en la revista *Teorema* (XXVIII/2,

2009, pp. 215-221) y en una reciente necrológica. Mi propósito es contribuir al reconocimiento de su obra como una de las más importantes de la filosofía –sin más– contemporánea en lengua española.

Ni siquiera Michael Ruse, a pesar del título de uno de sus libros, se tomó tan en serio el peso histórico, filosófico y, hasta diría, existencial de la obra de Darwin. Y fue precisamente en el desarrollo filosófico de las .consecuencias del significado –que él mismo llegó a denominar metafísico– de la concepción de la naturaleza humana anejas a lo que llamó un mundo darwinizado, donde la erudición alimentó la reflexión que unificó la multiplicidad de contenidos culturales que en aquella abundaban. La erudición es algo que, como el movimiento, se demuestra andando. Precisamente, la andadura intelectual de Castrodeza, tanto en sus obras de investigación histórica (por ejemplo, *Teoría histórica de la selección natural*, Madrid, Alhambra, 1988) como en las que podemos considerar la exposición sistemática su filosofía –en concreto la trilogía *Razón biológica* (Madrid, Biblioteca Nueva, 2011 [1999]), *Nihilismo y supervivencia* (Madrid, Trotta, 2007) y *La darwinización del mundo* (Barcelona, Herder, 2009), a la que habría de seguir un libro sobre estética, más un volumen proyectado de metafísica a los que me referiré más adelante– es una exhibición constante de un saber vastísimo en historia de la ciencia, la filosofía, la antropología, la sociología, la historia general e, incluso, la teología. Pero esa erudición está traída a colación por una inquietud teórica que aspira a desarrollar un pensamiento filosófico no especulativo, sino histórica y filológicamente justificado sobre las bases naturalistas que sirven para extraer las últimas consecuencias filosóficas –metafísicas incluso– a que nos conducen los conocimientos biológicos actuales sobre nuestra naturaleza. Porque, como escribía Carlos en la “Introducción” al volumen que coordinamos:

[...] [L]a naturaleza humana es el tema central desde siempre, y especialmente desde la proyección darwiniana todo gira en torno a la misma [...] Este marco se denomina asimismo marco naturalista porque todo llegaría a ser parte natural de lo que es, es decir, en clave heideggeriana, una historia natural del ser. La problemático es cómo se incorpora el comportamiento humano individual y colectivo –es decir el comportamiento cultural– a esa historia natural [...] (Álvarez y Castrodeza, *Éndoxa*, 24, 2010, 13).

El proyecto filosófico de Castrodeza es la propuesta de incorporar todo el comportamiento cultural en una historia natural del ser. El contenido de esa historia tiene que proporcionarlo la erudición y el sentido de esa historia –y llegado el caso su sinsentido– una filosofía unitaria. Con esos mimbres tejió Castrodeza su cesta filosófica.

En sus *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza* se refería a Kant al sentido formal del concepto de naturaleza como “el primer principio interno de todo lo que pertenece a la existencia de una cosa” (1786, ed. Ak. Berlín, vol. IV, Berlín, Reimer, 467.). Distinta de la *naturaleza* de una cosa es su esencia, entendida como “el primer principio interno que pertenece a la *posibilidad*” de la misma. Las figuras geométricas, añade, tienen esencia, pero no naturaleza, porque en ellas no se piensa nada que se refiera a una existencia. La distinción está dibujada en la perspectiva trascendental, pero desde Konrad Lorenz estamos acostumbrados a leer de forma naturalista a Kant y aquí podemos volver a intentarlo.

Antes de la evo-devo, el estructuralismo en biología se propuso completar la teoría darwinista de la evolución con una teoría previa de los posibles evolutivos, de las formas posibles de entre las cuales la evolución discurriría con las posibles realizadas: ésta fue la conocida tesis de Jacob sobre la evolución como bricolaje en *Le jeux des possibles* (París, Fayard, 1981). El estructuralismo tuvo versiones más o menos formalistas, pero su idea de un inventario finito de formas orgánicas posibles va asociada a restricciones naturales (físicas, químicas, biológicas) que limitan su número. La evolución “hace lo que puede” (selecciona) con lo que se encuentra, pero no puede encontrarse con cualquier cosa.

Por una parte, las formas posibles tienen esencia y las realizadas, naturaleza, pero que tengan esencias como estructuras fijas y discretas características del punto de vista *tipológico* no es compatible con el punto de vista *poblacional* que según Mayr (1988) es el propio de la teoría de la evolución darwiniana. La naturaleza no se añade a la esencia como un plus ontológico en la teoría nominalista de las especies de Darwin para quien era muy difícil distinguir entre especies y variedades muy acusadas. El problema del concepto de naturaleza humana es su carácter difuso, porque no hay detrás un correlato preciso de tipo esencial.

Además, el desarrollo del darwinismo ha ido más lejos que la falta de finalidad darwiniana. Los individuos orgánicos han dejado de ser las unidades de la selección en beneficio de partes o complejos de partes suyas: los replicadores. Si se me permite un giro fregueano, a falta de un concepto preciso de naturaleza humana en defecto de esencia, es decir, el sentido de la expresión, también ocurre que la referencia se pierde, porque ésta se identifica con las nuevas unidades de las que son portadores (vehículos de Dawkins, interactores de Hull) los individuos orgánicos y, en nuestro caso, los sujetos humanos. No es difícil inclinarse por la visión de que somos los vicarios de los replicadores que portamos y actuamos en beneficio de su supervivencia, más que de la nuestra.

Por otra parte, en un mundo leibniciano los posibles realizados serían selecciones divinas y estarían dotados de finalidad por una razón; en un mundo darwinizado el origen accidental de los posibles realizados no confiere sentido, porque la selección natural es ajena a cualquier finalidad: no estamos en el mundo para nada. Pero tampoco estamos en el mundo para siempre. Dos condiciones darwinianas para la selección natural son la variación y la finitud en los seres vivos: entre inmortales la selección no tiene cabida. Seres para nada y para la muerte unifican planteamientos darwinianos y heideggerianos que conducen al nihilismo en esta historia natural del ser.

Claro está que esto parece un final muy fácil. Lo difícil, repitiendo el texto citado, “[l]o problemático es cómo se incorpora el comportamiento humano individual y colectivo –es decir el comportamiento cultural– a esa historia natural”. Esto sólo sería posible si dispusiéramos de una concepción de la naturaleza humana en la cual existiera una continuidad entre naturaleza y cultura: una conexión en que sin saltos se pasara de una a la otra. De ahí el interés que mostró Castrodeza por todos los intentos en esta dirección, por ejemplo, el de los hermanos Castro (*¿Quién teme a la naturaleza humana?*, Madrid, Tecnos, 2008) con su tesis del *homo suadens* y el aprendizaje *assessor*.

Puesto que, aunque su origen no confiera sentido a los productos de la naturaleza, el comportamiento cultural se produce precisamente sobre la base de que la acción humana tiene, en principio, sentido, aunque a veces sea contrario o ajeno al que en primera instancia parece. Pulsiones del inconsciente, falsa conciencia, etc. no obstan a que, aún en el engaño y la ilusión, el contrasentido del sentido aparente no suprima,

reduciéndolo a nada, a este último en una variante más de eliminativismo, más pretendido que real. Los productos culturales de la acción humana, constituida en buena clave naturalista darwiniana por un conjunto de estrategias de supervivencia vicarias con sentidos provisionales y cambiantes, favorables y desfavorables, incluyendo entre ellos los sistemas del mundo elaborados a lo largo de la historia, han de ser incorporados y entendidos en términos de una metafísica naturalista consecuente con la biología de la naturaleza humana. La palabra “metafísica”, que tantas urticarias ha producido en muchos filósofos de la ciencia, no produjo en Castrodeza ninguna alergia de consideración. Por el contrario, el 13 de agosto de 2009, reciente aún la publicación de *La darwinización del mundo*, me escribía lo siguiente:

[...] a ver... si me meto, ya como obra casi póstuma, en un tratado de metafísica post-darwiniana por lo menos a beneficio de inventario. (Comunicación personal).

Desgraciadamente no conozco ese aludido tratado de metafísica, ni siquiera sé si está escrito en todo o en parte. Tampoco sé ni si, ni cómo, la expresión “metafísica post-darwiniana” podría apuntar a un paso más allá de la darwinización del mundo y de la metafísica darwiniana en cuyo marco proporciona Castrodeza una interpretación de la historia. De hecho, en la “palabra preliminar” a la segunda edición de *Razón biológica*, escrita un año después, nada se dice al respecto y sí se hace referencia a un futuro cuarto volumen, dedicado a la estética, que completaría una tetralogía que habría de titularse *Los caminos profundos de la Biología* (Cf. Castrodeza, 2011, 13).

Permítanme una breve reflexión final. La erudición no admite resúmenes y la envoltura filosófica de la misma reiterativamente ejecutada confiere a la obra de Castrodeza una vocación de exhaustividad difícilmente igualable. Una erudición más para el disfrute que para el aprendizaje y una filosofía más problemática que doctrinaria habrían tenido una difusión acorde a su importancia en una industria cultural más potente que la nuestra. Pero nuestra es la obra que nos deja.

## CARLOS CASTRODEZA: DE LA FILOSOFÍA DE LA BIOLOGÍA A LA BIOLOGÍA DE LA FILOSOFÍA\*

ANTONIO DIÉGUEZ

*Departamento de Filosofía,  
Universidad de Málaga (España)*

[dieguez@uma.es](mailto:dieguez@uma.es)

¡He vivido, he recorrido el curso que la fortuna me  
concediera!

Séneca, *Cartas a Lucilio*

EL PASADO MES DE ABRIL NOS DEJABA PARA SIEMPRE, a la temprana edad de 67 años, nuestro admirado compañero Carlos Castrodeza, quien fue profesor de filosofía de la ciencia durante casi treinta años en la Universidad Complutense de Madrid. Conocí a Carlos hace bastantes años, en circunstancias académicas no muy agradables. De inmediato me cautivó su extraordinario y a la vez sutil sentido del humor; ese sentido del humor que todos sus amigos echaremos de menos y que contribuía siempre, como lo hizo en aquella ocasión, a dulcificar los momentos difíciles.

Carlos Castrodeza ha sido, sin lugar a dudas, uno de los filósofos de la biología más importantes en el ámbito cultural de habla hispana. La originalidad y la radicalidad de su obra han hecho de ésta una referencia obligada para todos los que nos dedicamos a este campo. Su propuesta más personal, el desarrollo de una biología de la filosofía y, en general, una biología del conocimiento (lo cual puede entenderse de diversas maneras, pero muy en particular como la aplicación de las tesis evolucionistas a la explicación de la adhesión a determinadas ideas entendidas como estrategias adaptativas), ha mostrado en sus últimos libros ser una línea de investigación

---

\* Este texto, con otro título, ha aparecido publicado previamente en el boletín 56 (julio 2012), pp. 3-5 de la Sociedad de Lógica, Metodología y Filosofía de la Ciencia en España.

prometedora, dando lugar al esbozo de una teoría de la “razón biológica”. Carlos Castrodeza supo hacer del darwinismo un principio interpretativo aplicable a toda la historia y la cultura humanas. Pero, habiendo hecho esto, y siendo uno de los más profundos conocedores del pensamiento y la obra de Darwin, estaba muy lejos de ser un admirador entregado y acrítico del naturalista inglés. Todo lo contrario, casi más fuerte que su adhesión a las categorías darwinistas como claves heurísticas de nuestra conducta, era su rechazo de lo que solía designar como la ‘hagiografía anglosajona’ que, sin pudor, crecía cada vez más en torno al personaje y que había llegado a conseguir, según su opinión, ocultar al Darwin real para poner en su lugar una figura hierática, intocable y casi ininteligible.

El primer libro que leí de él, antes de conocerle personalmente, cuando todavía no tenía ni la más remota idea de que la filosofía de la biología se iba a convertir en un área de tanto interés para mí, fue *Ortodoxia darwiniana y progreso biológico* (Madrid: Alianza, 1988). Se trata de un estudio exhaustivo y erudito sobre la noción de progreso evolutivo y su posible encaje dentro de la teoría neodarwinista. En el libro se señala y se explica la ambigüedad que ha acompañado a esta noción: por una parte la ortodoxia darwiniana obliga a negar que la evolución genere algún tipo de progreso, pero por otra, la inclinación entre los científicos por defender que, pese a todo, lo ha habido hacia alguna meta (que varía grandemente según los casos, pero que suele ser identificada con el aumento de la complejidad). Con ocasión del análisis del problema, Castrodeza aborda cuestiones centrales en la filosofía de la biología, como el de la propia definición de ‘progreso’ y los aspectos ideológicos que subyacen a esta noción, o el del estatus científico de la teoría de la evolución.

Poco después de trabar amistad con él, leí su *Teoría histórica de la selección natural* (Madrid: Alhambra, 1988), en un ejemplar que él me regaló y me dedicó, cosa que repitió a partir de entonces con sus demás libros. En alguna medida esta obra fue la primera en despertar en mí el interés por la filosofía de la biología, y muy particularmente por la teoría de la evolución. Aquí Castrodeza despliega de forma impresionante todos sus conocimientos históricos sobre Darwin y el darwinismo. No sólo reconstruye minuciosamente la gestación de la ideas de Darwin en su contexto social y cultural –huyendo, como ya se ha dicho, de la hagiografía al uso–, sino que realiza comentarios reveladores acerca del modo en que esta reconstrucción histórica ha

sido hecha por los historiadores, y los vicios de los que ha adolecido. Como afirma en el prefacio, “el objeto es poder comprobar hasta que punto sus preocupaciones [las de Darwin] eran las de su tiempo y lugar, y ver asimismo hasta qué extremo la originalidad de un autor depende de las concepciones de su entorno”. Este libro y el anterior merecieron en su momento una reseña elogiosa del historiador de la ciencia y de la técnica Thomas F. Glick en *Biology and Philosophy* (vol. 7, 1992).

Pero su aportación filosófica fundamental estuvo en sus obras posteriores. En 1999 publica *Razón Biológica: La base evolucionista del pensamiento* (Madrid: Minerva), en la que da un giro importante a sus planteamientos, hasta entonces básicamente historiográficos, y se atreve, con una valentía que le caracterizará desde ese momento, a sacar consecuencias filosóficas radicales de la asunción de la visión del mundo auspiciada por el darwinismo contemporáneo. Castrodeza nos conmina en este libro a tomarnos a Darwin más en serio aún de lo que ya habían pedido otros, como Michael Ruse, en su famoso libro. El hilo conductor del libro es la contraposición entre el “accidentalismo” y el “esencialismo”, como posiciones filosóficas y vitales de carácter general. El accidentalismo es la idea según la cual “el animal humano sería el resultado de un accidente orgánico más”. Por el contrario, el esencialista sostiene que “el ser humano, de algún modo, se diferenciaría del resto de los organismos en algo esencial” (p. 13). El esencialista, por tanto, sería un defensor de lo que se conoce como el “abismo ontológico” entre seres humanos y animales, mientras que el accidentalista sería el darwinista consecuente. Pero, en su defensa de un esencialismo coherente y sin ambages, Castrodeza sostiene que su adopción debe llevar igualmente al rechazo de cinco tesis que gozan de amplia difusión. Las tesis que deben abandonarse son las siguientes:

1) A diferencia de lo que ocurre en el mundo natural, donde la evolución no significa progreso, en el mundo cultural, y especialmente en el científico y tecnológico, existe un progreso constante (hacia la verdad o hacia una aprehensión cada vez mejor de la realidad objetiva) que separa al hombre definitivamente de la base natural que representa la evolución biológica.

2) La inteligencia humana es un factor adquirido para siempre y, por tanto, ya no puede perderse.

3) El ser humano debe oponer una ética propia a la “ética” brutal de la supervivencia del más apto.

4) La separación entre cultura científica y cultura humanística (el problema de las dos culturas) obedece sólo a razones internas al propio desarrollo cultural.

5) La “civilización occidental” presenta peculiaridades que la hacen algo especial dentro de la historia de la especie humana; en particular, habría permitido como ninguna otra liberar al ser humano de sus “servidumbres biológicas”.

Cada uno de los cinco capítulos del libro se ocupa de presentar y discutir las debilidades de estas tesis, ofreciendo una especial penetración crítica en el caso de la primera, que, no en vano, es el sustento de las otras.

Estas ideas fueron continuadas en *Los límites de la historia natural. Hacia una nueva biología del conocimiento* (Madrid: Akal, 2003), *La marsopa de Heidegger. El lugar de la ciencia en la cultura actual* (Madrid: Dickinson, 2003), y, sobre todo, en *Nihilismo y supervivencia: Una expresión naturalista de lo inefable* (Madrid: Trotta, 2007). En estas dos últimas obras, Castrodeza conecta su preocupación por la base biológica de la cultura humana con la filosofía de Heidegger y con el problema del nihilismo, que se convertirá a partir de ese momento en un eje central en su pensamiento. Es así, por ejemplo, como describe en ese momento nuestra condición humana:

Desde la biología, desde la genética, desde la ciencia en fin, estamos programados para vivir, prácticamente a toda costa, contra viento y marea, con el objeto último de preparar el terreno para una próxima generación. Pero, por otro lado, por nuestra constitución orgánico-adaptativa contemplamos nuestra misma finitud, nuestra cruda temporalidad. De cualquier manera que fuera nuestro desenlace, nos sentiríamos padeciéndonos, porque a la postre o hay fin o no, y en ambos casos cunde el desamparo. De modo que el mejor bien es no aceptar lo inevitable, adoptar una rebelión irracional, porque irracional es la solución de la selección natural. (Castrodeza, *Nihilismo y supervivencia*, 2007, p. 29).

En el 2009 vio la luz su obra intelectualmente más madura y, por desgracia, la que constituirá ya su legado definitivo: *La darwinización del mundo: Una bioantropología de la filosofía y de la ciencia en su historia* (Barcelona: Herder). En ella Castrodeza muestra verdaderamente cómo tomarse a Darwin en serio. El darwinismo se convierte aquí en la clave interpretativa de toda la cultura y de la propia existencia humana. “El principio de la selección natural –escribe– es más metafísico que físico, y aunque esto pueda sonar sorprendente, no debería serlo tanto, porque dicho principio respondería, en definitiva, a una cosmovisión naturalista que nos invita a saber a qué atenernos en una existencia bajo supuestos mínimamente metafísicos, pero metafísicos al fin” (Castrodeza, *La darwinización del mundo*, 2009, p. 19).

Las consecuencias de la naturalización de nuestra visión del mundo que implica la adopción del darwinismo son ineludibles, pero también dolorosas:

[B]iologizar al hombre hasta en sus resquicios más recónditos es el penosísimo proceso de mostrar nuestra vulnerabilidad total ante lo que se nos antoja un cosmos completamente ajeno a lo que se puede denominar nuestra problemática existencial, por mucho que se intente promocionar un «principio antrópico» o similares que nos siguen dejando donde estamos, ilusiones aparte. (Castrodeza 2009, p. 360).

De nuevo aquí, pues, la cuestión del “accidentalismo”. Biologizar al hombre implica reconocer finalmente que, como ya señalara Nietzsche, somos una manifestación más de la vida situada en un rincón apartado e insignificante del universo. Sin privilegios ontológicos ni morales (más que los que interesadamente hemos querido darnos), y sin *telos* que justifique los zigzagueos nuestra cruel historia. ¿Hay algún modo, sin abandonar el naturalismo, esto es, sin recurrir a un *Deus ex machina*, o sin caer en un rechazo de la ciencia al estilo Heidegger, de evitar esta conclusión? Castrodeza no cree que lo haya, y para apoyar esta tesis, llena las páginas del libro de argumentos contundentes y de reinterpretaciones iluminadores de la historia de la filosofía.

El proceso de darwinización del mundo sería el paso más reciente en un camino de naturalización cuyo primer movimiento habría sido la mecanización del mundo

iniciada por la ciencia moderna en el Renacimiento, llevada a su extremo por el Positivismo Lógico en la primera mitad del siglo XX. Pero lo que no supieron ver los positivistas es que este proceso de naturalización, tras la incorporación de la teoría de Darwin, conducía a la situación que describiría mucho más lúcidamente el segundo Heidegger. Heidegger supo ver como nadie cuál fue el punto de partida del naturalismo y cuál ha sido su desenlace en nuestro tiempo, el tiempo de la ciencia y de la técnica, el tiempo que él llamaba “de la imagen del mundo”. Este desenlace final no es otro que el nihilismo. Al darwinista consecuente –y en esto puede resumirse la idea central del libro que comentamos– no le queda más salida que el nihilismo. Al fin y al cabo, todos los metarrelatos justificatorios que permitieron en el pasado escapar de él no sólo se han vuelto literalmente increíbles, como señalara Lyotard, sino que desde una perspectiva darwinista sólo pueden ser vistos como meras estrategias culturales de adaptación al medio; como, por otra parte, ha de ser visto el propio darwinismo (por mor de la coherencia).

En estos últimos años, no hacía más que crecer el afecto y la admiración que sentía por Carlos, así como el interés por su obra. Publiqué algunas reseñas de sus libros y él, en un gesto que le agradecí enormemente, publicó también algunas de los míos. Su perspicacia y su bonhomía quedaron perfectamente reflejadas en ellas. Me cabe el honor de decir que uno de sus últimos trabajos que aparecerán aún publicados es la colaboración, breve pero enjundiosa, que hizo para el libro *Naturaleza animal, naturaleza humana*, que he coordinado junto con José María Atencia para la editorial Biblioteca Nueva. Seguiremos, no quepa duda, dialogando con él.

Simposio 3

ALEJANDRO ROSAS (coord.),

[arosasl@unal.edu.co](mailto:arosasl@unal.edu.co)

CRISTINA ACEDO, INTI BARRIENTOS, TONI GOMILA, ARTURO  
LARA y HUGO VICIANA

“Evolución y psicología de las preferencias sociales”

TONI GOMILA y CRISTINA ACEDO

“El papel de la confianza en la cooperación”

ARTURO LARA e INTI BARRIENTOS

“Racionalidad Ecológica y Cooperación”

ALEJANDRO ROSAS

“El egoísmo racional y las preferencias sociales como mecanismos próximos para la  
cooperación”

HUGO VICIANA

“Asociación selectiva y estrategias evolutivas culturales”

EVIDENCIAS DE LABORATORIO PROVENIENTES de la psicología y de la economía experimental han obligado a los científicos sociales a revisar el modelo clásico de agente económico basado en el egoísmo racional. Los nuevos modelos quieren incorporar el bienestar de otras personas como variable primitiva en la función de

utilidad del agente. Variables de este tipo se conocen bajo la etiqueta de “preferencias sociales”. Los mismos economistas han visto en la teoría de la evolución por selección natural una teoría promisoría para explicar la existencia de estas preferencias. El simposio está dedicado a examinar las evidencias experimentales (de laboratorio) que se presentan en favor del nuevo modelo de agente y a explorar posibles explicaciones desde una teoría de la evolución. La distinción entre preferencias sociales y motivaciones estratégicas (egoístas) deben aclararse conceptualmente, de manera que sea posible discriminar a la luz de datos experimentales y de observaciones si los agentes exhiben preferencias sociales en lugar de motivaciones simplemente estratégicas (egoístas). Todos los ponentes expresan en sus ponencias una preocupación por la claridad conceptual así como por la naturaleza de las evidencias empíricas. Gomila y Acedo examinan evidencias de laboratorio y exploran condiciones propicias para conductas cooperativas. Estas podrían consistir en alguna forma de detección de preferencias sociales en interactores potenciales. Asimismo, se explorarán formas de incorporar las preferencias sociales dentro de un nuevo modelo de agente racional con los conceptos propios de la economía y la teoría de la decisión (Lara-Barrientos). Tomando como dada la existencia de preferencias sociales, otras dos ponencias indagarán por las presiones selectivas de índole biológica y/o cultural que puedan explicar su evolución (Rosas, Viciano).

Simposio 4

FRANCISCO GÜELL (coord.),

[fguell@unav.es](mailto:fguell@unav.es)

GLORIA DEL CARMEN BALDERAS, LUIS ECHARTE, PILAR  
FERNÁNDEZ BEITES, MIGUEL GARCÍA-VALDECASAS, JOSÉ  
IGNACIO MURILLO

“Función y causalidad en los seres vivos”

GLORIA DEL CARMEN BALDERAS

“Análisis funcional y selección natural. La insuficiencia de las teorías seleccionistas  
para especificar las funciones biológicas”

LUIS ECHARTE

“Función biológica y función metabiológica: entorno al problema del *enhancement*”

PILAR FERNÁNDEZ BEITES

“Causalidad biológica y motivación ética”

MIGUEL GARCÍA-VALDECASAS

“Función y causalidad en los organismos: un análisis ontológico”

FRANCISCO GÜELL

“La función biológica y la unidad viviente”

JOSÉ IGNACIO MURILLO

“Función biológica e inteligencia”

# ANÁLISIS FUNCIONAL Y SELECCIÓN NATURAL. LA INSUFICIENCIA DE LAS TEORÍAS SELECCIONISTAS PARA ESPECIFICAR LAS FUNCIONES BIOLÓGICAS

GLORIA DEL CARMEN BALDERAS

*Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (México)*

[gcbalderas@gmail.com](mailto:gcbalderas@gmail.com)

## 1. Introducción

EN EL DEBATE ENTRE LAS TEORÍAS SISTÉMICAS Y SELECCIONISTAS de la función y de cómo contribuyen a la explicación en biología a menudo se afirma que es necesario conservar ambas teorías porque se aplican a fenómenos distintos.<sup>1</sup> Sostengo que la literatura provee de argumentos suficientes para mostrar que este pluralismo no es sostenible. Los argumentos que expongo ponen en cuestión los rasgos distintivos de la función seleccionista que i) explica la presencia de un rasgo, ii) apela a la selección natural y iii) es normativa. Los argumentos muestran que la selección natural no es un criterio necesario ni suficiente para adscribir funciones biológicas, que la teoría seleccionista no satisface su *explanandum* y que la teoría sistémica puede explicar la normatividad de la función. Analizo la noción de *Función Propia* de Millikan (1984) porque ha sido particularmente influyente y ofrece todos los ángulos que me interesa plantear. En lo que sigue examinaré: 1) la noción de *Función Propia*; 2) la selección natural como condición necesaria y suficiente para la adscripción de funciones; 3) el *explanandum* de las teorías seleccionistas; y 4) la normatividad de la función.

---

<sup>1</sup> Véase, por ejemplo: Godfrey-Smith 1993; Amundson y Lauder 1994; Bekoff and Allen 1995; Preston 1998; Millikan 1999; Brandon 1999; Arp 2007 y Perlman 2009.

## 2. La noción de función propia

En filosofía es usual distinguir dos nociones de función biológica: la primera, que explica la presencia de un rasgo en un organismo, es evolutiva y teleológica; la segunda, que explica una capacidad o actividad compleja, es fisiológica (Wouters 2005: 146). En ambos casos las funciones se atribuyen a rasgos o ítems que pertenecen a un organismo, no al organismo como un todo. Las llamadas teorías teleológicas, evolucionistas o etiológicas de la función apelan al pasado distante; algunas de estas teorías son seleccionistas. El desarrollo de las teorías seleccionistas ha recibido gran influencia de la noción de *Función Propia* de Ruth Garrett Millikan (1984, 1989, 1993).

Millikan (1984) acuñó el término de *Función Propia* como un concepto técnico dentro de su teoría naturalista de la intencionalidad.<sup>2</sup> Esta noción sirve para explicar la presencia de un rasgo apelando a su propósito o a lo que se supone que debe hacer; a su vez, el propósito se justifica mediante la historia de selección del rasgo. La *Función Propia* es algo que un tipo de rasgo ha hecho en el pasado lejano y que era necesario para la supervivencia del organismo en *Condiciones Normales*. Las *Condiciones Normales* son aquellas en las que han vivido y evolucionado la mayoría de los organismos del mismo tipo. La *Función Propia* se establece históricamente, por un proceso de selección (Millikan 1993: 35-36). La contribución de  $x$  al éxito selectivo de los ancestros de su portador es (parcialmente) responsable de la presencia de  $x$ , pues  $x$  ha sido replicado porque sus portadores han sobrevivido (Millikan 1984).

Millikan ha afirmado que la defensa última de su definición depende de su utilidad para diversas teorías explicativas (1989: 289), en particular en contextos biológicos (2002: 116). Puesto que Karen Neander (1980, 1983, 1991) y otros han desarrollado esta aplicación, la noción de *Función Propia* puede ser evaluada con los criterios de explicación habituales en biología. Si la noción de *Función Propia* se ajusta y contribuye a esas explicaciones debe ser reivindicada, si no, debe ser rechazada.<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> Los términos técnicos aparecen con mayúsculas de acuerdo con la convención de Millikan.

<sup>3</sup> Según hace constar Wouters (2003), Neander (1980, 1983) propuso una noción seleccionista de función antes de que Millikan desarrollara de manera independiente la noción de *Función Propia*. Más tarde, Neander ha defendido la noción seleccionista, tomando en cuenta la aportación de Millikan (1991).

### 3. La selección natural y la adscripción de funciones

Las funciones que atribuyen las teorías seleccionistas son etiológicas, teleológicas y normativas. Son etiológicas porque apelan a la *historia causal* de un rasgo; son teleológicas porque buscan explicar *para qué* es el rasgo; y son normativas porque intentan dar cuenta de *lo que debería hacer* ese rasgo (Wouters 2003: 224). La atribución funcional sirve en última instancia para explicar la presencia del rasgo al que se atribuye la función: “x está aquí para hacer y”.

Como puede advertirse, las teorías seleccionistas suponen que hay una estrecha relación entre selección y función. A continuación expongo tres argumentos que ponen en duda esta relación.

El primer argumento se debe a David J. Buller. Buller (1998) muestra que la selección no es una condición necesaria para atribuir funciones biológicas. Distingue dos tipos de teorías etiológicas: fuerte y débil. La teoría fuerte es seleccionista; la teoría débil –que Buller defiende– atribuye funciones a rasgos hereditarios que han contribuido a la eficacia biológica (*fitness*) de los ancestros de un organismo. Para esta atribución no es necesario apelar a la selección natural; basta con la noción sistémica de función, esto es, basta con apelar a la contribución causal de un rasgo a la eficacia biológica de los ancestros de los organismos. Cualquier rasgo hereditario y benéfico es funcional. La selección natural solo afecta a los sistemas adaptados pero no a los rasgos que los componen. La teoría débil es neutral con respecto a si los sistemas adaptados son los organismos, los segmentos de ADN, los grupos o las poblaciones. Buller sostiene que la teoría débil permite atribuir funciones a tres tipos de rasgos que la teoría seleccionista excluye y que puede responder a las dos objeciones más frecuentes contra la teoría, esto es, que no permite explicar ni la presencia de un rasgo ni la normatividad de la función.<sup>4</sup>

La solución de Buller es plausible una vez que se reconoce que las funciones sistémicas preceden ontológica y epistemológicamente a las funciones seleccionistas. La atribución seleccionista de funciones presupone la eficacia causal de los subsistemas, de

---

<sup>4</sup> Los rasgos a los que la teoría débil puede atribuir funciones son: i) los rasgos producidos por deriva genética; ii) los rasgos que no hayan tenido competidores; y iii) los componentes hereditarios de rasgos funcionales complejos.

modo que es necesario conocer las funciones sistémicas antes de preguntarse por la historia de selección de un rasgo que puede ser más o menos ventajoso.<sup>5</sup>

El segundo argumento, propuesto por Mark Bedau, muestra que la selección natural no es condición suficiente para adscribir funciones biológicas.<sup>6</sup> Bedau (1991) analiza el caso de los cristales microscópicos de los materiales inorgánicos que componen la arcilla. Puede afirmarse que estos cristales están sometidos a un proceso de evolución mediante selección natural porque cumplen con las condiciones necesarias: reproducción, variación, heredabilidad y adaptabilidad<sup>7</sup>. Siguiendo a Cairns-Smith (1985) y Dawkins (1986), Bedau explica el modo en que una variante de ciertos cristales les hace capaces de estancar el agua, con efectos que resultan “ventajosos” para la proliferación de ese tipo de cristales. Pero, como los cristales no están vivos, este caso muestra que la selección natural no es una condición suficiente para atribuir funciones biológicas.

El tercer argumento examina la noción de “rasgo” (*trait*) biológico, que es un supuesto de la atribución de funciones. Collin Allen (2002) ha mostrado que la teoría seleccionista no aporta restricciones suficientes para identificar los rasgos a los que se atribuyen funciones.<sup>8</sup> Allen sostiene que la definición que se requiere debe permitir re-identificar los rasgos a través de las generaciones y de los grupos taxonómicos y

---

<sup>5</sup> Algunos autores que han aportado argumentos en este sentido son Davies 2001; Cummins y Roth 2010 y Caponi 2010b.

<sup>6</sup> Bedau llama “teleo-funcionalismo” a la posición que asocia el funcionalismo con la teleología natural. Señala que quienes defienden la posibilidad de una teleología natural –o naturalista– para explicar la intencionalidad evitan apelar a consideraciones mentales, so pena de circularidad. Bedau sostiene que la teleología natural está centrada en el valor y que el análisis del valor puede implicar consideraciones mentales, poniendo de esta manera en riesgo el naturalismo del teleo-funcionalismo. Para mostrar que no es mentalista, el teleo-funcionalismo debe dar una interpretación naturalista del valor. Bedau examina dos propuestas teleo-funcionalistas: la de los sistemas cibernéticos y la de la selección natural.

<sup>7</sup> Bedau (1991: 34-42) desarrolla el ejemplo suponiendo que los cristales están en un planeta totalmente desprovisto de vida. Los cristales cumplen con las condiciones de la selección de la siguiente manera: 1) Reproducción: en una solución sobresaturada de sílice los cristales producen nuevas capas; cuando alcanzan cierto tamaño, los cristales se dividen en fragmentos que comienzan a su vez a crecer; el proceso continúa indefinidamente mientras la solución sigue estando sobresaturada. 2) Variación: los cristales tienen defectos en el nivel microscópico que se producen de manera azarosa (como la variación genética); estos defectos influyen en las características y los procesos macroscópicos de los cristales (los rasgos “fenotípicos”), como su figura, su ritmo de crecimiento o las condiciones en las que se dividen. 3) Heredabilidad: Las capas nuevas copian los patrones geométricos de los átomos de la capa anterior, tanto en el caso de los cristales “perfectos” como en el caso de los defectuosos; estas variaciones o “mutaciones” dan lugar a distintas subpoblaciones o “especies” de cristales. 4. Adaptabilidad: las variaciones afectan la supervivencia y el éxito reproductivo de los cristales (*fitness*) puesto que algunas de sus características pueden propiciar la proliferación de los cristales en cierto entorno.

<sup>8</sup> El objetivo de Allen es promover el análisis del término “rasgo” que se utiliza comúnmente en la literatura filosófica, pero también de la noción más técnica de “carácter” que se emplea en biología sistémica y que se encuentra en los escritos de Darwin (Allen 2002: 373).

también debe respetar los datos de variación fenotípica y genética (Allen 2002: 376, 387). De acuerdo con Allen, las teorías seleccionistas asumen que “un rasgo (*trait*) singular es cualquier característica (*feature*) (posiblemente compleja) de un organismo cuyos componentes tiene una historia evolutiva común” (Allen 2002: 383):<sup>9</sup> en el caso límite, un rasgo sería la expresión fenotípica de un solo alelo (Allen 2002: 383).

Allen sostiene que es muy difícil dividir el organismo en rasgos con el criterio de la “historia evolutiva común”. En primer lugar, porque los organismos están muy estrechamente integrados y la teoría biológica no determina de antemano qué partes pueden ser consideradas como adaptaciones específicas de un tipo de organismo determinado (Gould y Lewontin 1979). En segundo lugar, porque la noción de historia compartida es gradual: compartir del todo una historia evolutiva requiere “la conexión completa de los genes responsables de la expresión de un carácter fenotípico” (Allen 2002: 384). El problema es que la conexión entre genes y fenotipo no es una relación uno-a-uno, de modo que sistemas intuitivamente muy diversos pueden compartir genes, como ocurre con las lentes oculares y el tejido muscular de los calamares (Allen 2002: 385; Montgomery and McFall-Ngai 1992).<sup>10</sup>

El análisis de Allen es relevante para lo que sostengo porque las dificultades de la historia selectiva para especificar los rasgos biológicos debilitan la conexión entre selección natural y funciones biológicas. Esto es así porque si la noción seleccionista de función no puede determinar la identidad de un rasgo, tampoco puede establecer con claridad la relación de continuidad entre un rasgo actual y los rasgos ancestrales ni, en consecuencia, posee un criterio que le permita adscribir las funciones actuales. Por tanto, el argumento constituye una objeción para afirmar que la selección natural es una condición suficiente para la atribución de funciones.<sup>11</sup>

---

<sup>9</sup> En ausencia de análisis explícitos acerca de la noción de rasgo desarrollados por los defensores de las teorías seleccionistas, Allen deriva esta caracterización de una cita de Godfrey-Smith (1996).

<sup>10</sup> Millikan ha advertido esta dificultad. Reconoce que la noción de similitud entre estructuras requiere de análisis y que es potencialmente problemática (1984).

<sup>11</sup> Allen es pluralista con respecto a las funciones, de modo que su propósito no es eliminar la teoría seleccionista, sino enfatizar la necesidad de precisar la noción de rasgo (véase Allen 2002: 380; Bekoff & Allen 1995). Sin embargo, mientras no se haya logrado ese objetivo, la imprecisión de la noción de rasgo milita contra la teoría seleccionista. Allen también pone a prueba la noción sistémica de función frente a la vaguedad de “rasgo”; no obstante, en mi opinión, su crítica perjudica más a la noción seleccionista porque pone en cuestión la pretendida superioridad de la función seleccionista frente a la función sistémica en el sentido de que la función seleccionista es “objetiva” y la función sistémica es “arbitraria”. Millikan (2002) ha defendido esta superioridad y Hardcastle (2002) ha presentado lo que me parece ser una objeción convincente. Al respecto también es útil la discusión de Davies (2001: 108-120)

#### 4. El *explanandum* de las teorías seleccionistas

Robert Cummins y Martin Roth (Cummins 1975, 2002; Cummins y Roth 2010) han criticado la capacidad de las teorías seleccionistas para explicar la presencia de un ítem mediante la adscripción de una función. En su versión fuerte, la teoría seleccionista debe explicar la *aparición* de un ítem apelando a su función; pero la aparición de un ítem no depende de su función, sino de mutaciones genéticas aleatorias: la selección no puede producir rasgos, sólo puede conservarlos. Además, rasgos que ya existen pueden adquirir nuevas funciones (Gould & Vbra 1982). En la versión débil, la teoría debe mostrar que un ítem *prolifera* debido a su función; pero la selección no opera sobre distintas funciones, sino sobre una misma función que se lleva a cabo con mayor o menor eficacia, eficacia que depende de las variaciones estructurales de los rasgos. La selección puede operar incluso sobre variaciones que no afecten en absoluto a la función, sino a otras propiedades de una estructura, como su durabilidad. Finalmente, aunque puede decirse que la selección conserva los rasgos adaptativos, tener una función es distinto de ser adaptativo porque la selección opera sobre los portadores mejor adaptados, no directamente sobre sus rasgos.<sup>12</sup>

Aunque las teorías seleccionistas pudieran superar estas objeciones, todavía sería necesario justificar por qué el *explanandum* apropiado de una explicación funcional es la presencia de un rasgo (Cummins 1975). Cuando se pregunta acerca del diseño de un artefacto, hay una conexión directa entre las preguntas “¿por qué  $x$  está ahí?” y “¿para qué es  $x$ ?”, pero esta conexión no parece necesaria en el caso de los organismos. En este sentido, Mayr (1961: 1502) hace notar que la pregunta “¿por qué?” de la biología evolutiva es ambigua: puede entenderse como “¿cómo ha llegado a ser?”, o como “¿para qué es?” Mayr sostiene que es obvio que el evolucionista se refiere a la pregunta histórica “¿cómo ha llegado a ser?”.<sup>13</sup>

---

<sup>12</sup> Véase Caponi (2010a) para una crítica centrada en la identificación entre función y adaptación que establecen las teorías seleccionistas.

<sup>13</sup> En su defensa de la noción de *Función Propia*, Perlman (2010) admite que la teoría seleccionista explica “por qué algo está ahí de la manera que es”, lo que equivale a decir que los organismos tienen una historia evolutiva que ha configurado sus características actuales. Una tesis que Cummins y Roth aceptan, pues es (parte de) lo que afirma la teoría de la evolución. Pero decir que los organismos tienen una historia evolutiva es distinto de afirmar que la función de un rasgo se explica por su historia de selección. Por otra parte, si puede sostenerse que la presencia de un rasgo no es el *explanandum* apropiado para una teoría de la función biológica, y si las funciones seleccionistas son un tipo de función sistémica, entonces quizás el rechazo a las teorías seleccionistas puede ampliarse a las teorías etiológicas en general.

## 5. La normatividad de la función

Suele aceptarse que solo la función seleccionista explica la normatividad de la función en el sentido de que permite distinguir los rasgos funcionales de los rasgos disfuncionales (*malfunction*). No obstante, la función sistémica también es normativa, por las relaciones caso-tipo y parte-todo (McLaughlin 2009). La relación caso-tipo permite atribuir disfuncionalidad a ítems particulares que no llevan a cabo la función de los ítems del tipo al que pertenecen.<sup>14</sup> La relación parte-todo es normativa porque la manifestación de la capacidad analizada condiciona las funciones que deben tener los subsistemas; aunque el análisis no especifique al detalle las funciones de las partes, sí establece requisitos que hagan posible la capacidad realizada por el sistema.<sup>15</sup> La denominación de “función sistémica” es más clara con respecto a estas posibles fuentes de normatividad que los nombres de “función causal” (Wouters 2005) o “función consecuencial” (Garson 2008), porque la normatividad se establece por las relaciones entre el sistema completo y los subsistemas y por la pertenencia del sistema a un tipo de sistemas con características comunes.<sup>16</sup>

La importancia del tipo de sistema que se analiza es notoria en la teoría etiológica débil de Buller, que añade a la función sistémica la restricción de que el sistema en cuestión sea un sistema adaptado. Por otra parte es posible considerar las funciones seleccionistas como un tipo de funciones sistémicas en las que el sistema

---

<sup>14</sup> La estrategia ha sido sugerida por Allen (2002) y Godfrey-Smith (1993) y ha sido empleada por Cummins y Roth (2010). De acuerdo con Amundson y Lauder (1994: 452-458) los métodos habituales en morfología y anatomía comparada, así como los criterios que se emplean para determinar la homología, permiten establecer el tipo de subsistema al que se atribuye una función. El tipo de subsistema se determina por similitudes en la microestructura de los órganos (su tejido), en la conexión con otros órganos y por su origen común durante el desarrollo embrionario. Ninguno de estos criterios depende de la adscripción de una función, ni seleccionista ni sistémica. Por su parte McLaughlin (2001: 227-228 n. 63) ha hecho notar que en algunas versiones de la teoría seleccionista (Millikan 1984, Neander 1991) parecen haberse mezclado los criterios, de modo que ser “el mismo órgano” se supedita a “tener la misma función”. En este sentido, la relación entre estructura y función que debe asumir la teoría sistémica para ser explicativa es particularmente interesante.

<sup>15</sup> Davies sostiene que las funciones sistémicas no son normativas ni deben serlo porque la pretensión de normatividad no es naturalista. Además Davies adopta una posición nominalista con respecto a las adscripciones de funciones porque solo atribuye funciones a los subsistemas individuales que de hecho tienen algún efecto en el sistema; cuando el subsistema individual no tiene ese efecto, Davies niega que tenga alguna función. En principio, el Análisis Funcional de Cummins es consistente con esta posición; pero, si se admite que Cummins propone el Análisis Funcional –del que dependen las adscripciones de función sistémicas– sobre todo como un tipo de explicación de utilidad científica, quizá debe asumirse que las atribuciones de función corresponden a los tipos de sistema y no a los sistemas individuales.

<sup>16</sup> Este nombre de “función sistémica” es también el nombre que Cummins prefiere usar (Perlman 2010: 61).

analizado es el proceso evolutivo de un tipo de organismo (Davies 2001, Cummins y Roth 2010).<sup>17</sup>

## 6. Conclusión

Wouters (2005: 148) ha insistido en que el interés de los biólogos en las funciones depende de la necesidad de situar un ítem o conducta en el contexto del organismo como un todo, en orden a comprender la organización biológica. Para este propósito parece más útil la noción sistémica de función que la noción seleccionista.<sup>18</sup>

En este sentido, he intentado mostrar que la historia de selección no es una condición necesaria ni suficiente para la adscripción de funciones biológicas, que no satisface su *explanandum* –la presencia de un ítem–, y que tampoco aventaja a la función sistémica para explicar la normatividad de la función. Esto no significa que no haya *explicaciones* seleccionistas, sino que no es necesario preservar la teoría seleccionista para dar cuenta de las funciones biológicas.

## REFERENCIAS

- Allen, C. (2002). Real Traits, Real Functions? En André Ariew, Robert Cummins & Mark Perlman (eds.), *Functions: New Essays in the Philosophy of Psychology and Biology* (373-389). Oxford: Oxford University Press.
- Amundson, R. & Lauder G. V. (1994). Function without Purpose: The Uses of Causal Role Function in Evolutionary Biology. *Biology and Philosophy*, 9, 443-469
- Arnellos, A., Bruni, L., El-Hani, C. & Collier, J. (2012). Anticipatory Functions, Digital-Analog forms and Biosemiotics: Integrating the tools to model

---

<sup>17</sup> Garson (2012) ha intentado aplicar una teoría seleccionista de la función al cerebro. Puesto que en este contexto importa solamente la duración de la vida de un individuo y no su proceso evolutivo, Garson ha eliminado el criterio de heredabilidad en lugar de eliminar el criterio de selección. No obstante, en su “pluralismo modesto”, como en la teoría débil de Buller, las restricciones más importantes tienen que ver con la historicidad de las funciones y con la posibilidad de que los efectos “seleccionados” sean ventajosos. En todo caso, trasladar la noción de selección del ámbito de la biología evolutiva al ámbito de la neurociencia implica sin duda un cambio de significado muy importante para el término “selección natural”.

<sup>18</sup> Desde el punto de vista de la filosofía de la biología, Wouters ha aconsejado cautela con respecto a la discusión de las últimas décadas sobre la función, en la que él advierte la influencia excesiva de las teorías teleosemánticas de la intencionalidad. Por otra parte, Arnellos et al. (2012) han desarrollado recientemente una crítica a la utilidad de las teorías etiológicas de la función para la semántica.

- Information and Normativity in Autonomous Biological Agents. *Biosemiotics* 5: 3 (in press). DOI 10.1007/s12304-012-9146-4
- Arp, R. (2007). Evolution and Two Popular Proposals for the Definition of Function. *Journal for General Philosophy of Science*, 38: 1, 19-30.
- Bedau, M. (1991). Can Biological Teleology be Naturalized? *The Journal of Philosophy*, 88, 647-655.
- Bekoff, M. & Allen, C. (1995). Teleology, Function, Design, and the Evolution of Animal Behavior, *Trends in Ecology and Evolution*, 10: 6, 253-63.
- Bock, W. & von Wahlert, G. (1965). Adaptation and the form-function complex. *Evolution*, 19: 3, 269-299.
- Brandon R. (1999). Teleology in Self-organizing Systems. Bernard Feltz, Mark Crommenlinck, Philippe Goujon (eds.), *Auto-organisation et émergence dans les sciences de la vie* (267-281). Ousia: Bruxelles.
- Buller, D.J. (1998). Etiological Theories of Function: A Geographical Survey. *Biology and Philosophy*, 13, 505–527.
- Cairns-Smith, A.G. (1985). *Seven clues to the Origin of Life*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Caponi, G. (2010a). Función, adaptación y diseño en biología. *Signos Filosóficos*, 12: 4 24, 71-101.
- Caponi, G. (2010b). Análisis funcionales y explicaciones seleccionales en biología. Una crítica de la concepción etiológica del concepto de función. *Ideas y valores*, 143: 51-72.
- Cummins R. & Roth, M. (2010). Traits have not evolved to function the way they do because of a past advantage. In F. J. Ayala & R. Arp (Eds.) *Contemporary debates in philosophy of Biology* (72-85). Oxford: Wiley-Blackwell,
- Cummins, R. (1975). Functional analysis. *The Journal of Philosophy*, 72, 741-765.
- Cummins, R. (2002). Neo-teleology. En A. Ariew R. Cummins, and M. Perlman (Eds.), *Functions: New Essays in The Philosophy of Psychology and Biology* (157-173). Oxford: Oxford University Press.
- Davies, P. S. (2001). *Norms of nature. Naturalism and the nature of functions* Cambridge, MA.: MIT Press.

- Dawkins, R. (1986). *The Blind Watchmaker. Why the Evidence of Evolution Reveals a Universe without Design*. New York: Norton.
- Garson, J. (2008). Function and teleology. En Sahotra Sarkar y Anya Plutynski (eds.), *A Companion to the Philosophy of Biology* (525-549). Malden, Estados Unidos, Blackwell.
- Garson, J. (2012). Function, selection, and construction in the brain. *Synthese. Special Issue on Neuroscience and its Philosophy*. (in press). DOI: 10.1007/s11229-012-0122-y
- Godfrey-Smith, P. (1993). Functions: Consensus Without Unity. *Pacific Philosophical Quarterly* 74: 196-208.
- Godfrey-Smith, P. (1996). *Complexity and the Function of Mind in Nature*. New York: Cambridge University Press.
- Gould, S. J. & Lewontin, R. C. (1979). The Spandrels of San Marco and the Panglossian Paradigm: A Critique of the Adaptationist Programme, *Proceedings of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences*, 205, 581-98.
- Gould, S. J. & Vrba, E. S. (1982). Exaptation. A Missing Term in the Science of Form. *Paleobiology*, 8, 4-15.
- Hardcastle, V. G. (2002). "On the normativity of functions", In: Cummins, Ariew and Perlman (eds), *Functions: New Essays in The Philosophy of Psychology and Biology* (144-156). Oxford, Oxford University Press.
- McLaughlin, P. (2001). *What Functions Explain. Functional Explanation and Self-Reproducing Systems*. Port Chester, NY, USA: Cambridge University Press.
- McLaughlin, P. (2009). Functions and Norms In Ulrich Krohs y Peter Kroes (eds.), *Functions in Biological and Artificial Worlds: Comparative Philosophical Perspectives* (93-102). Cambridge, MA.: MIT Press.
- Millikan, R. G. (1984). *Language, Thought and Other Biological Categories: New Foundations for Realism*. Cambridge, MA.: MIT Press.
- Millikan, R. G. (1989). In Defense of Proper Functions. *Philosophy of Science*, 56, 288-302.
- Millikan, R. G. (1993). Propensities, Exaptations, and the Brain. En *White Queen Psychology and Other Essays for Alice*. Cambridge, MA.: MIT Press.

- Millikan, R. G. (1999). An ambiguity in the notion of function. En David Buller (ed.), *Function, Selection and Design* (115-122). Nueva York, Estados Unidos, SUNY Press.
- Millikan, R. G. (2002). Biofunctions Two Paradigms. In A. Ariew R. Cummins, and M. Perlman (Eds.), *Functions: New Essays in The Philosophy of Psychology and Biology* (113-143). Oxford: Oxford University Press.
- Montgomery, M. K., & McFall-Ngai, M. (1992). The Muscle-Derived Lens of a Squid Bioluminescent Organ is Biochemically Convergent with the Ocular Lens. Evidence for Recruitment of Aldehyde Dehydrogenase as a Predominant Structural Protein. *Journal of Biological Chemistry*, 267129, 20999-21003.
- Neander, K. (1980). Teleology in Biology. Paper presented to the APP conference in 1980.
- Neander, K. (1983). *Abnormal Psychobiology*. La Trobe University. Ph. D. thesis.
- Neander, K. (1991). Functions as Selected Effects: The conceptual analyst's defense. *Philosophy of Science* 58, 168-184.
- Perlman, M. (2009). "Changing the mission of theories of teleology: DOs and DON'Ts for thinking about function". En Ulrich Krohs y Peter Kroes (eds.), *Functions in Biological and Artificial Worlds: Comparative Philosophical Perspectives* (17-36). Cambridge, Estados Unidos, MIT Press.
- Preston, B. (1998). Why is a wing like a spoon? A pluralistic theory of function. *The Journal of Philosophy* 95, 215-254.

# FUNCIÓN BIOLÓGICA Y META-BIOLÓGICA. ¿QUÉ SIGNIFICA MEJORAR LA CONDICIÓN HUMANA?

LUIS E. ECHARTE

*Departamento de Humanidades Biomédicas.*

*Facultad de Medicina / Instituto Cultura y Sociedad. Universidad de Navarra (España)*

LOS NUEVOS AVANCES BIOTECNOLÓGICOS están generando un vivo debate en torno a sus posibles usos para la modificación terapéutica y no terapéutica del cuerpo humano. En este trabajo recuperaré algunos planteamientos en torno a la *función biológica* que considero que arrojan luz en la segunda problemática: el mejoramiento de la condición humana.

## **1. Criterios objetivos de mejora**

Numerosos autores a favor de la utilización de la biotecnología para la mejora corporal (*human enhancement*, pro-HE a partir de ahora) aluden a la noción de función biológica para mostrar, por un lado, que la capacidad para mejorar es inherente a los seres vivos (en tanto que dinámicos y abiertos a la novedad), y por el otro, para ofrecer concretas propuestas sobre cómo llevar a cabo dichas modificaciones. Sin embargo, es posible señalar serias objeciones a dicho enfoque. La más importante tiene que ver con el hecho de que la función biológica sea entendida, en la mayor parte de los planteamientos pro-HE, dentro del marco explicativo del Evolucionismo. Así ocurre, por ejemplo, con la tan citada definición de Bigelow y Pargetter, para quienes algo tiene una función biológica si “confers a survival-enhancing propensity on a creature that possesses it” (Bigelow, Pargetter 1987). Es comprensible que, bajo dicho enfoque, no se encuentren objeciones insalvables en los usos biotecnológicos: ¿qué reparos de fondo pueden ofrecerse cuando lo único de que se trata es de facilitar una propensión que, de suyo, comparten todos los vivientes?

No obstante, hay que caer en la cuenta de que, desde la interpretación de Bigelow y Pargetter, la función biológica apunta al proceso por el cual un organismo evoluciona a nuevos estados (futuros). Es interesante contrastar dicho término con el de *mecanismo*, que apela a los procesos que explican estados previos (pasados). Como señala Dusenbery, ambos términos no hacen sino señalar un mismo tipo de procesos, gobernados por las mismas leyes de selección natural, pero desde una perspectiva temporal distinta –la nuestra, observadores racionales– (Dusenbery 1992, p.7-8). Con la noción de función biológica se introduce en la realidad sobre la que se predicen cierta propensionalidad o disposición hacia eventos que todavía no existen, sin necesidad de aceptar la presencia de finalidad en dicha realidad. Sin embargo, reconocemos funciones biológicas únicamente en el caso de que los eventos a los que éstas conducen sean fructíferos, esto es, si valoramos que, en dicha evolución, la capacidad del viviente para adaptarse al entorno es mayor. La conclusión que se deduce de ambos presupuestos es grave: no es posible encontrar en el viviente, tomado en cuanto tal, criterio alguno para el reconocimiento de funciones biológicas (y, con ello, de toda razón para su mejora). Estos criterios pasan a depender, desde la interpretación evolucionista, de la posición en el tiempo y de la capacidad para evaluar la realidad de un ser racional que es testigo del dinamismo que caracteriza al viviente, es decir, a dicho trozo de realidad en cuestión.

## **2. Primer giro copernicano. A vueltas con el principio del placer**

Admitir que tanto lo “funcional de”, como “lo mejor para” son términos relativos al observador implica reconocer que desde la propuesta evolucionista pro-EM no cabe hablar de criterios de mejora objetivos. De hecho, se pone en entredicho la misma noción de viviente que, entendido a partir de sus funciones biológicas, queda reducido al de mero *sistema*, es decir y tal como se entiende vulgarmente en Física, a cualquier trozo del Universo que suponemos aislado para su estudio. En este sentido, la vida se revelaría, en la mayor parte de los casos, resultado de antropomorfizar lo inerte por medio de, primero, fines ajenos a las realidades no racionales y, segundo, de un futuro enteramente epifenoménico a la particular dinámica observada.

Desde muy pronto y a la luz de los argumentos arriba presentados, numerosos evolucionistas matizaron la creencia de que el proceso de selección natural conduce

necesariamente a estados superiores de existencia. Por ejemplo, Herbert Spencer introduce el factor psicológico para intentar dar contenidos objetivos a las condiciones de mejora. Bajo dicho nuevo presupuesto, sólo tendría sentido predicar una función biológica (y la subsiguiente posibilidad de mejora) en animales con un sistema nervioso desarrollado y, por tanto, con un aparato psíquico altamente evolucionado (Spencer 1978, p. 62). Como apunta Ana Marta González, es lo que para Spencer hace deseable la vida, “un placer que, según él, es intrínseco y constitutivo de la vida misma y que, por tanto, se incrementa con la mejora de la vida implícita en la evolución” (González 2000, p. 31-32). Ahora bien, para Spencer la vida todavía constituye el valor supremo de la evolución pues considera que el aparato psíquico está subordinado indefectiblemente a los mecanismos físicos para la supervivencia del individuo y de la especie.

Desde muy pronto, la íntima vinculación entre placer y vida es puesta en entredicho en el campo de la Psicología. Probablemente, Sigmund Freud se encuentra entre los primeros y más notorios psicólogos que critican el *dogma de la persistencia* en la nueva Biología de presupuestos evolucionistas. Su teoría psicopatológica, de índole auto-referencial, es explícita a este respecto. Que los fenómenos psíquicos están gobernados y pueden ser explicados por leyes físicas y de selección natural no significa que las funciones psíquicas hayan de entenderse como disposiciones hacia la mayor perdurabilidad orgánica. Justamente, la superación de dicha dirección evolutiva, típica en las realidades inertes y en los seres vivos menos evolucionados, es lo que Freud valora como una verdadera mejora: no hay mayor paso hacia un plano superior de existencia que sustituir las dinámicas de la supervivencia por las dinámicas del placer. A mi juicio y más allá de las concretas teorías sobre la relación entre lo consciente y lo inconsciente, Freud vislumbra con nitidez los horizontes argumentales hacia los que ha de acabar derivando la propuesta evolucionista.

La función de la psique versa sobre la satisfacción de los afectos. En otras palabras, es la conducta, como la misma realidad, la que debe girar en torno a las emociones, y no a la inversa. Así por ejemplo, la emoción primaria *sed* ya no es considerada como el medio con que el organismo logra conductas dirigidas a su hidratación, sino más bien a la inversa. *Bebemos para aplacar la sed*. En estos términos hay que entender el *principio del placer*, enunciado por el padre del psicoanálisis: son las conductas y creaciones del individuo, incluidas aquellas relacionadas con la

supervivencia y con la sociedad, las que se justifican y confluyen en la satisfacción de sus pulsiones. Ahora bien, ¿pueden considerarse las funciones psíquicas como un tipo de funciones biológicas o, por el contrario, trascienden dicho plano? Atendiendo al sentido de función biológica que estamos manejando, no habría razones de peso para que consideremos las disposiciones psíquicas como meta-biológicas. Éstas siguen conservando los dos principales rasgos que la constituyen: el de futuro y el de mejora.

### **3. Segundo giro copernicano. La muerte como paradigma en Biología**

El psicoanálisis freudiano no debe entenderse, sin embargo, como una teoría enteramente hedonista. Para buena parte de la escuela psicoanalítica fundada por Freud, el conjunto de pulsiones y mecanismos psíquicos (el *ello*) trabajan, estrictamente hablando, no para obtener las mayores tasas de placer sino, por el contrario, para mantener bajo mínimos la cantidad de excitación del sujeto, esto es, para lograr un equilibrio estable anterior a la tensión creada por los apetitos. Este matiz responde al intento de Freud, y luego de sus más importantes discípulos, de integrar el nivel afectivo –superior– con el nivel físico –inferior. Freud es consciente de la fuerza del instinto de supervivencia de lo viviente, un rastro vestigial que, según él, frena la tendencia natural de las realidades psíquicas. Es por ello que en *Más allá del principio del placer* (1920), Freud introduce el *principio de realidad*, también conocido como el principio de supervivencia, para explicar la manera en la que el aparato psíquico logra resolver los conflictos que emergen de la presencia de tales opuestos. Precisamente el *Yo* representará, para Freud, la precipitación consciente de dichas estrategias con las que el organismo retarda la obtención de los afectos positivos en aras a resolver las dificultades del mundo exterior.

La presencia del principio de realidad es, para Freud, un paso intermedio en la mejora del individuo pues el *ello* habrá de acabar superando al *yo*. Su teoría sobre la primacía final del equilibrio psíquico sobre la supervivencia, se hace explícita cuando enuncia su tercer principio psicoanalítico, el *de nirvana*, también llamado posteriormente *principio de muerte*. En efecto, a determinados niveles de racionalidad parece natural, según Freud, que los organismos descubran que la única manera de lograr la quietud definitiva es desasiéndose del deseo de supervivencia. Conductas relacionadas con la agresividad, la ambivalencia, la melancolía o el sadismo serían

reflejo, como apunta John Rosenfeld, de ese deseo primigenio y último del equilibrio total y definitivo (Rosenfeld 1976).

¿Qué es la consecución del placer (y no el placer en sí mismo), en definitiva, sino un pobre reflejo de la tan injustamente temida muerte? La enemistad entre *Eros* y *Tánatos* queda así resuelta en favor del Tánatos y, con ello, queda la Biología dispuesta para su segundo giro copernicano. El principal criterio para la atribución de funciones biológicas y, por tanto, de vida, consistiría en la capacidad para acelerar la destrucción del sistema sobre el que se predica. Esta nueva concepción de lo *viviente* como *muriente* no supondría, si los presupuestos psicoanalíticos son correctos, sino llevar a sus últimas consecuencias la lógica interna del Evolucionismo. Pero, ¿por qué nuestra tendencia natural es creer lo contrario? En este punto de nuestro discurso resulta fácil de entender lo que he venido a denominar el *espejismo de la persistencia*. Como la mayor parte de las inferencias que realizamos con nuestro intelecto devienen de generalizaciones sobre los rasgos de los sistemas que persisten en el ser, tendemos a pensar dichos rasgos en términos de mejora. Y a la inversa, la escasez de los sistemas eficaces en su auto-destrucción provoca en nosotros la errónea valoración de que las funciones que los constituyen son *fallos del sistema*, es decir, como accidentes o excepciones a la norma.

#### **4. Discursos ambivalentes en el debate en torno a la mejora física y biológica**

La dicotomía biología-psique, y las derivaciones a las que conduce, sigue presente entre los más actuales adalides del ME. Para Julian Savulescu, por ejemplo, dicho término implica “any change in the biology or psychology of a person which increases the chances of leading a good life” (Savulescu 2006, p.324-325). Llega incluso a afirmar, en base a su creencia en funciones biológicas objetivas, que tenemos la obligación moral de mejorar nuestra especie con todos los instrumentos que tengamos a nuestra disposición. No obstante, admite que, tan importante como la optimización de nuestras facultades físicas e intelectuales, es la consecución de una vida lo más placentera posible. Y el razonamiento utilitarista es, para Savulescu en lo consciente, como el principio de realidad lo era, para Freud, en lo inconsciente, el método con el que lograr sopesar las disposiciones físicas y psicológicas, que igualmente acepta como fruto de la selección natural. Las conclusiones a las que Savulescu llega también van parejas con las de Freud: dependiendo de las circunstancias, un sujeto puede y debe

acudir a su médico para que se le aplicasen ya medidas mejorativas, ya la eutanasia. No resulta atrevido imaginar a Freud añadiendo, a este último enunciado, la siguiente coletilla: “[...] mientras su mente permanezca esclava de su psique más física, más involucionada”.

Savulescu no llega tan lejos como Freud. No defiende que el desinterés por la vida sea la mejora última y definitiva a la que puede aspirar el ser humano. Esto se explica, en parte, porque en él todavía conviven dos paradigmas: el clásico de las esencias –de presencia más emocional y consciente, diría Freud–, y el nuevo de la selección natural –todavía por emerger, en toda su fuerza, en nuestro imaginario individual y social. En mi opinión, dicha ambivalencia es también la razón por la que cae en la tentación, por un lado, de *entificar* las funciones biológicas, dando a la medicina mejorativa un cariz científico que no posee y, por el otro, de equiparar las disposiciones físicas con las psíquicas, cuando son las segundas las únicas de las que el viviente puede extraer, desde los esquemas evolucionistas, contenidos (si no son objetivos, si experienciales) con los que pautar su conducta.

Finalmente, en este texto he querido mostrar que el término función biológica se usa a menudo y de manera equívoca en argumentos que defienden la utilización de la biotecnología con fines mejorativos. Creo por ello necesaria una más detenida reflexión sobre dicha cuestión y, en especial, en los foros de la Bioética contemporánea, dada la enorme trascendencia práctica que tiene el tema y la gran repercusión social de las conclusiones que, sobre la función biológica, se emitan en dichos foros.

## REFERENCIAS

- Bigelow J, Pargetter R. Functions. *Journal of Philosophy* 1987; 84: 181-196.
- Dusenbery DB. *Sensory Ecology*, New York: W.H. Freeman, 1992.
- Freud S (1920). *Beyond the pleasure principle*. Edited by Dufresne T. Translated by Richter GC. Toronto: Broadview Editions, 2011.
- González AM. *En busca de la Naturaleza perdida. Estudios de bioética fundamental*. Pamplona: EUNSA, 2000.

Rosenfeld H. A clinical approach to the psychoanalytic theory of the life and death instincts: an investigation into the aggressive aspects of narcissism. *Int J Psychoanal* 1971; 52(2):169-78.

Savulescu J. Justice, fairness, and enhancement. *Annals of the New York Academy of Sciences* 2006; 1093: 321-38.

Spencer H. *The principles of Ethics* I. Indianapolis: Liberty Classics, 1978.

# CAUSALIDAD BIOLÓGICA Y MOTIVACIÓN PERSONAL

PILAR FERNÁNDEZ BEITES

*Universidad Complutense de Madrid (España)*

[pbeites@hotmail.es](mailto:pbeites@hotmail.es)

PARA HABLAR DE LA CAUSALIDAD BIOLÓGICA y de una posible causalidad meta-biológica, me sitúo en el marco de una ontología pluralista,<sup>1</sup> que intenta evitar la desmesura del idealismo, pero sin caer en un materialismo biologicista, porque el materialismo, por muy emergentista que se considere, constituye siempre, a mi juicio, una simplificación de la riqueza de la realidad. Desde la ontología pluralista, estudiaré el nivel de la “causalidad” biológica, pero introduciré también el nivel de la “motivación”, que es ya espiritual o personal.

## **1. El emergentismo materialista como errónea “naturalización del espíritu”**

La ontología de Xavier Zubiri nos permite lograr una descripción correcta del ámbito biológico, pues en ella se entienden los seres vivos mediante una “teoría de las combinaciones funcionales”, en la que se supera el mecanicismo reduccionista, sin necesidad de inclinarse hacia un vitalismo. Mientras los seres inanimados se constituyen mediante “combinaciones químicas”, como las que enlazan el hidrógeno y el oxígeno en el agua, los seres vivos son, más bien, “combinaciones funcionales”, en las que la novedad es de tipo funcional: la mano o el ojo no se han convertido en un nuevo elemento físico-químico al estar dentro del cuerpo (como el hidrógeno se ha transformado en agua), sino que en él poseen un peculiar funcionamiento: el ojo ve, la mano ase los objetos externos.<sup>2</sup> Gracias a esta teoría ontológica, Zubiri no regresa a

---

<sup>1</sup> Cf. “Ensayo de ontología pluralista: mundo de la vida y valores”, *Anuario filosófico*, 44/3 (2011) 463-496.

<sup>2</sup> *Sobre la esencia*, Alianza, Madrid, 1985, 149-150.

posiciones vitalistas, porque no hay que introducir la vida como un nuevo elemento que se sume a las partes materiales; y tampoco cae en un mecanicismo reduccionista, pues el todo aporta novedad a sus partes: hay las partes materiales, pero hay igualmente su combinación, y ella conforma un todo con propiedades nuevas e irreductibles a los elementos iniciales.

Como dicen Maturana y Varela, el ser vivo supone una novedad en tanto que logra constituir una unidad respecto al entorno: “cuando un espacio se divide en dos, nace un universo: se define una unidad”.<sup>3</sup> Y, según Zubiri, la unidad del ser vivo viene dada por la unidad esencial del todo –“sustantividad”, en su terminología–, que es previa a las partes. La identidad del ser vivo la caracteriza Zubiri como “mismidad”, frente a la mera “estabilidad” propia de los entes inanimados. Las cosas mantienen su identidad, entendida como estabilidad, *a pesar* del cambio, mientras que los seres vivos conservan la identidad, definida ya como mismidad, justamente *gracias* al cambio (funciones metabólicas).<sup>4</sup> Como dice brillantemente Zubiri, el ser vivo es siempre "el mismo", pero no es siempre “lo mismo”. Las cosas son estables, son siempre lo mismo; un ser vivo, sin embargo, no es siempre lo mismo, no posee identidad como estabilidad, pero es siempre el mismo: posee identidad como mismidad.

Con esta teoría, logra Zubiri fundamentar los distintos emergentismos, incorporados hoy en la mayoría de ciencias empíricas. Pero el problema es que ellos suelen entenderse como materialismos, porque es claro que si la teoría ontológica de las combinaciones funcionales se aplica sin más al hombre, estaría sirviendo de base ontológica para posiciones estrictamente materialistas: no sólo el psiquismo animal, sino la misma mente humana serían propiedades emergentes de un todo formado por elementos físico-químicos. Frente a esto, considero que el ser humano exige romper el emergentismo, pues en él aparece un nivel que ya no puede entenderse como biológico: el nivel del espíritu o la persona, frente al de la naturaleza.

Para justificar esto, tengo que volver la vista a la teoría del fundador de la fenomenología, Edmund Husserl. En su propuesta se mantiene la distinción clásica entre las “ciencias naturales” y las que en alemán se catalogan como “ciencias del espíritu”. En español evitamos este último término, sustituyendo las ciencias del espíritu

---

<sup>3</sup> *De máquinas y seres vivos*, Editorial universitaria, Chile, 1995, 63.

<sup>4</sup> Cf. *Estructura dinámica de la realidad*, Alianza, Madrid, 1989, 185 y 200.

por las ciencias “humanas”, y desde luego con “espíritu” Husserl se refiere a lo humano, al hombre..., pero en su peculiaridad respecto al animal, al hombre que es *más que* biología, y al que por ello podemos denominar “persona”. Husserl mismo emplea este término cuando introduce la distinción entre la “actitud personalista”, que es aquella en la que se da el mundo espiritual o personal, y la “actitud naturalista”, en la que se da el mundo natural y que es la propia del científico empírico.

Esta distinción resulta crucial pues la fenomenología husserliana se esfuerza en evitar lo que denomina la “naturalización” del espíritu, que se produce al absolutizar la actitud naturalista. Se cae así en un naturalismo o biologicismo en el que se entiende la naturaleza como la “realidad absoluta”, es decir, se absolutiza erróneamente la naturaleza y se convierte el espíritu en un mero anexo de lo físico, como sucede en el emergentismo materialista que trata lo propiamente humano como un epifenómeno emergente de lo biológico. Los pensadores naturalistas llegan a una “equivocada naturalización del espíritu, que se convierte para ellos en un anexo de lo físico, en un anexo contingente, es decir, empírico-fáctico [...]”.<sup>5</sup> Frente a eso, Husserl mostró de modo insuperable que la persona es irreductible al ámbito biológico de la naturaleza, porque ella se caracteriza por poseer eso que Husserl denomina la “conciencia” (la mente).

La conciencia está formada por las vivencias que constituyen nuestra vida: es el ver, el oír, el alegrarse, el amar...; y tiene una característica fundamental que es la “intencionalidad”, la apertura al mundo. La conciencia es siempre conciencia de lo que no es ella: el ver no es mero ver, sino ver el árbol, el oír es oír la música...; mi ver, oír o amar se refieren siempre a algo que no soy yo (al árbol, a la música). Por ello podemos decir que el hombre es un ser “abierto” y el resto de entes son seres “cerrados”, porque ellos no poseen conciencia intencional, pues no saben ni de sí mismos ni del resto de las cosas. Un vaso es un vaso, pero no sabe que es vaso y no sabe, desde luego, que está sobre una mesa, por la sencilla razón de que no sabe nada de la mesa. El vaso y la mesa son entes cerrados. Sólo el hombre posee la conciencia que le abre a un mundo, poniéndole en relación con el vaso, con la mesa y con el resto de cosas que le rodean. Pues bien, la conciencia

---

<sup>5</sup> *Natur und Geist, Husserliana XXXII*, 176. Aquí veremos cómo el naturalismo elimina el espíritu y el mundo individual a él ligado (en el nivel teórico y afectivo elimina la relación con el sentido y en el nivel tendencial elimina la libertad). Pero el naturalismo también prescinde del nivel de lo “ideal”, como mostró Husserl en su crítica al psicologismo.

intencional del hombre supone un salto ontológico radical respecto a cualquier combinación de elementos biológicos. Entre la conciencia (el aparecer) y el mundo dado a la conciencia (lo que aparece en el aparecer) hay un corte trascendental, es decir, esencial y no gradual (que va, pues, más allá de la novedad cualitativa de los emergentismos materialistas). El hombre, gracias a su conciencia, deja de ser un mero ser natural, porque es un ser que se sabe siendo, y este saberse siendo, este carácter “abierto” del hombre lo distingue esencialmente del resto de los seres vivos.

Frente al ser humano, los animales han de caracterizarse como seres “cerrados” que viven encerrados en su “entorno”, sin poder abrirse al “mundo” humano, dado en la conciencia intencional. Zubiri mismo describe certeramente esta peculiaridad del hombre frente a los animales, al caracterizar al hombre como un “animal de realidades”, frente a los animales que son “animales de estímulos”. Si, siguiendo a Zubiri, definimos estímulo como lo que está intrínsecamente ordenado a una respuesta, podemos decir que en el animal lo otro que él es un mero estímulo. Su alteridad consiste tan sólo en pertenecer al proceso sentiente como suscitador de respuesta; el estímulo *se agota* en esta pertenencia al proceso estímulo-respuesta. Como dice Zubiri, para el animal el calor es un mero estímulo, consiste únicamente en suscitar una respuesta (por ejemplo, de huida); esto significa que “el animal aprehende el calor como calentando, y sólo como calentando. Es lo que expresamos diciendo: el calor calienta”.<sup>6</sup> Por el contrario, el hombre es un “animal de realidades” que se caracteriza por captar lo real. En el sentir *intelectivo* humano, lo otro no se da como mero estímulo, sino como real. Mientras que para el animal “el calor calienta”, para el hombre “el calor es caliente”, es real: el calor es *más que* estímulo, es “de suyo”, pues su ser no se agota en estimular un organismo biológico. Y así la sorprendente distancia intencional que la conciencia humana es capaz de establecer frente a la realidad y, por tanto, frente a la naturaleza, impide todo intento de naturalización de la persona.

## 2. Causalidad y motivación

Como dice Zubiri, lo “real” se caracteriza frente a lo “ficticio” por su capacidad causal; por tanto, en una ontología pluralista reconocemos, no sólo una causalidad natural, sino también una causalidad estrictamente personal. Desde luego, la causalidad natural biológica no se agota en la causalidad físico-química, pues la vida constituye un nivel

---

<sup>6</sup> X. Zubiri, *Inteligencia y realidad*, Alianza, Madrid, 1984, 54.

emergente respecto al de las combinaciones químicas de los seres inertes. Al formarse una unidad frente al entorno, las relaciones causales se articulan en función de la unidad del ser vivo y se hacen, por tanto, mucho más complejas.<sup>7</sup> Pero aquí no puedo entrar en esto, pues me interesa mostrar que en el nivel de la persona la causalidad biológica deja paso a una causalidad espiritual o personal, a la que, siguiendo a Husserl voy a denominar “motivación”.

Husserl tiene el mérito de haber introducido la noción de “motivación” (*Motivation*) como ley fundamental del mundo “personal”,<sup>8</sup> frente a la “causalidad” que rige en el mundo “natural”. Sabemos que el mundo personal corresponde a la “actitud personalista” propia de la fenomenología; es el correlato de la conciencia intencional abierta al mundo. El mundo natural, sin embargo, es el dado en la “actitud naturalista” y es en él donde acontecen las relaciones de “causalidad” que nos resultan más familiares: la causalidad de una piedra que golpea el suelo o que quiebra una rama. Pero Husserl muestra que también en el mundo espiritual existe una causalidad –un “porqué”–, a la que propone denominar “motivación” para distinguirla así de la causalidad natural: se trata del “porqué” de la motivación. La motivación o causalidad espiritual es “la expresión general para el modo en que los hechos espirituales aparecen ‘sobre la base’ de otros hechos o ‘porque’ estos han aparecido. Y esta conexión del ‘por qué y porque’ (*Warum und Weil*) es una conexión que cae ella misma por completo en el ámbito espiritual y es ella misma algo espiritual”.<sup>9</sup>

La motivación nos sitúa en el nivel de la “comprensión”, propio de las ciencias humanas, de modo que la comprensión por motivos se opone a la explicación por

---

<sup>7</sup> En realidad, las relaciones de causalidad serían sólo las externas, las que relacionan al ser vivo con elementos del entorno, pues la causalidad se da entre realidades ya constituidas como tales. Para las relaciones internas, dentro del ser vivo, tendríamos que utilizar el término zubiriano de “respectividad” interna (la causalidad es respectividad externa entre sustantividades y dentro de una sustantividad hay respectividad interna entre partes). Además, en el psiquismo animal las leyes causales alcanzan su máxima complejidad, pues la causalidad físico-química deja paso a las relaciones estímulo-respuesta con distintos niveles de condicionamiento construidos a partir del entorno –causalidad con *feedback*– (o a la relación desencadenante-respuesta instintiva). La causalidad estímulo-respuesta no se reduce a causación físico-química (causa-efecto), porque el estímulo se da conscientemente al animal, pero en esto no puedo entrar aquí, ya que he de limitarme a mostrar cómo la causalidad estímulo-respuesta animal se distingue de la motivación humana. Como veremos, en el hombre hay causalidad física; pero no hay causalidad estímulo-respuesta, pues los mínimos reflejos e instintos innatos del hombre, deben entenderse como causalidad física vivida como tal por el sujeto (así se experimenta, por ejemplo, el elevarse de la pierna por el golpe del martillo –reflejo patelar).

<sup>8</sup> Utilizando, pues, el término “motivo” en sentido amplio, frente al sentido estricto limitado al ámbito de la libertad. Cf. *Ideas II*, &56 (*Ideen zu einer reinen Phänomenologie und phänomenologischen Philosophie*. Zweites Buch, Husserliana IV. A partir de ahora: Id.II (Trad. cast. *Ideas*. Libro II, UNAM, México, 1997).

<sup>9</sup> *Einleitung in die Ethik*, Husserliana XXXVII, 109 (primer subrayado mío). A partir de ahora EE.

causas, característica de las ciencias naturales. El biólogo explica un fenómeno como la sonrisa acudiendo a causas fisiológicas, mostrando cómo los músculos o las zonas cerebrales intervienen en los tipos de sonrisa (distinguiendo, por ejemplo, la sonrisa espontánea de la sonrisa artificial, denominada “piramidal” por referencia al tracto piramidal), pero el científico humano intenta comprender el motivo de la sonrisa o de la risa, o de la furia o del odio; el sociólogo o el historiador quiere comprender los motivos de los hombres, por qué los hombres se comportan o se han comportado así.<sup>10</sup>

Veamos ya la diferencia entre motivación y causación. La motivación tiene lugar en el ámbito de la conciencia intencional abierta al mundo; es decir, el motivo está en el mismo plano de donación que el objeto intencional, que es lo que aparece en tanto que aparece y, por tanto, el motivo está siempre dado al sujeto: el sujeto vive el motivo justamente como lo que le mueve. La motivación puede acontecer en el nivel teórico, afectivo o tendencial. En el nivel teórico, cuando una persona realiza una inferencia correcta decimos que las premisas motivan racionalmente la conclusión: estas premisas hacen que el sujeto emita esta conclusión, le llevan a ello. En el nivel afectivo, una buena noticia motiva una respuesta de alegría en la persona que la escucha. Y en el tendencial, el buen sabor del chocolate motiva la volición en la que decido comprar una caja de bombones.

Mientras el motivo se da al propio sujeto de los actos, la búsqueda de causas nos saca de la inmediatez de lo dado al sujeto. La causa de un fenómeno, que es calificada por Husserl como causa “real” (porque va más allá de lo dado al sujeto),<sup>11</sup> debe ser

---

<sup>10</sup> “Ninguna investigación causal por amplia que sea puede mejorar la *comprensión* (*Verständnis*) que tenemos cuando hemos entendido la motivación de una persona. [...] La causalidad de la naturaleza en las ciencias naturales tiene su correlato en leyes naturales conforme a las cuales puede determinarse unívocamente [...] qué es lo que debe seguirse bajo circunstancias unívocamente determinantes. En cambio, cuando en la esfera de las ciencias del espíritu se dice que el historiador, el sociólogo o el investigador de la cultura quiere ‘explicar’ *facta* de las ciencias del espíritu, esto significa que quiere esclarecer motivaciones, que quiere hacer *comprendible* cómo los hombres respectivos llegaron a comportarse así y así [...]”, *Id II* &56, 229, subr. mío. “La causalidad espiritual o motivación es por tanto algo por completo (*durchaus*) *comprendible* (*Verständliches*) y permanece en cada paso bajo leyes esenciales, según las cuales *toda génesis espiritual*, puede, por principio *hacerse comprensible hasta el final*”, *EE*, 109.

<sup>11</sup> Como sabemos, en la teoría de Husserl la causa “real” queda desconectada en la reducción trascendental (que se sitúa en la “irrealidad” del fenómeno dado al sujeto). Pero aunque propongamos una ontología pluralista que nos permita salir de la reducción y reconozcamos, por tanto, la existencia de causas reales entre las que también se encuentran las materiales, lo importante es no negar el nivel del espíritu. El naturalismo considera como únicas causas las materiales, justamente en tanto que ellas son las causas “reales” u “objetivas”, frente a la mera subjetividad del individuo, que carecería de “realidad” en sentido estricto. Frente a esto, en la ontología pluralista, al no olvidar la primacía de la actitud

determinada desde una teoría “metafísica”, de modo que las distintas metafísicas la entienden de modos diferentes: la causa real de un fenómeno psíquico puede ser una causa material o una sustancia espiritual finita (alma) o Dios... En la actitud naturalista, las causas son las causas materiales que estudia el científico. La causa de una percepción sería, en primer lugar, el estímulo que parte del objeto externo y que actúa sobre el cuerpo: sobre el órgano sensorial y después sobre el sistema nervioso, terminando en el nivel neuronal, que, a su vez, actúa sobre la conciencia y genera así la percepción. En un estado afectivo como la alegría, el motivo que la hace comprensible es quizás una buena noticia, pero las causas incluyen el nivel corporal-neuronal (áreas cerebrales emocionales). Y, por citar un ejemplo clásico, Sócrates afirmaba que las causas de su decisión de no huir de la prisión eran sus “huesos y tendones”; muy diferentes de los motivos, pues es sólo “por la elección de lo mejor” por lo que Sócrates permanece en la prisión para afrontar su muerte.<sup>12</sup> En definitiva, mientras que los motivos han de estar siempre dados al sujeto del acto, para acceder a la causa hemos de contemplar la situación, no desde la perspectiva del sujeto que vive el acto en cuestión, sino desde un segundo sujeto<sup>13</sup> que es el que adopta la actitud naturalista –que puede incluso ser el mismo sujeto, pero en tanto que ha cambiado de actitud.

Para entender el ámbito personalista de los motivos, hemos de tener en cuenta lo visto en el apartado anterior, porque es la apertura intencional del hombre al mundo (el ser un animal de realidades), lo que permite que la causalidad biológica (que en el animal es causalidad estímulo), deje espacio a la motivación: el punto de partida es, pues, la donación del mundo, de modo que la motivación aparece al considerar la respuesta del sujeto a dicho mundo. Partimos así del sujeto que está situado en la realidad donde se le dan las cosas del mundo, que son cosas teóricas, pero también cosas dotadas de “valor”, es decir, cosas que no son mero ser neutral, sino ser valioso (ser que merece ser). Esta realidad no es un estímulo que exija una respuesta, pero esto no implica que haya de dejar indiferente al hombre. Lo real, a través justamente de su dimensión valorativa –de su

---

personalista, admitimos no sólo causas materiales, sino también causas reales espirituales, que son las que actúan en los actos libres (causalidad por libertad).

<sup>12</sup> En la clasificación aristotélica de las causas, la causa sería la causa eficiente y el motivo tendría que corresponder a la causa final, pero el problema es que hemos de distinguir el fin del motivo, aunque ambos estén muy relacionados.

<sup>13</sup> El científico empírico o bien el sujeto normal, que, aunque no llegue a las causas últimas que fija el científico, puede tener una cierta captación intuitiva de la causalidad, como cuando capta que el beber vino produce alegría o que los tendones permiten mover las piernas para salir de prisión.

belleza, su carácter agradable... --también insta al sujeto a que responda a ello. Y a esto lo denominamos motivación y no estimulación: lo real motiva al sujeto, de modo que el binomio estímulo-reacción deja paso, en el hombre, al binomio motivo-respuesta.<sup>14</sup>

Como sabemos, esta estructura ontológica del ser humano constituye la condición trascendental de la libertad. Frente al estímulo, el animal responde de forma necesaria (pre-fijada), pues el estímulo es lo que está intrínsecamente ordenado a una respuesta. Por el contrario, el hombre se sitúa ante realidades y, como la realidad no consiste en generar respuestas, ante ella el hombre puede comportarse libremente (volición como respuesta libre a motivos). Mientras el animal huye necesariamente ante el fuego, el hombre puede entrar en un edificio ardiendo para rescatar a un compañero. Pero, además del nivel volitivo, es importante estudiar el nivel afectivo: las emociones. En ellas no hay libertad (la causa eficiente es, pues, material, no espiritual) y podríamos pensar, pues, que en este ámbito de la afectividad (y del deseo), en el que el sujeto es pasivo, hay mera causación. Pero, en realidad, no es así –aunque así se considere en estudios tan difundidos como los de Damasio.

Efectivamente, el sujeto de las emociones responde a motivos y, además, de acuerdo con la razón afectiva que defiende la fenomenología (basada en la donación del valor en el “percibir afectivo”), dichos motivos pueden ser motivos racionales,<sup>15</sup> articulados, a su vez, en correctos e incorrectos. Las emociones correctas son las que se adecuan al valor dado (responden tal como merece la realidad valiosa) y a ellas las he denominado “respuestas afectivas”, frente a las “meras emociones”, que serían emociones incorrectas.<sup>16</sup> Pues bien, las meras emociones, en tanto que se alejan del sentido (de la adecuación al valor), nos invitan a pasar a la actitud naturalista, porque, al no seguir las leyes racionales, podemos preguntarnos si siguen las naturales. Y en la actitud naturalista ya resulta posible definir las “emociones fisiológicas” (que en el naturalismo se consideran, en realidad, como modelo de toda emoción). Se trata de emociones generadas *de modo directo* mediante causas físico-químicas que actúan a nivel biológico,

---

<sup>14</sup> Zubiri aplica el término “estímulo” también al hombre, en el que el estímulo es realidad “estimulante” (estímulo que no se agota en ser estímulo). Por ello para marcar la diferencia con el animal, ha de introducir en el caso del animal un término técnico: el estímulo animal es “estimúlico”, pues es “meramente estimulante” y no “realidad” estimulante. Pero quizás sea mejor denominar “motivante” a la realidad que afecta al hombre y reservar así el término “estímulo” para el animal.

<sup>15</sup> También hay motivos “pre-racionales” asociativos.

<sup>16</sup> Cf. “Sobre la intencionalidad secundaria de las emociones” (*Dianoia*, en prensa). Un ejemplo de respuesta afectiva es la indignación ante una injusticia y una mera emoción sería un arrebato de ira debido a un leve roce en el coche.

alterando la fisiología corporal. Como ejemplos podemos considerar aquellos en los que las causas son internas al cuerpo (enfado por hambre, tristeza por cansancio) o los causados mediante intervenciones externas directas sobre dicho cuerpo: son conocidos los casos de ingestión de sustancias como el alcohol que, al hacer que el cuerpo genere endorfinas, producen estados de bienestar; pero también conviene mencionar sustancias químicas más elaboradas como el Prozac o las lesiones neurológicas que alteran la afectividad o los intentos de la neurocirugía para modificar con cierta precisión la afectividad del paciente.

Esta causación directa nos podría llevar a pensar que en las meras emociones sólo interviene el nivel causal. Sin embargo, a mi juicio, dichas emociones han de seguir entendiéndose desde el sentido (comprensión por motivos), aunque sólo sea para poder calificarlas como “sinsentido”. Es cierto que, al no ser esencial en ellas la corrección, esto permite que en algunos casos sean generadas mediante causación directa (emociones fisiológicas). Pero es importante insistir en que esto resulta imposible en las respuestas afectivas. Debido a su pasividad, en las respuestas afectivas pueden incluso llegar a determinarse las causas materiales, mas lo decisivo es que dichas causas no son las que las convierten en respuestas afectivas: el ser una respuesta afectiva depende de las leyes del sentido, que no son generables por causación empírica.

En conclusión, me gustaría haber mostrado aquí la primacía de la actitud personalista frente a la naturalista, porque, como dice Husserl, la persona que absolutiza la actitud naturalista sólo es capaz de hacerlo gracias a un cierto olvido de sí mismo.<sup>17</sup> Únicamente en este olvido de su propia vida consciente, puede el hombre absolutizar la naturaleza, entendiéndose a sí mismo como un ser biológico que reacciona ante estímulos externos, en lugar de como una persona motivada por el carácter valioso de la realidad, que se alegra por una buena noticia o se indigna ante una injusticia; o que quizás decide buscar dificultosamente la verdad, como sucede cuando alguien intenta desentrañar hasta el final la complejidad de un organismo biológico, pero sin caer por ello en el naturalismo, es decir, sin llegar a olvidarse de sí mismo, de su ser persona.

---

<sup>17</sup> “Aquí no hay dos actitudes con igual derecho y de igual orden [...], sino que la actitud naturalista se subordina a la personalista, y adquiere cierta independencia mediante una abstracción o, más bien, mediante una especie de olvido de sí mismo del yo personal, absolutizando así a la vez ilegítimamente su mundo, la naturaleza”, *Id.* II, 183-4.

Simposio 5

LAURA NUÑO DE LA ROSA (coord.),

[lauranrg@gmail.com](mailto:lauranrg@gmail.com)

SERGIO BALARI, ARANTZA ETXEBERRIA, GUILLERMO  
LORENZO, DIEGO RASSKIN-GUTMAN, MIQUEL DE RENZI

“Desafíos conceptuales de la evo-devo actual”

SERGIO BALARI y GUILLERMO DE LORENZO

“Biolingüística Evolutiva del Desarrollo”

ARANTZA ETXEBERRIA

“Sobre el carácter formal versus experimental de la morfología en evo-devo”

LAURA NUÑO DE LA ROSA

“El problema de la función en evo-devo”

DIEGO RASSKIN-GUTMAN

“Restricciones, constreñimientos, limitaciones, desarrollos y evoluciones”

MIQUEL DE RENZI

“Biomorfodinámica y evo-devo: ¿es todo funcionalidad?”

# BIOLINGÜÍSTICA EVOLUTIVA DEL DESARROLLO

SERGIO BALARI

*Departament de Filologia Catalana, Àrea de Lingüística General*

*Universitat Autònoma de Barcelona (Espanya)*

[Sergi.Balari@uab.cat](mailto:Sergi.Balari@uab.cat)

GUILLERMO LORENZO

*Departamento de Filología Española, Área de Lingüística General*

*Universidad de Oviedo*

[glorenzo@uniovi.es](mailto:glorenzo@uniovi.es)

## 1. Introducción

LA REHABILITACIÓN DEL ESTUDIO EVOLUTIVO DEL LENGUAJE es un hecho relativamente reciente, prácticamente coetáneo al surgimiento y consolidación de la biología evolutiva del desarrollo (evo-devo). No obstante, el estudio biológico del lenguaje (biolingüística) no se ha beneficiado particularmente hasta ahora del rico marco conceptual aportado por esta disciplina. Por el contrario, la biolingüística sigue anclada en la idea de que el lenguaje, o al menos aquellos de sus componentes que pueden considerarse nucleares, es estrictamente humano y se encuentra desconectado de la dotación biológica de otras especies (Hauser, Chomsky y Fitch 2002). En palabras de Chomsky: “La cuestión biológica fundamental es: ¿Qué propiedades de un sistema lingüístico le son específicas?” (Chomsky 2012: 22; trad. SB & GL). Así, la supuesta brecha, y no la conexión profunda, entre el lenguaje y la cognición no humana ha conseguido convertirse en el *explanandum* fundamental de la biolingüística. En nuestra opinión, se trata del efecto de no haber establecido el marco de referencia adecuado para las comparaciones a que obliga la perspectiva evolutiva y de haber confiado ciegamente en una categoría funcional, la de “comunicación”, sin correlato formal alguno y por tanto

inútil para establecer verdaderas homologías entre el lenguaje y otras capacidades no humanas (Balari y Lorenzo 2010, 2013: cap. 3). Son dos errores más que suficientes para integrar la biolingüística en el marco disciplinar de la evo-devo, más allá de apelaciones superficiales y en el fondo puramente nominales (Chomsky 2010; Benítez-Burraco y Longa 2010, para una crítica).

## **2. Hacia una biolingüística evolutiva del desarrollo**

El elemento central de nuestra propuesta consiste, por tanto, en liberar definitivamente el estudio de las capacidades lingüísticas humanas de toda referencia a su función comunicativa y en centrar la atención en aquellas estructuras biológicas que posibilitan, entre otras cosas, el ejercicio de dicha función (Balari y Lorenzo 2010, 2013: cap. 3). A nuestro entender, un buen punto de partida para abordar el problema es aceptar la propuesta original de Hauser, Chomsky y Fitch (2002) según la cual estas estructuras se corresponderían con un motor central o Complejo Computacional Central (CCC) conectado con diferentes módulos cognitivos a través de una serie de interfaces que, como sería el caso de la interfaz sensomotriz, permitirían, por ejemplo, la exteriorización de las expresiones construidas por el CCC. No compartimos con Hauser, Chomsky y Fitch (2002), sin embargo, su posicionamiento *a priori* sobre la naturaleza específicamente humana del CCC, ya que existen, en nuestra opinión, suficientes evidencias filogenéticas, ontogenéticas y neuroanatómicas que sugieren precisamente todo lo contrario. En primer lugar, parece probable que el correlato neuroanatómico del CCC sería una serie de circuitos cortico-subcortico-corticales asociados con la regulación de diferentes aspectos motores y cognitivos, cuyo principal componente subcortical serían los ganglios basales (Cummings 1993, Lieberman 2006, Balari y Lorenzo 2008). En este sistema, el papel de los ganglios basales sería, precisamente, el de un motor de secuenciación, quedando para las áreas corticales el papel de aportar la memoria de trabajo necesaria para la ejecución de las operaciones dicho motor. En segundo lugar, desde el punto de vista evolutivo, los ganglios basales se han descrito como estructuras muy conservadoras entre los amniotas (Reiner *et al.* 1984) y, de hecho, la evidencia comparativa demuestra que, salvo algunas modificaciones en las pautas de interconexión, los ganglios basales comparten en todas estas especies animales un esquema organizativo fundamental (Streidter 2005). Finalmente, desde la

genética del desarrollo se ha demostrado que genes ortólogos del FOXP2 humano también participan en el proceso de desarrollo de los ganglios basales de las aves, por ejemplo (Rocheffort *et al.* 2007), a lo que hay que sumar el hecho de que, en las especies canoras, estas estructuras subcorticales juegan un papel fundamental en la ejecución de esta conducta (Ding y Perkel 2002).

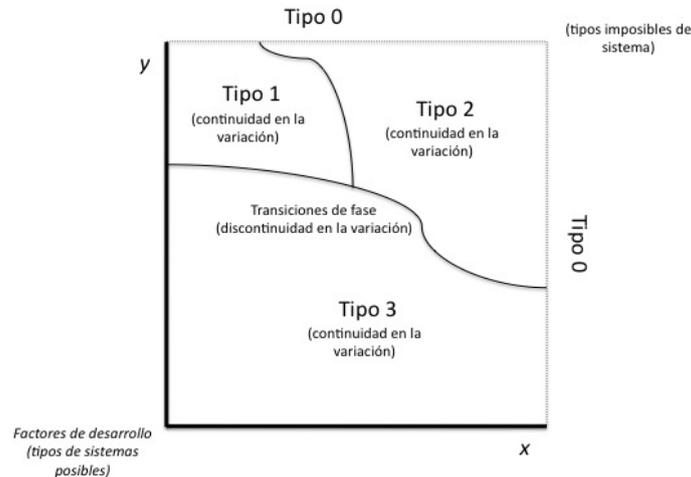
Todos estos datos sugieren que el CCC no solo no es específicamente lingüístico o específicamente humano, sino que puede ponerse en relación con estructuras semejantes en otras especies, incluso algunas evolutivamente muy distantes, con las cuales comparte propiedades formales, pautas ontogenéticas y, crucialmente, un modo de actividad, en el sentido de que es un sistema natural de computación. Dicho sistema tendría una historia evolutiva muy larga y conformaría el sustrato biológico de procesos cognitivos tan diversos como los que subyacen al lenguaje humano o al canto de los pájaros que, pese a no poder ser consideradas conductas homólogas en tanto que conductas comunicativas, sí parecen mostrar una homología profunda en cuanto a las actividades computacionales que las sustentan.

### **3. Evolución morfológica y homología computacional**

Nuestra idea, por tanto, es que “computar” es la función/actividad (Love 2007) en que debemos basar la existencia de un hilo de continuidad entre el lenguaje y otras capacidades no humanas que podremos considerar “homólogas” en consonancia con criterios independientemente aceptados, como por ejemplo el “concepto biológico de homología” (Wagner 1989), el cual remite a la existencia de factores y constricciones comunes en el desarrollo de los órganos correspondientes. Evo-devo nos facilita, además, modelos adecuados para explicar tanto esa línea de continuidad en el desarrollo como la discontinuidad aparente en los fenotipos alcanzados, en la que tradicionalmente se ha centrado la atención de los lingüistas. Por ejemplo, podemos basar en el modelo de “evolución morfológica” de Pere Alberch (Alberch 1989, 1991, entre otros trabajos) la idea de que los diferentes homólogos de CCC deben su desarrollo a un mismo conjunto de factores o parámetros, cuyos valores están sujetos a perturbaciones que determinarán la localización de los fenotipos resultantes en diferentes lugares del espacio delimitado por aquellos. Siguiendo también a Alberch, podemos entender que los “espacios paramétricos” así definidos se fragmentan en subespacios que se

corresponden con las discontinuidades observadas en la pauta de variación propia de cualquier órgano (ver Odell *et al.* 1982 y Oster y Alberch 1982, para una aplicación a la morfogénesis de los diferentes órganos de la piel). De este modo se capta que la evolución morfológica no responde a una pauta lineal, ya que los parámetros pueden verse perturbados continuamente sin dar lugar a modificaciones fenotípicas de alcance (“innovaciones clave”, en el sentido de Reid 2007) salvo al producirse la convergencia de ciertos valores críticos. La propuesta que nosotros venimos desarrollando para acomodar a este modelo el caso particular de la diversificación y evolución de CCC (Balari y Lorenzo 2008, 2009 y 2013) se basa en la naturalización de la Jerarquía de Chomsky, que ordena los lenguajes formales, las gramáticas subyacentes a ellos y los autómatas capaces de generarlos y reconocerlos en una serie de tipos de complejidad creciente. En la base de la jerarquía se encuentra el Tipo 3, en el que los lenguajes sólo obedecen a restricciones de adyacencia lineal; por encima se localiza el Tipo 2, en el que los lenguajes pueden además manifestar dependencias a distancia anidadas; a continuación se localiza el Tipo 1, en el que los lenguajes pueden también mostrar dependencias cruzadas; y, finalmente, el Tipo 0 es compatible con cualquier tipo de dependencias. Nosotros los consideramos “fenotipos computacionales”, basando su naturalización en las siguientes premisas: (1) cada tipo en la jerarquía de lenguajes se corresponde con un tipo de autómata, una máquina abstracta o virtual pero físicamente implementable, lo que da crédito a la idea de que el cerebro pueda contener un sistema orgánico con semejantes propiedades; y (2) que la diferencia entre los tipos de autómata en cuestión radica en el tipo de “memoria de trabajo” accesible a cada uno de ellos, un dispositivo computacional razonablemente vinculable con una función/actividad cerebral sujeta a una pauta de diversificación equivalente. Tales ideas nos obligan en todo caso a excluir al Tipo 0 del morfoespacio computacional resultante, ya que un sistema sin limitación de memoria alguna resulta biológicamente inviable. En términos de Rasskin-Gutman (2005), diremos que forma parte del “morfoespacio teórico”, pero no del “morfoespacio empírico”. Teniendo todo esto en cuenta, proponemos la existencia de un morfoespacio computacional como el que se representa muy idealizadamente en la Figura 1, siguiendo de cerca a Alberch, aunque declarando de antemano la escasez de datos en los que basar por el momento cuestiones tales como la probabilidad relativa de cada fenotipo (el Tipo 3 parece desde luego altamente

extendido), la proclividad de cada uno de ellos a transformarse en alguno de los otros (la imagen no favorece en todo caso una progresión de tipo escalar entre los tipos respetando los niveles de complejidad) o los factores que exactamente delimitan el morfoespacio (aunque información de tipo molecular relevante ha empezado a acumularse en los últimos años).



**Figura 1.** Morfoespacio computacional.

De acuerdo con nuestra idea, los fenotipos computacionales localizados en algún punto de este morfoespacio difieren también entre sí por el tipo de conexiones (o interfaces) que llegan a fijar evolutivamente en diferentes especies. Así, no parece que en las aves (o en muchas de ellas) CCC tenga acceso a los sistemas de pensamiento con que se encuentra evidente conectado en los humanos, aunque sí a los sistemas en que se basa su canto u otras actividades menos estudiadas, como las habilidades constructivas, y en alguno de esos casos podría haber alcanzado niveles de complejidad equiparable a la versión humana (Balari y Lorenzo 2013: cap. 7). En casos en que CCC parece conectado tanto a sistemas de tipo conceptual como a sistemas de tipo sensomotriz, como en los dedicados a la emisión de señales de alarma en algunos monos, no ha alcanzado por todo lo que sabemos niveles de complejidad por encima del Tipo 3 (Balari y Lorenzo 2013: capítulo 7). El planteamiento, y sin entrar en mayores consideraciones, rompe cualquier tipo de vínculo privilegiado entre CCC y las habilidades subyacentes a los comportamientos habitualmente asociados a la idea de comunicación (a las habilidades constructivas señalada arriba, podemos sumar otras, como la navegación y orientación espacial, la lectura de la mente ligada a la inteligencia

social, etc., en que la implicación de un sistema tal resulta evidente). Independientemente del nivel de complejidad y de la pauta de conectividad que CCC alcance en cada contexto específico, se tratará en todos los casos del mismo órgano bajo diferentes variantes en forma y función, en un sentido que apenas modifica el concepto original de “homología” debido a Owen (1843), salvo por el énfasis puesto en el desarrollo como fundamento último de la relación (algo no del todo ajeno a Owen, por cierto; Balari y Lorenzo, en prensa) y la introducción del nivel computacional como uno más en el que es posible documentarla.

## REFERENCIAS

- Alberch, Pere (1989). The logic of monsters: Evidence for internal constraint in development and evolution. *Geobios* 12 (mémoire spécial): 21-57.
- Alberch, Pere (1991). Del gen al fenotipo: Sistemas dinámicos y evolución morfológica. *Revista Española de Paleontología* (número extraordinario “El estudio de la forma orgánica y sus secuencias en Paleontología Sistemática, Paleontología y Paleontología Evolutiva”): 13-19.
- Balari, Sergio; y Lorenzo, Guillermo (2008). Pere Alberch’s developmental morphospaces and the evolution of cognition. *Biological Theory* 3(4): 297-304.
- Balari, Sergio; y Lorenzo, Guillermo (2009). Computational phenotypes: Where the theory of computation meets Evo-Devo. *Biolinguistics* 3(1): 2-60.
- Balari, Sergio; y Lorenzo, Guillermo (2010). Communication. Where evolutionary linguistics went wrong. *Biological Theory* 5(3): 228-239.
- Balari, Sergio; y Lorenzo, Guillermo (2013). *Computational Phenotypes. Towards an Evolutionary Developmental Biolinguistics*. Oxford: Oxford University Press (en prensa).
- Balari, Sergio; y Lorenzo, Guillermo (en prensa). Reivindicación del villano. En R. Owen, *Discurso sobre la Naturaleza de las Extremidades* (trad. de Sergio Balari; introducción, edición y notas de Sergio Balari y Guillermo Lorenzo). Oviedo: KKK.

- Benítez-Burraco, Antonio; y Longa, Víctor M. (2010). Evo-Devo—Of course, but which one? Some comments on Chomsky's analogies between the biolinguistic approach and Evo-Devo. *Biolinguistics* 2(2-3): 225-232.
- Chomsky, Noam (2010). Some simple evo devo theses: How true might they be for language. In R.K. Larson, V. Déprez y H. Yamakido (eds.), *The Evolution of Language. Biolinguistic Perspectives*. Cambridge: Cambridge University Press, 45-62.
- Chomsky, Noam (2012). *The Science of Language. Interviews with James McGilvray*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Cummings, Jeffrey L. (1993). Frontal-subcortical circuits and human behavior. *Archives of Neurology* 50: 873-880.
- Ding, Long; y Perckell, David J. (2002). Dopamine modulates excitability of spiny neurons in the avian basal ganglia. *Journal of Neuroscience* 22: 5210-5218.
- Hauser, Marc D.; Chomsky, Noam; y Fitch, W. Tecumseh (2002). The faculty of language: What is it, who has it, and how did it evolve?. *Science* 298: 1569-1579.
- Lieberman, Philip (2006). *Toward an Evolutionary Biology of Language*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Love, Alan C. (2007). Functional homology and homology of function: Biological concepts and philosophical consequences. *Biology and Philosophy* 22: 691-708.
- Odell, Garret M.; Oster, George F.; Alberch, Pere; y Burnside, Beth (1981). The mechanical basis of morphogenesis: I. Epithelial folding and invagination. *Developmental Biology* 85: 446-462.
- Oster, George F.; y Alberch, Pere (1982). Evolution and bifurcation of developmental programs. *Evolution* 36: 444-459.
- Owen, Richard (1843). *Lectures on the Comparative Anatomy and Physiology of the Invertebrate Animals*. London: Longman, Brown, Green, and Longmans.
- Rasskin-Gutman, Diego (2005). Modularity: Jumping forms within morphospace. In W. Callebaut and D. Rasskin-Gutman (eds.), *Modularity: Understanding the Development and Evolution of Complex Systems*. Cambridge, MA: MIT Press, 207-219.

- Reid, Robert G.B. (2007). *Biological Emergences. Evolution by Natural Experiment*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Reiner, Anton; Brauth, Steven E.; y Karten, Harvey J. (1994). Evolution of the amniote basal ganglia. *Trends in Neurosciences* 7: 320-325.
- Rochefort, Christelle; He, Xiaolu; Scotto-Lomassese, Sophie; y Scharff, Constance (2007). Recruitment of FOXP2-expressing neurons to Area X varies during song development. *Developmental Neurobiology* 67: 809-817.
- Striedter, Georg F. (2005). *Principles of Brain Evolution*. Sunderland, MA: Sinauer.
- Wagner, Günter P. (1989a). The biological homology concept. *Annual Review of Ecology and Systematics* 20: 51-69.

# SOBRE EL CARÁCTER FORMAL VERSUS EXPERIMENTAL DE LA MORFOLOGÍA EN EVO-DEVO

ARANTZA ETXEBERRIA

*Departamento de Lógica y Filosofía de la Ciencia y*

*IAS-Research Center for Life, Mind and Society*

*Universidad del País Vasco - Euskal Herriko Unibertsitatea, UPV-EHU (España)*

[arantza.etxeberria@ehu.es](mailto:arantza.etxeberria@ehu.es)

## **1. El papel de la morfología en la biología evolutiva**

EN GENERAL EN LA BIOLOGÍA EVOLUTIVA la noción de patrón (*pattern*) o forma se refiere a las filogenias y no a las morfologías: los patrones reflejan el orden genealógico de la naturaleza que (cladística). Así, se distinguen habitualmente los campos *descriptivos*, dedicados a los patrones evolutivos (sistemática, paleontología, anatomía comparada) y los *explicativos*, que deben dar cuenta de los procesos causales de la evolución (deriva, selección). Por tanto, cuando en la biología evolutiva se considera el papel de la morfología, algunos autores proponen que tiene un rol puramente formal o descriptivo. Por ejemplo, Ghiselin escribe:

[M]orphology is a formal, descriptive science, one that has to be conjoined with other disciplines if it is to tell us anything about causes. One might say that it provides the data that have to be explained in terms of something else. (2006: 310)

Sin embargo, en la Biología Evolutiva del Desarrollo (o evo-devo) estas nociones cambian, pues en este área se subraya la relevancia de la morfología y los patrones orgánicos en el estudio de la evolución, muchas veces de forma que no son un mero *explanans* de la actividad investigadora, sino un *explanandum* pleno. Aun así, en

esta perspectiva hay diferentes enfoques para estudiar los patrones y los procesos y la cuestión que permanece abierta es si la morfología podría basarse en la búsqueda de causas para explicar los patrones, o si la variedad de los mismos es tal que no pueden ordenarse en base a los mecanismos subyacentes. Hay una tradición, con autores como Wake (1982) o Alberch (1985), que ha defendido que la forma y la morfología cumplen un papel causal funcional, que puede estudiarse experimentalmente. Así, Wake dice:

Today we see [...] a renaissance in morphology. [...] While morphologists have long relied on the comparative method, and in fact the comparative method may be anatomy's outstanding contribution to science in general, the new morphology incorporates as well the experimental method. I define functional and evolutionary morphology as that field of science which examines the evolution of form by combining comparative and experimental methods of analysis. (1982: 605)

Morphology is, of course, the study of form, and in its purest state it deals with the materials of tissues, organs, and organisms as well as with the forces that mold them. (1982: 606)

El objetivo de este trabajo es considerar los desafíos de la dualidad genealógico/generativo en evo-devo, en lo que respecta a los compromisos sobre si la forma concierne sólo a la descripción o también a la explicación de la diversidad.

El enfoque genealógico se centra en la riqueza y diversidad de los patrones que existen en la naturaleza y la forma en la que estos patrones de desarrollo pueden relacionarse con las explicaciones evolutivas. Está centrado en el método comparativo, y considera que la exigencia explicativa podría impedir tener en cuenta toda la variabilidad inherente a las formas en la evolución (Scholtz, 2008, 2010).

El enfoque generativo considera que los procesos morfológicos son mecanismos para generar formas (posibles o existentes) y estudiar cómo estas se mantienen y cambian en la evolución. Su estudio experimental ofrecería explicaciones causales y mecanicistas. Sus defensores también se basan en el método comparativo pero consideran que los patrones pueden primeramente detectarse a nivel de taxones

superiores de forma que la variabilidad aparezca como “temas” o “variaciones” de un motivo común (ver Wake (1982) y Wake *et al.* 2011).

En Nuño de la Rosa y Etxeberria (2011) la dicotomía patrones y procesos en evo-devo se examina teniendo en cuenta varios enfoques sobre la naturaleza de los patrones y los procesos en evo-devo. Ahí distinguimos tres enfoques fundamentales en la historia de la evolución y el desarrollo: 1) en el *enfoque transformacional*, se comparan los estadios de desarrollo y se comprueba si se han conservado o se han alterado en la evolución; 2) en el *enfoque morfogenético*, se explican los cambios entre patrones (mediante procedimientos formales y experimentales) como resultado de cambios en los procesos generativos; 3) en el enfoque de procesos, la principal ontología que se tiene en cuenta son los procesos, que deben estudiarse separadamente de los patrones, como procesos mismos (biología diacrónica) o como pasos de los patrones (observados).

En suma, hay un desacuerdo sobre los méritos respectivos del enfoque experimental o el comparativo para estudiar la morfología, o sobre la metodología de análisis y síntesis, así como una diferente metafísica de forma y materia. Este desacuerdo es evidente si se considera la biología evolutiva estándar de la Síntesis Moderna y la evo-devo más reciente, pero es también un asunto que permite explorar la heterogeneidad de la propia evo-devo y la naturaleza de sus debates internos.

## **2. La disociación entre patrones y procesos y el enfoque comparativo**

Uno de los argumentos principales a favor del enfoque procesual ha sido que los patrones y procesos de desarrollo a menudo aparecen disociados en los taxones diferentes. ¿Tiene esto consecuencias para asignar un papel a la morfología? La cuestión sería si eso significa que el enfoque morfogenético (causal) para explicar la generación de formas es, por ello, menos relevante para estudiar la evolución de los que muchos investigadores que han defendido el mecanicismo en la biología evolutiva (por ejemplo, Wagner *et al.* 2000) han defendido. Y entonces parecería que la morfología requiere un enfoque puramente formal.

En este trabajo exploramos dos tipos de respuestas a esta cuestión, pues el desafío de la variabilidad de las rutas de desarrollo para generar homólogos ha encontrado dos reacciones diferentes: la generativa y la genealógica.

Desde el punto de vista generativo, el interés está en el estudio de las causas, y en la asimetría entre los procesos de desarrollo y los patrones evolutivos aparece como un argumento en favor de la autonomía de los procesos. Desde esta perspectiva los procesos de desarrollo pueden variar y evolucionar independientemente, de forma que adquieran nuevos roles de desarrollo en el curso de la evolución. Pero aun así, sus defensores consideran que el proyecto de vincular los patrones con los procesos puede mantenerse, aunque de forma mucho más compleja.

Desde el punto de vista genealógico la independencia evolutiva de patrones y procesos implica que no hay una relación causal necesaria entre los estadios ontogenéticos. Desde el punto de vista de la evolución los procesos de desarrollo no deberían considerarse como conduciendo hacia un patrón dado, sino como caracteres en sí mismos. Desde el punto de vista del desarrollo habría una diversidad de las formas (relacionadas con los estadios) y la morfología adulta no sería el resultado del desarrollo sino un estadio entre muchos.

En lo que respecta a la variación, para el enfoque generativo la variabilidad aparece como patrones acotados de formas morfológicas. Trata de explicar la variación existente empíricamente y los nuevos patrones posibles como un proceso sintético. Para el enfoque genealógico la variabilidad de las formas o las morfologías que aparecen en los procesos filogenéticos u ontogenéticos deben analizarse como los patrones que componen estructuras (espaciales o temporales) (en un sentido muy cercano al enfoque que llamamos transformacional en Nuño de la Rosa y Etxeberria 2012).

### **3. Discusión**

El examen de las diferentes perspectivas dentro de la evo-devo en términos de patrones y procesos está resultando interesante para descubrir nuevas dimensiones de heterogeneidad interna dentro de este campo. Ello permite revelar un elemento crucial para la discusión filosófica, porque generalmente la evo-devo suele analizarse en relación con la biología evolutiva más estándar, sin prestar atención a su heterogeneidad interna. Más específicamente la dialéctica de patrones y procesos revela tensiones internas sobre el papel de la morfología para estudiar la evolución: el enfoque generativo busca entender como los procesos morfológicos pueden actuar como

mecanismos para generar la forma orgánica (existente o posible) y cómo esta se mantiene y cambia en la evolución. El enfoque genealógico presta atención a la riqueza de patrones que existe en la naturaleza y para relacionar los patrones de desarrollo con las explicaciones evolutivas.

Ambas están en desacuerdo sobre los méritos respectivos del enfoque formal o experimental para estudiar la morfología, o sobre la metodología de análisis o síntesis y sostienen posiciones metafísicas dispares sobre la forma y la materia. Estas diferencias pueden ser particularmente relevantes en el contexto del uso de modelos computacionales de las morfologías para estudiar la evolución, donde el enfoque genealógico perseguiría necesariamente un enfoque combinatorio, mientras que el generativo sería procesual y se preocuparía por la producción de las formas.

### **Agradecimiento**

Este trabajo se benefició de la financiación ofrecida por los proyectos de investigación IT 505-10 del Gobierno Vasco, y FFI2011-25665 del MEC y los fondos FEDER de la UE.

### **REFERENCIAS**

- Alberch, P. 1985. Problems with the interpretation of developmental sequences. *Systematic Zoology* 34(1): 46–58.
- Ghiselin, MT (2006). The failure of morphology to contribute to the modern synthesis. *Theory in Biosciences* 124: 309-316.
- Nuño de la Rosa, L & Etxeberria, A (2012). Patterns and processes in Evo-Devo: descriptions and explanations. In H De Regt, S Okasha, S. Hartmann, Eds. *EPSA 2009*, Springer, pp. 263-274.
- Scholtz, G. (2008). On comparisons and causes in evolutionary developmental biology. In *Evolving pathways: Key themes in evolutionary developmental biology*, eds. G. Minelli and G. Fusco, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 144–159..

Scholtz, G (2010) Deconstructing morphology. *Acta Zoologica* 91: 44–63.

Wagner, G.P., Chiu, C, & Laubichler M. (2000) Developmental Evolution as a mechanistic science: the inference from developmental mechanisms to evolutionary processes. *American Zoologist* 40: 819-831.

Wake, D (1982) Functional and evolutionary morphology. *Perspectives in Biology and Medicine* 25(4): 603-620.

Wake, D; Wake M; Specht, CD (2011) Homoplasy: From Detecting Pattern to Determining Process and Mechanism of Evolution, *Science* 331: 1032-1035.

# EL PROBLEMA DE LA FUNCIÓN EN EVO-DEVO

LAURA NUÑO DE LA ROSA

*Konrad Lorenz Institute for Evolution and Cognition Research*

[laura.nuno@kli.ac.at](mailto:laura.nuno@kli.ac.at)

## 1. Introducción

FRENTE AL ADAPTACIONISMO NEODARWINISTA, el problema de la forma (las homologías, las novedades morfológicas, los planes corporales) ha sido el principal explanadum de la biología evolutiva del desarrollo. Ante la exclusión de la morfología y la embriología de la Síntesis Moderna (SM), la evo-devo se propuso investigar los mecanismos ontogenéticos que constriñen la generación de las formas, al margen de su valor adaptativo (Alberch 1980). Este espíritu morfológico tiene, no obstante, raíces más profundas: la evo-devo se propone recuperar, desde una perspectiva mecanicista, el programa de investigación de la morfología evolucionista, que, como la morfología trascendental, se centró en estudiar la forma pura divorciada de la función y del entorno ecológico (Bock 1980).

El énfasis en la evolución morfológica ha llevado a interpretar el conflicto entre la evo-devo y la SM como una dialéctica conceptual entre forma y función. En este contexto, Amundson (1998) ha reivindicado esta misma dialéctica para conceptualizar las ‘cosmovisiones’ de la biología que se enfrentaron tanto en el siglo XIX (la anatomía fisiológica de Cuvier vs. la morfología pura de Geoffroy) como en la biología contemporánea (el adaptacionismo darwinista vs. el estructuralismo de la evo-devo).

Sin embargo, desde los orígenes de la disciplina, ciertos autores han reclamado una “evo-devo funcional” (Breuker, Debat, and Klingenberg 2006). Ahora bien: si en el darwinismo la función se identifica con la adaptación ecológica y resulta de una dinámica externa a los propios organismos, el apego a los principios constructivos que rigen la organización de los seres vivos ha orientado la investigación morfológica de las funciones orgánicas en una dirección muy distinta. En este sentido, creemos que ni el

pasado ni el presente de la biología pueden analizarse en torno a la dicotomía forma/función o estructuralismo/funcionalismo, pues las nociones de función que se han manejado en la tradición morfológica, incluyendo a la evo-devo, son muy distintas del concepto adaptacionista articulado en la tradición darwinista (Etxeberria and Nuño de la Rosa 2009). En este ensayo abordaremos los distintos modos en los que la evo-devo contemporánea investiga la dimensión funcional de la evolución de la forma: (1) el estudio de la variación del desarrollo asociada al rendimiento de las actividades orgánicas, (2) la adaptabilidad ligada a la plasticidad ontogenética, y (3) el rol de la integración funcional en la evolución morfológica.

## **2. La actividad de las partes**

Cuando en la práctica biológica se atribuye una función a un rasgo, la noción de ‘función’ puede hacer referencia, o bien a ‘lo que hace’ (la función como *actividad*), o bien a aquello ‘para lo que se usa’ (el *rol biológico* o la función como *uso*) (Bock and von Wahlert 1965). La locomoción, por ejemplo, es la función de las extremidades de los vertebrados terrestres, que tiene asociados distintos roles: escapar de un predador, moverse hacia una fuente de comida, etc.

Partiendo de la célebre distinción de Mayr entre causas próximas y últimas (Mayr 1961), en filosofía de la biología ambos conceptos de función se asocian a ámbitos disciplinarios distintos: el rol biológico a la biología evolucionista (pues el uso de un rasgo le confiere el valor adaptativo por el cual fue seleccionado), y la noción de actividad a la fisiología (Amundson and Lauder 1994; Wouters 2005; Love 2007).

Sin embargo, en evo-devo las nociones de uso y actividad están profundamente imbricadas. En morfológica, la adaptación de un rasgo no puede apelar a un rasgo comprendido en abstracto, sino que se refiere siempre a un rasgo cuya forma y estructura le confiere ciertas capacidades asociadas a su vez a ciertos roles que le permiten interactuar con la fuerza selectiva (Bock 1988; Bock 1980; Bock 1989; Bock 1994; Bock and von Wahlert 1965). En este marco teórico, la evo-devo ha comenzado a investigar las consecuencias evolutivas de las diferencias en la regulación ontogenética de la actividad de ciertos rasgos. ¿Cómo la genética de la forma mandibular, por ejemplo, regula la biomecánica del movimiento de la mandíbula? ¿y cómo las diferencias individuales en la regulación ontogenética de la actividad mandibular dan

lugar a diferencias adaptativas que puedan determinar a su vez la dinámica evolutiva? (Breuker, Debat, and Klingenberg 2006)

Por otro lado, la biología del desarrollo ha revelado cómo el propio ejercicio de las actividades orgánicas puede ser responsable de la forma de ciertas partes. Es el caso de la dependencia de la estructura de las venas de su uso por la circulación, la correlación entre la dieta y el desarrollo del intestino o el codesarrollo de la extremidad vertebrada y ciertas partes del sistema nervioso (Michel and Moore 1995: 298-299). Las consecuencias teóricas de este tipo de adaptación fisiológica para la biología evolucionista son evidentes. La optimización de ciertas estructuras podría indicar que muchas de ellas no han sido ‘perfeccionadas’ por la selección natural, sino que resultan de un proceso autónomo de adaptación.

### **3. La plasticidad ontogenética**

Otro de los contextos en los que el problema de la función ha irrumpido en el programa de investigación de la evo-devo es el de la plasticidad ontogenética. La ecología del desarrollo ha demostrado que las interacciones ambientales con los procesos ontogenéticos pueden ser responsables de adaptaciones fundamentales (Gilbert 2004): adaptaciones específicas relacionadas con la estación, cambios morfológicos que permiten escapar de los depredadores, la determinación de las castas en insectos dependiendo de la dieta o del sexo en función de la temperatura. Si bien el carácter no hereditario de las ‘adaptaciones directas’ al ambiente las excluyó de la teoría evolutiva moderna, existen modos muy diversos en los que las ‘actualizaciones’ posibilitadas por la plasticidad del desarrollo pueden heredarse (Gilbert and Epel 2008), lo que ha llevado a algunos autores a reclamar el retorno de un cierto lamarckismo en la biología evolucionista (Gissis and Jablonka 2011). En este contexto teórico, los organismos se interpretan como sistemas funcionales flexibles ante los cambios ambientales, lo que provee a la selección de un mayor espectro de fenotipos sobre los que actuar, facilitando la evolución adaptativa.

### **4. La organización de las totalidades orgánicas**

En las disciplinas morfológicas, ni la actividad ni la adaptación de las partes pueden comprenderse sin remitirse, en última instancia, al contexto orgánico en el que

operan. En la tradición kantiana, las funciones orgánicas aparecen asociadas a una teleología inmanente que fundamenta los fines en las necesidades internas de la propia organización biológica; una totalidad es teleológica cuando sus partes están entrelazadas de modo que su dependencia recíproca está subordinada al cumplimiento de un fin común: el mantenimiento de la totalidad orgánica a la que pertenecen (Kant 1973, § 65).

La concepción kantiana de la organización vital fue el fundamento de la anatomía comparada cuveriana, donde el principio de la subordinación de los caracteres se eleva al nivel de ley propia de las ciencias de la vida (Cuvier 1800, pt. I, 49). La subordinación jerárquica de las partes revela que no todas ellas tienen el mismo valor, sino que su importancia depende precisamente de la función que desempeñan en la totalidad orgánica: las estructuras a las cuales el resto está subordinado (como la médula espinal) son las más constantes y su transformación implica la drástica transformación de las demás, mientras cuanto menos importantes son las partes, la variación se incrementa exponencialmente.

El perfecto equilibrio revelado por el principio de la subordinación de caracteres actuó como mecanismo de contención para concebir la posibilidad de la evolución de la organización. Si bien algunos autores como Schmalhausen continuaron recordando el rol jugado por la integración funcional en el proceso evolutivo, hasta los años sesenta no empezó a recuperarse la concepción de los organismos como “sistemas de vínculos funcionales” (Lauder 1982) en el marco de la morfología funcional.

Ahora bien: la obra clave que permitió incorporar la subordinación funcional de las partes en la investigación del origen y la estabilidad evolutiva de la forma desde la perspectiva del desarrollo fue la teoría sistémica de Rupert Riedl (1978). Según el concepto de ‘carga’ (*burden*), la probabilidad de que un carácter evolucione depende del número e importancia de las funciones y caracteres que dependen de él. A lo largo de la evolución, la carga de un carácter puede aumentar, volviéndolo prácticamente invariable, como los caracteres de los planes corporales, o decrecer hasta el extremo de hacerlo desaparecer. Desde esta perspectiva, la pertenencia de un carácter a un plan corporal no está definida por las semejanzas entre las formas, sino que se trata de una propiedad sistémica que depende de su integración en la red cambiante de interdependencias ontogenéticas y funcionales (Wagner and Laubichler 2004; Wagner 1989).

Inspirándose en Riedl, Schwenk y Wagner han interpretado las constricciones en términos funcionales para dar cuenta de la estabilidad fenotípica (Schwenk and Wagner 2001; Wagner and Schwenk 2000). La integración conduce a ‘configuraciones evolutivamente estables’ (CEE), sistemas de caracteres que cuya interacción produce la ‘función adecuada’. En este sentido, la estabilidad morfológica no depende ni de las propiedades variacionales del sistema ontogenético ni de la constancia del medio, sino de las constricciones funcionales que limitan el universo de variación fenotípica. Desde esta perspectiva, las CEE tenderán a resistir las perturbaciones ambientales si no exceden el rango tolerado por la función del sistema, mientras, en caso contrario, los caracteres pueden liberarse inaugurando canales evolutivos alternativos. El concepto de *burden*, en definitiva, da cuenta tanto de la estabilidad como de la evolucionabilidad de la forma (Schwenk and Wagner 2001; Wagner and Schwenk 2000).

Todas las teorías que han investigado el rol de la integración funcional en la estabilidad de la forma implican una forma de selección natural muy distinta de la selección local característica del adaptacionismo: la ‘*selección estabilizadora interna*’ ejerce su influencia en un amplio rango de entornos, atenuando el efecto de la selección ambiental, instrumento de la mutabilidad (Schwenk and Wagner 2001).

La noción de selección interna rompe con el dualismo entre el estructuralismo, centrado en las constricciones intraorgánicas, y el funcionalismo de la SM, dirigido a investigar la relación organismo-entorno (Schoch 2009). A su vez, la inclusión de las demandas funcionales internas en la comprensión de la dinámica evolutiva revela una diferencia filosófica fundamental que ha enfrentado a las concepciones morfológica y funcional de la diversidad orgánica desde el siglo XIX. Como subrayara Balan, la dialéctica entre las visiones teleológica y morfológica de la forma que se enfrentaron en el célebre debate entre Cuvier y Geoffroy revela una distancia teórica esencial relativa a las distintas concepciones de la legalidad que gobierna el morfoespacio (Balan 1979: 173-174): a la morfología pura le preocupan las ‘condiciones de manifestación’, es decir, aquellas condiciones puramente formales que permiten imaginar el universo de lo morfológicamente posible; la anatomía teleológica, apegada a lo empírico, describe las ‘condiciones de existencia’ que posibilitan a las formas orgánicas habitar el mundo. Cuvier ignora la cuestión de una ciencia de las formas posibles y considera sólo las combinaciones actualmente existentes, es decir, las totalidades funcionalmente

armónicas.

En la evo-devo contemporánea encontramos una tensión semejante. La aproximación morfogénica aspira a desvelar los mecanismos ontogenéticos que constriñen el universo de lo posible sobre el que operará la selección natural. Pero – como han subrayado Schwenk y Wagner– la dualidad construcción/selección requiere que esta última comience a actuar cuando se ha completado el desarrollo. Desde la perspectiva de la evo-devo funcional, no puede olvidarse que la selección opera en el fenotipo a lo largo de toda su ontogenia. Evocando a Leibniz, Gilbert (2000) lo plantea explícitamente en términos cuverianos: si bien muchas formas pueden existir desde la perspectiva del desarrollo, sólo aquellas que son mutuamente compatibles (es decir, aquellas que pueden integrarse en el organismo o causar un cambio compensatorio) existen de hecho.

A la luz de los desarrollos de esta nueva ‘evo-devo funcional’, podemos concluir que la distancia teórica entre la teoría sintética de la evolución y la evo-devo no puede interpretarse en términos de dos programas de investigación dirigidos a los distintos explananda de la función y de la forma. La evo-devo de las funciones implica una radical reconceptuación de la noción de función biológica (como actividad y como organización) que, a su vez, plantea nuevas formas de síntesis entre la evo-devo y la genética de poblaciones.

### **Agradecimientos**

Este trabajo se ha llevado a cabo gracias a la financiación del Konrad Lorenz Institute for Evolution and Cognition Research.

### **REFERENCIAS**

- Alberch, P. 1980. “Ontogenesis and Morphological Diversification”. *Integrative and Comparative Biology* 20 (4): 653–667.
- Amundson, R. 1998. “Typology Reconsidered: Two Doctrines on the History of Evolutionary Biology”. *Biology and Philosophy* 13 (2): 153–177.

- Amundson, R., and G. V. Lauder. 1994. "Function Without Purpose". *Biology and Philosophy* 9 (4): 443–469.
- Balan, B. 1979. *L'Ordre Et Le Temps: L'anatomie Comparée Et L'histoire Des Vivants Au XIXe Siècle*. J. Vrin.
- Bock, W. J. 1980. "The Definition and Recognition of Biological Adaptation". *American Zoologist* 20 (1): 217–227.
- 1988. "The Nature of Explanations in Morphology". *American Zoologist* 28 (1): 205–215. doi:10.1093/icb/28.1.205.
- 1989. "Organisms as Functional Machines: A Connectivity Explanation". *Amer. Zool.* 29 (3): 1119–1132. doi:10.1093/icb/29.3.1119.
- 1994. "Concepts and Methods in Ecomorphology". *Journal of Biosciences* 19 (4): 403–413.
- Bock, W. J., and G. von Wahlert. 1965. "Adaptation and the Form-Function Complex". *Evolution* 19 (3): 269–299. doi:10.2307/2406439.
- Breuker, Casper J., Vincent Debat, and Christian Peter Klingenberg. 2006. "Functional Evo-devo". *Trends in Ecology & Evolution* 21 (9): 488–492. doi:10.1016/j.tree.2006.06.003.
- Cuvier, G. 1800. *Leçons D'anatomie Comparée*. 5 vols. Crochard et cie.
- Etxeberria, A., and L. Nuño de la Rosa. 2009. "Partes y funciones en el desarrollo y la evolución. Hacia un darwinismo sistémico." In *Evolución y Adaptación: 150 Años Después Del Origen De Las Especies*, ed. H. Dopazo and A. Navarro,, 465–474. SESBE.
- Gilbert, S. F. 2000. *Developmental Biology*. 6<sup>a</sup> ed. Massachusetts: Sinauer Associates, Inc.
- 2004. "Ecological Developmental Biology: Developmental Biology Meets the Real World 1." *Russian Journal of Developmental Biology* 35 (6): 346–357.
- Gilbert, S. F., and D. Epel. 2008. *Ecological Developmental Biology: Integrating Epigenetics, Medicine and Evolution*. Sunderland, MA: Sinauer Associates Inc.
- Gissis, S., and E. Jablonka. 2011. *Transformations of Lamarckism: From Subtle Fluids to Molecular Biology*. MIT Press.
- Kant, I. 1973. *Crítica Del Juicio*. Trans. M. G. García Morente, M. Méjico D.F.: Porrúa.

- Lauder, G. V. 1982. "Historical Biology and the Problem of Design". *J. Theor. Biol* 97 (1): 57–67.
- Love, A. C. 2007. "Functional Homology and Homology of Function: Biological Concepts and Philosophical Consequences". *Biology and Philosophy* 22 (5): 691–708.
- Mayr, E. 1961. "Cause and Effect in Biology: Kinds of Causes, Predictability, and Teleology Are Viewed by a Practicing Biologist". *Science* 134 (3489): 1501–1506. doi:10.1126/science.134.3489.1501.
- Michel, G. F., and C. L. Moore. 1995. *Developmental Psychobiology. An Interdisciplinary Science*. Cambridge: MIT Press.
- Riedl, R. 1978. *Order in Living Organisms: a Systems Analysis of Evolution*. Wiley.
- Schoch, Rainer R. 2009. "Riedl's Burden and the Body Plan: Selection, Constraint, and Deep Time". *Journal of Experimental Zoology Part B: Molecular and Developmental Evolution* 314B (1) (June 18): 1–10. doi:10.1002/jez.b.21300.
- Schwenk, K., and G. P. Wagner. 2001. "Function and the Evolution of Phenotypic Stability: Connecting Pattern to Process". *Amer. Zool.* 41 (3): 552–563.
- Wagner, G. P. 1989. "The Biological Homology Concept". *Annual Review of Ecology and Systematics* 20 (1): 51–69.
- Wagner, G. P., and M. D. Laubichler. 2004. "Rupert Riedl and the Re-Synthesis of Evolutionary and Developmental Biology: Body Plans and Evolvability". *Journal of Experimental Zoology (Mol Dev Evol)* 302: 92–102.
- Wagner, G. P., and K. Schwenk. 2000. "Evolutionarily Stable Configurations: Functional Integration and the Evolution of Phenotypic Stability". *Evolutionary Biology* 31: 155–218.
- Wouters, A. 2005. "The Function Debate in Philosophy". *Acta Biotheoretica* 53 (2): 123–151. doi:10.1007/s10441-005-5353-6.

# RESTRICCIONES, CONSTREÑIMIENTOS, LIMITACIONES, DESARROLLOS Y EVOLUCIONES

DIEGO RASSKIN-GUTMAN

*Universitat de València*

*Institut Cavanilles de Biodiversitat i Biologia Evolutiva, València (España)*

[diego.rasskin@uv.es](mailto:diego.rasskin@uv.es)

EN EL MUNDO DE LA EVO-DEVO, el súper concepto “constraint” se puede aplicar a un gran número de procesos biológicos que restringen, limitan o constriñen el devenir evolutivo al influir directa o indirectamente la dinámica del desarrollo. Estos procesos se han aplicado directamente a mecanismos del desarrollo, a la geometría o morfología de una parte anatómica, a la funcionalidad, al material biológico con que se construyen las partes de un individuo o a la propia dinámica evolutiva. Durante varias décadas el concepto de restricción ha sido un pilar de las teorías evolutivas alternativas al neodarwinismo. Con la aparición de la genética del desarrollo moderna en la década de 1980, la constatación de la existencia de grandes conjuntos de genes comunes a todos los grupos eucariotas trajo consigo la extensión del concepto hacia la biología molecular, diluyendo al tiempo su importancia formal. Su cuasi-universalidad, dicen sus detractores, ha convertido a los constreñimientos en un concepto cuasi-trivial, con un poder explicativo discreto. Propongo reconsiderar la posición central de los constreñimientos partiendo de la observación de que el conjunto de seres posibles es restrictivo y limitado, tanto por sus desarrollos como por sus evoluciones.

La idea de que el mundo vivo es un continuo que cambia constantemente y que, gracias a la acción de la selección natural puede cambiar en cualquier dirección se encuentra encapsulada en la bella frase con la que Charles Darwin cierra *El Origen de las Especies*: “[...] whilst this planet has gone cycling on according to the fixed law of gravity, from so simple a beginning endless forms most beautiful and most wonderful

*have been, and are being, evolved*". Este poético cierre de una de las contribuciones más importantes e influyentes en la historia de la ciencia y del pensamiento en general encierra dos premisas del pensamiento darwinista y post-darwinista: (1) mientras que las leyes inmutables de la física, ejemplificadas en la ley de la gravedad, dan cuenta del movimiento perpetuo de nuestro planeta alrededor del sol (del cuál no podemos sustraernos y, por lo tanto, supone una restricción a nuestra "posible" libertad de deambular a lo largo y ancho del espacio exterior, extremo que nadie discute y que damos por sentado), (2) las especies biológicas han evolucionado y lo siguen haciendo (cambiando) a lo largo de la historia de la tierra desde comienzos simples y, atención, formas sin fin o infinitas o cualesquiera tipos de formas son susceptibles de aparecer en un tiempo dado. En otras palabras, la fuerza de la evolución, gracias a la acción del mecanismo universal de la selección natural, puede dar lugar a todo tipo de forma viva si se cumplen las condiciones adecuadas. Podemos poner este tipo de pensamiento evolutivo en forma de una sencilla ecuación:

$$\text{especie\_2.0} = \text{especie\_1.0} \times \text{matriz\_de\_cambio}$$

que nos dice que, de acuerdo a los postulados neodarwinistas, el conjunto de todas las especies posibles *Especie<sub>n.m</sub>* es infinito y se puede explorar simplemente cambiando el valor de los parámetros de la matriz de cambio.

Obviamente, no podemos simplemente cargar a una frase –y menos que menos a una frase tan bella–, con la responsabilidad de haber generado un tipo de pensamiento biológico concreto, digamos que, simplemente, retrata con gran fidelidad la idea de Darwin y del neo darwinismo posterior a la Gran Síntesis Evolutiva del siglo XX de que la selección natural, como mecanismo evolutivo, puede moldear la forma y función de las especies llevándolos a los más remotos rincones del paisaje adaptativo. Esto hace que cualquier idea "restrictiva" se convierta en anatema y, lo que es más inquietante, sea asociada con corrientes de pensamiento filosóficos contrarios a la dinámica del cambio evolutivo: idealismo, esencialismo, vitalismo, etc., emitiendo frecuencias que reverberan, desgraciadamente, con las corrientes creacionistas contemporáneas.

Hoy en día, la "nueva" evo-devo de marcado carácter molecular (evo-devo molecular) abandona la idea de las restricciones sobre cualquier nivel que se encuentre

por encima de las interacciones moleculares (por lo tanto, de las del desarrollo, morfológicas, materiales, funcionales o filogenéticas) en favor de la observación del origen común de las redes genéticas del desarrollo, lo que supone, al mismo tiempo, la existencia de elementos comunes tanto desde el punto de vista de las secuencias del material genético como de los mecanismos de desarrollo. Los temas preferidos de la evo-devo molecular son, por tanto, los que tienen relación con el análisis comparado de los patrones de expresión génica que dan lugar a la especificación temprana del plan corporal en animales y plantas; por ejemplo, el análisis de la polaridad en células en desarrollo, las vías de señalización molecular y la actividad de las moléculas morfogenéticas. A esta observación, la evo-devo molecular le añade la posibilidad de que, dada las condiciones adecuadas, las secuencias y su regulación puedan mutar de manera aleatoria para alcanzar cualquier tipo de estado novedoso. Sin duda, se trata de *endless forms revisited*.

Es oportuno que esta “nueva” evo-devo, vuelva a rescatar conceptos manejados por la “vieja” evo devo (evo-devo “morfológica”) que manejaba la idea de la temporalidad de las tasas de desarrollo en la aparición de estructuras embriológicas como base conceptual dentro de su programa de investigación, es decir todo aquello que tiene que ver con la heterocronía y la innovación, al tiempo que intenta integrar la dinámica celular que da lugar a la formación de estructuras embrionarias con los patrones de expresión génica (punto en común con la evo-devo molecular). Paradójicamente, la evo-devo molecular ha encontrado que lo realmente importante para explicar la diversidad de formas es la regulación génica y no los genes en sí mismos. De hecho, la regulación génica se idealiza como causa suficiente para explicar el desarrollo y, por tanto, la evolución. Sin embargo, diversos autores han señalado desde hace tiempo que las relaciones de regulación del desarrollo constituyen un entramado multidimensional de causas y efectos que ocurren en todos los niveles de la organización biológica.

Es muy posible que la relación entre la regulación epigenética y el cambio evolutivo de las secuencias de los genes implicados en las vías de desarrollo proporcionen las claves para comprender el fenómeno de la relación entre desarrollo y evolución en toda su extensión. Pero hay que tener siempre presente que las restricciones ocurrirán en todos los niveles que están implicados en dicha relación,

desde la expresión genética hasta la dinámica celular responsable de la formación de una estructura embrionaria. Los seres vivos se organizan en áreas muy restringidas del morfoespacio total de posibilidades y ello es debido a las restricciones impuestas por la necesidad de encontrar caminos que unan la expresión de los genes con la formación de un individuo, un camino pleno de bifurcaciones. Es como un viaje a Itaca, lleno de aventuras y conocimiento.

# BIOMORFODINÁMICA Y EVO-DEVO: ¿ES TODO FUNCIONALIDAD?

MIQUEL DE RENZI

*Universitat de València*

*Institut Cavanilles de Biodiversitat i Biologia Evolutiva, València (España)*

[miquel.de.renzi@uv.es](mailto:miquel.de.renzi@uv.es)

## 1. Introducción

SI CONSIDERAMOS LOS CUATRO TIPOS DE CAUSAS reconocidos por Aristóteles, se ve fácilmente cómo aplicarlos a la forma orgánica, bien sea a la concha de un molusco, a un diente o a un pulmón. La causa material estará en las células (pulmón) o en las proteínas e iones  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  (conchas),  $\text{PO}_4^{3-}$  (esmalte dental), etc. Las fuerzas actuantes (causa eficiente) van desde movimientos celulares a interacciones eléctricas asociadas a las cargas de las proteínas y los iones. Los modelos (causa formal) vendrían dados por los grados de libertad que determinarían las cavidades confinantes para las fuerzas; Vg. la cavidad extrapaleal del molusco. Una vez alcanzada la estructura (diente, concha, pulmón) podría realizar su función (causa final, finalidad) en el organismo: respiración (pulmón), protección o flotación (concha) o procesado de alimento (esmalte dental).

La finalidad, sin embargo, requiere del concurso de las otras tres causas para que pueda cumplirse. Desde Aristóteles, la finalidad se concibe como algo inherente a los seres vivos y sus estructuras. Immanuel Kant fue su adalid, aunque matizadamente; afirmó que se partiría de una imperfección inicial de las estructuras de las especies hasta que aquélla fuera subsanada por una adecuación estricta entre la forma y la función que cumple.<sup>1</sup> Sin embargo, todo el mundo tendía a admitir que la función daba razón de los órganos. El enfrentamiento surgió en el siglo XIX dentro de la discusión entre Cuvier y

---

<sup>1</sup> Kant I. *Crítica del Juicio*, ed. Tecnos, Los Esenciales de la Filosofía, 2007; pp. 356-361.

Geoffroy Saint-Hilaire:<sup>2</sup> para el primero no existen órganos sin función, mientras que para el segundo, lo primordial es la unidad de plan. Si esto último es así, la función es secundaria, ya que el plan único es compatible con todas las funciones y, en consecuencia, no puede comprometerse con ninguna de ellas.

Ciertamente, la funcionalidad existe. En la perspectiva evolucionista, Darwin<sup>3</sup> plantea que la selección natural daría origen a las adaptaciones y a las mejoras funcionales en general. Sin embargo, para él la unidad de plan no tiene explicación funcional –en coincidencia con Richard Owen– y, en consecuencia, no ha intervenido la selección. La versión final de la síntesis evolutiva moderna pasa a ser enormemente adaptacionista y seleccionista; el resto de mecanismos pasa a ser prácticamente irrelevante.<sup>4</sup> Al adaptacionismo dominante se opusieron Stephen Jay Gould y Richard Lewontin.<sup>5</sup> Pero unos años antes había surgido la concepción metodológica de Adolph Seilacher denominada *Konstruktions-Morphologie* (posteriormente la denominó biomorfodinámica),<sup>6</sup> que concebía las estructuras orgánicas limitadas en su evolución por un legado filogenético muy difícil de modificar y unos aspectos regidos por las leyes de la física y de la química, que prescribían solamente unas pocas soluciones compatibles con ellas. Éste fue uno de los fundamentos de la crítica al adaptacionismo planteada por Gould y Lewontin. Posteriormente, los planteamientos de Pere Alberch<sup>7</sup> proporcionaron las bases de dichas limitaciones a la evolución morfológica en el seno de la naciente biología evolutiva del desarrollo (*evo-devo*).

---

<sup>2</sup> Geoffroy Saint-Hilaire E. 1830. *Principes de Philosophie Zoologique*. Accesible en <http://books.google.es/books?id=hGE5yMiYjmsC>. Contiene, a su vez, la argumentación de Cuvier. Ver también Ochoa C. & Barahona A. 2009. *Forma versus Función: Historia de la Homología y la Analogía*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias.

<sup>3</sup> Siempre que se cite a Darwin se refiere a la 1ª edición (1859) de *On the Origin of Species by Means of Natural Selection*.

<sup>4</sup> Gould SJ. 1980. In: *The Evolutionary Synthesis: Perspectives on the Unification of Biology* (Mayr E & Provine WB, eds.), pp. 159-172. Harvard University Press.

<sup>5</sup> Gould SJ & Lewontin R. 1979. *Proceedings of the Royal Society of London*, 205: 581-598.

<sup>6</sup> Seilacher A. 1970. *Lethaia* 3: 393-396. Ver también Seilacher A. 1991. *Revista Española de Paleontología* n. extr.: 5-11.

<sup>7</sup> Los trabajos básicos de Pere Alberch están recogidos en facsímil en Rasskin-Gutman D & De Renzi M (eds.). 2009. *Pere Alberch. The creative trajectory of an evo-devo biologist*. Universitat de València, Servei de Publicacions e Institut d'Estudis Catalans. Se recomienda especialmente la lectura de *Ontogenesis and Morphological Diversification* (1980), pp. 97-111; *Developmental Constraints in Evolutionary Processes* (1982), pp. 115-134, y *The Logic of Monsters: Evidence for Internal Constraint in Development and Evolution* (1989), pp.163-199. Las vinculaciones entre el pensamiento de Pere Alberch y la *Konstruktions-Morphologie* de Seilacher se describen en el artículo de De Renzi M, dentro de la misma obra, pp. 45-66.

A la vista de todo lo dicho el problema sigue en pie. Ahora bien, si no admitimos propósito externo en los aspectos funcionales y estos existen, debemos aceptar que en las explicaciones de los mismos nos faltan elementos. Reconocer que surgen estructuras sin uso funcional inmediato aunque útiles es uno de los caminos para resolverlo; ello nos remite al concepto de exaptación de Gould y Vrba.<sup>8</sup> Que estas estructuras se generan a causa del desarrollo embrionario, desacoplado de toda relación prospectiva con respecto al estado adulto del organismo, es el otro punto de vista que necesitamos para hacer compatible la presencia de aspectos funcionales en los organismos sin necesidad de acudir a ningún propósito, lo cual facilita comprender que puedan existir rasgos no funcionales. Estas serán las premisas de la argumentación.

## 2. Propósito y adaptacionismo

Ver propósito en la forma orgánica o en su evolución es adoptar un punto de vista antropocéntrico, ya que el hombre fabrica instrumentos u objetos *para* satisfacer finalidades determinadas. Esto genera un vicio de lenguaje muy grave: se pregunta *por qué* existe una estructura, lo cual implicaría las causas material, eficiente y formal, y se responde con un *para*, que implica hablar de la causa final; Vg. la pluma existe *para* proporcionar la homeotermia a sus portadores, cuando su existencia resulta de un proceso morfogénico (desarrollo) independiente de su función posterior.<sup>9</sup> El uso de *para* implica que una estructura obedece a una finalidad previa y, por lo tanto, conlleva un propósito. Sólo la idea de preformación, con su sustrato creacionista, mostraría una intencionalidad (la del creador). Otra cosa es que tal proceso morfogénico haya sido seleccionado a lo largo de la evolución porque su resultado –la pluma– conlleva la homeotermia.

Lo dicho podría inducirnos a pensar que el desarrollo, en términos de epigénesis, podría ser la fuente inagotable de la que surgirían toda clase de estructuras. Sin embargo, esto no es así. La conservación del Bauplan se funda en la estabilidad del desarrollo embrionario, difícilmente modificable durante el transcurso de la evolución. Esta estabilidad, según Alberch,<sup>10</sup> se basa en su dinámica no lineal con dominios

---

<sup>8</sup> Gould SJ & Vrba ES. 1982. *Paleobiology* 8: 4-15.

<sup>9</sup> De Renzi M. 2012. In: *Paleodiversity and Paleoecology of Iberian Ecosystems. X EJIP. Libro de Resúmenes* (Martínez-Pérez C, Furió M, Santos-Cubedo A & Poza B, eds.), pp. 31-36. Ministerio de Economía y Competitividad e Institut Català de Paleontologia, Imprenta Sichert.

<sup>10</sup> Ver nota 7.

altamente estables, cuya transición de unos a otros se hace por discontinuidades. Por este motivo, sugirió que se comprendería mejor la naturaleza desde una filosofía dialéctica hegeliana, a diferencia de la dominante, que implica continuidad.

El programa adaptacionista propone la funcionalidad de toda estructura; sus premisas son:<sup>11</sup> 1) concepción “atomizada” del organismo (órganos con funciones optimizadas). En su fracaso, 2) visión integrada del organismo y estructuras con más de una función (óptimos condicionados). Si también fracasa 3) se alega ignorancia de parte o todas las condiciones ambientales y por eso no se puede explicar la función de una estructura. Finalmente, 4) se tiende a asignar una función inmediatamente a una estructura; si se refuta, se le asigna otra. En definitiva, en cada parte del organismo subyace un propósito. Son Gould y Lewontin quizá los primeros en primar el desarrollo y su carácter limitante por encima de las explicaciones adaptacionistas en evolución. Razonan, por ejemplo, que favorecer selectivamente determinados campos morfogenéticos implicaría la reducción de otro u otros; tal reducción no necesariamente representaría una nueva adaptación. Esto vulneraría 2) –no alcanzar óptimos adaptativos– y 4) –explicación adaptativa innecesaria.

### **3. Aptación, exaptación y adaptación**

Estas nociones fueron desarrolladas por Gould y Vrba,<sup>12</sup> a fin de clarificar qué es producto de selección natural y qué no lo es y, en cambio, presta un servicio a la supervivencia del organismo. Para Darwin (1859), la adaptación resulta de modelar una estructura por selección natural de las variantes hereditarias existentes en la población para el papel que cumple en aquel momento. Ese papel es el servicio que presta al organismo para su supervivencia y se le conoce como su *función*.

Sin embargo, existen estructuras que surgen por primera vez (*ex novo*) y tienen o no un papel inmediato en la supervivencia del organismo. O bien, existen estructuras con una función muy concreta en una situación anterior; modeladas, por tanto, por acción de la selección natural para aquellas condiciones, pero que son usadas en condiciones distintas y prestan a su portador un servicio diferente al original. Tanto para un tipo de estructuras como para el otro, los autores acuñan el término *exaptación*. La exaptación se caracteriza por 1) prestar un servicio a su portador en orden a asegurar su

---

<sup>11</sup> Ver nota 5.

<sup>12</sup> Ver nota 8.

supervivencia, y 2) no ha sido el resultado de la selección natural para adecuarse a aquella finalidad concreta. A dicho servicio lo denominan *efecto*. Ambas, adaptación y exaptación, las denominan *aptaciones*.

Finalmente, existen estructuras subproducto, como el caso citado de la reducción de órganos citado anteriormente, u otras surgidas *ex novo*, que no tienen significación funcional basada en la acción de la selección natural ni prestan servicio de ningún tipo al organismo: son las *no-aptaciones*. Hasta aquí, las ideas básicas.

Ahora bien, una exaptación con variantes hereditarias, sobre las que actúe la selección natural, puede mejorar sus efectos, con lo cual estos pasan a ser funciones, y lo que era una exaptación adquiere el estatus de adaptación. En definitiva, podría decirse que tras toda adaptación existiría una exaptación previa,<sup>13</sup> ya que la estructura tendría siempre un origen, sin acciones selectivas anteriores o relacionadas con su función actual.

#### **4. Biomorfodinámica, desarrollo y autoorganización**

La biomorfodinámica se ha convertido en un marco conceptual adecuado para estudiar la forma orgánica y su evolución en los términos de los factores que la rigen: histórico, de fabricación y funcional en el contexto del ambiente efectivo. El factor histórico es conocido también como legado filogenético: el antepasado común de un grupo transmite un genoma a los organismos de las especies descendientes, el cual muta continuamente; sin embargo, su expresión está regulada por el desarrollo embrionario, que es muy estable (ver más arriba) y mantiene el Bauplan; también los biomateriales asociados; Vg. celulosa, cerámicas biológicas, etc., prácticamente inmodificables. Esto constituirá una seria limitación para las adaptaciones. Sin embargo, el desarrollo es la sede de la producción de forma o morfogénesis (que incluirá el comportamiento físico-químico de los biomateriales) al ser un proceso de interacción entre la expresión de los genes y los acontecimientos epigenéticos que determina, sobre todo de carácter mecánico-químico. A esto se refiere el factor de fabricación. Dicho factor prescribe las estructuras que pueden surgir y cómo se construyen (fabrican). Tendríamos pues dos tipos de restricciones (*constraints*) sobre las posibilidades adaptativas: las impuestas por la constancia del Bauplan (aspectos históricos) y las debidas a la pura obediencia a las

---

<sup>13</sup> Ver nota 9.

leyes de la física y de la química (aspectos ahistóricos) impuestas por la fabricación. En ese marco, el organismo construye sus estructuras funcionales (f. funcional). Estas son probadas en el ambiente efectivo.

Es evidente que los dos primeros factores están vinculados a la biología evolutiva del desarrollo (*evo-devo*), pero en la versión inicial que podríamos hallar en Alberch o Edelman,<sup>14</sup> y no tanto en la primacía de la genética del desarrollo, sobre la cual se ha puesto finalmente el énfasis. Podríamos decir que los genes ponen los productos génicos y estos interactúan epigenéticamente, con los consiguientes efectos en cascada que acabarán traducándose en forma.

Ahora bien, muchos efectos en cascada consisten en el despliegue de procesos de autoorganización en pura obediencia a las leyes de la física y de la química (fabricación) en el tiempo local del desarrollo y sin finalidades prospectivas. La autoorganización se da sólo en sistemas abiertos y bastante alejados del equilibrio, lo que conduce a la termodinámica no lineal. Las estructuras resultantes surgen del caos y el desorden a partir de inestabilidades internas y tienen carácter disipativo. El orden se hace manifiesto y surge una jerarquización de estructuras.<sup>15</sup> En un momento dado de la evolución surgen por esta vía las estructuras *ex novo* mencionadas antes; Vg. la pluma, el esmalte dental, etc.

## 5. Dos consideraciones y final

Estructuras muy distintas implicadas en diversas funciones o efectos se fabrican mediante unos pocos mecanismos morfogenéticos simples. Me centraré sobre las microestructuras de las conchas o dientes, o los relieves de las coronas dentales de los mamíferos. Las primeras proceden de procesos de biomineralización con una base común a todos los organismos que construyen cerámicas biológicas (estructuras mineralizadas): un juego entre macromoléculas hidrófobas e hidrófilas que origina una matriz extracelular altamente ordenada; la ordenación de esta última se puede obtener *in vitro*. Esa matriz regula la nucleación cristalina, el crecimiento y la forma de los cristales minerales que se forman en ella.<sup>16</sup> Las interacciones proteína-proteína y

---

<sup>14</sup> Ver nota 7; también Edelman GM. 1988. *Topobiology: an introduction to molecular embryology*. Basic Books, New York.

<sup>15</sup> Sheliepin LA. 2005. *Lejos del equilibrio: sinérgica, autoorganización, teoría de catástrofes*. Editorial URSS, Libros de Ciencia, Moscú.

<sup>16</sup> Margolis HC, Beniash E & Fowler CF. 2006. *Journal of Dental Research* 85(9): 775-793.

proteína-iones inorgánicos ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ) constituyen el proceso de autoorganización, que se inicia con una disminución local de entropía y termina con una jerarquización de estructuras, como ocurre en el esmalte dental, el hueso y las conchas, con la emergencia de propiedades mecánicas muy importantes relacionadas con la resistencia a la rotura o al desgaste. Sin embargo, el proceso se realiza en obediencia a las leyes de la física y de la química, sin una relación final con el organismo adulto. En principio, surgieron como exaptaciones.

El otro caso a comentar, los relieves de las coronas dentales de los mamíferos, obedece a otro modelo puramente físico-químico, como es el de reacción difusión, ya concebido por Turing y perfeccionado posteriormente por diversos autores.<sup>17</sup> En él, un activador autocatalítico de corto alcance se difunde, activa de algún modo determinadas partes del esbozo embrionario y favorece la formación de un inhibidor de largo alcance que frena la síntesis de activador. Salazar-Ciudad<sup>18</sup> ha desarrollado un modelo de este tipo para explicar las cúspides de las coronas dentales en ratones. Se sabe que estas cúspides (en otros casos, crestas, etc.) tienen una importancia funcional considerable; en su origen hay simples procesos físicos de difusión, con sus conocidas expresiones matemáticas, y activación e inhibición al nivel molecular. Sin embargo, el resultado conduce a la emergencia de propiedades vinculadas al procesado efectivo del alimento.

Como punto final, se debe decir que tanto en un caso como en el otro estamos en condiciones aisladas del medio externo durante su desarrollo (carácter interno) y sus consecuencias serían, en principio, exaptaciones (con efectos) o, finalmente, adaptaciones (con funciones) si interviene la selección natural sobre los aspectos hereditarios que influyen sobre los parámetros del proceso, a lo cual habría que añadir las limitaciones impuestas por el desarrollo; Vg. los resultados de los procesos de activación-difusión dependen en gran medida de la geometría del dominio embrionario en donde tienen lugar y ello conduce, según qué geometría, a resultados imposibles. Estas limitaciones pueden venir aliviadas por la modularidad; entonces la selección puede promover la integración de rasgos. Sin embargo, la resultante de estos procesos puede conducir a no-aptaciones, ya que los mismos tienen sus propias leyes,

---

<sup>17</sup> Turing AM. 1952. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*, 237 (641): 37-72.  
Nijhout F. 2003. In: *Origination of Organismal Form: Beyond the Gene in Developmental and Evolutionary Biology* (Müller GB & Newman SA, eds.), pp.165-181. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

<sup>18</sup> Salazar-Ciudad, I. 2008. *Current Topics in Developmental Biology*, 81: 341-371.

independientemente de las finalidades posteriores. Con lo dicho hasta aquí, queda claro que no todo es funcionalidad ni, en su caso, se alcanzan los óptimos.

### **Agradecimientos**

Este trabajo se encuadra en el proyecto CGL2010-15326 (subprograma BTE) del Ministerio de Ciencia e Innovación de España.

Simposio 6

MAXIMILIANO MARTÍNEZ (coord.),

[mmartinez@correo.cua.uam.mx](mailto:mmartinez@correo.cua.uam.mx)

GUSTAVO CAPONI, MARIO CASANUEVA, FRANCISCO VERGARA  
SILVA

“Evo-devo: perspectivas filosóficas”

GUSTAVO CAPONI

“La evo-devo y la articulación de una nueva teoría de la evolución”

MARIO CASANUEVA

“Evo-devo, integración y complejidad en Biología”

MAXIMILIANO MARTÍNEZ

“Causalidad y la síntesis extendida”

CHARBEL NIÑO EL-HANI

“Downward determination and the evolution of development”

FRANCISCO VERGARA SILVA

“Inferencia abductiva, deductiva e inductiva en la construcción y justificación de hipótesis y modelos en ‘evo-devo’”

## LA *EVO-DEVO* Y LA ARTICULACIÓN DE UNA NUEVA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN

GUSTAVO CAPONI

*Universidade Federal de Santa Catarina (Brasil)*

[gustavoandrescaponi@gmail.com](mailto:gustavoandrescaponi@gmail.com)

LA YA CONSUMADA CONSOLIDACIÓN DE LA BIOLOGÍA EVOLUCIONARIA DEL DESARROLLO implica una gran innovación conceptual cuyo impacto en el dominio de la Biología Evolucionaria aun no se ha hecho sentir en toda la magnitud y con toda la profundidad que seguramente habrá de tener. Pero esa no innovación no conlleva una impugnación de aquello que la Nueva Síntesis consideró como sus conquistas más relevantes. Estamos ante una gran transformación que tiene la forma de una concertación a ser articulada y no la forma de una revolución ante la cual sólo quepa plegarse o resistirse. La novedad en curso es importante porque la Evo-Devo entraña algo más que un nuevo capítulo de esa ciencia cuyas bases Darwin sentó en 1859.

En la Biología Evolucionaria del Desarrollo se está articulando toda una nueva teoría sobre los fenómenos evolutivos. Una teoría distinta de la Teoría de la Selección Natural. Una teoría que, ofreciéndose como complementaria, y no como contraria o alternativa esta última, tampoco puede considerarse su mera subalterna. ‘Distinta’ no significa ‘opuesta’ o ‘rival’; digo ‘distinta’ para reafirmar que esa nueva teoría no es una mera teoría auxiliar llamada a incrementar el poder explicativo de la Teoría de la Selección Natural. La teoría que se está perfilando en el dominio de la Evo-Devo persigue objetivos explanatorios que le son propios y que siempre fueron ajenos a la Teoría de la Selección Natural; y es justamente eso lo que la define como una teoría nueva e independiente. Pero es justamente en razón de esa independencia en sus

objetivos explanatorios, que dicha teoría puede ser distinta de la Teoría de la Selección Natural, sin por eso oponérsele.

Dicha teoría, claro, no es fácilmente individualizable. Como ocurrió inicialmente con la propia Teoría de la Selección Natural (es decir: como ocurría con la Teoría de la Selección Natural antes de su entrelazamiento con la Genética de Poblaciones), esa nueva teoría de la evolución, carece todavía de una formulación totalmente explícita y sistemática. Esa nueva teoría está, por el contrario, diseminada y tácitamente supuesta en los desarrollos conceptuales y en los resultados empíricos producidos por la Evo-Devo. Pero, si prestamos atención a los problemas que esos desarrollos y esos resultados pretenden resolver, podremos ver que se trata de problemas que pueden ser planteados, y resueltos, conforme dije poco antes, con relativa independencia de la propia Teoría de la Selección Natural. Se trata, como también ya dije, de problemas que responden a preguntas que la Teoría de la Selección Natural no sólo no procura, ni precisa, responder; sino que además tampoco permite plantear. Pero esa diferencia de objetivos cognitivos, lo subrayo, es muy importante.

Esa diferencia obedece al hecho de que la Biología Evolucionaria del Desarrollo responde a aquello que, siguiendo al filósofo e historiador de la ciencia, Stephen Toulmin, puede caracterizarse como un *Ideal de Orden Natural* distinto del presupuesto por la Teoría de la Selección Natural. Para Toulmin, los *Ideales de Orden Natural* son presupuestos que, para una teoría particular, definen la naturaleza de los hechos que una teoría debe explicar. Pero ellos, esos ideales, hacen eso de una forma, si se quiere, indirecta: por contraste. Los *Ideales de Orden Natural* definen la naturaleza de los hechos a ser explicados por una teoría delimitando un estado de cosas que se considera como carente de toda necesidad de explicación: un estado de cosas en el que puede decirse que no pasa nada; o por lo menos que no pasa nada que sea digno de mención y de explicación. Una teoría científica define ella misma cuáles son los fenómenos a explicar y después nos brinda los recursos para hacerlo.

La Teoría de la Selección Natural, por ejemplo, obedece a un *Ideal de Orden Natural* cuya formulación más simple, más concreta, más general y más clásica, sería la siguiente: *un carácter permanece en su estado primitivo al menos que alguna fuerza [como selección natural o deriva genética] lo haga cambiar*. Si un carácter permanece en su estado primitivo, nada hay para explicar; pero si ese carácter pasa de un estado

primitivo a un estado derivado, produciendo cambio y diversificación de las formas, ahí la Teoría de la Selección Natural nos ofrece todo su arsenal de recursos para explicar ese cambio y esa diversificación.

Usando el lenguaje de la Sistemática Filogenética, la pregunta fundamental de la Teoría de la Selección Natural puede enunciarse así: *¿Por qué la apomorfia y no más bien la plesiomorfia?* Aunque esa misma pregunta puede formularse de una forma un poco más clara: *¿Por qué el estado derivado del carácter y no más bien su estado primitivo?* En los dos casos, sin embargo, se dice lo mismo: si las formas no se alterasen, si los caracteres no evolucionasen de formas primitivas a formas derivadas; entonces nada habría para explicar. Ahí, estaríamos ante la simple patencia del *Ideal de Orden Natural*: ese estado de cosas que va de suyo, que no requiere explicación. Pero las formas cambian y se diversifican; y eso hay que explicarlo: por selección sexual, por selección natural, por deriva genética o por efecto de una migración.

La multiplicación de las apomorfias no parece, entre tanto, algo que intrigue demasiado, o primariamente, a los teóricos de la Biología Evolucionaria del Desarrollo. Ellos se interesan, es verdad, por la secuencia de reprogramaciones ontogenéticas que la evolución debió seguir para llegar hasta una invención morfológica determinada: supongamos el miembro vertebrado. Pero la Evo-Devo está forzada preocuparse por eso en la medida en que ella considera que las trayectorias evolutivas están constreñidas por las exigencias organizacionales de la ontogenia. Esas exigencias, dicen los teóricos de la Evo-Devo, son tan importantes para explicar la evolución cuanto lo son, y nunca lo dejarán de ser, las exigencias ecológicas que están en la base de las presiones selectivas. Pero esas exigencias organizacionales de la ontogenia, insisto, resultan en constreñimientos de los cambios evolutivos que deben ser considerados en la explicación de cualquier proceso evolutivo.

Los constreñimientos ontogenéticos de la evolución no son, hay que entenderlo, factores permanencia: no son factores anti-cambio. Pero ellos empujan los cambios por ciertas direcciones y les imponen ciertas secuencias. Por eso, si se quiere dar una explicación evolutiva del surgimiento de una novedad morfológica importante, es necesario mostrar cómo fue que ella pudo resultar de una secuencia de cambios compatible con esos constreñimientos ontogenéticos. Es decir: si los cultores de la Evo-Devo tienen un interés particular en las grandes invenciones evolutivas, es porque ellos

perciben a esas invenciones como algo problemático: como algo que no es fácil que ocurra y que, por eso, exige ciertas condiciones para ocurrir. Pero eso sólo puede ser así porque, previamente, ya se ha considerado a la evolución está constreñida o limitada; y es en esa idea de constreñimiento o de limitación que se esconde el *Ideal de Orden Natural* de la *Biología Evolucionaria del Desarrollo*.

Para el teórico de la Evo-Devo, el universo de las formas realizadas y realizables por la evolución es, no obstante la variedad de condiciones en las que los seres vivos desarrollan sus existencias, menos denso, o más pobre, de lo esperable. Y la perplejidad que esas limitaciones generan entre los teóricos de la Biología Evolucionaria del Desarrollo, se plasma conceptualmente en la recurrente alusión a un morfoespacio virtual mucho más rico que el repertorio de formas realizadas; y explicar ese contraste entre una riqueza morfológica virtual y una pobreza morfológica real, parece ser el desafío cognitivo central de la Evo-Devo.

Creo, de todos modos, que esa es sólo una forma de ver la cuestión. Hablar de un repertorio de formas realizadas que es menos rico que un repertorio de formas posibles, es también una forma de aludir a una cierta redundancia morfológica. La diversidad de las formas vivas es muy grande; y explicar eso es asunto de la Teoría de la Selección Natural. Pero diversidad no es lo mismo que disparidad; y por atrás de esa gran diversidad siempre se insinúa una disparidad limitada. Las especies de pingüinos son muchas, y cada una tiene sus apomorfias. Pero todas tienen algo de cormorán. En todas ellas se insinúan plesiomorfias que remiten al ancestro común primitivo volador; y la Evo-Devo pretende explicar esa permanencia de la forma primitiva. Ahí, para la Teoría de la Selección Natural, no habría ningún enigma: para ella la permanencia de la forma primitiva es lo obvio; lo que no merece otra explicación que la filiación común. Lo que era necesario explicar era el apartarse de esa forma originaria. Para la Evo-Devo, en cambio, es esa permanencia del cormorán en todos los pingüinos que merece ser explicada.

Los teóricos de Evo-Devo están más interesados en la unidad de tipo que en la diversidad de las formas. Ellos están más intrigados por la preservación de las homologías que por las variantes que, a partir de ellas, la evolución pueda producir. Ellos consideran, además, que esas homologías no son meros residuos de semejanza que la selección natural dejó coyunturalmente intocados. Las homologías son, más bien,

constantes morfológicas activamente preservadas por los constreñimientos ontogenéticos. Las homologías son rasgos muy estables por el hecho de que su alteración es ontogenéticamente muy difícil de generar. Por eso ellos persisten; y explicar esas persistencias es lo mismo que explicar la *unidad de tipo*. Allí, la pregunta clave parece ser *¿Por qué la plesiomorfia y no más bien la apomorfia?*; es decir: la pregunta inversa de aquella que la Teoría de la Selección Natural nos lleva, una y otra vez, a formular. Creo, sin embargo, que pensar la diferencia entre Evo-Devo y Teoría de la Selección Natural en términos de ese contraste entre un interés por la plesiomorfia y un interés por la apomorfia, no es del todo adecuado. Eso nos pone en la dirección correcta, pero no nos lleva hasta donde tenemos que llegar.

En realidad, tanto ese interés por la ocupación limitada del morfoespacio al que me referí antes, como ese interés por las homologías al que acabo de aludir, son manifestaciones parciales de un objetivo cognitivo más fundamental: el de explicar la ocupación sesgada del morfoespacio que resulta de la evolución. Las formas realizadas y realizables por la evolución se concentran en ciertas áreas de ese morfoespacio; y esas áreas que cabría describir como regiones de semejanza, se encuentran densamente ocupadas por formas extintas o actuales. En esas regiones, podríamos decir también, se concentran múltiples variantes de un mismo esquema morfológico fundamental; y entre esas regiones, que pueden definirse a partir de caracteres homólogos, persisten regiones inexploradas, vacías: regiones que nos inducen a pensar en interdicciones morfológicas que resultan de esos mismos constreñimientos ontogenéticos que preservan a las homologías. He ahí, según lo entiendo, el objetivo explanatorio central que nordea a la Biología Evolucionaria del Desarrollo: explicar esa ocupación sesgada, o irregular, del morfoespacio que la evolución va generando. Es eso lo que la preocupa a la Evo-Devo, y no tanto el hecho de que el universo de las formas realizadas sea más ralo de lo esperado. Y ese objetivo explanatorio responde a un *Ideal de Orden Natural* que sería el de la ocupación homogénea o regular del morfoespacio.

Desde el punto de vista de la *Evo-Devo*, si el morfoespacio, o un sector limitado de él, estuviese ocupado homogéneamente, nada habría para explicar. Pero dado que la ocupación del morfoespacio es irregular, los constreñimientos ontogenéticos deben invocarse como siendo los responsables de esa irregularidad. Esos constreñimientos son las fuerzas que la Biología Evolucionaria del Desarrollo invoca para explicar ese desvío

de lo que ella presupone como *Ideal de Orden Natural*. Es atendiendo a ese ideal que la Evo-Devo se plantea problemas que la Teoría de la Selección Natural jamás nos hubiese llevado plantear; y es en el esfuerzo por responder esos nuevos problemas que se está articulando esa nueva teoría de la evolución a la que me referí en el inicio. He ahí la gran novedad teórica que está ocurriendo en la Biología Evolucionaria.

# CAUSALIDAD MULTINIVEL Y LA *SÍNTESIS* *EXTENDIDA*

MAXIMILIANO MARTÍNEZ

*Departamento de Humanidades, UAM Cuajimalpa (México)*

[mmartinez@correo.cua.uam.mx](mailto:mmartinez@correo.cua.uam.mx)

EN ESTE TRABAJO ARGUMENTO QUE PARA LA *SÍNTESIS EXTENDIDA* resulta imperioso reemplazar los modelos causales tradicionales en biología, el de causas próximas-últimas y el de la causalidad lineal ascendente, debido a su incapacidad para capturar la causalidad biológica compleja que describen la mayoría de áreas de investigación en la actualidad. Estas nuevas tendencias muestran la necesidad de reconceptualizar la causalidad y así permitir la construcción de modelos multinivel que conecten bidireccionalmente diversos niveles de organización y diferentes escalas de tiempo. La causalidad multinivel es fundamental en los procesos de organización natural, por lo que, argumento, la extensión de la síntesis debe ubicarla en su base.

## **1. Introducción: la biología contemporánea y la *Síntesis extendida***

La noción de ‘causalidad’ ha sido un tópico de intenso debate y permanente investigación en biología desde los años cincuenta. Si bien Wagner (1999) señala una ausencia de discusión generalizada en torno a este tema en las disciplinas biológicas, es posible identificar diversos focos de investigación que lo tratan, principalmente en lo que toca a las causas de la evolución, al rol causal de los genes, del desarrollo y del entorno en diversos procesos biológicos, o a la determinación de los factores causantes de la conformación morfológica de los organismos. Asuntos como estos se ubican al centro de la discusión actual en la biología y es posible encontrar múltiples conexiones entre ellos. Las conexiones se dan por razones obvias; las entidades y procesos que estudian las diversas disciplinas de la biología son causalmente ricos: su fenomenología está inmersa en redes causales multidireccionales, vinculando los diversos niveles de

organización e involucrando diversas escalas de tiempo. Esto último requiere de un abordaje mucho más complejo y multidimensional, que integre diversas aproximaciones, perspectivas y disciplinas.

Justamente, debido a los enormes avances de las últimas décadas en diversas áreas de pesquisa en biología, tales como genética del desarrollo, EvoDevo, construcción de nichos, plasticidad fenotípica, herencia epigenética, evolución cultural, morfología genérica, biología de sistemas, etc., ciertos autores argumentan que es necesario hacer una extensión de la teoría evolutiva clásica de la *Nueva síntesis*, de forma tal que se abra el espacio para incorporar e integrar articuladamente los descubrimientos y trabajos recientes en los campos arriba mencionados (Pigliucci 2007, Müller 2007b, Pigliucci & Müller 2010). Para tales autores, esta integración y acoplamiento sólo es posible desde una *Síntesis extendida* que promueva nuevos marcos conceptuales, novedosos enfoques y metas renovadas. En sintonía con esta propuesta, en este trabajo defenderé la necesidad de construir nuevos marcos causales para llevar a cabo una extensión exitosa de la síntesis. Repensar la causalidad es fundamental para la Síntesis extendida, puesto que los modelos causales tradicionales de la biología resultan o confusos o insuficientes para elucidar la causalidad compleja y multifactorial que describen la mayoría de los trabajos actuales de la biología. Los modelos a los que me refiero son la dicotomía de causas próximas-últimas de Mayr y el modelo lineal de causalidad ascendente (*bottom-up*). Defenderé la conveniencia de reemplazarlos y construir en su lugar un nuevo marco multinivel que permita involucrar causalmente: a) diversos niveles de organización en múltiples direcciones, y b) diferentes escalas de tiempo. Un marco causal multinivel permitirá capturar de manera más fiel la causalidad compleja y no lineal inherente a la biología, tal y como es requerido en una extensión de la síntesis.

## **2. Un nuevo marco conceptual para la extensión de la síntesis**

Llevar a cabo una extensión de la Nueva síntesis implica, necesariamente, importantes reformas conceptuales y re-definiciones (Pigliucci & Müller 2010, Odling-Smee 2010, Callebaut *et al.* 2007), de las cuales una de las principales concierne a la causalidad biológica. Una extensión exitosa de la síntesis depende en gran medida de la construcción de marcos teóricos apropiados, incluyendo primordialmente una

reconceptualización de la causalidad. Sin estas reformas, resulta imposible relacionar adecuadamente la enorme cantidad de descubrimientos, trabajos y datos experimentales de la era post-genómica (Laubichler & Maienschein 2007).

Es así como la Síntesis extendida propone elucidar las relaciones causales que, tanto diacrónica como sincrónicamente, ocurren entre los diversos niveles de organización biológica. Aquí surgen varias cuestiones que tienen sentido sólo desde una perspectiva integracionista como la propuesta por la extensión de la síntesis: Cómo los procesos del desarrollo afectan la evolución y cómo los procesos evolutivos inciden en el desarrollo es una pregunta comprensible desde la EvoDevo extendida. De la misma forma, entender cómo co-evolucionan la construcción de nichos y la cultura con los fenotipos y sus poblaciones genéticas, requiere de un enfoque causal que trate a estos diversos niveles como co-dependientes (Odling-Smee 2010, Boyd & Richerson 2005). Así mismo, la investigación en EvoDevo genérica muestra cómo ciertos procesos de morfogénesis temprana obedecen a bucles causales de retroalimentación entre el sistema en desarrollo y sus partes (Newman 2003). Por último, comprender la importancia de la herencia ‘suave’ de los mecanismos epigenéticos (células, organismos) hacia los genes y sus procesos de regulación, sólo es posible cuando se determinan las relaciones causales de retroalimentación entre los niveles genético y epigenético (Jablonka & Lamb 2005). Estas cuestiones no agotan el universo de temas que trata la extensión de la síntesis, pero sí evidencian el papel central que la causalidad juega en ella. Una pregunta que surge inmediatamente es la siguiente: ¿es posible investigar acerca de la co-determinación causal entre las entidades y procesos de los diversos niveles de organización biológica a partir de los modelos causales tradicionales usados a lo largo del siglo pasado? Diversos autores han señalado la imposibilidad de entender tales relaciones causales utilizando la dicotomía entre causas próximas y últimas y el modelo lineal de causalidad ascendente (Amundson 2005; Laubichler & Maienschein 2007; Brigandt 2007; Plutynski 2008; Martínez 2011; Laland *et al.* 2011). Se sostiene que estos dos modelos adoptan nociones estrechas de causalidad que se quedan cortas al hacer frente a los retos de la biología contemporánea. Por este motivo, propongo explorar la posibilidad de adoptar una noción amplia y multidimensional de causalidad que supla tales falencias, en donde el concepto de *causalidad multinivel* juegue un rol clave. De aquí en adelante defenderé que es posible, atendiendo a ciertas

investigaciones teóricas y empíricas contemporáneas en biología, dar los pasos iniciales hacia la construcción de un nuevo marco causal que engrane mejor con los objetivos integracionistas de la Síntesis extendida. Propongo a la causalidad multinivel como un candidato ideal para ser la piedra de toque de dicho marco, el cual reemplace nuestros esquemas causales tradicionales.

### **3. La causalidad multinivel**

Dada la inconformidad con los modelos causales usuales en biología, ¿cuáles son las alternativas? Resulta importante atender a lo señalado por Newman (2003), Riedl (2005), Noble (2006), Plutynski (2008), Rasskin-Gutman (2008), Martínez (2011), Laland *et al.* (2011): es necesario pensar en términos de modelos causales multidimensionales que incorporen tanto direcciones ascendentes como descendentes de influencia causal, permitiendo relacionar diferentes niveles de organización biológica y diversas escalas de tiempo. Esto es recomendable no sólo porque permite entender y modelizar fenómenos biológicos causalmente interconectados, también porque sienta las bases del nuevo marco causal requerido por la Síntesis extendida. Veamos en que consiste la causalidad multinivel.

#### *3.1 El concepto de causalidad multinivel*

La causalidad multinivel es fundamental en los procesos de organización y complejidad que ocurren entre los diversos niveles de organización biológica: en numerosos trabajos en biología de sistemas, teorías de la complejidad, construcción de nichos, estructuralismo del desarrollo, paleontología, neurobiología, selección natural y teoría evolutiva, se señala como crucial la importancia de la co-determinación entre causas ascendentes y descendentes (Vrba y Eldredge 1984; Moreno y Umerez 2000; Emmeche *et al.* 2000; El-Hani y Emmeche 2000; Gilbert y Sarkar 2001; Newman 2003; El-Hani y Queiroz 2005; Soto y Sonnenschein 2005; Noble 2006; Laland *et al.* 2008; Rasskin-Gutman 2008; Ellis 2009; Martínez y Moya 2011). Esta co-determinación es un patrón universal de organización (El-Hani y Queiroz 2005), generalmente descrito como un *mecanismo retroalimentativo de influencia y control* entre entidades y eventos a diferentes niveles de organización. Ahora bien, aunque este es usualmente el concepto invocado al respecto de la causalidad multinivel, los términos usados para referirse a

ella no son unánimes. Encontramos diversos términos tales como *causalidad descendente* (Noble 2006; Soto y Sonnenschein 2005; Moreno y Umerez 2000; El-Hani & Emmeche 2000), *determinación descendente* (El-Hani & Queiroz 2005), *causalidad circular* (Soto y Sonnenschein 2005), *causalidad retroalimentativa* (Riedl 2005), *causalidad recíproca* (Laland *et al.* 2008), *causalidad multinivel* (Martínez y Moya 2011), etc. Mi objetivo aquí no es hacer un análisis terminológico, razón por la cual me decanto por esta última referencia y propongo cobijar a todos los términos mencionados bajo el de *causalidad multinivel*. Este refiere a los mecanismos de co-determinación causal de dirección tanto ascendente como descendente que, en una suerte de bucles retroalimentativos, ocurren entre entidades, eventos y procesos a diversos niveles de organización biológica y que conectan diversas escalas de tiempo. Veamos ejemplos concretos de causalidad multinivel

### 3.2 *Biología de sistemas y causalidad multinivel*

Uno de los principales expositores de la biología de sistemas es Noble, quien en su trabajo (2006) desarrolla diversos ejemplos genéticos, celulares y fisiológicos de causalidad multinivel: controles de expresión génica, transmisión de influencias externas a través del huevo, influencias hormonales, transmisores del sistema nervioso que afectan las células, efectos maternos, mecanismos rítmicos naturales (corazón, respiración), etc. Noble se refiere a estos casos como mecanismos de control e interacciones que ocurren *intra* e *inter* los niveles de organización biológica, los cuales son necesarios en la organización y regulación de todo sistema complejo: “cualquier sistema bien regulado debe involucrar controles de retroalimentación” (2006). Esta retroalimentación es esencial para el funcionamiento del sistema (2006). Noble sostiene que las interacciones de los productos génicos (e.g. las proteínas) forman redes bioquímicas no-lineales: “la expresión de un gen involucra niveles de actividad que están determinados por el sistema como un todo” (2006).

### 3.3 *Redes auto-catalíticas y causalidad multinivel*

Se piensa que la transición de la química orgánica a la inorgánica involucró redes auto-organizadas de agregados moleculares, cuyas propiedades dieron paso a las características básicas y generales de los sistemas vivos (Lee *et al.* 1997). Ahora, ¿las

redes auto-catalíticas exhiben procesos de causalidad multinivel? Esto es lo que argumentan Moreno y Umerez (2000) con respecto a la célula: la auto-organización de un sistema fundamental, como la célula, es producida por las interacciones del sistema completo. El material funcional que edifica el sistema es fabricado dentro de los procesos internos de la célula misma: “la causa de un componente funcional cualquiera en una célula es la red completa de reacciones recursivas que constituyen la célula misma” (Moreno y Umerez 2000). De esta forma, es el sistema como un todo el que determina parcialmente lo que pasa a sus constituyentes, instanciando un claro caso de causalidad multinivel. Esta determinación descendente, en conjunción con la determinación ascendente (de los constituyentes al todo), en una suerte de bucle retroalimentativo, provee de orden y organización compleja al sistema celular. El-Hani y Queiroz (2005) sostienen al respecto: los niveles superiores de cualquier sistema imponen constreñimientos sobre sus partes, comprometiendo su comportamiento con el patrón organizacional que el nivel superior determina.

### *3.4 Selección natural y causalidad multinivel*

La causalidad multinivel ha sido referida en la acción positiva y creativa que tiene la selección natural en la generación de la morfología compleja de los organismos (Campbell 1974, Martínez y Moya 2011). La selección natural, operando en niveles superiores de organización (individual o poblacional) incide causalmente en la configuración de los niveles inferiores (molecular o genético) de la siguiente generación. Ese hecho le confiere a la selección un rol creativo en la morfogénesis (Martínez y Moya 2011). El punto aquí es que la *aptitud* de los individuos, es decir, su grado de éxito en la supervivencia y reproducción, determina parcialmente la composición de las condiciones iniciales moleculares y genéticas de la siguiente generación. Vemos en acción un bucle retroalimentativo causal diacrónico: lo que ocurre a las entidades en los niveles superiores de organización incide causalmente en las entidades de los niveles inferiores de la siguiente generación las cuales, a su turno, construyen las nuevas entidades de niveles superiores, y así sucesivamente (Martínez y Moya 2011).

#### **4. Conclusión**

Los diversos ejemplos de causalidad multinivel revisados muestran la evidente incursión de modelos causales multidimensionales en la biología contemporánea. Estos trabajos abordan la epistemología y la ontología de la causalidad biológica desde ámbitos complejos que superan largamente lo propuesto por los modelos tradicionales de causa próxima vs. causa última y el de causalidad ascendente. Lo que muestran los trabajos revisados es que en la naturaleza existen múltiples mecanismos, interacciones y conexiones que instancian controles de retroalimentación *intra* e *inter* los diversos niveles de organización biológica, los cuales generan orden y complejidad en la evolución y el desarrollo de los sistemas biológicos. Esta característica natural de la causalidad biológica no queda capturada por los marcos causales tradicionales, lo que da un apoyo decisivo a la tesis aquí defendida: es necesario reemplazarlos por modelos causales complejos que concuerden con la biología contemporánea. Dado el propósito de la *Síntesis extendida* de integrar los trabajos recientes de las diferentes áreas de la biología, un marco causal multinivel se hace imperativo.

# INFERENCIA ABDUCTIVA, DEDUCTIVA E INDUCTIVA EN LA CONSTRUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE HIPÓTESIS Y MODELOS EN 'EVO-DEVO'

FRANCISCO VERGARA SILVA

*Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (México)*

[f.vergarasilva@gmail.com](mailto:f.vergarasilva@gmail.com)

## **1. Introducción: evo-devo y la inferencia científica**

EN UN MEMORABLE ARTÍCULO PUBLICADO EN 2000, los biólogos Günter Wagner y Chihua Chu, junto con el historiador de la biología Manfred Laubichler, hacían un repaso histórico y conceptual de la 'reinvención de la biología comparativa por parte de la biología del desarrollo', reflejada en la consolidación de la subdisciplina biológica ya bautizada para entonces como 'biología evolutiva del desarrollo' o 'evo-devo'. En este artículo, Wagner y sus colaboradores hicieron diversas contribuciones de naturaleza programática e histórica,<sup>1</sup> que conservan valor hasta la fecha. Sin embargo, una contribución tal vez más sutil –pero no por ello menos importante– de dicho trabajo es la observación acerca de que, en el traslado que evo-devo supone entre el ámbito ontogenético y el filogenético, es indispensable realizar *inferencias*. El papel de la inferencia científica es, de hecho, central en el trabajo de estos autores, tal y como lo refleja el título elegido: “Evolución del desarrollo como una ciencia mecanística: la *inferencia* desde los mecanismos del desarrollo hasta los procesos evolutivos” (cursivas

---

<sup>1</sup> Wagner y sus colaboradores (2000) identificaban cinco objetivos de investigación que, en su opinión, distinguen a evo-devo como un campo de investigación con personalidad propia. Los objetivos enumerados por Wagner et al. (p. 820) eran, en resumen, (i) la caracterización de la 'evolución del desarrollo embrionario *per se*' (es decir, el cambio en los procesos ontogenéticos a través de la filogenia); (ii) la estimación de homologías; (iii) la descripción de la estructura del 'mapa genotipo-fenotipo'; (iv) la determinación del papel que las restricciones del desarrollo ('developmental constraints', en inglés) tienen sobre los patrones de diversificación evolutiva; y (v) la explicación mecanística de las innovaciones evolutivas y el origen de los planes corporales.

añadidas). En un texto posterior, en el cual Wagner ha comparado al ‘evo-devo molecular’ con un programa de investigación biológica del siglo XIX –aquel conocido entre los historiadores como ‘morfología evolutiva’, y usualmente asociado con Ernst Haeckel– la importancia de las interrogantes acerca del papel de la inferencia en evo-devo ha sido presentada con nitidez aún mayor:

A pesar de (sus) avances, *el campo (de evo-devo) aún carece* de maneras efectivas de decidir qué escenario evolutivo sustenta apropiadamente, o es coherente con, los mecanismos del desarrollo responsables de una transformación evolutiva de un carácter. [...] *¿Qué datos y métodos de inferencia deben ser usados para establecer si un cambio embriológico particular fue instrumental en efectuar la transformación de un carácter (morfológico)?* (Wagner 2007, pp. 528-529; cursivas añadidas).

Si Wagner está en lo correcto, aún de manera parcial, resulta razonable suponer que la dimensión epistemológica no necesariamente ha recibido la atención que merece en el esfuerzo comunitario de los filósofos de la biología por acercarse a evo-devo. *El presente texto ejemplifica la propuesta de un estudio explícito del papel que los tres modos de inferencia científica reconocidos tradicionalmente por la filosofía de la ciencia –a saber, la abducción, la deducción y la inducción– han jugado y pueden jugar dentro de las investigaciones en evo-devo.* El ejemplo que he elegido para esta breve presentación de dicho programa de trabajo en epistemología de evo-devo, es el que corresponde al descubrimiento de la identidad molecular de los genes homeóticos –es decir, el hallazgo de la ‘caja homeótica’ u ‘homeobox’. Mis definiciones de los tipos de inferencia científica son los canónicos; de cualquier modo, entre la multitud de posibles fuentes de consulta para tales definiciones, aquí sugiero el excelente libro sobre ‘teorías del método científico’ publicado en 2007 por Robert Nola y Howard Sankey, conocidos filósofos de la ciencia avecindados en Oceanía.

Debido a que por razones de espacio me es imposible desarrollar aquí un ejemplo adicional tomado de la historia de evo-devo, añadido en este punto que el descubrimiento de los ‘genes homeóticos florales’, que fue el resultado de varios años de experimentos exitosos de genética molecular del desarrollo en el sistema modelo

proporcionado por la dicotiledónea *Arabidopsis thaliana* (Coen y Meyerowitz 1991 y un gran número de referencias subsiguientes) es perfectamente susceptible de ser estudiado bajo los mismos términos del análisis de los genes homeóticos animales que presento aquí de manera abreviada.

## **2. El papel de la abducción, la deducción y la inducción en un episodio fundacional para evo-devo (en su versión molecular, del siglo XX)**

El descubrimiento de los genes homeóticos en animales fue un hallazgo enmarcado de lleno en la era molecular de la genética del desarrollo. Este descubrimiento se llevó a cabo de manera aproximadamente simultánea en los laboratorios de los genetistas Walter Gehring y Matthew Scott, en Suiza y los Estados Unidos, respectivamente.<sup>2</sup> Los resultados de los experimentos correspondientes al trabajo realizado por ambos grupos de investigación fueron presentados en varias publicaciones relacionadas, dentro de las cuales sobresale el artículo de William McGinnis y colaboradores (1984) –con Gehring como autor correspondiente– en la revista *Cell*.

En un capítulo de libro acerca de ‘los principios del control genético del desarrollo embrionario’, Gehring (2007) ha presentado un resumen especialmente útil de las investigaciones que fundamentaron el trabajo que permitió el descubrimiento – mediante las técnicas de clonación propias de la época– de la ‘caja homeótica’, que es fundamento de la identidad molecular de los genes homeóticos. Esta ‘homeobox’ es la región conservada en dichos genes que les confiere su función bioquímica como factores de transcripción.<sup>3</sup> Desde el punto de vista de un análisis epistemológico como el que me ocupa, es importante mencionar que la caja homeótica representa el elemento clave que permitió que los experimentos de hibridización de sondas de *Drosophila* en

---

<sup>2</sup> La historia detallada del descubrimiento de los genes homeóticos ha sido relatada por el propio Walter Gehring en su libro publicado en 1999. A raíz de la narración de Gehring, sus colegas Peter Lawrence y William McGinnis han articulado una visión ligeramente diferente de la presentada por Gehring en su recuento (McGinnis y Lawrence 1999). El papel de esta controversia en mi reconstrucción de la participación de los diferentes tipos de inferencia científica en el caso de este episodio fundacional en la historia de evo-devo es menor, aunque no inexistente. Sin embargo, por razones de espacio es imposible abundar aquí sobre este punto.

<sup>3</sup> Es usual que, en cualquier libro de texto contemporáneo de genética, se le asigne a dicha región molecular una longitud de 180 nucleótidos, que codifica para un ‘homeodominio’ de 60 aminoácidos.

blots que contenían DNA provenientes de varias especies de animales –incluyendo algunos vertebrados– resultaran exitosos.<sup>4</sup>

Dentro del resumen elaborado por Gehring (2007), el primer punto sobresaliente es la atribución al genetista norteamericano Edward B. Lewis de la autoría de un programa de investigación en genética clásica de *Drosophila*, a partir del cual se justificó la búsqueda de la identidad molecular de los genes homeóticos. Gehring refiere que el programa de investigación que Lewis llevó a cabo en el Instituto Tecnológico de California (CalTech) buscaba inicialmente “poner a prueba la hipótesis de (el genetista norteamericano Calvin) Bridges, quien decía que el genoma contiene duplicaciones genéticas de manera natural”. En este trabajo, Gehring añade que Bridges suponía que dichas duplicaciones corresponderían a las bandas visibles en los cromosomas politénicos de *Drosophila*, y que por tanto estarían organizadas de modo contiguo y secuencial (es decir, en tandem). *La hipótesis de Bridges constituye claramente un ejemplo de abducción, mientras que los experimentos realizados por Lewis que comprobaron (según afirmación de Gehring 2007, p. 1) dicha hipótesis sustentan inferencias de tipo inductivo.*<sup>5</sup>

*Esta presentación esquemática de un ‘ciclo abducción-inducción’ involucrado en el inicio de la investigación de Lewis en Drosophila sugiere que, en términos epistemológicos, la construcción de las hipótesis y modelos fundacionales de la genética molecular del desarrollo con un sello sistemático-evolutivo –es decir, con un carácter de ‘hipótesis evo-devo’– también podría ser descrita como una relación recíproca entre estos dos tipos de inferencia. En este contexto, las hipótesis estrictamente deductivas parecerían no tener cabida. Una consideración de las etapas restantes que Gehring (2007) establece para completar su recuento del trabajo de Lewis, en conexión con las investigaciones de su propio grupo, es coherente con la afirmación anterior. En referencia especial al artículo que Lewis publicó en 1978, Gehring (2007, p.1) emplea la frase ‘modelo de Lewis’ para capturar la noción “que proporciona el*

---

<sup>4</sup> No obstante el desacuerdo mencionado en la nota anterior, Gehring (1999 y 2007) ubica a McGinnis como personaje central en la realización de este grupo de experimentos, que fueron cruciales para el hallazgo de la presencia de genes homeobox a lo largo del reino animal. Otros experimentalistas involucrados en los experimentos y que han sido nombrados por Gehring (2007) son Atsushi Kuroiwa y Richard Garber.

<sup>5</sup> Estos experimentos corresponden al descubrimiento de los genes bautizados por Lewis como *bithorax*, en época anterior a las clonaciones moleculares de genes homeóticos recién mencionadas (Gehring 2007, pp. 2-3).

marco para el subsecuente análisis genético molecular de los genes homeóticos”. Según Gehring, en ese año Lewis ya estaba en buena posición para hacer afirmaciones con elementos tanto taxonómicos como evolucionistas, como la siguiente:

[L]as moscas dípteras han evolucionado a partir de insectos más primitivos que tenían cuatro alas, y los insectos han evolucionado a partir de artrópodos más primitivos que tenían patas en todos sus segmentos abdominales. Durante la evolución, dos tipos principales de genes debieron haber aparecido: genes “supresores de patas”, que removían las patas de todos los segmentos abdominales, dejando sólo tres pares de patas en tres segmentos abdominales, y genes “promotores de halterios” que suprimían el segundo par de patas en los ancestros tetra-alados de las moscas. (Gehring 2007, pp. 1-2).

Esta hipótesis abductiva –que bien puede ser considerada la ‘primera hipótesis de tipo evo-devo’ en su versión del siglo XX– funcionó asimismo como el fondo teórico de una gran cantidad de experimentos realizados en *Drosophila* durante los años que llevaron al descubrimiento de los genes homeóticos. Gehring es explícito a este respecto cuando afirma que “el modelo de Lewis invitaba al análisis molecular”. Así, de acuerdo con su narración (Gehring 2007, p. 5), el grupo de experimentos realizados posteriormente en su laboratorio permitió, por un lado, (i) la clonación del gen *fushi tarazu* (*ftz*) a partir de la ‘homología cruzada’ entre dicha secuencia y la del gen *Antennapedia* (*Antp*) –ésta última ya obtenida previamente mediante la técnica de ‘caminata sobre cromosomas’<sup>6</sup>– y, por otro lado (ii) el hallazgo de la secuencia del primer gen homeótico en un vertebrado (i.e. el homólogo de *Antp* en el sistema modelo *Xenopus laevis*, en colaboración con Eddy de Robertis). El éxito de todos estos experimentos sustenta pasos de inferencia inductiva que complementan la hipótesis abductiva que los justifica; sin embargo, la ‘hipótesis proto-evo-devo de Lewis’ no se conservó en su forma original debido a que los detalles de los hallazgos (inductivos) sugirieron modificaciones posteriores (Gehring 2007, pp. 2-5). El modo en que dichos hallazgos –que involucran el descubrimiento de regiones regulatorias de la expresión de genes homeóticos desconocidas para Lewis, la participación de los así llamados

---

<sup>6</sup> La técnica de ‘chromosome walking’ fue montada por Gehring con ayuda del genetista norteamericano David Hogness (Gehring 2007, p. 3).

‘microRNAs’ (también desconocidos para Lewis), así como otras complejidades moleculares– implican nuevas interacciones entre abducción e inducción, que serán elaboradas en una versión posterior y más extensa del presente trabajo. De igual manera, la posibilidad de la participación de un modo inferencial deductivo en aspectos muy restringidos de la configuración de hipótesis y modelos en estas investigaciones fundacionales para evo-devo (por ejemplo, al respecto de los hallazgos moleculares relacionados con la ‘regla de la colinearidad’ de Lewis) también serán tratados allí.

### Agradecimientos

Para la planeación y realización iniciales de este proyecto de investigación, he recibido financiamiento y apoyo logístico (durante septiembre de 2010) por parte del Konrad Lorenz Institute (KLI) for Evolution and Cognition Research (Altenberg, Viena, Austria). Agradezco sinceramente a los Dres. Werner Callebaut, Gerd Müller y Jeffrey Schwartz por su generosidad al haberme otorgado dicho apoyo.

### REFERENCIAS

- Coen, Enrico S. y Elliot M. Meyerowitz. 1991. The war of the whorls: genetic interactions controlling flower development. *Nature* **353**: 31-37.
- Gehring, Walter J. 1999. *Master Control Genes in Development and Evolution: The Homeobox Story*. Yale University Press.
- Gehring, Walter J. 2007. The homeobox as a key for understanding the principles of the genetic control of development. En *HOX Gene Expression* (S. Papageorgiou, editor), Springer, pp. 1-13.
- Lewis, Edward B. 1978. A gene complex controlling segmentation in *Drosophila*. *Nature* **276**: 565-570.
- McGinnis, William, Michael S. Levine, Ernst Hafen, Atsushi Kuroiwa y Walter J. Gehring. 1984. A conserved DNA sequence in homoeotic genes of the *Drosophila* [Antennapedia](#) and [bithorax](#) complexes. *Nature* **308**: 428–433.
- McGinnis, William y Peter Lawrence. 1999. Historical transformations. *Nature* **398**: 301-302.

- Nola, Robert y Howard Sankey. 2007. *Theories of Scientific Method*. Acumen.
- Wagner, Günter P, Chi-Hua Chu y Manfred Laubichler. 2000. Developmental evolution as a mechanistic science: the inference from developmental mechanisms to evolutionary processes. *American Zoologist* **40**: 819-831.
- Wagner, Günter P. 2007. The current state and the future of developmental evolution. En *From Embryology to Evo-devo: A History of Developmental Evolution* (M. D. Laubichler y J. Maienschein, editores), MIT Press.

Simposio 7

PABLO LORENZANO (coord.),

[pablo.lorenzano@gmail.com](mailto:pablo.lorenzano@gmail.com)

KARINA ALLEVA, DANIEL BLANCO, LUCÍA FEDERICO,  
SANTIAGO GINNOBILI

“El estructuralismo metateórico en las ciencias biológicas”

KARINA ALLEVA y LUCÍA FEDERICO

“De ‘esquemas’ a ‘modelos’. La explicación en biología molecular y bioquímica desde  
una perspectiva estructuralista”

DANIEL BLANCO

“Aspectos iluminadores de la reconstrucción estructuralista de la teoría del origen  
común”

SANTIAGO GINNOBILI

“Conceptos faltantes en las presentaciones habituales de la teoría de la selección  
natural”

PABLO LORENZANO

“La genética clásica y sus problemas”

EL ESTRUCTURALISMO METATEÓRICO ES, dentro de las concepciones semánticas, el que ofrece el análisis más detallado de la estructura fina de las teorías, además de ser el que más atención ha dedicado al análisis y reconstrucción de teorías científicas particulares y la que mayores frutos ha dado en la clarificación de los problemas conceptuales y en la

explicitación de los supuestos fundamentales de teorías científicas concretas. El objetivo de este simposio es presentar y discutir la utilización de esta concepción metateórica en el análisis de distintos aspectos de algunas de las teorías pertenecientes al ámbito de las ciencias biológicas.

# DE “ESQUEMAS” A “MODELOS” LA EXPLICACIÓN EN BIOLOGÍA MOLECULAR Y BIOQUÍMICA DESDE UNA PERSPECTIVA ESTRUCTURALISTA

KARINA ALLEVA

[karina.alleva@gmail.com](mailto:karina.alleva@gmail.com)

*Universidad de Buenos Aires, CONICET (Argentina)*

LUCÍA FEDERICO

[luciafed@hotmail.com](mailto:luciafed@hotmail.com)

*Universidad Nacional de Quilmes,*

*Universidad Nacional de Tres de Febrero (Argentina)*

## **1. La explicación según diferentes perspectivas: el nuevo mecanicismo y el estructuralismo**

LA CUESTIÓN DE LA EXPLICACIÓN CIENTÍFICA ha sido central para la filosofía de la ciencia. Desde la filosofía de la biología, biología molecular, bioquímica y neurociencias en los últimos años se registra una fuerte tendencia al análisis de la explicación científica mediante el concepto de “mecanismo”.

Una de las propuestas dentro de la filosofía mecanicista actual o *nueva filosofía mecanicista* que más peso tiene en la actualidad, y que enfoca su análisis en la biología molecular y bioquímica, es la del grupo llamado MDC (Machamer, Darden y Craver 2000; Craver y Darden 2005; Craver 2006; etc.). Esta concepción propone el uso de mecanismos para dar cuenta de la práctica científica y ha desarrollado a su vez una elucidación del concepto de explicación, la explicación en base a un mecanismo, tanto para la biología como para bioquímica. Así los nuevos filósofos mecanicistas, aunque con diferencias en sus propuestas, consideran que una teoría científica es “genuinamente

explicativa” si presenta un mecanismo. Por ejemplo, Craver, uno de los representantes de esta corriente, distingue entre “modelos fenoménicos” y “explicaciones”, marcando el límite entre uno y otro bajo la mirada de que “el mero subsumir un fenómeno bajo un conjunto de generalizaciones no es suficiente para hablar de explicación” (Craver 2006, p. 357). En este contexto, señala que, aún cuando no todas las explicaciones son mecanicistas, un modelo que describa un mecanismo sería portador de explicación: “las explicaciones mecanísticas son explicaciones constitutivas: ellas explican el comportamiento de un mecanismo como un todo en términos de actividades organizadas y las interacciones entre sus componentes” (Craver 2006, p.369).

Pese al avance de este enfoque mecanicista en el seno de la filosofía de la biología y bioquímica, creemos se logra mayor precisión en cuanto al análisis de la capacidad explicativa de una teoría si se apela a la elucidación que del concepto de explicación ha hecho la concepción *estructuralista de las teorías científicas*. Esta concepción centra su análisis en el concepto de “teoría” pero no de manera enunciativista como propone la concepción *clásica de la ciencia* sino desde un análisis modelo-semántico de las teorías. Desde el estructuralismo, la idea de explicación es la de *subsunción* (o *embedding*), idea que ha sido desarrollada con detalle en Bartelborth (1996, 1999, 2002), Forge (2002), Díez (2002), Moulines (2005) y Lorenzano (2005).

Ahora bien, ¿qué se entiende por subsunción en el marco de esta metateoría? Subsunción remite a la inserción de una estructura de datos en un modelo teórico considerado. Los modelos de datos forman parte de la base empírica, son modelos cuyos componentes son **T**-no teóricos, esto es, su determinación o medición no presupone la teoría de la cual son datos, aunque presuponga otras. Así, explicar un fenómeno consiste en subsumir el fenómeno en un patrón nómico, y dado que la explicación de los fenómenos, identificados **T**-no teóricamente, la proporcionan los constituyentes **T**-teóricos de los modelos (aquellos aportados por la teoría), para que pueda hablarse de explicación por subsunción, debe haber ampliación teórica (Díez 2002).

## **2. La teoría de Hill y la teoría alostérica o MWC**

Para evaluar estas dos concepciones metateóricas respecto de la elucidación del concepto de explicación al que cada una alude abordaremos dos teorías aceptadas y

usadas por la comunidad científica.

En el área de la bioquímica tanto como en la biología molecular es de particular relevancia la explicación de los fenómenos que dan cuenta de la actividad biológica de muchas proteínas: enzimas, canales, receptores o moléculas transportadoras, tales como la hemoglobina. Muchos de estos fenómenos son llamados “cooperativos” en función de sus particularidades. La cooperatividad de las proteínas se representa usualmente como una curva de actividad en función de la cantidad de sustancia que une. Para las proteínas “cooperativas” esta curva muestra una característica forma sigmoidea o de «S» en contraposición con aquellas proteínas que no lo son.

Varias teorías que se han propuesto a lo largo de los años con intención de dar cuenta de éste fenómeno. Entre estas se encuentran la llamada teoría de Hill, o más precisamente teoría de la cooperatividad de Hill, y la teoría alostérica, o teoría MWC por sus autores, J. Monod, J. Wyman y J.P. Changeux. Estas teorías no fueron las únicas desarrolladas con este fin; sin embargo se destacan por motivos científicos e históricos, pero que no abordaremos en el presente trabajo.

La *teoría de la cooperatividad de Hill* (TCH) exhibe profundas diferencias conceptuales respecto de lo que Hill publicara en 1910 (Alleva y Federico 2012), pero es la actualmente utilizada por los científicos y se encuentra presente en todo libro de texto contemporáneo de bioquímica. En 1910, Hill presentó una teoría que proponía un fenómeno de agregación para dar cuenta de resultados experimentales que apuntaban a dilucidar si la hemoglobina era en una molécula simple o si se trataba de una molécula capaz de agregarse formando una molécula más compleja para actuar (Hill 1910). A partir de los años `20, quedó demostrado que la hemoglobina es una molécula compleja formada por 4 subunidades proteicas capaces de unir cada una un oxígeno. Pero esta unión entre moléculas no respondía a la agregación pretendida por Hill, ya que las subunidades estarían unidas entre sí en estado natural. Sorprendentemente la ecuación de Hill siguió siendo utilizada y hoy se puede decir que TCH es una de las teorías más aplicadas en la historia de la bioquímica. Bajo esta interpretación sin agregación TCH ha sido, y es empleada como medida de cuán sigmoidea es una curva de actividad biológica de proteínas que unen ligandos, siendo este grado de sigmoidicidad un parámetro de cuán cooperativo podría ser el fenómeno estudiado.

Casi medio siglo después de comenzados los estudios sobre el patrón de actividad de la hemoglobina se descubrió que algunas de las proteínas funcionales conocidas como enzimas también presentaban curvas dosis-respuesta cooperativas. La actividad de esta y otras enzimas no podían explicarse mediante el uso de la teoría vigente, la cinética enzimática michaeliana, ya que dicha teoría daba cuenta solamente de curvas no cooperativas. Si bien la búsqueda de una explicación para este patrón de actividad sigmoideo comenzó en la primera década del siglo XX, recién en 1965 una de esas propuestas se convirtió en un hito en la historia de la bioquímica. Fue en este año cuando se presentó, en su forma más completa, la *teoría alostérica* (TMWC). Esta teoría pretendía dar cuenta de un mecanismo a nivel molecular por el cual los cambios en la actividad biológica se asocian con modificaciones estructurales en las subunidades de la molécula (Monod, Wyman y Changeux 1965).

### **3. ¿Son explicativas TCH y TMWC? La mirada mecanicista en consonancia con la de los científicos**

Si bien la teoría de Hill es una clásica propuesta de abordaje del efecto cooperativo, los científicos no la consideran con la misma capacidad explicativa que a la teoría alostérica. Esta desigual valoración vendría dada por una diferencia central entre ambas teorías: la presencia o ausencia de un mecanismo.

Según los científicos la teoría de Hill no propone mecanismo alguno y se la suele considerar como “descriptiva”. Mas aún se dice que es una “ecuación” cuyos parámetros son “meros parámetros de ajuste” sin significado físico. La consideración que los científicos tienen para con la teoría de Hill pueden ejemplificarse en expresiones como las siguientes: “[E]l uso de la ecuación de Hill sólo se ha considerado como una forma rápida de estimar la cooperatividad en los experimentos sin ninguna interpretación mecanicista” (Bindslev 2008, p. 259) o “[es] una relación empírica útil de ajuste de curva más que un indicador de un modelo particular de fijación” (Voet y Voet 2006, p. 336).

Por el contrario, la teoría alostérica usualmente presentada como “modelo alostérico” propone un mecanismo molecular determinado: el “mecanismo alostérico” (Monod, Wyman y Changeux 1965, p.103). En este mecanismo dos conformaciones estructurales posibles de una proteína oligomérica estarían en equilibrio, tendrían

diferente capacidad para unir ligandos, y en consecuencia, presentarían diferente actividad biológica.

Es por esto que es considerada por los científicos una teoría que explica, ya que presenta un mecanismo que da cuenta del fenómeno de la cooperatividad.

Ahora bien, si consideramos a TCH desde la mirada del nuevo mecanicismo, esta sería un caso de lo que Craver llama *modelo fenoméricamente adecuado y no explicativo* (Craver 2006). A esta teoría se la consideraría así en pos de su capacidad de subsumir fenómenos bajo un conjunto de generalizaciones o “modelos abstractos”, pero sin embargo esto no sería suficiente para explicar dichos fenómenos.

En contraposición, la TMWC, cumple con los requisitos de lo que la nueva filosofía mecanicista reclama para que la misma sea explicativa: presenta un *esquema de mecanismo* con todas sus entidades y actividades, sus propiedades y su organización.

Es interesante destacar que el mismo Craver es quien acepta que lo propuesto por la metateoría mecanicista está en consonancia con la apreciación de los propios científicos: “muchos científicos contemporáneos delimitan la misma nítida distinción entre modelos explicativos y modelos que son meramente fenoméricamente adecuados” (Craver 2006, p. 358).

#### **4. ¿Son explicativas TCH y TMWC? La mirada estructuralista**

Partiendo de trabajos previos donde ya hemos efectuado las reconstrucciones estructuralistas de TCH (Alleva y Federico 2012) y TMWC (Alleva, Díez y Federico 2012), hemos mostrado que, considerando el marco metateórico estructuralista, tanto la teoría de la cooperatividad de Hill como la teoría alostérica son teorías explicativas, independientemente de que la primera no presente mecanismo y la segunda si lo haga. Si bien por mor de la brevedad no mostraremos en esta instancia las reconstrucciones realizadas para ambas teorías, anticipamos que el resultado anterior yace en que en ambos casos hay subsunción y que siguiendo la idea de explicación planteada por Díez (2002) sería plausible decir que las dos teorías aquí analizadas presentan ampliación teórica. Sin embargo, y también a partir de las propuestas reconstructivas, podemos decir que ambas teorías no son idénticas en cuanto a su capacidad explicativa. Desde el estructuralismo se acepta que al menos algunos términos T-teóricos podrían cumplir roles causales si son interpretados de manera realista (Moulines 2005; Lorenzano

2005)<sup>7</sup>. Así, si evaluamos para ambas teorías el rol que podrían cumplir en cada una sus términos T-teóricos vemos que la teoría alostérica explicaría por subsunción con ampliación teórica conceptual bajo una *interpretación realista* –ya que sus términos T-teóricos son conceptos teóricos que presentan un compromiso ontológico en tanto que pretenden dar cuenta de algo que “realmente” ocurre en el mundo–; mientras que en la teoría de la cooperatividad hay subsunción con ampliación teórica pero los términos T-teóricos no tienen compromiso ontológico alguno y han devenido, al pasarse de la teoría de la agregación a esta teoría de la cooperación utilizada hoy día, “meros parámetros de ajuste”, indicando que TCH sería una teoría instrumentalista incapaz de dar cuenta de lo que “realmente ocurre en el mundo”, pero útil para “describirlo”.

## 5. Conclusiones preliminares

Con lo hasta aquí dicho, podemos ver que el nuevo mecanicismo presenta un uso de algunos de sus metaconceptos muy en sintonía con las expresiones de los científicos. Esto lleva a que esta concepción considere que una teoría como la TCH es un modelo fenomenológico no explicativo.

En cambio el estructuralismo, con un instrumental mas potente para evaluar la capacidad explicativa de las teorías, permite distinguir entre teorías puramente fenomenológicas (que presentan subsunción sin ampliación teórica), teorías explicativas con interpretación instrumentalista (que presentan subsunción con ampliación teórica pero sin compromiso ontológico) y teorías explicativas con interpretación realista (que presentan subsunción con ampliación teórica y compromiso ontológico).

De este modo, si bien a primera vista el nuevo mecanicismo, con su propuesta de esquemas de mecanismos, parece mas acorde con la práctica científica al menos en el campo de la bioquímica y la biología molecular –respecto al uso de las teorías para

---

<sup>7</sup> Moulines propone la llamada versión fuerte de explicación por subsunción al señalar: “*en la medida en la que admitamos que los conceptos T-teóricos usualmente se refieren a algo, y que las relaciones causales son parte de la realidad, entonces yo abogaría por una interpretación causal de todos los conceptos T-teóricos*” (Moulines 2005, p. 53), mientras que Lorenzano (2005) considera más adecuado sostener una versión menos fuerte pero “más plausible y con un ámbito de aplicación más amplio”, versión posteriormente aceptada por Moulines, en la propone que “*ni todos los conceptos T-teóricos de una teoría son causalmente explicativos (p. e., el concepto de fuerza lo es en la mecánica newtoniana, pero no el de masa), ni –si se acepta el carácter no-causal de las explicaciones cuánticas o de algunas explicaciones psicológicas o sociológicas– alguno de los conceptos T-teóricos de cualquier teoría lo son*” (Lorenzano 2005, p. 58).

“explicar” o “para describir” científicamente fenómenos–, desde la propuesta modelo-teórica del estructuralismo se puede elucidar –a partir de su mayor grado de distinción entre tipos de explicación–, que la falta de compromiso ontológico de los términos T-teóricos parecería ser quien quita interpretación causal a las teorías pudiendo dar lugar a lo que los científicos señalan como “falta de mecanismo”.

## REFERENCIAS

- Alleva, K., Díez J. A. y L. Federico (2012), La teoría MWC (Monod, Wyman y Changeux): El sistema alostérico, *Ágora, Papeles de Filosofía*, Monográfico "Nuevas contribuciones iberoamericanas a la Metateoría Estructuralista", 31(2):225-250
- Alleva, K. y L. Federico (2012), Primer análisis estructuralista de «las teorías de Hill» Una elucidación de explicación en bioquímica, *Scientiae Studia* (en revisión).
- Bartelborth, T. (2002), Explanatory Unification, *Synthese*, 130: 91-107.
- (1999), Coherence and Explanation, *Erkenntnis*, 50: 209-224.
- (1996), Scientific Explanation, en Balzer, W. y Moulines, C.U. (eds.), *Structuralist Theory of Science. Focal Issues, New Results*, Berlin/New York: Walter de Gruyter, pp. 23-43.
- Bindslev, N. (2008), Drug-Acceptor Interactions: Modeling theoretical tools to test and evaluate experimental equilibrium effects, Co-Action Publishing.
- Craver, C. F. (2006), When Mechanistic Models Explain, *Synthese*, 153: 355-376.
- Craver, C. F. y L. Darden (2005), Introduction, *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 36:233-244.
- Díez, J. A. (2002), Explicación, unificación y subsunción teórica, en González, W. (ed.), *Pluralidad de la explicación científica*, Barcelona: Ariel, pp. 73-93.
- Forge, J. (2002), Reflections on Structuralism and Scientific Explanation, *Synthese*, 130: 109-121.
- Hill, A. V. (1910), The possible effects of aggregation of the molecules of haemoglobin on its dissociation curve, *Journal of Physiology*, 40: iv-vii.
- Lorenzano, P. (2005), Comentarios a «Explicación teórica y compromisos ontológicos:

- Un modelo estructuralista» de C. Ulises Moulines, *Enrahonar*, 37:55-59.
- Machamer, P., Darden, L. y C.F. Craver (2000), Thinking about mechanisms, *Philosophy of Science*, 67:1-25.
- Monod, J., Wyman, J. y J. P. Changeux (1965), On the nature of allosteric transitions: a plausible model, *Journal of Molecular Biology*, 12: 88-118.
- Moulines, C. U. (2005), Explicación teórica y compromisos ontológicos, *Enrahonar*, 37:45-54.
- Voet, D. y J. Voet (2006), *Bioquímica*. Buenos Aires: Panamericana.

# ASPECTOS ILUMINADORES DE LA RECONSTRUCCIÓN ESTRUCTURALISTA DE LA TEORÍA DEL ORIGEN COMÚN

DANIEL BLANCO

*Universidad Nacional del Litoral – CONICET (Argentina)*

[dblanco@unl.edu.ar](mailto:dblanco@unl.edu.ar)

QUE USUALMENTE LAS TEORÍAS CIENTÍFICAS presentan una estructura arbórea (o, más bien, arbustiva) conformada por una pluralidad de elementos teóricos (estas entidades tienen una parte formal (K) y una parte aplicativa (I), es decir: T es un elemento teórico sii existe K e I tal que  $T = \langle K, I \rangle$ , donde K es un núcleo teórico e I es un dominio de aplicaciones intencionales de K), con uno de ellos en la “base” de todo el constructo y el resto vinculado con éste o con otros por la relación de especialización, ha sido corroborado repetidamente por los esfuerzos reconstructivos de la metateoría estructuralista ( $T' \sigma T$   $syss_{def}$  (1)  $M'p=Mp$ ,  $M'pp=Mpp$ ,  $M' \subseteq M$ , y (2)  $I' \subseteq I$ ), la cual ha incorporado la categoría de “red teórica” para esta estructura unificadora ( $N = \langle [T_i], \sigma \rangle$ ) es una red teórica  $syss_{def}$  (1)  $[T_i]$  es un conjunto no vacío y finito de elementos teóricos; (2)  $\sigma$  es una relación de especialización sobre  $[T_i]$ ; (3) Para cada par  $T_i, T_j$  tal que  $T_i, T_j \in [T_i]$ ,  $CC_i = CC_j$ ; (4) Para cada par  $T_i, T_j$  tal que  $T_i, T_j \in [T_i]$ ,  $h_i = h_j$ ; la condición (4) significa que tomamos a una red teórica como una estructura “estática”: todos sus elementos teóricos existen durante el mismo intervalo histórico. Esto implica que podemos asociar unívocamente un intervalo histórico h con cada red teórica  $[T_i]$ .  $N = \langle [T_i], \sigma \rangle$  es una red teórica arbustiva  $syss_{def}$  existe  $T_0 \in [T_i]$ , tal que  $\forall T' \in [T_i]$ ,  $T' \sigma T_0$ ).

Fuera de que, por supuesto, uno debe mantenerse abierto y atento a intentos provenientes de otras perspectivas y de que uno siempre corre el riesgo de estar equivocado, el éxito de este enfoque no sólo en el sentido aludido, sino también en la

aplicación de otros componentes de su arsenal al mismo objetivo elucidativo simplifica las cosas al tener que escoger un paraguas programático a la hora de enfrentar algún nuevo caso particular. El estructuralismo metateórico es relativamente joven y si bien algunos de sus aportes parecen haber adquirido una saludable y vigorosa madurez, otras continúan creciendo (Moulines 2011) con el norte de lograr un balance adecuado entre la simplicidad, la fertilidad y la precisión en el resultado final (Carnap 1950). Por razones como estas es que seguimos aquí los lineamientos estructuralistas; esta vez, focalizándonos en la teoría del origen en común (TOC) de la biodiversidad (presente y pasada).

Este trabajo constituye la segunda parte de la reconstrucción de TOC, presuponiendo nociones básicas de esta metateoría. En la primera, identificamos el *explanandum* (e introducimos sucintamente algunas discusiones en torno de éste), y presentamos el elemento teórico básico de la teoría a través de la explicitación del vocabulario de TOC (en la caracterización de sus términos en el marco de los  $M_p$ ) y de su ley fundamental (M). Además, comentamos cuál sería (intuitivamente) el camino a seguir para la precisión de las especializaciones.

Aquí, avanzamos con un tratamiento más sistemático de aquellos apuntes intuitivos. Concretamente, la presentación sigue la siguiente estrategia:

(a) En la sección 2, reproducimos las nociones ya apuntadas en el trabajo precedente que nos resultarán de utilidad para el desarrollo posterior (expresada en lenguaje natural, la ley reza: “Para cualquier par de organismos no “terminales”, si dos rasgos (de naturaleza no especificada en esta instancia) son semejantes (en un sentido no especificado en esta instancia) entre sí estando presentes un rasgo en uno de los organismos y el otro en el otro (lo cual determina un par de rasgos que son homólogos en el sentido predarwiniano del término), entonces existe un tercer organismo que posee un rasgo tal que (1) éste es semejante a los dos primeros; (2) este tercer organismo es ancestro de ambos; (3) la probabilidad de que el rasgo presente en el ancestro se manifieste como un rasgo semejante en sus descendientes es mayor a la que se daría si el ascendiente no tuviera tal rasgo.). A los  $M_p$  y M, hemos adicionado el conjunto de los  $M_{pp}$  de TOC. Por último, he adicionado unas breves notas al final de esta sección de modo que el producto final resulte enteramente independiente del escrito precedente.

(b) En la sección 3, efectuamos una discusión en torno de las especializaciones de TOC.

(c) En la sección 4, realizamos la presentación semi-formal tanto de éstas como del esquema de la red teórica resultante.

(d) Finalmente, en la sección 5, mencionamos y profundizamos las discusiones filosóficas que esta reconstrucción viene a enriquecer (sino a resolver).

## BIBLIOGRAFÍA

Carnap, R. (1950), *Logical foundations of probability*. Chicago: University of Chicago Press.

Darwin, C. 1839. *Narrative of the surveying voyages of His Majesty's Ships Adventure and Beagle between the years 1826 and 1836, describing their examination of the southern shores of South America, and the Beagle's circumnavigation of the globe. Journal and remarks. 1832-1836*. London: Henry Colburn.

— 1845. *Journal of researches into the natural history and geology of the countries visited during the voyage of H.M.S. Beagle round the world, under the Command of Capt. Fitz Roy, R.N.* 2d edition. London: John Murray.

— (1856–1858) *Natural Selection: Being The Second Part of His Big Species Book Written From 1856 to 1858*. En R. Stauffer (ed.) (1975) Cambridge: Cambridge University Press.

— (1859) *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life* *The Origin of Species*. Londres: John Murray. (6<sup>ta</sup> ed. 1872)

— (1862) *On the various contrivances by which British and foreign orchids are fertilised by insects*. Londres: John Murray. (2<sup>da</sup> ed. 1885)

— (1868) *The Variation of Animals and Plants under Domestication*. 2 vols. Londres: John Murray.

— (1871) *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex*. Londres. John Murray.

- (1876 [1958]) *The Autobiography of Charles Darwin (1809–1882)*. Londres: St James's Place.
- (1881) *The Formation of Vegetable Mould through the Action of Worms with Observations of their Habits*. Londres: John Murray.
- (1987) *Autobiografía. Recuerdos del desarrollo de mi mente y carácter*. Barcelona: Alta Fulla.
- Darwin, C. (ed.) (1840) *Fossil Mammalia Part 1 of The zoology of the voyage of HMS Beagle*. de R. Owen. Editado y Supervisado por Charles Darwin. Londres: Smith Elder and Co.
- Darwin, F. (ed.) (1909) *The foundations of The origin of species. Two essays written in 1842 and 1844*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Gayon, J. (2003) From Darwin to today in evolutionary biology, en J. Hodge y G. Radick (eds.) *The Cambridge Companion to Darwin*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 240–264.
- Ghiselin, M. (1983) *El triunfo de Darwin*. Madrid: Cátedra.
- Ginnobili, S. y D. Blanco (2010) Wallace y la selección natural (en teoría), en García, P. y A. Massolo (eds.) *Epistemología e Historia de la Ciencia. Selección de Trabajos de las XIX Jornadas*, vol. 16, Córdoba: Facultad de Filosofía y Humanidades de la Universidad Nacional de Córdoba, pp. 251–259.
- Lankester, E. (1870) On the use of the term homology in modern zoology, and the distinction between homogenetic and homoplastic agreement, *The Annals and Magazine of Natural History*, 6:34-43.
- Lovejoy, A. (1968a) Schopenhauer as an Evolutionist, en B. Glass, T. Temkin y W. Straus (eds) *Forerunners of Darwin 1745-1859*. Baltimore: John Hopkins Press, 415-437.
- (1968b) The Argument for Organic Evolution before the Origin of Species, 1830-1858, en B. Glass, T. Temkin y W. Straus (eds) *Forerunners of Darwin 1745-1859*. Baltimore: John Hopkins Press, 356-414.
- Ochoa, C. y A. Barahona (2009) *Forma versus Función*. México: UNAM.
- Owen, R. (1843) *Lectures on the Comparative Anatomy and Physiology of the Invertebrate Animals, Delivered at the Royal College of Surgeons, in 1843*. Londres: Longman.

—— (1848) *On the Archetype and Homologies of the Vertebrate Skeleton*. Londres:  
John van Voorst.

—— (1849) *On the Nature of Limbs: A Discourse*. Londres: John van Voorst.

Panchen, A. (1992) *Classification, Evolution and the Nature of Biology*. Cambridge:  
Cambridge University Press.

# CONCEPTOS FALTANTES EN LAS PRESENTACIONES HABITUALES DE LA TEORÍA DE LA SELECCIÓN NATURAL

SANTIAGO GINNOBILI

*Universidad de Buenos Aires, Universidad Nacional de Quilmes,*

*Conicet (Argentina)*

[santi75@gmail.com](mailto:santi75@gmail.com)

EL CONCEPTO DE *FITNESS* HA SIDO PROBABLEMENTE el que más discusiones ha acarreado en el área de la filosofía de la biología. Existe, sin embargo un acuerdo relativo en la necesidad de distinguir dos usos del término en cuestión: el *fitness* ecológico y el de la genética de poblaciones. Bajo mi punto de vista, no se ha dado una buena caracterización del *fitness* ecológico. El objetivo de este trabajo consiste en brindar tal caracterización reconstruyendo la teoría de la selección natural en la que tal concepto se enmarca, en base a la forma en que esta era utilizada en los principales textos de Darwin. En lo sustancial esta reconstrucción permite dar cuenta de la utilización de la teoría de la selección natural actual. El marco metateórico presupuesto en el análisis será el estructuralismo metateórico. La apelación a tal marco, por una parte, permitirá comprender mejor la naturaleza del *fitness* ecológico, y por otra parte, me ayudará a brindar una reconstrucción más completa de la teoría. Defenderé que, para esto, es necesario explicitar varios conceptos que habitualmente no se explicitan en las reconstrucciones habituales. Una vez realizada dicha tarea, evaluaré varias de las propuestas que han intentado dar cuenta desde la teoría de la selección natural, y su concepto central, el concepto de *fitness* ya mencionado. Entre estas propuestas analizaré algunas realizadas en el marco de las discusiones de la filosofía de la biología, pero también analizaré las presentaciones realizadas en manuales de texto de biología

evolutiva. De este modo, pretendo mostrar la importancia del trabajo metateórico con herramientas adecuadas en la didáctica y comunicación de la ciencia.

Presentado sencillamente, de lo que se pretende dar cuenta con la teoría de la selección natural (TSNH en adelante) es de la adecuación de los organismos vivos al ambiente. En las aplicaciones de TSN realizadas por Darwin, podemos encontrar instanciada una misma estructura explicativa que apela a una ley que puede presentarse esbozadamente del siguiente modo:

*Los individuos con rasgos que cumplen con mayor efectividad cierta función, mejoran su aptitud (fitness) mejorando su éxito en la reproducción diferencial.*

Esta misma ley se especializa de diversos modos a partir de la especificación del concepto de aptitud. Los siguientes son ejemplos extraídos del Origen de las especies de estas diferentes especializaciones:

- Las jirafas con cuello, patas delanteras, cabeza y lengua de mayor longitud son más efectivas al alimentarse de las ramas más altas de los árboles, mejorando su supervivencia y mejorando, en consecuencia, su éxito reproductivo diferencial.

- Las orugas cuya forma y color permiten que se mimeticen mejor con la planta en la que comen tienden a dejar más descendencia en virtud de que mejoran su supervivencia en su ambiente.

- Los gallos de espolones más efectivos para luchar con gallos del mismo sexo tienden a emparejarse más, mejorando, en consecuencia, su éxito en la reproducción diferencial.

- Las plantas que producen flores más atractivas a los insectos tienden a mejorar su fecundidad mejorando, en consecuencia, su éxito en la reproducción diferencial.

La ley fundamental de TSN tendría al menos tres componentes:

- El rasgo que cumple de manera más adecuada una función
- El éxito reproductivo diferencial.
- La conexión el rasgo adecuado y el éxito reproductivo, que puede deberse a una mejora en la supervivencia, a una mejora en la fecundidad, a una mejora

en la capacidad de atraer a organismos del otro sexo, a la capacidad de esparcir semillas, etc.

Si esta presentación de TSN es adecuada, entonces las reconstrucciones disponibles son incompletas, pues no han explicitado todos los conceptos involucrados en los textos de los cuáles querían dar cuenta. Sirva de ejemplo la reconstrucción de Brandon.

Brandon (1990) presenta a la teoría de la selección natural también a partir de su ley fundamental:

Si  $a$  está mejor adaptado que  $b$  a un ambiente  $E$ , entonces (probablemente)  $a$  tendrá un éxito reproductivo mayor que  $b$  en  $E$ .

Brandon busca una ley que permita por medio de las especificaciones correctas llegar a las propiedades específicas. De modo de que de su versión de la ley se puedan obtener, por ejemplo, citando el famoso caso de la *Biston betularia*, enunciados como: “Si  $a$  es más oscura que  $b$  (en  $E$ ) entonces (probablemente)  $a$  dejará más descendencia que  $b$  (en  $E$ )” (Brandon 1990, p. 23). La forma en que se obtiene el enunciado es reemplazando la propensión a dejar más descendencia, por una de sus realizaciones físicas, en este caso, el color de las alas. La reconstrucción del famoso caso de la *Biston betularia* citado por Brandon que constituye un ejemplar paradigmático de TSN direccional, sin embargo, resulta incompleta.

La explicación completa tendría los siguientes componentes:

Las polillas de alas de color más oscuro se mimetizan mejor con su ambiente a los ojos de sus predadores, mejorando su supervivencia, mejorando en consecuencia su éxito en la reproducción diferencial.

Es interesante remarcar cómo en los trabajos originales de Kettlewell (1955, 1956) era esencial no únicamente encontrar la correlación entre éxito reproductivo diferencial y el color de las alas, sino, y a eso se dedicaron muchos de los experimentos, determinar que esa correlación se debía al mimetismo frente a sus predadores naturales.

Este mismo tipo de análisis se realizará sobre versiones utilizadas en manuales de biología evolutiva. En general, la presentación actual de la selección natural en

manuales, se efectúa a través del señalamiento de condiciones necesarias y suficientes, para poder decir que hay evolución por selección natural. Esta es la forma en que Lewontin la presenta:

El esquema darwinismo involucra tres principios [...]:

Individuos diferentes en una población tienen diferentes morfologías, fisiologías y conductas (variación fenotípica).

Diferentes fenotipos tienen diferentes tasas de supervivencia y reproducción en diferentes ambientes (*fitness* diferencial).

Hay una correlación entre progenitores y descendencia en la contribución de cada uno a las generaciones futuras (*fitness* es heredable).

Estos tres principios constituyen el principio de evolución por selección natural (Lewontin 1970, p. 1).

Esta presentación, que consiste en considerar que la selección natural se encuentra constituida por estos tres componentes, o por tres componentes semejantes, ha sido muy influyente en las exposiciones de la teoría en manuales de biología y de libros de filosofía de la biología (p.e. Pigliucci & Kaplan 2006, p. 14; Sober & Wilson 1998, pp. 104-105). Esta posición se resume habitualmente señalando que la selección natural se define como ‘variaciones heredables en *fitness*’ o, por ejemplo, “cualquier diferencia consistente en *fitness* entre clases de entidades biológicas fenotípicamente diferentes” (Futuyma 2005, p. 251). En estos casos, como en el visto de Brandon, resulta que la exposición teórica y general realizada no logra atrapar en su riqueza a la exposición de cómo TSN se aplica a casos particulares que a continuación, en los mismos manuales, se expone. Se puede poner como ejemplo la presentación de TSN realizada en la segunda edición del famoso libro de texto de Ridley (1996, p. 72) y la disparidad entre la versión simple e incompleta de TSN (semejante a la de Lewontin), y las diferentes partes involucradas en el caso de investigación de la *Biston Betularia* propuesto como ejemplo.

## REFERENCIAS

- Brandon, R. (1990). *Adaptation and Environment*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
- Futuyma, D. J. (2005), *Evolution*. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates Inc.
- Kettlewell, H. B. D. (1955). Selection experiments on industrial melanism in the Lepidoptera. *Heredity*, 9, 323-342.
- Kettlewell, H. B. D. (1956). Further selection experiments on industrial melanism in the Lepidoptera. *Heredity*, 10, 287-301.
- Lewontin, R. C. (1970), The units of selection, *Annual Review of Ecology and Systematics* 1:1-18
- Pigliucci, M. y J. M. Kaplan (2006), *Making Sense of Evolution*. Chicago, London: The University of Chicago Press.
- Ridley, M. (1996), *Evolution*. 2da ed. Cambridge, Mass.: Blackwell Science.
- Sober, E. y D. S. Wilson (1998), *Unto Others. The Evolution and Psychology of Unselfish Behavior*. Cambridge, Mass, London: Harvard University Press.

# LA GENÉTICA CLÁSICA Y SUS PROBLEMAS

PABLO LORENZANO

*Universidad Nacional de Quilmes – CONICET (Argentina)*

[pablol@unq.edu.ar](mailto:pablol@unq.edu.ar)

## 1. Introducción

LAS IDEAS DE QUE LA FORMULACIÓN Y RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS es una importante tarea científica, y que la mayoría de las hipótesis, explicaciones y teorías se proponen como soluciones a problemas reconocidos como tales, poseen una larga historia.

Sin embargo, a pesar de que el concepto de *problema* juega un papel central, se ha extrañado en la literatura el tratamiento detallado que se hace de los problemas –de su “estructura fina”– y de cómo se originan.

Los intentos por superar esas críticas no han sido realizados en el marco exclusivo de la filosofía de la ciencia ni al margen de desarrollos en otros ámbitos: la labor en inteligencia artificial, psicología cognitiva y lógica erotética también ha estimulado al pensamiento filosófico.

Además, teniendo como trasfondo el lema “Una teoría no es sino el modo en que un problema genera nuevos problemas”, algunos autores se manifiestan a veces no sólo por una complementación de los resultados metateóricos acerca del análisis de la estructura y la dinámica de las teorías científicas con el “enfoque de resolución de problemas”, sino, antes bien, por la sustitución de las teorías como unidad de análisis en favor de los problemas. La tarea de la filosofía de la ciencia debería ser pues la investigación de la estructura y la dinámica de los problemas. Con ello, se formaría una oposición entre el “enfoque de resolución de problemas” y el “enfoque de teorías”.

Uno de los intentos por proporcionar un concepto preciso de problema, que fuese simultáneamente fructífero para el análisis filosófico de la ciencia, es el de Thomas Nickles (1978, 1980, 1981), quien desarrolla, a partir de las nociones ofrecidas

por lógica erotética, su modelo de inclusión de restricciones (*constraint-inclusion model*). Dicho modelo no sigue la letra del análisis erotético, sino su espíritu, expresado en la consigna: “saber qué es lo que cuenta como respuesta es equivalente a saber el problema”. Así propone definir un problema en analogía con la definición de ‘pregunta’ de la lógica erotética del siguiente modo: “un problema consiste en *todas* las condiciones o *restricciones* sobre la solución más la demanda que la solución (un objeto que satisfaga las restricciones pueda ser encontrado” (Nickles 1978, p. 139).

Sin embargo, debido fundamentalmente a la vaguedad de la noción de restricción (*constraint*) es necesario atacar el tema de la individuación de los problemas más directamente. Para poder distinguir, entonces, entre cambios *en* un problema y cambios *de* un problema, debemos apelar, según Nickles, al contexto teórico en el que aquél se plantea.

Pero si el contexto teórico es necesario para la identidad de un problema, el enfoque de resolución de problemas y el enfoque de teorías no son ajenos el uno al otro. Nickles mismo, cuando intenta fundamentar los problemas como unidad de análisis filosófico, señala varias semejanzas (en número de siete) entre problemas y teorías (Nickles 1980, pp. 34-35). Asimismo, en una nota a pie de página, Nickles comenta que “nosotros tratamos los problemas de un modo paralelo (en la medida de lo posible) a la concepción semántica de las teorías” (Nickles 1981, p. 115, refiriéndose en especial a la propuesta de van Fraassen).

Pero, ¿sólo pueden establecerse semejanzas o analogías entre problemas, por un lado, y teorías, por el otro? ¿No es posible ir más allá de esto y superar la aparente oposición entre el enfoque de resolución de problemas y el enfoque de teorías?

El propio Nickles en ese mismo artículo se pregunta más adelante si nuestras concepciones de teorías (entendidas éstas como soluciones a problemas) y de problemas no estarían estrechamente relacionadas, y responde que si éste fuera el caso, ni las teorías ni los problemas deberían ser analizados aisladamente, y que el tratamiento de uno debería entrecruzarse con el tratamiento del otro (Nickles 1981, p. 115).

Que esto es posible es la opinión que defiende Matti Sintonen (1985, 1996), quien, con el objetivo de superar la oposición entre el enfoque de resolución de problemas y el enfoque de teorías y, con ello, de precisar el enfoque de resolución de problemas (mediante la determinación del trasfondo teórico y de la identidad de los

problemas), utiliza la versión conocida con el nombre de “concepción estructuralista de las teorías” en lugar de la concepción semántica en la versión de van Fraassen.

El objetivo de esta comunicación es mostrar no sólo que el enfoque de resolución de problemas y el enfoque de teorías no son contrapuestos, sino que este último, mediante la versión de la concepción semántica de las teorías conocida bajo el nombre de “concepción estructuralista”, “estructuralismo metateórico” o “estructuralismo metacientífico”, puede ser utilizado efectivamente para aportar precisión al enfoque de resolución de problemas, a través de la caracterización más precisa del contexto teórico en el que se plantean los problemas y, de este modo, de su individuación. Para ello, se presentará brevemente una propuesta, basada en la que efectúa Sintonen (1985, 1996), quien a su vez sigue el análisis y las sugerencias de Tuomela (1980), y en algunas ideas de Hintikka (1981), para luego ser aplicada al caso de la llamada “genética clásica”.

## **2. La propuesta erotético-teórica: sobre el tratamiento estructuralista de los aspectos erotéticos**

La idea básica de la propuesta erotético-teórica es la de combinar algunos aspectos de ciertos análisis erotéticos (de sistemas de lógica erotética, de enfoques de resolución de problemas, de modelos interrogativos, de preguntas y respuestas y de problemas y soluciones) con el análisis que el estructuralismo metacientífico realiza de las teorías científicas, en sus dimensiones sincrónica y diacrónica. De los distintos sistemas de lógica erotética y modelos interrogativos, por el momento nos quedaremos con la idea que es factible representar la forma lógica de una pregunta/enunciado interrogativo/problema mediante la combinación de ciertos enunciados declarativos, aseverativos, en el modo indicativo (o proposiciones) con algún operador, o cuantificador, de interrogación (ver p.e. Belnap & Steel 1976).

Basándonos en gran medida en la propuesta de Sintonen (1985, 1996), quien a su vez sigue el análisis y las sugerencias de Tuomela (1980), y en una distinción realizada por Hintikka (1981), podríamos decir que las teorías proveen lo que se han denominado *presuposiciones pragmáticas de preguntas* (para marcar la diferencia con las *presuposiciones* de la lógica erotética, en terminología de Sintonen), *presuposiciones del hablante<sub>2</sub>* (en analogía con las que se han llamado *presuposiciones<sub>1</sub>*

de la lógica erotética, en terminología de Tuomela), o *presuposiciones de respuestas* (en contraposición con las *presuposiciones de preguntas*, en terminología de Hintikka) y, de este modo, identificar un problema no con el contenido ilocucionario de un enunciado interrogativo, sino con su *pregunta completa subyacente*, en donde ésta es un par ordenado  $Q = \langle (?p)q(p), r \rangle$ , en donde  $(?p)q(p)$  es la forma lógica del enunciado de la pregunta (siendo  $p$  la presuposición lógica y  $q$  la pregunta) y  $r$  el conjunto de presuposiciones pragmáticas de preguntas, presuposiciones del hablante<sub>2</sub>, presuposiciones de respuestas o presuposiciones relevantes<sub>2</sub>. Queda por decirse aún cuáles son las presuposiciones *relevantes* (los elementos del conjunto  $r$ ) a incluir en la pregunta completa subyacente. Para ello es que se recurrirá a la noción estructurada de teoría del estructuralismo metacientífico.

Si damos por supuestas las nociones estructuralistas de *elemento teórico*, *red teórica* y *evolución teórica* (ver Balzer, Moulines & Sneed 1987), podemos decir que el componente más básico para la identificación de las *restricciones* de los problemas, *presuposiciones pragmáticas de preguntas*, *presuposiciones del hablante<sub>2</sub>*, *presuposiciones de respuestas* o *presuposiciones relevantes<sub>2</sub>* de un científico, miembro de una comunidad o generación científica,<sup>1</sup> que acepta en un momento dado  $t$  una teoría (red teórica), es el elemento teórico básico ( $T_0 = \langle K_0, I_0 \rangle$ ), con sus componentes: el vocabulario y la “gramática” de la teoría (sus modelos potenciales  $M_p$  y modelos parciales  $M_{pp}$ ), la ley fundamental (más, eventualmente, algunas ley(es) especial(es) ya confirmadas o aceptadas) (sus modelos  $M$ ), las condiciones de ligadura ( $C$ ) y los vínculos ( $L$ ), del núcleo  $K_0$  y las aplicaciones paradigmáticas o ejemplares (llamémoslas  $I_e$ ) del dominio de aplicaciones intencionales  $I_0$  (que, al proporcionar soluciones paradigmáticas a las preguntas previas, restringen las respuestas y le proveen una guía heurística al científico).

Así, las *restricciones de los problemas*, *presuposiciones pragmáticas de preguntas*, *presuposiciones del hablante<sub>2</sub>*, *presuposiciones de respuestas* o *presuposiciones relevantes<sub>2</sub>* de una generación  $g$ , que aplica una teoría, contienen el núcleo  $K_0$  y el conjunto de aplicaciones paradigmáticas o ejemplares  $I_e$  (más

---

<sup>1</sup> Una generación científica puede verse como una comunidad científica considerada desde un punto de vista sincrónico.

eventualmente algún(os) elemento(s) teórico(s) especializado(s), alguna(s) especialización(es)).

La pregunta completa para una generación de científicos que aplica una teoría en el tiempo  $t$  tiene la forma  $Q = \langle (?p)q(p), \langle \mathbf{K}_0, \mathbf{I}_e \rangle \rangle$ .

Para poder hablar de reformulaciones más precisas de uno y el mismo problema, esas reformulaciones (especializaciones) presuponen pragmáticamente, presuponen<sub>2</sub>, o presuponen respuestas mediante, los elementos-teóricos precedentes, con las leyes especiales de sus elementos teóricos predecesores.

La investigación procede intentando refinar las preguntas encontrando el vocabulario adecuado para expresar las respuestas y explorando posibles leyes expresadas por medio de ese vocabulario. La idea básica es muy simple: 1) uno puede *formular* las preguntas (*plantear* los problemas) que le permiten su “vocabulario” – eventualmente considerando la distinción entre conceptos **T**-teóricos y conceptos **T**-no-teóricos, o sea, entre los  $\mathbf{M}_p$  y los  $\mathbf{M}_{pp}$  (aun cuando en algunos casos se deba “descender” aún más en los niveles de presuposición, yendo hacia “pre-teorías”, “proto-teorías” o “*folk-theories*” subyacentes)–, pudiendo utilizarlo a veces en su totalidad, a veces sólo en parte; 2) uno puede *responder* las preguntas (*resolver* los problemas) como se lo permite toda su “teoría”, e.e. todo el marco conceptual, las leyes fundamentales (más quizás alguna(s) especial(es)), las condiciones de ligadura, los vínculos y las aplicaciones exitosas. En el caso más simple, y típico, en que relacionamos la distinción entre presuposiciones lógicas, presuposiciones<sub>1</sub> o presuposiciones de preguntas y presuposiciones pragmáticas de preguntas, presuposiciones del hablante<sub>2</sub>, presuposiciones de respuestas o presuposiciones relevantes<sub>2</sub>, por un lado, con la distinción entre conceptos **T**-teóricos y conceptos **T**-no-teóricos, por el otro, podríamos considerar que las presuposiciones del primer tipo sólo contienen la parte **T**-no-teórica de tal marco conceptual de la teoría, mientras que las presuposiciones del segundo tipo contienen la totalidad del marco conceptual, e.e. también la parte **T**-teórica de dicho marco.

La rica noción de teoría convierte a las inmanejables preguntas porqué iniciales en preguntas ‘wh’ más manejables y en “pequeñas” preguntas sí-no.

Puede haber preguntas porqué que exijan explicación, expresadas en el lenguaje informal de la comunidad científica (quizás en el vocabulario con el que se formulan los

$M_{pp}$ ), antes de que  $M_p$  y  $M$  del elemento teórico  $T$  haya sido articulado. Pero, una vez que  $M_p$  está disponible, uno puede plantear la pregunta ulterior de si las estructuras dentro del conjunto  $I$ , ahora enriquecidas con funciones teóricas, son además modelos.

Una interrogación que comienza como una imprecisa pregunta porqué, formulada en el lenguaje-en-uso de la comunidad científica, y concerniente a un área de experiencia, se torna (en el estado “paradigmático” en el que hay un núcleo conceptual  $K$  con su vocabulario) en una pregunta qué: ¿qué leyes especiales se necesitan para gobernar este particular conjunto de aplicaciones  $I_i \subseteq I$ ?

Es una tarea ulterior la de encontrar preguntas sí-no y cuál, que delineen alternativas específicas y reduzcan aún más las respuestas admisibles.

Además, si bien la forma lógica de la pregunta –el primer elemento– puede permanecer inalterable a lo largo de un cambio *intrateórico* (una *evolución teórica*) o incluso de un cambio *inter teórico* (o aun una *revolución científica*), el segundo de los elementos y sus presuposiciones son distintos en el caso de un cambio *inter teórico* (y una *revolución científica*).

### 3. Aspectos conceptuales de la genética clásica

La *genética clásica* es una teoría acerca de la *transmisión hereditaria* en las cuales se sigue la herencia de diversos rasgos o caracteres (fenotipos) de generación en generación de individuos, se disciernen razones numéricas (frecuencias relativas, proporciones) en la distribución de esos caracteres en la descendencia y se postulan tipos y números apropiados de factores o genes (genotipos) para dar cuenta de esas distribuciones.

Su marco conceptual (clase de modelos potenciales  $M_p(G)$ ) se puede representar por medio de estructuras del siguiente tipo:  $\langle J, P, G, APP, MAT, DIST, DET, COMB \rangle$ , en donde  $J$  representa el conjunto de individuos (progenitores y descendientes),  $P$  el conjunto de las características,  $APP$  una función que le asigna a los individuos sus características o apariencia,  $MAT$  una función de cruce que le asigna a dos padres cualesquiera su descendencia,  $DIST$  las frecuencias relativas de las características observadas en la descendencia,  $G$  el conjunto de factores o genes que pueden poseer distintas formas alternativas, aunque vengan dadas por pares en los individuos, llamadas “alelos”,  $DET$ , una *función que asigna características a pares de factores o genes*, y

*COMB*, una función que representa la transición de factores o genes paternos a factores o genes en la descendencia.

Estructuras de este tipo constituyen extensiones teóricas de aquellas que permiten la representación de los sistemas a los cuales la teoría pretenden aplicarse (las *aplicaciones intencionales I*) y a los que se supone ya se han aplicado (las *aplicaciones consideradas exitosas*, incluidas las *paradigmáticas I<sub>e</sub>*, tales como las proporcionadas por las arvejas (chícharos, guisantes), género *Pisum*, investigadas por Mendel, o por las moscas de la fruta, *Drosophila melanogaster*, investigadas por Morgan y sus colaboradores) caracterizable mediante las estructuras del tipo  $y = \langle J, P, APP, MAT, DIST \rangle$ , o, lo que es lo mismo, estas estructuras se obtienen a partir de aquéllas si les “recortamos” los componentes teóricos, es decir, son subestructuras parciales de ellas (y pertenecen a la clase de modelos parciales  $M_{pp}(G)$ ).

Los distintos conceptos G-teóricos contribuyen a explicar los sistemas empíricos conceptualizados mediante los conceptos G-no-teóricos: la ampliación de los sistemas empíricos mediante tales conceptos es tal que devienen *modelos* de G ( $M(G)$ ), e.e. que satisfacen *la ley fundamental* de G, a saber, que: las distribuciones (frecuencias relativas, proporciones) de características en la descendencia concuerdan, exacta o aproximadamente, con las probabilidades postuladas de distribución de los factores (genes), dadas ciertas relaciones, igualmente postuladas, entre las características y dichos factores (genes).

#### **4. Preguntas en la genética**

Si planteáramos las preguntas/problemas a los que las teorías de la herencia intentan dar respuesta/resolver en un vocabulario pre-teórico, proto-teórico o perteneciente a una “*folk-theory*” o al conocimiento común, pero que todavía no utiliza en su totalidad el vocabulario que ocurre en la genética clásica, ni siquiera el vocabulario genético-no-teórico, éstas serían “¿por qué la descendencia se parece a los padres?”, “¿por qué los organismos (la descendencia) son en parte semejantes y en parte distintos a sus progenitores?” o “¿cómo se transmiten los caracteres biológicos de los padres a sus descendientes?”.

Por otro lado, los problemas iniciales de la genética están constituidos por una serie de problemas que surgen cuando nos confrontamos con varias generaciones de

organismos relacionados entre sí por conexiones especificadas de descendencia (que constituyen poblaciones vinculadas por relaciones de consanguinidad, denominadas ‘familias’), con una distribución dada de una o más características (las conocidas distribuciones, frecuencias relativas o proporciones 3:1, para el caso de los cruzamientos monohíbridos con dominancia completa, o 9:3:3:1, para el caso de los cruzamientos dihíbridos con dominancia completa).

De este modo, las formas que adoptan las preguntas son las siguientes: “¿por qué deberíamos esperar obtener esa distribución de fenotipos en la descendencia?” (en donde se trata de entender la distribución de fenotipos dada), “¿cuál es la distribución de fenotipos esperada en una generación determinada, por ejemplo, la siguiente?” (en donde se trata de predecir la distribución de fenotipos en la generación siguiente) o “¿cuál es la probabilidad de ocurrencia de un fenotipo particular resultante de una cruce particular?” (en donde se trata de especificar la probabilidad de ocurrencia de un fenotipo particular resultante de una cruce particular).

La pregunta completa para una generación de científicos que aplican la genética clásica  $\mathbf{T}(\mathbf{G}) := \langle \mathbf{K}_0(\mathbf{G}), \mathbf{I}_e(\mathbf{G}) \rangle$  en el tiempo  $t$  tiene la forma:  $Q = \langle (?p)q(p), \langle \mathbf{K}_0(\mathbf{G}), \mathbf{I}_e(\mathbf{G}) \rangle \rangle$ , en donde  $(?p)q(p)$  podría ser alguna de las tres distintas clases de preguntas anteriores y  $\langle \mathbf{K}_0(\mathbf{G}), \mathbf{I}_e(\mathbf{G}) \rangle$  el paradigma genético clásico que utiliza la generación de genetistas en el tiempo  $t$  y que restringe el conjunto de respuestas admisibles (para dicha generación de genetistas).<sup>2</sup>

Recordemos que la noción de teoría convierte a las inmanejables preguntas porqué iniciales en preguntas “wh” más manejables y en “pequeñas” preguntas sí-no. Una interrogación que comienza como una imprecisa pregunta porqué (“¿por qué la descendencia se parece a los padres?”), luego formulada en el lenguaje-en-uso de la comunidad científica, y concerniente a un área de experiencia (“¿por qué deberíamos esperar obtener esa distribución de fenotipos en la descendencia?”), se torna (en el estado “paradigmático” en el que hay un núcleo conceptual  $\mathbf{K}$  con su vocabulario) en una pregunta qué (“¿qué leyes especiales se necesitan, dentro de los estándares impuestos por  $\mathbf{T}(\mathbf{G})$ , para transformar en hechos conocidos una aplicación propuesta no examinada hasta ahora o recalcitrante?”).

---

<sup>2</sup> Si bien antes sólo explicitamos los componentes  $\mathbf{M}_p^0(\mathbf{G})$ ,  $\mathbf{M}^0(\mathbf{G})$ ,  $\mathbf{M}_{pp}^0(\mathbf{G})$  de  $\mathbf{K}_0(\mathbf{G})$ , además de  $\mathbf{I}_e(\mathbf{G})$ , dejando sin explicitar, pero pudiendo hacerlo fácilmente,  $\mathbf{GC}^0(\mathbf{G})$ ,  $\mathbf{GL}^0(\mathbf{G})$ ). Ver Lorenzano (2002).

La genética clásica responde esa cuestión haciendo hipótesis acerca de: 1) los genes relevantes (el número  $s$  de genotipos compuestos), 2) sus efectos fenotípicos (la forma matemática concreta asumida por *DETERMINER*), y 3) su distribución entre los individuos en la descendencia (la forma matemática concreta asumida por *COMBINATOR*).

Una vez realizadas las hipótesis particulares acerca de cada uno de tales aspectos, p.e. si se postula que 1) basta un par de factores alelos, 2) uno de éstos es dominante y el otro recesivo, y 3) se distribuyen con igual probabilidad, la pregunta anterior (pregunta “wh” más manejable) se convierte en una pregunta más pequeña que podemos responder por sí o por no.

## 5. Conclusiones

En este trabajo se intentó mostrar que la oposición entre el enfoque de resolución de problemas y el enfoque de teorías es sólo aparente, ya que, según se vio, los problemas sólo pueden ser identificados sobre la base de teorías y, más aún, los problemas heredan su estructura de las teorías, que los refinan y dan una guía heurística en la búsqueda de respuestas.

Más aún, vimos que el estructuralismo puede precisar el enfoque de resolución de problemas, ayudando a proporcionar un criterio de identidad para preguntas, pues la estructura de los problemas refleja la estructura del elemento teórico básico y de la red teórica de la que ellos descienden.

Esto se hizo a partir de una propuesta erotético-teórica, basada en la que efectúa Sintonen (1985, 1996), quien sigue análisis y sugerencias de Tuomela (1980), y en ciertas ideas de Hintikka (1981), y de su aplicación al caso de la genética clásica.

## REFERENCIAS

- Balzer, W., Moulines, C.U. y J. Sneed (1987), *An Architectonic for Science. The Structuralist Program*, Dordrecht: Reidel.
- Belnap, N.D. y T.B. Steel (1976), *The Logic of Questions and Answers*, New Haven and London: Yale University Press.

- Hintikka, J. (1981), On the Logic of an Interrogative Model of Scientific Inquiry, *Synthese* 47: 69-83.
- Lorenzano, P. (2002), La teoría del gen y la red teórica de la genética, en Díez, J.A. y P. Lorenzano (eds.), *Desarrollos actuales de la metateoría estructuralista: problemas y discusiones*, Quilmes: Universidad Nacional de Quilmes/Universidad Autónoma de Zacatecas /Universidad Rovira i Virgili, pp. 285-330.
- Nickles, T. (1978), Scientific Problems and Constraints, *PSA 1978*, vol. 1, pp. 134-148.
- Nickles, T. (1980), Can Scientific Constraints be Violated Rationally?, en Nickles, T. (ed.), *Scientific Discovery, Logic, and Rationality*, Dordrecht: Reidel, 1980, pp. 285-315.
- Nickles, T. (1981), What Is a Problem that We May Solve It?, *Synthese* 45(1): 85-118.
- Sinnott, E.W. y L.C. Dunn (1925), *Principles of Genetics: An Elementary Text, with Problems*, New York: McGraw-Hill, 2ª ed., 1932, 3ª ed., 1939, con T. Dobzhansky como co-autor, 4ª ed., 1950, 5ª ed., 1958.
- Sintonen, M. (1985), Separating Problems from their Backgrounds: a Question-theoretic Proposal, en Hintikka, J. y F. Vandamme (eds.), *Logic of Discovery and Logic of Discourse*, New York: Plenum Press, 1985, pp. 25-49.
- Sintonen, M. (1996), Structuralism and the Interrogative Model of Inquiry, en Balzer, W. y C.U. Moulines, *Structuralist Theory of Science: Focal Issues*, New Results, Berlin: de Gruyter, 1996, pp. 45-74.
- Tuomela, R. (1980), Explaining Explaining, *Erkenntnis* 15: 211-243.

## Simposio 8

MIQUEL DE RENZI (coord.),

[miquel.de.renzi@uv.es](mailto:miquel.de.renzi@uv.es)

ARANTZA ETXEBERRIA, LAURA NUÑO DE LA ROSA, DIEGO  
RASSKIN-GUTMAN

“Pere Alberch y la revalorización de la biología evolutiva del desarrollo”

EL BIÓLOGO CATALÁN PERE ALBERCH (1954-1998) ha sido una de las figuras señeras de la biología española, con una enorme proyección internacional que quedó truncada con su muerte prematura a los 44 años de edad, cuando todavía se esperaban muy importantes frutos de su labor. Se puede decir que su obra tuvo numerosas facetas, aparte de su contribución básica sobre las relaciones entre desarrollo embrionario y evolución. De esta manera, hizo aportaciones importantes a la museística, con su emprendedor trabajo al frente de la dirección del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid, dependiente del CSIC, y tendió puentes entre arte y ciencia a través de sus estudios sobre la evolución de la forma orgánica.

Sin embargo, la tarea de excelencia que llevó a cabo fue en el ámbito de la nueva elaboración conceptual de la biología evolutiva del desarrollo o evo-devo: la relación fundamental existente entre la ciencia del desarrollo y la evolución orgánica. Existe una larga historia al respecto que arranca del siglo XIX con Étienne Geoffroy Saint-Hilaire y Karl-Ernst von Baer, y ya dentro del siglo XX, con Sir Gavin de Beer, Conrad H. Waddington y Stephen J. Gould. Su trabajo en este campo tuvo dos vertientes: una de carácter teórico, que incidía en la noción básica de restricción impuesta por la naturaleza del desarrollo embrionario a la evolución, en la cual se han

de contemplar la canalización a que está sometido el proceso de desarrollo, los aspectos epigenéticos y su potente influencia reguladora de la expresión de los genes, y el reflejo de dicha acción reguladora en el fenotipo, lo cual tendría una importante traducción en los tiempos de expresión siempre modificables que darían lugar a heterocronías. La otra vertiente fue la investigación empírica y contrastación de sus puntos de vista teóricos con su material preferido desde su precoz juventud: los anfibios.

El libro editado por Diego Rasskin-Gutman y Miquel De Renzi en 2009, *Pere Alberch: The Creative Trajectory of an Evo-Devo Biologist*, de Publicacions de la Universitat de València & Institut d'Estudis Catalans, reúne los trabajos más señeros de Pere Alberch junto con tres reflexiones acerca de su obra, tanto desde el punto de vista de la biología evolutiva en sentido amplio como de la perspectiva de su aportación a la filosofía de la biología.