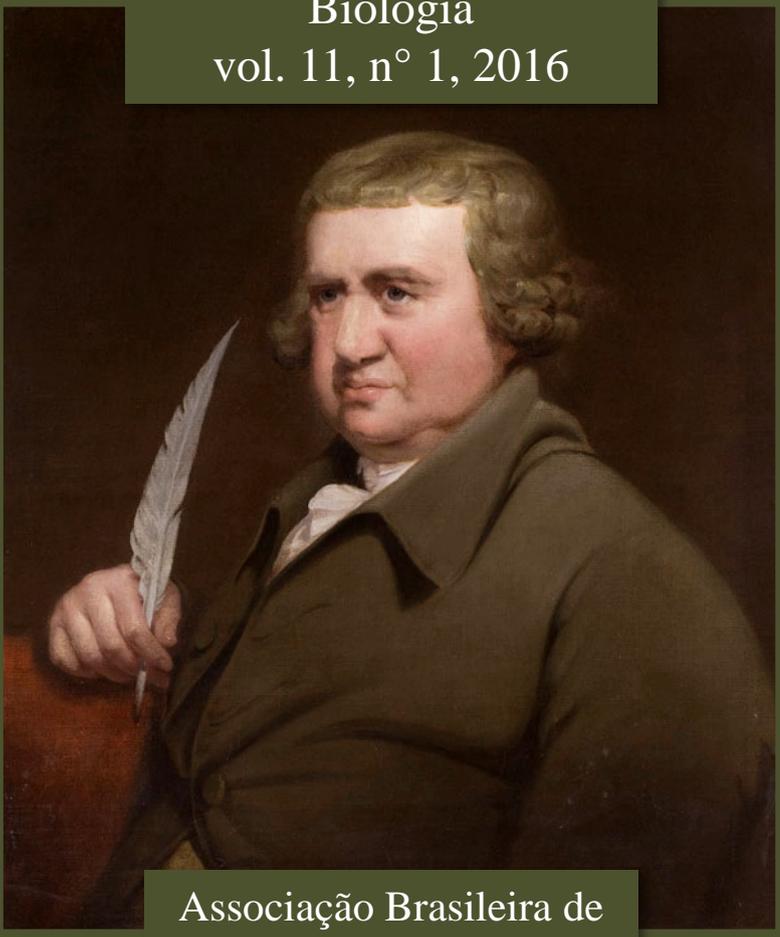


Filosofia e História da  
Biologia  
vol. 11, nº 1, 2016



Associação Brasileira de  
Filosofia e História da  
Biologia – ABFHiB

# Filosofia e História da Biologia

Volume 11, número 1

Jan.-Jul. 2016

Associação Brasileira de Filosofia e  
História da Biologia – ABFHIB  
<http://www.abfhib.org>

**DIRETORIA DA ABFHIB (GESTÃO 2015-2017)**

**Presidente:** Aldo Mellender de Araújo (UFRGS)

**Vice-Presidente:** Charbel N. El-Hani (UFBA)

**Secretário:** Ana Paula Oliveira Pereira de Moraes Brito

**Tesoureira:** Maria Elice Brzezinski Prestes (USP)

**Conselheiros:** Anna Carolina Krebs P. Regner (ILEA-UFRGS)

Lilian Al-Chueyr Pereira Martins (FFCLRP-USP)

Nelio Marco Vincenzo Bizzo (USP)

Ricardo Francisco Waizbort (Instituto Oswaldo Cruz)

A Associação Brasileira de Filosofia e História da Biologia (ABFHIB) foi fundada no dia 17 de agosto de 2006, durante o *IV Encontro de Filosofia e História da Biologia*, realizado na Universidade Presbiteriana Mackenzie, em São Paulo, SP. O objetivo da ABFHIB é promover e divulgar estudos sobre a filosofia e a história da biologia, bem como de suas interfaces epistêmicas, estabelecendo cooperação e comunicação entre todos os pesquisadores que a integram.

*Filosofia e História da Biologia*

**Editores:** Lilian Al-Chueyr Pereira Martins (FFCLRP-USP)

Maria Elice Brzezinski Prestes (USP)

**Editor associado:** Roberto de Andrade Martins (UEPB)

**Conselho editorial:** Aldo Mellender de Araújo (UFRGS), Ana Maria de Andrade Caldeira (UNESP), Anna Carolina Regner (ILEA-UFRGS), Charbel Niño El-Hani (UFBA), Douglas Allchin (UM-EUA), Gustavo Caponi (UFSC), Marisa Russo (UNIFESP), Marsha L. Richmond (WSU-EUA), Maurício de Carvalho Ramos (USP), Nadir Ferrari (UFSC), Nelio Bizzo (USP), Pablo Lorenzano (UBA, Argentina), Palmira Fontes da Costa (UNL, Portugal), Ricardo Waizbort (Instituto Oswaldo Cruz), Sander Gliboff (IU-EUA), Susana Gisela Lamas (UNLP, Argentina)

ISSN 1983-053X

# Filosofia e História da Biologia

Volume 11, número 1

Jan.-Jul. 2016



**Filosofia e História  
da Biologia**

V. 11, n. 1, jan.-jul. 2016

homepage /  
e-mail da revista:

[www.abfhib.org/FHB/index.html](http://www.abfhib.org/FHB/index.html)  
[fil-hist-biol@abfhib.org](mailto:fil-hist-biol@abfhib.org)

**ABFHiB**

Associação Brasileira de Filosofia e  
História da Biologia

Caixa Postal 11.461  
05422-970 São Paulo, SP  
[www.abfhib.org](http://www.abfhib.org)  
[admin@abfhib.org](mailto:admin@abfhib.org)

Copyright © 2016 ABFHiB

Nenhuma parte desta revista pode ser utilizada ou reproduzida, em qualquer meio ou forma, seja digital, fotocópia, gravação, etc., nem apropriada ou estocada em banco de dados, sem a autorização da ABFHiB.

Publicada com apoio da  
Fundação de Amparo à Pesquisa do  
Estado de São Paulo (FAPESP)

Direitos exclusivos desta edição:  
Booklink Publicações Ltda.  
Caixa Postal 33014  
22440-970 Rio de Janeiro, RJ  
Fone 21 2265 0748  
[www.booklink.com.br](http://www.booklink.com.br)  
[booklink@booklink.com.br](mailto:booklink@booklink.com.br)

---

Filosofia e História da Biologia. Vol. 11, número 1 (jan.-jul. 2016). São Paulo, SP: ABFHiB, São Paulo, SP: FAPESP, Rio de Janeiro, RJ: Booklink, 2016.

Semestral  
x, 135 p.; 21 cm.  
ISSN 1983-053X

1. Biologia – história. 2. História da biologia. 3. Biologia – filosofia. 4. Filosofia da biologia. I. Martins, Lilian Al-Chueyr Pereira. II. Prestes, Maria Elice Brzezinski. III. Martins, Roberto de Andrade. IV. Filosofia e História da Biologia. V. Associação Brasileira de Filosofia e História da Biologia, ABFHiB.

CDD 574.1 / 574.9

---

*Filosofia e História da Biologia* é indexada por:

**Clase** - <http://dgb.unam.mx/index.php/catalogos>

**Historical Abstracts** - <http://www.ebscohost.com/academic/historical-abstracts>

**Isis Current Bibliography** - <http://www.ou.edu/cas/hsci/isis/website/index.html>

**Latindex**-<http://www.latindex.unam.mx/buscar/ficRev.html?opcion=1&folio=20393>

**Philosopher's Index** - <http://philindex.org/>

## Sumário

Maria Elice Brzezinski Prestes, Lilian Al-Chueyr Pereira Martins e Roberto de Andrade Martins “Apresentação” “Presentation”	vii
Beatriz Ceschim, Thais Benetti de Oliveira e Ana Maria de Andrade Caldeira “Teoria Sintética e Síntese Estendida: uma discussão epistemológica sobre articulações e afastamentos entre essas teorias” “Synthetic theory and Extended synthesis: an epistemological discussion about links and disconnections between these theories”	01
Carlos Pérez-Malvárez, Antonio Alfredo Bueno- Hernández y Rosaura Ruiz Gutiérrez “Charles Darwin y la estimación del tiempo geológico” “Charles Darwin and the estimation of geological time”	31
Eduardo Lozano, Nora Bahamonde y Agustín Adúriz- Bravo “Análisis histórico-epistemológico sobre los modelos de membrana celular para enseñar biología celular y naturaleza de la ciencia al profesorado” “Historical-epistemological analysis on the models of cell membrane to teach cell biology and nature of science to teachers”	49
Gonzalo Peñaloza “El papel de la relación ciencia-religión en la circulación del darwinismo en la enseñanza de la biología en Colombia”	69

“The role of the relation between science and religion in the circulation of Darwinism in the biology teaching in Colombia”

Gustavo Caponi

93

“Algunas especulaciones de Maupertuis y Diderot sobre la relación entre estructura y función en los seres vivos”

“Some speculations of Maupertuis and Diderot concerning the relation-ship between structure and function in living beings”

Nathalia Scioscia, Pablo Beldoménico y Guillermo Denegri

107

“Contrastación de un Programa de Investigación Científica en Parasitología: los endoparásitos del zorro gris pampeano *Lycalopex gymnocercus*”

“Contrasting of a progressive Program of Scientific Research in parasit-ology: endoparasites of Pampa fox *Lycalopex gymnocercus*”

Pedrita Fernanda Donda e Lilian Al-Chueyr Pereira Martins

121

“As concepções de Erasmus Darwin sobre a transmutação dos animais”

“Erasmus Darwin’s conceptions on the animal transmutation”

## Apresentação

Os sete trabalhos do volume 11, número 1 do periódico *Filosofia e História da Biologia* se relacionam à História da Biologia, Filosofia da Biologia e/ou sua aplicação ao ensino, refletindo pesquisas realizadas no Brasil, Argentina, México e Colômbia.

No artigo de Beatriz Ceschim, Thais Benetti de Oliveira e Ana Maria de Andrade Caldeira são traçadas comparações sobre os processos que explicam a diversidade biológica pela teoria sintética da evolução e pela síntese estendida, ressaltando a importância de abordagens pluralistas no ensino de biologia.

Carlos Pérez-Malvárez, Antonio Alfredo Bueno-Hernández e Rosaura Ruiz Gutiérrez revisitam o tema das diferentes estimativas da idade da Terra ao longo da história, traçando relações com teorias paleontológicas e com as consequências sobre a concepção de evolução gradual dos seres vivos de Charles Darwin.

A contribuição de Eduardo Lozano, Nora Bahamonde e Agustín Adúriz-Bravo consiste na análise de episódios históricos relacionados à construção de modelos sobre a membrana celular, enfatizando aspectos metacientíficos que podem ser trabalhados explicitamente em cursos de Biologia Celular da formação inicial de professores.

Também inserido na interface entre história da ciência e ensino, o trabalho de Gonzalo Peñaloza apresenta uma discussão sobre a divulgação do darwinismo na Colômbia, a partir de análise original de manuais escolares utilizados no país desde o final do século XIX até os anos 1970.

Gustavo Caponi discute em seu artigo reflexões de naturalistas do século XVIII, particularmente Maupertuis e Diderot, sobre a correlação entre estrutura e função nos seres vivos, tangenciando entre outros aspectos a dimensão teleológica da questão.

A pesquisa de Nathalia Scioscia, Pablo Beldoménico e Guillermo Denegri sobre endoparasitos em graxains é abordada como estudo de caso que baliza o desenvolvimento de um programa de investigação científica na área, sob a perspectiva de seu poder explicativo e preditivo.

A contribuição de Pedrita Fernanda Donda e Lilian Al-Chueyr Pereira Martins consiste na análise das concepções de Erasmus Darwin sobre a transmutação das espécies, discutindo, por um lado, o caráter especulativo de suas ideias, e, por outro, o contexto social, político e religioso em que estava inserido.

Os Editores

Maria Elice Brzezinski Prestes

Lilian Al-Chueyr Pereira Martins

Roberto de Andrade Martins

A capa deste fascículo de *Filosofia e História da Biologia* traz retrato de Erasmus Darwin (1731-1802) realizado em 1792 por Joseph Wright of Derby.



# Teoria Sintética e Síntese Estendida: uma discussão epistemológica sobre articulações e afastamentos entre essas teorias

---

Beatriz Ceschim \*

Thais Benetti de Oliveira #

Ana Maria de Andrade Caldeira <sup>δ</sup>

---

**Resumo:** A Teoria Sintética da evolução constitui um arcabouço teórico consolidado que, na maioria das vezes, é apresentado pelos livros didáticos utilizados tanto na educação básica como na formação inicial em Ciências Biológicas como sendo o único ou principal eixo teórico para explicar o processo evolutivo. Essa teoria explica a diversidade orgânica com base nos conceitos de mutação, deriva genética, migração e seleção natural, enfatizando a perspectiva DNA-centrista do processo evolutivo. No entanto, os genes e as alterações da frequência gênica nas populações como resultado de processos seletivos não são a única explicação para a diversidade orgânica. A Síntese Estendida representa o quadro evolutivo contemporâneo que abrange uma pluralidade de processos para explicar essa diversidade: a plasticidade fenotípica, teoria de construção do nicho, viés do desenvolvimento e herança indusiva. Vale ressaltar que nos materiais

---

\* Estudante de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, Departamento de Educação da Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, campus de Bauru, SP. Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, Bairro Vargem Limpa, 17033-360, Bauru, SP. E-mail: beatriz\_ceschim@hotmail.com

# Doutorado pelo Departamento de Educação da Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, Bauru, São Paulo. Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, Bairro Vargem Limpa, 17033-360, Bauru, SP. E-mail: thabenetti@fc.unesp.br

<sup>δ</sup> Departamento de Educação da Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, campus de Bauru, SP. Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, Bairro Vargem Limpa, 17033-360, Bauru, SP. E-mail: anacaldeira@fc.unesp.br

didáticos do ensino superior grande parte dos conteúdos relativos aos mecanismos evolutivos diferentes de seleção natural aloca-se em apêndices, notas de rodapé, leituras complementares ou em capítulos finais, nos quais são abordados de maneira fragmentada. Este trabalho é um estudo teórico sobre a articulação entre a Teoria Sintética e Síntese Estendida, cujo resultado pode contribuir para reformulações didático-pedagógicas, principalmente voltadas aos professores de evolução na formação inicial em Ciências Biológicas.

**Palavras-chave:** Teoria Sintética da Evolução; Síntese Estendida; ensino de Biologia evolutiva

### **Synthetic theory and Extended synthesis: an epistemological discussion about links and disconnections between these theories**

**Abstract:** The Synthetic Theory of evolution is an established theoretical framework that, in most cases, is presented by the textbooks used both in basic education and Teacher Training on Biological Sciences as the only or main theoretical axis to explain the evolutionary process. This theory explains the organic diversity based on mutation, genetic drift, migration and natural selection, emphasizing the DNA-centrist perspective of the evolutionary process. However, genes and changes on genetic frequency in populations as a result of selection processes are not the only explanation of organic diversity. The Extended Synthesis represents the contemporary evolutionary framework that references a plurality of processes to explain this diversity: phenotypic plasticity, the niche construction theory, the development bias and inclusive heritage. It is important to say that most didactic materials based on Basic Education or in Teacher Training bring the evolutionary concepts of Evo-devo allocated in appendices, footnotes, complementary readings or in final chapters in which they are organized in fragmented way. This work is a theoretical study about the relationship between the Synthetic Theory and the Extended Synthesis, and it can contribute to educational and didactic (re)formulations, especially directed to Teacher Training in Biological Sciences.

**Key-words:** Synthetic Theory of Evolution; Extended Synthesis; teaching of evolutionary biology

## **1 INTRODUÇÃO**

Populações biológicas, ao enfrentar desafios ambientais, podem dispor de três estratégias gerais para manter a viabilidade e manutenção de sobrevivência: a) aproveitamento da capacidade

plástica em expressar diferentes fenótipos a partir da composição genética existente; b) adaptação por alteração genética ao longo do tempo; ou c) deslocamento para um ambiente mais adequado às possibilidades adaptativas (Waples, 2016). Alguns organismos não conseguem migrar, ou por baixa capacidade de dispersão ou porque as alterações antropogênicas têm criado barreiras à dispersão, devido à fragmentação de habitats. Nesses casos, a alteração genética ao longo do tempo e a plasticidade são opções que podem contribuir para a perpetuação da população em questão.

As questões mencionadas acima poderiam ser interpretadas de acordo com as asserções da – um arcabouço teórico consolidado que explica a biologia evolutiva a partir de conceitos como seleção natural, deriva genética, migração e mutação. Não obstante a relevância epistemológica, histórica e didática dessa teoria, há compêndios teóricos e empíricos contemporâneos que defendem a proposição de uma Síntese estendida da evolução (representada por autores como Massimo Pigliucci, Gerd B. Müller, Kevin N. Laland e Armin Moczek) que fez erigir algumas articulações iniciais entre os pressupostos evolutivos abordados pela Teoria Sintética e as novas constatações sobre os processos evolutivos, voltadas, principalmente, para a origem da diversidade das formas orgânicas e para um pluralismo de processos envolvidos nas explicações causais da evolução. Assim, os estudos no campo da biologia evolutiva permitiram a incorporação de novos conhecimentos teóricos e empíricos que, segundo Kevin N. Laland *et al.* (2015), mantém os fundamentos centrais da Teoria Sintética, mas diferem acerca da ênfase sobre o papel do processo ontogenético e os modos de causalidade evolutiva.

É necessário que essa articulação também seja refletida nos âmbitos epistêmicos e didáticos, uma vez que a atividade e produção científica contemporânea (tanto teórica quanto empírica) devem ser conteúdo de discussões e reflexões nos cursos de Ciências Biológicas. A importância da inserção da produção científica atual nos cursos de formação de professores é justificada por possibilitar o contato dos estudantes com questões científicas recentes e, sobretudo, por fornecer subsídio teórico consistente acerca de teorias que serão mobilizadas futuramente por eles e que, portanto, devem ser

parcimoniosamente compreendidas a partir de referenciais nacionais e internacionais.

O conteúdo referente à biologia evolutiva do desenvolvimento, ou Evo-Devo encontra-se em apêndices, notas de rodapé, leituras complementares, ou nos capítulos finais de alguns livros didáticos de evolução para o ensino superior - como Ridley (2006) e Futuyma (2009). Tal constatação é preocupante, visto que os livros didáticos influenciam diretamente a prática da maioria dos professores e a aprendizagem dos estudantes, além de exercer direcionamento sobre a elaboração do currículo, uma vez que são utilizados para sequenciar conteúdos, atividades, abordagens e avaliação (Bittencourt-dos-Santos & El-Hani, 2013).

As vertentes epistemológicas e filosóficas das Ciências Biológicas tornam imperativa a compreensão das vicissitudes pelas quais os conceitos estão submetidos. É importante transitar epistemologicamente entre diferentes contextos filosóficos e históricos da Biologia, de forma a ressignificar os conceitos de acordo com o avanço das pesquisas empíricas e teóricas das Ciências Biológicas, características de diferentes cenários heurísticos e investigativos para readequar os conteúdos às mudanças contemporâneas e para considerar, ainda, a natureza integrada da Biologia e do processo evolutivo. Por exemplo, a Eco-Evo-Devo é um campo que integra e organiza conceitos como simbiose do desenvolvimento, plasticidade do desenvolvimento, assimilação genética, herança extragenética e construção de nicho (Gilbert, Bosch e Ledón-Rettig, 2015, p. 611). Em outras palavras, é uma abordagem evolutiva que contempla além de plasticidade fenotípica, também os conhecimentos referentes aos processos regulatórios que orquestram o desenvolvimento e os mecanismos epigenéticos associados (Lofeu & Kohlsdorf, 2015).

Para elaboração de uma proposta teórica que apreenda as articulações entre os conhecimentos evolutivos contemporâneos e a Teoria Sintética é necessário que exista uma inclusão efetiva da Eco-Evo-Devo às explicações evolutivas, uma vez que os mecanismos ontogenéticos, epigenéticos, a plasticidade fenotípica e a construção do nicho não atuam de forma isolada, mas sincronicamente à seleção natural, deriva genética, mutações e migrações, por exemplo.

É a partir dos apontamos supracitados que consideramos pertinente apresentar o resultado da análise dos dados coletados em 2014 em turmas de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas cujos alunos já haviam cursado a disciplina de evolução. Nessa pesquisa, identificamos que os pressupostos teóricos sobre a Evo-Devo ainda não são citados pelos sujeitos para explicação dos fenômenos evolutivos. Podemos inferir que a falta da referência a esses conteúdos se deve à inserção incipiente da Evo-Devo nos livros didáticos e, como consequência, no discurso dos professores. Se a referência aos processos da Evo-Devo ainda não é feita pelos alunos, se considerarmos que esse conteúdo já se faz presente nos materiais didáticos, pode-se inferir que pressupostos sobre a plasticidade fenotípica, construção do nicho e herança inclusiva provavelmente também não estarão presentes.

Este trabalho, portanto, tem como objetivo apresentar caminhos para uma articulação epistemológica inicial entre os conteúdos da Teoria Sintética e da Síntese Estendida da evolução, principalmente no que diz respeito à causalidade de outros processos seletivos que atuam concomitantemente com a seleção natural.

Tendo em vista a escassez de propostas de caráter integrador entre teorias evolutivas antigas e atuais nos manuais didáticos disponíveis atualmente, faz-se necessária a atuação de pesquisadores que realizem a incorporação dos dados empíricos mais recentes ao corpo teórico evolutivo já consolidado pensando na didatização desse conhecimento.

## **2 CONSIDERAÇÕES SOBRE A ASCENSÃO DA NECESSIDADE DE UM PLURALISMO DE PROCESSOS PARA O ENTENDIMENTO DA EVOLUÇÃO**

Antes da relação entre biologia molecular, embriologia e evolução ser entendida, os biólogos conjecturavam que organismos filogeneticamente distantes teriam constituições genéticas muito diferentes. Entretanto, pesquisas moleculares realizadas na década de 1980 mostraram o contrário: os genes responsáveis pela organização da constituição corporal dos organismos possuem homólogos na maioria dos animais (Carroll, 2006, p. 16).

Ainda na década de 1980 uma evidência fundamental para o entendimento da relação entre ontogenia e evolução fora apresentada: a existência dos genes organizadores do processo embriológico (Carroll, 2006, p. 16). Tais genes que controlam o desenvolvimento foram denominados genes “Hox”. O controle de outros genes, exercido pelos genes controladores é mediado por fatores de transcrição – proteínas capazes de se ligar a trechos de DNA para regular a intensidade de expressão de genes.

Os genes *Hox* foram primeiramente encontrados e caracterizados na mosca da fruta *Drosophila melanogaster*. Posteriormente, genes *Hox* de insetos, vermes e mamíferos também foram estudados com mais detalhes (Gellon & McGinnis, 1998, p. 116). O conhecimento proveniente dos estudos dos genes *Hox* de diferentes grupos animais permitiu a comparação dos padrões de expressão, o que caracterizou uma das primeiras tentativas sistematizadas para compreender a base molecular da evolução dos padrões de desenvolvimento.

A variação da regulação de genes *Hox* é apontada como uma das causas para o surgimento de novos planos corporais em diferentes táxons animais (Gellon & McGinnis, 1998, p. 116). Os componentes genéticos responsáveis pelas construções corpóreas são comparados a um “*kit* de ferramentas” composto por fatores de transcrição e sinalizadores que controlam o desenvolvimento animal. O que determina o resultado final do trabalho realizado por meio do *kit* de ferramentas genéticas não é a constituição desse *kit*, mas o modo de utilização (Carroll, 2006, p. 75).

Para ilustrar a importância do estudo dos genes do *kit* de ferramentas, um exemplo será apresentado: o gene chamado FOXP2 que atua na vocalização de vertebrados. Segundo Reece *et al.* (2015, p. 455), evidências que apontam que a relação entre o FOXP2 e a emissão sonora são: (a) mutações nesse gene causam sérios problemas de fala e linguagem em seres humanos e (b) a expressão desse gene em mandarins e canários ocorre quando tais aves estão aprendendo a cantar. A comparação do gene FOXP2 entre humanos e chimpanzés levou à conclusão de que há dois aminoácidos diferentes – um aspecto provavelmente relacionado com a capacidade de fala no humano. Neandertais foram apontados como seres incapazes de falar, porém, por meio da análise do gene FOXP2 foi

possível a elaboração da hipótese de que, sim, neandertais foram capazes de falar, pois o FOXP2 codifica uma proteína idêntica a humana (Reece *et al.*, 2015, p. 455). Mais estudos podem ser realizados, mas a constatação da semelhança do gene em humanos e neandertais é uma importante evidência para direcionar estudos posteriores.

Genes controladores da embriogênese de drosófilas possuem homólogos exatos na maioria dos animais, inclusive no homem (Carroll, 2006, p. 17). A comparação de tais genes é uma área de pesquisa com investigação em andamento e muito ainda se poderá concluir por meio da análise de representantes dos filos animais. Para exemplificar a complexidade envolvida: evidências apontam para a ideia de que organismos modelo, como *Drosophila melanogaster* e *Caenorhabditis elegans* podem ter sofrido uma grande quantidade de perda de genes porque há uma percentagem de genes humanos que possuem mais homólogos em anêmona do mar (*Nematostella vectensis*) do que em qualquer dos organismos modelo acima mencionados (Jarvela & Pick, 2016, p. 268).

Como pontuam Alys M. Cheatle Jarvela e Leslie Pick (2016, p.261), os genes do *kit* de ferramentas foram inicialmente identificados em um pequeno número de organismos modelo, como *D. melanogaster* e *C. elegans*, que não representam a diversidade existente entre os metazoários. Como resultado, tem-se estudado um conjunto restrito de genes conservados em uma pequena amostra da diversidade de animais disponíveis. Segundo os autores, grupos de animais como Porifera, Cnidaria, e Ctenophora, são especialmente importantes para a compreensão das origens dos processos de desenvolvimento.

Atualmente, segundo Jarvela e Pick (2016), algumas pesquisas estão dedicadas aos estudos do desenvolvimento de genes que não são do *kit* de ferramentas, ou seja, são investigados os genes de linhagens específicas (algumas vezes chamado de “órfãos” ou “genes taxonomicamente restritos”) que podem compor 10-20% de cada genoma eucariótico.

Sabe-se, por exemplo, que somente 1% dos genes humanos não tem similaridade com os de outros animais, e que somente 0,4% dos genes do camundongo não têm homólogos humanos. [...] Não se

sabe se esses genes órfãos são novidades evolutivas, sobreviventes antigos, ou genes que perderam sua identidade em decorrência de transformações radicais. (Salzano, 2012, p. 81)

O exemplo empregado por Jarvela e Pick (2016) para mostrar a importância de tal argumento é o das diferenças morfológicas dos cefalópodes: pensava-se que a duplicação do genoma da linhagem cefalópode seria a melhor explicação para as morfologias encontradas neste clado que não estavam presentes em outros moluscos, tais como um sistema nervoso complexo bastante expandido e os braços com ventosas que possuem quimiorreceptores e notável destreza. Todavia, a análise do genoma do polvo sugere não só que a duplicação do genoma não ocorreu, mas também que transpósons, duplicação de genes, edição de RNA e da evolução dos genes específicos de linhagem explicam as peculiaridades desse organismo. Notavelmente, centenas de genes específicos de polvo foram expressos no sistema nervoso central e alguns outros foram limitados à superfície e às ventosas, onde as novidades morfológicas mais marcantes evoluíram nesse organismo.

A partir da discussão acima pretende-se propor que há uma pluralidade de explicações possíveis para processos evolutivos e que a Evo-Devo não deve reduzir as explicações evolutivas à comparação de genes *Hox*, uma vez que nem todas as características dos seres vivos poderão ser explicadas por biologia molecular e ontogenia.

As discussões contemporâneas sobre processos evolutivos ratificam a necessidade da pluralidade explicativa. Armin P. Moczek (2012, p. 109) faz uma análise acerca das limitações enfrentadas pelos estudos de biologia evolutiva do desenvolvimento e observa, por exemplo, um cenário preocupante em livros destinados a graduação e pós-graduação. No conteúdo dos materiais analisados pelo autor está implícita a noção de que a diferença entre os traços dos organismos reside em genes e na variação genética e que o desenvolvimento é determinado e dirigido por genes ou seus produtos imediatos. O autor defende uma mudança premente, pois mesmo se compreendermos todos os genes e regiões do genoma, bem como suas interações que contribuem para uma característica complexa de interesse, ainda não teremos um quadro completo de o que se deveria

saber sobre o controle do desenvolvimento e evolução de um determinado traço.

Pois bem, nem todas as explicações sobre o desenvolvimento e sobre a evolução dos organismos residem na descrição dos genes e dos genomas. Para entender alguns fenômenos evolutivos, é preciso recorrer a outras estratégias de pesquisa. Atualmente, alguns autores têm adaptado as investigações evolutivas por meio de abordagens mais plurais, como a “Geogenômica” e a “Genômica Ecológica”. Essa integração de campos enfrenta muitos desafios, mas ainda assim está em curso e pode revolucionar a compreensão de muitos fenômenos biológicos.

A Geogenômica resulta do trabalho colaborativo entre geólogos e biólogos evolucionistas que investigam, concomitantemente, processos geológicos e evolutivos. Um estudo sobre a origem do Rio Amazonas e sobre a origem da diversidade de espécies amazônicas está em andamento, viabilizado por uma abordagem geogenômica. O rio, entendido como uma barreira entre populações que pode ter influência na diferenciação biológica e eventual especiação, separa, na Amazônia, espécies fenotipicamente distintas de macacos, aves e algumas borboletas. Aves do gênero *Psophia*, por exemplo, distribuem-se em espécies claramente delimitadas pelos principais rios da Amazônia (Baker *et al.*, 2014, p. 43). A pesquisa, exequível devido à possibilidade de um diálogo entre áreas de estudo complementares, permite uma troca de evidências que são interpretadas por geólogos e biólogos, que, por exemplo, empregam dados biológicos para a determinação de uma data aproximada para a origem do rio (segundo a datação da especiação dos organismos pesquisados) e dados geológicos para o entendimento de fenômenos evolutivos, como a vicariância causada pela formação de um rio.

Outra abordagem evolutiva caracterizada pela integração de subáreas biológicas é explicada por Mark C. Ungerer, Loretta C. Johnson e Michael A. Herman, (2008, p. 178): combinando a análise genômica de organismos em experimentos de laboratório com estudos de campo, os pesquisadores que utilizam a abordagem denominada “Genômica Ecológica” buscam compreender os mecanismos genéticos subjacentes às respostas dos organismos ao seu ambiente natural. Os autores argumentam que ao trazer os

organismos para o laboratório para estudar elementos biológicos isoladamente, de forma a ignorar o contexto ecológico nos quais tais elementos surgiram e persistem, corre-se o risco de se obter compreensões equivocadas por meio de respostas particulares, parciais ou fragmentadas sobre os processos biológicos.

Sobre a relação ambiente-organismo-evolução, autores como Scott F. Gilbert e David Epel (2009) discutem a plasticidade fenotípica, definida como a habilidade do organismo em produzir reações ao ambiente (como uma mudança morfológica ou uma taxa de atividade). Esse mecanismo possibilita a observação de uma relação explícita entre a variação fenotípica, a seleção natural e interferência ambiental. A plasticidade implica que a seleção pode operar em vários estágios da ontogenia e isso fornece uma chave explicativa para as circunstâncias em que as populações reagem rapidamente às condições de mudanças ambientais (Müller, 2007).

Gilbert e Epel (2009) discutem casos como o das espécies de peixes, tartarugas e lagartos nos quais o sexo é determinado pela temperatura vigente durante a incubação. Um mesmo ovo pode dar origem a uma fêmea ou a um macho, o que depende da temperatura local. Os autores citam também o que ocorre com gatos siameses e coelhos himalaia, que possuem pigmento preto nas extremidades das orelhas, devido à ação da tirosinase (enzima envolvida na síntese de melanina) que nesses animais é dependente de temperatura baixa para dobrar-se corretamente. Gatos e coelhos himalaia só produzem a pigmentação em pontas de orelhas, patas, rabos e focinhos, onde predominam temperaturas mais baixas. Em consonância, Scott F. Gilbert, Thomas C. G. Bosch e Cristina Ledón-Rettig (2015) ressaltam que um genoma único pode gerar diferentes fenótipos dependendo dos sinais ambientais. Assim, o ambiente não representa somente um agente seletivo, uma vez que também está envolvido com a produção de fenótipos.

São situações como as exemplificadas que podem ser desconsideradas em ambiente laboratorial, uma vez que o hábitat do organismo não pode ser representado de forma verossímil, o que podem ocasionar equívocos nas conclusões do pesquisador.

Gilbert, Bosch e Ledón-Rettig (2015) discutem eco-evo-devo principalmente por meio do conceito de plasticidade do

desenvolvimento (definida como a capacidade de organismos embrionários e em estágios larvais responderem ao ambiente com mudança morfológica, fisiológica ou comportamental) e defendem que esta, somada aos efeitos da simbiose do desenvolvimento e da construção do nicho na evolução, são responsáveis pela geração de muitos fenótipos ambientalmente induzidos.

A simbiose do desenvolvimento é definida pelos autores como o conceito de que os organismos são construídos, em parte, pelas interações que ocorrem entre o hospedeiro e seus micro-organismos simbióticos persistentes (p. 611). Os autores empregam o termo “holobionte” para indicar o organismo eucariótico (hospedeiro) que contém organismos simbiotes. A vaca, por exemplo, é um organismo holobionte por conter simbiotes produtores de enzimas que permitem a digestão de gramíneas.

Segundo Tsutomu Tsuchida *et al.* (2010), pulgões (*Acyrtosiphon pisum*) podem apresentar coloração verde ou vermelha, sendo que o organismo de cor verde é mais predisposto ao ataque de vespas parasitas enquanto a cor vermelha predispõe à predação por joaninhas. O trabalho de Tsuchida e colaboradores consiste na defesa de que a coloração de pulgões pode ser determinada pela interação existente entre o genoma do pulgão com bactérias simbiotes do gênero *Rickettsiella*: pulgões infectados pela bactéria simbiote alteram a cor do corpo para verde. Assim, a intensidade de cor verde foi positivamente correlacionada com a densidade de infecção de *Rickettsiella* nos hospedeiros. O que os autores presumem é que a *Rickettsiella* não só sintetiza novos pigmentos, mas estimula o próprio pulgão a produzir mais pigmento verde – um fenótipo favorável em ambientes com muito predadores.

No estudo de Gil Sharon *et al.* (2010), a presença de *Lactobacillus* na constituição da microbiota de *D. melanogaster* foi apontada como a responsável pela preferência de acasalamento que foi mantida ao longo de 37 gerações, ocasionando isolamento reprodutivo na população de moscas estudadas. As conclusões foram confirmadas após o tratamento das moscas com antibióticos causar o rompimento da preferência de parceiros, que foi substituída para uma escolha aleatória de parceiros.

Assim, simbioses são cruciais para a evolução e desenvolvimento dos hospedeiros. Eles ajudam a gerar fenótipos, podem criar as condições para o isolamento reprodutivo e podem ser os facilitadores de transições evolutivas (Gilbert, Bosch & Ledón-Rettig, 2015, p. 612).

A defesa da importância de tais mecanismos não-genômicos de variação hereditária selecionável impõe a necessidade de uma reinterpretação do processo evolutivo de forma a manter os conhecimentos provenientes da Teoria Sintética, mas incorporando conteúdos da Eco-Evo-Devo nas discussões e definições sobre o processo evolutivo.

Esses contrapontos justificam e endossam a ideia de expormos e analisarmos um panorama acerca da necessária integração de fatores bióticos (das mais diversas subáreas da biologia) e abióticos para o entendimento da evolução. Fenômenos evolutivos devem ser estudados por uma abordagem integrada e pluralista, de forma a contemplar possibilidades explicativas que não se restrinjam apenas a seleção natural, mas que também não se restrinjam aos genes *Hox* ou às análises genômicas realizadas em ambientes laboratoriais com condições controladas. A formação de professores de Ciências e de Biologia (para nível de ensino básico e superior) e de pesquisadores exige a reflexão de que a evolução não pode associar-se a explicações provenientes de uma única subárea biológica. Muitas variáveis biológicas e abióticas podem estar envolvidas na explicação de histórias evolutivas, o que notabiliza uma necessária integração de conceitos antigos e contemporâneos para a compreensão do processo evolutivo. Essa integração será tratada nos próximos tópicos.

### **3 O QUADRO TEÓRICO CONTEMPORÂNEO DA SÍNTESE ESTENDIDA PODE SUBSTITUIR OU INVALIDAR A TEORIA SINTÉTICA?**

Atualmente, a Teoria Sintética constitui o arcabouço teórico que explica as narrativas evolutivas, principalmente, entre os estudantes de Ciências Biológicas na graduação, como foi possível constatar por meio da pesquisa que será retomada em tópicos posteriores. No entanto, a Síntese Estendida da evolução proporciona contribuições relevantes que podem reestruturar o pensamento evolutivo referente

à ênfase atribuída ao mecanismo de seleção natural na produção ou retenção da diversidade orgânica.

As informações obtidas por meio de pesquisas de genes reguladores do desenvolvimento, de genes órfãos, da genômica ambiental, da geogenômica, da simbiose do desenvolvimento, de influências ambientais sobre o fenótipo e de influências do organismo no ambiente não só complementam o arcabouço teórico evolutivo por acrescentar novos fatores com poder explicativo, mas reestruturam – ou deveriam reestruturar – toda a forma de interpretar processos evolutivos já consolidados.

Inicialmente, é preciso ratificar que na Síntese Estendida da evolução, a seleção natural e a deriva genética ainda permanecem como processos capazes de alterar proporções genéticas em populações, assim como as mutações e as recombinações gênicas permanecem como fontes de variações. Sendo assim, o pensamento evolutivo contemporâneo não representa uma negação ou ruptura com prestígio conceitual dos últimos quadros teóricos da biologia evolutiva.

É igualmente importante ressaltar que os conhecimentos sustentados pela Eco-Evo-Devo não são meros acréscimos ou conhecimentos “complementares”, pois têm atuações sistêmicas o que, necessariamente, irroga a reinterpretação e a articulação de tais conceitos ao quadro teórico da Teoria Sintética.

### **3.1 Seleção natural**

A diversidade das formas orgânicas, para a Síntese Estendida, passa a ser consequência da seleção natural apenas em parte, visto que uma trajetória evolutiva particular passa a ser entendida, também, por vias de desenvolvimento e pela herança inclusiva.

Para Laland *et al.* (2015, p. 2), de acordo com a Teoria Sintética, a seleção natural dirige e influencia fortemente processos criativos na evolução e por si só explica por que as propriedades de organismos coincidem com as propriedades de seus ambientes (adaptação). Esta forma de causalidade evolutiva é unidirecional: começa no ambiente externo (ou seja, com a seleção) e termina com mudanças adaptativas no organismo (*Ibid.*, p. 6). Para a Síntese Estendida há causalidade recíproca, ou seja, um processo A é uma das causas do processo B e,

posteriormente, o processo B é uma causa do processo A (*Ibid.*). Processos de desenvolvimento, atuando por meio de um viés ontogenético e por construção de nicho, compartilham alguma responsabilidade com a seleção natural na direção e na taxa de evolução e contribuem na relação organismo-ambiente (*Ibid.*, p. 2).

### 3.2 Herança extragenética e inclusiva

Para a Teoria Sintética, a herança é genética e, dessa forma, os genes constituem o único sistema geral de herança, uma vez que caracteres adquiridos não são herdados. Para a Síntese Estendida, formas de herança extragenéticas são consideradas. A herança extragenética é definida como mecanismos de variação hereditária que não são provenientes de variantes dos ácidos nucleicos parentais (Gilbert, Bosch e Ledón-Rettig, 2015, p. 616). Pode-se dizer que a Síntese Estendida abrange uma “herança inclusiva”. Trata-se de uma herança que se estende para além de genes, uma vez que integra, por exemplo, herança epigenética (transgeracional), herança ecológica, herança social (comportamental) e herança cultural. Na perspectiva da herança inclusiva, os caracteres adquiridos também desempenham papéis evolutivos por contribuir com a origem de variantes fenotípicas.

Richard C. Francis (2015, p. 51) pontua que o ambiente interno da célula é influenciado externamente por outras células do organismo, que podem ser próximas ou não. O interior da célula também pode sofrer influências de fatores externos ao organismo, como interações sociais. Segundo o autor “um dos motivos pelos quais a guerra e outras formas de trauma têm efeitos psicológicos tão duradouros é a capacidade de desencadear alterações epigenéticas causadoras de mudanças de longo prazo na regulação gênica” (*Ibid.*, p. 52).

O mecanismo epigenético de regulação gênica mais estudado é a metilação (adição de um grupo metila ao DNA), que tem efeito inibidor na expressão do gene. A metilação não é efêmera, pois o grupo metila tende a continuar no DNA mesmo quando replicado antes divisão celular (Francis, 2015, p. 67) e “quanto mais inicial for o estágio de desenvolvimento em que ocorre a metilação, mais pronunciados e generalizados serão seus efeitos” (*Ibid.*, p. 68).

O autor explica que além da metilação do DNA, as histonas desempenham um papel importante na regulação da expressão gênica, pois em geral, a interação histona-DNA é mais frouxa em regiões de genes de ativa síntese proteica. Diferentes níveis de ligação histona-DNA são viabilizados por alterações bioquímicas na histona, como por exemplo, a metilação que pode bloquear a expressão gênica. Os padrões de metilação de histonas também podem ser transmitidos quando a célula é dividida (Francis, 2015, p. 84-85).

Sendo assim, segundo Laland *et al.* (2015), a perspectiva genocêntrica da Teoria Sintética – que normalmente está associada a uma concepção de evolução como um processo de mudanças nas frequências de genes nas populações por meio da seleção natural, deriva, mutação e fluxo gênico – na Síntese Estendida é ampliada por uma perspectiva centrada no organismo: a evolução é interpretada também por mudança transgeracional que modifica a distribuição dos traços hereditários de uma população.

Segundo Gilbert, Bosch e Ledón-Rettig (2015, p. 616), epialelos são sequências de DNA que apesar de idênticas na composição do ácido nucleico, diferem nas modificações secundárias como, por exemplo, na metilação do DNA e na acetilação ou metilação das histonas. Em alguns casos, segundo os autores, epialelos responsáveis pela herança transgeracional das características adquiridas podem persistir por centenas de gerações (*Ibid.*, p. 616). Para os autores supracitados, a Teoria Sintética propõe que as mutações genéticas são suficientes para gerar a variação fenotípica hereditária na qual atua a seleção natural, mas a Eco-Evo-Devo alega que a herança extragenética da variação fenotípica também pode ter um papel importante na mudança evolutiva.

Os autores defendem que a plasticidade do desenvolvimento pode gerar fenótipos ambientalmente induzidos que, em última análise, podem ser assimilados no genoma e tornam-se traços herdados. Defendem ainda que os traços herdados permitem que tanto a simbiose do desenvolvimento quanto a plasticidade do desenvolvimento possam estar envolvidos em grandes transições da evolução (Gilbert, Bosch & Ledón-Rettig, 2015, p. 617).

A simbiose do desenvolvimento também é um fator importante na discussão da ampliação das formas de herança, uma vez que os

simbiontes microbianos podem ser adquiridos através do ovo ou do ambiente materno. Como já tratado acima, os organismos simbiontes podem contribuir significativamente na formação de fenótipos. Se os organismos simbiontes podem ser transmitidos genealógicamente, os fenótipos dos descendentes poderão ser engendrados por determinação da interação entre o hospedeiro e os respectivos simbiontes, o que torna os simbiontes parentais uma forma de herança muito importante no processo evolutivo.

A Síntese Estendida também contempla o que pode ser entendido como herança social. O estudo em ratos sobre o cuidado parental de mães tem gerado conclusões acerca do papel da metilação na herança social. Mães que lambem mais o filhote estimulam positivamente a formação da herança social de seus descendentes. Os filhotes que convivem com mães que são boas lambedoras (independente de terem nascido de mães negligentes) têm maior número de receptores de estrogênio no hipotálamo, devido à metilação do gene que codifica o estrogênio. Em contrapartida, os filhotes de mães más lambedoras tem uma metilação muito acentuada, que reduz a expressão de estrogênio. Tais filhotes terão um desempenho ruim como mães pela deficiência do gene receptor de estrogênio no hipotálamo (Francis, 2015, p. 95).

Segundo Laland *et al.* (2015, p. 5), a herança social poderia ser tradicionalmente tratada como um caso especial, porém para Síntese Estendida, a hereditariedade inclui integralmente mecanismos não genéticos de herança que contribuam para hereditariedade e que podem ou não facilitar a origem e a disseminação de traços induzidos pelo ambiente.

A última forma de herança a ser tratada aqui com a finalidade de estender o panorama da herança estritamente genética da Teoria Sintética é a transferência horizontal de genes. Considerada por Luiz Boto (2010) como uma forma não-genealógica de obtenção de novos genes, a transferência horizontal é um mecanismo que permite a aquisição de novidades evolutivas tanto em procariotos como em eucariotos, o que inclui também a transferência de genes de simbiontes aos respectivos hospedeiros. A transferência horizontal de genes, portanto, envolve a troca de material genético entre organismos diferentes em uma única geração (Boto, 2010).

### 3.3 Plasticidade fenotípica

Atualmente, há um interesse na plasticidade como uma causa e não apenas como uma consequência da evolução fenotípica. A plasticidade do desenvolvimento, ou plasticidade fenotípica, é tradicionalmente entendida como característica geneticamente determinada em indivíduos, que podem evoluir sob seleção natural ou deriva genética. Nessa perspectiva, a plasticidade seria uma condição que promove, em ambientes variáveis, a evolução adaptativa em comparação aos organismos com fenótipos não plásticos.

Todavia, para a Síntese Estendida, a descrição da plasticidade como uma mera característica genética é considerada insuficiente e reducionista, uma vez que há no quadro teórico da Síntese Estendida um interesse na possibilidade de evolução adaptativa e na introdução de novidade fenotípica por meio da plasticidade (Laland *et al.* 2015, p. 5).

Segundo Ian M. Ehrenreich e David W. Pfennig (2015, p. 4), nas primeiras etapas de processos evolutivos que envolvem plasticidade fenotípica, o sistema sensorial do indivíduo detecta informações sobre seu ambiente externo. Posteriormente, o sinal detectado pelo sistema sensorial é traduzido em uma resposta molecular no nível bioquímico, alterando as atividades dentro das células. No caso de organismos multicelulares, essa informação pode ser transmitida em outros lugares no corpo por meio de sinais mediados por hormônios. E finalmente, nas células, órgãos ou tecidos-alvo haverá uma resposta que altera o fenótipo.

Para Pigliucci, Murren e Schlichting (2006, p. 2364) a plasticidade é de suma importância, pois permite a sobrevivência inicial do organismo sob novas condições ambientais. Porém, em condições ambientais pouco variáveis, uma característica anteriormente plástica pode passar por canalização, ou seja, por perda de plasticidade. Por exemplo, a perda de um sítio de ligação para um fator de transcrição condicionalmente ativo pode eliminar a sensibilidade de um gene para o ambiente (Ehrenreich & Pfennig, 2015, p. 6)

Em consonância, Gilbert, Bosch e Ledón-Rettig (2015, p. 611) apontam para três principais pontos a serem analisados na plasticidade fenotípica: (1) a plasticidade pode fornecer variação fenotípica por meio das quais os animais podem enfrentar desafios

ambientais tais como mudanças climáticas; (2) a plasticidade pode facilitar a construção de nicho, processo pelo qual um organismo ativamente altera seu ambiente e (3) a plasticidade do desenvolvimento pode gerar fenótipos ambientalmente induzidos que podem ser assimilados no genoma e passar a se comportar como traço herdável.

Massimo Pigliucci, Courtney J. Murren e Carl D. Schlichting (2006, p. 2363) pontuam que a plasticidade é o que torna possível a concretização de um fenótipo ambientalmente induzido e também ressaltam que um processo de seleção sobre a expressão de tal fenótipo pode culminar na fixação (assimilação genética). A assimilação genética, segundo os autores (*Ibid.*, p. 2362), é o processo pelo qual a variação fenotípica ambientalmente induzida torna-se constitutivamente produzida (ou seja, não requer mais o sinal ambiental para a expressão).

Nesse contexto, é importante considerar, por exemplo, a influência de processos epigenéticos na promoção de mutações genéticas, uma vez que alterações epigenéticas podem causar instabilidade no genoma, promovendo a facilitação de mutações genéticas (Skinner, 2015, p. 1987). Sendo assim, a epigenética pode influenciar diretamente mutações genéticas e, portanto, a origem da variação genotípica é influenciada pelas alterações epigenéticas que podem ser respostas às interações com o ambiente. A epigenética ambiental (ambientalmente induzida) não somente pode promover maior variação fenotípica, mas pode também conduzir à mudança genética e aumentar a variação genotípica (Skinner, 2015, p. 1299).

Sobre a importância da plasticidade fenotípica na causalidade dos processos evolutivos, Pigliucci, Murren e Schlichting (2006) consideram que raramente se sugere que a plasticidade desempenha um papel evolutivo tão importante como a seleção natural. Para os autores, a plasticidade pode ser entendida como um mecanismo no sentido de uma causa próxima de modificações do desenvolvimento (por meio de alterações de efeitos bioquímicos, fisiológicos, comportamentais), enquanto a seleção natural é uma das causas finais de adaptações durante a evolução (*Ibid.*, p. 2364). No entanto, uma fragmentação entre seleção e plasticidade do desenvolvimento não deve se estabelecer, uma vez que não são processos que se alternam,

mas que ocorrem concomitantemente. Sendo assim, reiteramos a necessidade de mobilizar em explicações evolutivas a causalidade recíproca supracitada segundo a proposta de Laland *et al.* (2015, p. 2).

A mutação genética, um mecanismo evolutivo frequentemente empregado em explicações propostas pela Teoria Sintética, não surge dirigida para adaptação. Não há teleologia no surgimento de mutações genéticas até então. Porém, no contexto da assimilação genética do quadro teórico evolutivo contemporâneo, a alteração genética pode ser ambientalmente induzida. A plasticidade fenotípica, seguida pela própria perda por meio da assimilação genética, pode facilitar a evolução genética e, assim, promover as origens dos novos traços e até mesmo de novas espécies (Ehrenreich & Pfennig, 2015, p. 1-2).

### **3.4 Teoria de Construção do Nicho**

Todos os organismos vivos influenciam o próprio ambiente, no que diz respeito tanto a fatores bióticos quanto abióticos. Na teoria de construção do nicho, tais influências são entendidas como modificações ambientais realizadas por organismos que engendram alterações de pressões de seleção de modo a influenciar a trajetória evolutiva de populações de seres vivos (Matthews *et al.*, 2014, p. 245).

Tradicionalmente entendida como um fenótipo estendido, a teoria de construção do nicho no contexto da Síntese Estendida passa não a negar a importância do fenótipo estendido, mas a ampliar o entendimento do processo construtivo do nicho por defender que o organismo influencia a própria evolução, principalmente por contribuir com a criação das condições da seleção.

Segundo Kevin N. Laland, Blake Matthews e Marcus W. Feldman (2016), a construção do nicho não é simplesmente uma fonte de mudança ambiental, mas é um dirigente da seleção uma vez que pode produzir novos resultados evolutivos. Os autores exemplificam a afirmação com o exemplo da construção de um ninho por uma ave parental: o organismo cria condições de seleção para o ninho que passa a ser defendido, conservado e cuidado. Ovos poderão ser depositados e há condições engendradas pelo organismo construtor que reverberam novas narrativas de seleção tanto para o organismo

que construiu quanto para os demais organismos que habitam o ninho.

Os organismos modificam condições ambientais de formas não-aleatórias, impondo, assim, um viés sistemático sobre as pressões seletivas engendradas. Por conseguinte, a complementaridade organismo-ambiente pode ser aprimorada não só pela seleção natural, mas também pela construção do nicho devido às modificações ambientais realizadas pelos organismos para o atendimento das próprias necessidades (Laland *et al.*, 2015, p. 4). Sendo assim, a evolução mediada por construção de nicho pode levar a uma adaptação mais rápida do que a evolução por seleção de condições ambientais não previamente modificadas (Laland, Matthews & Feldman, 2016, p. 195).

A domesticação de plantas e animais pelo homem pode ser interpretada como um modelo que exemplifica muito adequadamente a teoria da construção do nicho. As paisagens modificadas pela queima, terraplanagem e aragem para melhoria do rendimento das plantações continuam a moldar o ambiente seletivo das populações descendentes, evocando respostas adaptativas, porque promovem às plantas maior sucesso nesses ambientes (Zeder, 2016, p. 332). Ao mesmo tempo, o ambiente está previamente mais adequado para as próximas gerações humanas. Os conhecimentos humanos sobre domesticação são ensinados aos descendentes e, segundo Melinda A. Zeder (*Ibid.*), a transmissão cultural de comportamentos adquiridos desempenha um papel central na transmissão de herança ecológica que impulsiona a trajetória evolutiva dos seres humanos.

As consequências das modificações ambientais (tanto em fatores bióticos como abióticos) reverberam sobre a descendência dos próprios humanos, mas também sobre a descendência de espécies de plantas e outros animais. Serão constantemente escolhidos animais dóceis e produtivos, mas que fora de ambientes antropogênicos sofreriam com vulnerabilidade à predação e na competição por parceiros. As plantas são escolhidas segundo a produtividade correspondente à resposta plástica para as modificações do solo, mas que, distante de locais artificialmente tratados, poderiam não ser devidamente estimuladas ambientalmente e estariam em desvantagem competitiva com outros indivíduos. Sendo assim, pode-se dizer que a

construção do nicho humano estende consequências evolutivas para muitas espécies, mas principalmente para a própria espécie humana. As modificações ambientais que humanos realizaram certamente foram as causas de diversos “desvios” de trajetórias seletivas para o homem e para outras espécies.

### **3.5 Biologia Evolutiva do Desenvolvimento**

As restrições fenotípicas impostas pelo desenvolvimento comumente remetem à interpretação tradicional sobre a Evo-Devo. Tal perspectiva emprega as restrições do desenvolvimento para explicar a semelhança entre seres vivos e as imperfeições adaptativas das populações (Laland *et al.*, 2015, p. 5).

Sabe-se que restrições de caráter ontogenético impedem que determinadas novidades morfológicas ou funcionais sejam concebíveis. Assim, não podemos avaliar se haverá adaptação máxima, pois, o rol de organismos presentes em um ambiente não apresenta todas as variações possíveis.

Paul M. Brakefield (2006) destaca que o viés do desenvolvimento pode influenciar o ritmo e a direção da evolução e, portanto, tornar-se refletido nos padrões de biodiversidade. As restrições e padrões ontogenéticos incidem sobre a variação fenotípica, pois limitam e direcionam a morfologia dos organismos. Para o autor, pesquisas que integram as restrições e os padrões de desenvolvimento com processos seletivos são necessárias para investigar se uma distribuição morfológica em questão foi determinada por seleção natural ou por padrões ontogenéticos, ou por ambos.

Assim, mais do que explicar as restrições, na Síntese Estendida, a biologia evolutiva do desenvolvimento é entendida como fonte de vieses de variação fenotípica, direcionando a evolução, o que posiciona o desenvolvimento como um importante fator de origem de evolução e explicação de mecanismos, tendências e direções da diversificação das formas (Laland *et al.*, 2015, p. 5).

## **4 ALGUMAS RUPTURAS**

Ao estabelecer uma articulação entre a Teoria Sintética e o quadro conceitual contemporâneo da biologia evolutiva, a abordagem teórica da Síntese Estendida suscita rupturas pontuais com questões

defendidas pela Teoria Sintética: (a) gradualismo, (b) microevolução e (c) seleção natural como fator causal de adaptações.

O aprofundamento teórico acerca da seleção natural, Evo-Devo, plasticidade fenotípica e construção do nicho relaciona os conceitos antigos e atuais por meio de articulações epistemológicas. Porém, especificamente sobre os três aspectos pontuais citados no parágrafo anterior, há um embate – de origem epistemológica e empírica – entre o núcleo fulcral da Teoria Sintética e a Síntese Estendida. Os conteúdos provenientes dos estudos da biologia evolutiva do desenvolvimento, da plasticidade fenotípica, da construção do nicho e da herança inclusiva são incompatíveis com as premissas do gradualismo, da microevolução e da adaptação entendida necessariamente como subproduto da seleção natural. Não porque tais fatores deixaram de ser considerados pela Síntese Estendida mas porque a Teoria Sintética defende a exclusividade de tais possibilidades evolutivas.

O gradualismo é a defesa de que transições fenotípicas acontecem em pequenos passos. A microevolução ocorre pelo acúmulo gradual de diferenças genéticas, originando diferenças entre as linhagens de organismos. A macroevolução, que resulta em novos táxons acima do nível de espécie ocorreria, segundo a Teoria Sintética, pelos mesmos processos atuantes na microevolução. Dessa forma, a macroevolução foi definida como a microevolução desenrolada e acumulada em longos períodos de tempo (Ridley, 2006).

Gradualismo e microevolução como meios exclusivos pelos quais os caminhos evolutivos ocorrem não são asserções coerentes dentro da Síntese Estendida, uma vez que são contemplados mecanismos que compreendem taxas variáveis de mudança. Os saltos podem ocorrer, por exemplo, porque mutações em genes que têm grande controle na regulação gênica podem resultar em efeitos significativos. A biologia evolutiva do desenvolvimento rompe com o gradualismo estrito para explicar inovações morfológicas que acontecem em curtos períodos de tempo. Vale ressaltar que a aquisição de novos genes provenientes de transferência horizontal também podem proporcionar saltos evolutivos. Assim, uma nova estrutura pode ser originada por apenas uma mudança radical.

Outra ruptura importante é a perda da exclusividade da seleção natural na explicação da complementaridade organismo-ambiente, ou seja, na explicação de adaptações. No panorama atual, a seleção natural pode atuar em tais narrativas evolutivas com o viés do desenvolvimento, como consta na discussão acima.

## **5 CONCEPÇÕES DE GRADUANDOS DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS SOBRE O PROCESSO EVOLUTIVO**

O estudo teórico parcimonioso sobre as questões evolutivas contemporâneas suscitou a construção de uma pesquisa cujo objetivo fora identificar concepções sobre questões evolutivas de alunos de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas que já haviam cursado a disciplina de evolução. Os dados obtidos e analisados por meio desta pesquisa serão brevemente discutidos aqui para que possamos enxergar implicações futuras desse quadro teórico contemporâneo no âmbito didático-pedagógico.

A pesquisa teve um questionário como instrumento de coleta de dados e uma das questões solicitava que os alunos concordassem ou não e justificassem o porquê da seguinte frase<sup>1</sup>: “A seleção natural funciona como mera peneira que deixa passar ou não, sem ter o papel criador que lhe atribui a teoria sintética”. Do total de participantes (44 alunos) 29 deles argumentam que a seleção natural não tem um papel criador na evolução. Um aluno mencionou a mutação como um mecanismo capaz de dar origem a inovações evolutivas. Porém, três alunos afirmaram que a seleção natural tem, sim, papel criador, como pode ser constatado no trecho: “Discordo, porque na teoria sintética tudo era explicado pela seleção natural”.

Os demais alunos apenas responderam “sim” ou “não”, mas não justificaram suas respostas. Em outras perguntas do questionário, objetivamos investigar se os alunos conheciam os mecanismos evolutivos estudados pela Evo-Devo. Por exemplo, se os alunos fariam referência aos genes *Hox* ou, de forma menos específica, ao sincronismo espaço temporal da operação gênica durante a

---

<sup>1</sup> Para conhecer mais sobre o questionário ver Ceschim, Oliveira e Caldeira, 2014.

ontogenia. Para tanto, elaboramos uma questão sobre o reaproveitamento de sequências gênicas ao longo de gerações. Em outras perguntas do questionário, as restrições impostas pelo processo embriológico foram implicitamente evocadas para investigar se os alunos compreendiam a interferência das restrições embriológicas sobre a evolução. O resultado foi o mesmo da pergunta sobre reaproveitamento de sequências gênicas: os alunos não se referiram a tais processos.

Uma última questão tratava dos genes *Hox*, das restrições embriológicas e de seleção natural de forma concomitante. Era a questão de maior complexidade do questionário, a partir da qual pretendíamos investigar se os alunos relacionavam vários processos evolutivos para interpretar um mesmo fenômeno. Nenhum aluno elaborou uma resposta cuja articulação entre os conceitos fora apresentada ou integrada. Por meio da análise das respostas dos alunos foi possível perceber que não há menção a termos ou processos pertencentes aos pressupostos da Evo-Devo e as argumentações ficam restritas a ideias relacionadas à seleção natural e mutação. Essa constatação sugere que o quadro teórico contemporâneo evolutivo representado pela Síntese Estendida provavelmente ainda não fora incluído nos conteúdos abordados na graduação.

## 6 DISCUSSÃO

É notório que a transposição dos conteúdos engendrados pelas pesquisas teóricas e empíricas não atingem os materiais didáticos e as salas de aula dos cursos de formação de pesquisadores e professores rapidamente. No entanto, esse “atraso” na transposição dos novos conhecimentos não deveria determinar e orientar as abordagens dos professores ou a sistematização das ementas de disciplinas nas universidades. O quadro teórico evolutivo tem sido reinterpretado há anos e – fomentado tanto por novas metodologias de pesquisa empírica quanto pelo aprofundamento epistemológico e filosófico da pesquisa teórica que resultaram em objeções candentes em favor de uma ideia mais pluralista para explicação dos processos evolutivos – precisa ser estudado e incorporado aos conteúdos já consolidados pela Teoria Sintética.

Os professores e pesquisadores formados a partir de uma perspectiva conceitual estagnada ou associada a um recorte de uma determinada época – o que tangencia uma ideia equivocada de natureza estática dos conceitos científicos – acabam por mobilizar em suas práticas de trabalho, seja na docência ou na pesquisa, elementos provenientes de um só contexto. Nesse caso específico, o contexto é o da Teoria Sintética, que tem representado – segundo o que defendemos acima – um arcabouço teórico que necessita de ampliações e reinterpretções.

Um biólogo que compreende a evolução apenas de acordo com esse viés, ao se deparar por exemplo com o excêntrico caso de transgenia natural da alga *Vaucheria litoorea* e o molusco *Ehysia chlorotica* estudado em 2008, encontraria grandes dificuldades para elaborar explicações por meio de pressupostos da Teoria Sintética. O molusco citado se alimenta da alga, mas, além disso, sequestra cloroplastos para o epitélio digestivo, onde passa a realizar fotossíntese. Um organismo consumidor, um legítimo heterótrofo, passa a ser fotossintetizante. Por meio de investigações no genoma do animal, foi encontrado um gene necessário para a fotossíntese, transportado por transferência gênica horizontal da *V. litoorea* para a *E. chlorotica* (Salzano, 2012, p. 121). Como explicar tais modificações no molusco por processos de mutação aleatória e pressões seletivas? Sem considerar a transferência gênica não é possível interpretar esse exemplo.

O fato de a seleção natural não explicar tudo que vemos no mundo natural não diminui, de modo algum, sua importância. [...] em vez de apenas assumirmos que a seleção natural atuou para preservar ou eliminar certa característica, podemos testar uma diversidade de explicações possíveis e, assim, conseguir um conhecimento mais confiável acerca do processo evolutivo em questão. (Sepúlveda, Meyer e El-Hani, 2011, p. 189)

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo representa o início de discussões epistemológicas debruçadas na tentativa de uma articulação entre a Teoria Sintética e a Síntese Estendida. Esperamos que essas discussões possam, futuramente, contribuir para pesquisas de caráter didático-pedagógica

cujo objetivo seja uma inserção efetiva desse conteúdo nos cursos de Ciências Biológicas.

A discussão contempla questões teóricas contemporâneas acerca do conhecimento biológico que, muitas vezes, não atingem os espaços de formação de professores e pesquisadores em Ciências Biológicas. O estudo da epistemologia da biologia evolutiva permite uma releitura dos pressupostos evolutivos já consolidados pelo Darwinismo e pela Teoria Sintética, que embora sejam entendidos como eixos fulcrais para abordagem evolutiva nos cursos de formação inicial, devem incorporar interpelações que sugerem uma abordagem pluralista e integrada dos elementos que participam dos percursos evolutivos. Trata-se de repensar as explicações causais da evolução, a partir das quais a seleção natural permanece como resoluta em algumas intercorrências evolutivas e na manutenção da diversidade orgânica, mas atua em sincronismo com outros fatores: plasticidade fenotípica, viés do desenvolvimento, influência de fatores abióticos (geogenômica), construção do nicho e herança não restrita à dimensão genética.

A incorporação desses compêndios teóricos às explicações evolutivas não caracteriza uma ideia ou concepção anacrônica da ciência, uma vez que defendemos um sincronismo entre passado e presente, a partir de um trânsito epistêmico entre diferentes contextos filosóficos e históricos da biologia evolutiva e a possibilidade de inserção desse trânsito na própria natureza da biologia, concebida a partir da integração e abordagem sistêmica dos conceitos constituintes dessa ciência. Trata-se de um exercício epistêmico a partir do qual os contextos de produção do conhecimento científico evidenciam aproximações heurísticas sobre o processo evolutivo ao mesmo tempo em que revelam as nuances e entraves da construção e edificação de teorias científicas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAKER, Paul A.; FRITZ, Sherilyn C.; DICK, Christopher, W.; ANDREW J. Eckert; HORTON, Brian K.; MANZONI, Stefano; RIBAS, Camila C.; GARZIONE, Carmala N.; BATTISTI, David S. The emerging field of geogenomics: constraining geological problems with genetic data. *Earth-Science Reviews*, **135**: 38-47, 2014.

- BITTENCOURT-DOS-SANTOS, Wellington; EL-HANI, Charbel Niño. A abordagem do pluralismo de processos e da Evo-Devo em livros didáticos de Biologia Evolutiva e Zoologia de Vertebrados. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, **15** (3): 199-216, 2013.
- BOTO, Luis. Horizontal gene transfer in evolution: facts and challenges. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, **277** (1683): 819-827, 2010.
- BRAKEFIELD, Paul M. Evo-devo and constraints on selection. *Trends in Ecology & Evolution*, **21** (7): 362-368, 2006.
- CARROLL, Sean B., *Infinitas formas de grande beleza: como a evolução forjou a quantidade de criaturas que habitam o planeta*. Trad. Diego Alfaro. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2006.
- CESCHIM, Beatriz; OLIVEIRA, Thais Benetti de; CALDEIRA, Ana Maria de Andrade. Evo-Devo e o ensino de evolução: uma análise de conteúdo acerca dessa relação em alunos de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. *Encontro de História e Filosofia da Biologia 2014*. Ribeirão Preto, 2014. Pp. 211-214, *in: Caderno de Resumos*. Ribeirão Preto: ABFHIB, 2014.
- EHRENREICH, Ian M.; PFENNIG, David W. Genetic assimilation: a review of its potential proximate causes and evolutionary consequences. *Annals of botany*, **130**: 1-11, 2015.
- FRANCIS, Richard. *Epigenética: como a ciência está revolucionando o que sabemos sobre hereditariedade*. Trad. Ivan Weisz Kuck, Rio de Janeiro: Zahar, 2015.
- FUTUYMA, Douglas Joel. *Biologia Evolutiva*. 3. ed. Trad. Claudio Angelo. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 2009.
- GELLON, Gabriel; MCGINNIS, William. Shaping animal body plans in development and evolution by modulation of Hox expression patterns. *BioEssays*, **20** (2): 116-125, 1998.
- GILBERT, Scott F.; EPEL, David. *Ecological developmental biology: integrating epigenetics, medicine, and evolution*. Massachusetts: Sinauer Associates, 2009.
- GILBERT, Scott F.; BOSCH, Thomas C. G.; LEDÓN-RETTIG, Cristina. Eco-Evo-Devo: developmental symbiosis and developmental plasticity as evolutionary agents. *Nature Reviews Genetics*, **16** (10): 611-622, 2015.

- JARVELA, Alys M. Cheatle; PICK, Leslie. Evo-Devo: Discovery of Diverse Mechanisms Regulating Development. *Current Topics in Developmental Biology*, **117**: 253-274, 2016.
- LOFEU, Leandro; KOHLSDORF, Tiana. Mais que seleção. *Genética na Escola*, **10** (1): 11-19, 2015.
- LALAND, Kevin N.; ULLER, Tobias; FELDMAN, Marcus W.; STERELNY, Kim; MÜLLER, Gerd B.; MOCZEK, Armin; JABLONKA, Eva; ODLING-SMEE, John. The extended evolutionary synthesis: its structure, assumptions and predictions. *Proceedings of the Royal Society of London B*, **282** (1813): 2-14, 2015.
- LALAND, Kevin; MATTHEWS, Blake; FELDMAN, Marcus W. An introduction to niche construction theory. *Evolutionary Ecology*, **30** (2): 191-202, 2016.
- MATTHEWS, Blake; MEESTER, Luc de; JONES, Clive G.; IBELINGS, Bas W.; BOUMA Tjeerd J.; NUUTINEN Visa; KOPPEL Johan Van de, ODLING-SMEE, John. Under niche construction: an operational bridge between ecology, evolution, and ecosystem science. *Ecological Monographs*, **84** (2): 245-263, 2014.
- MOCZEK, Armin P. The nature of nurture and the future of evo-devo: toward a theory of developmental evolution. *Integrative and Comparative Biology*, **52** (1): 108-119, 2012.
- MÜLLER, Gerd B. Evo-devo: extending the evolutionary synthesis. *Nature Reviews Genetics*, **8**: 943-949, 2007.
- PIGLIUCCI, Massimo; MURREN, Courtney J.; SCHLICHTING, Carl D. Phenotypic plasticity and evolution by genetic assimilation. *Journal of Experimental Biology*, **209** (12): 2362-2367, 2006.
- REECE, Jane B.; URRY, Lisa B.; CAIN, Michael L.; WASSERMAN, Steven A. ; MINORSKY, Peter V.; JACKSON, Robert B. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Trad. Anne D. Villela. Porto Alegre: Artmed, 2015.
- RIDLEY, Mark. *Evolução*. 3. ed. Trad. Henrique Ferreira, Luciane Passaglia e Rivo Fiescher. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- SALZANO, Francisco M. *Genômica e evolução: moléculas, organismos e sociedades*. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

- SEPÚLVEDA, Cláudia; MEYER, Diogo; EL-HANI, Charbel Niño. Adaptacionismo. Pp. 162-193, *in*: ABRANTES, Paulo C. (org.). *Filosofia da Biologia*. Porto Alegre: Artmed, 2011.
- SKINNER, Michael K. Environmental epigenetics and a unified theory of the molecular aspects of evolution: a neo-Lamarckian concept that facilitates neo-Darwinian evolution. *Genome biology and evolution*, **7** (5): 1296-1302, 2015.
- SHARON, Gil; SEGAL, Daniel; RINGO, John M.; HEFETZ, Abraham, ZILBER-ROSENBERG, Ilana; ROSENBERG, Eugene. Commensal bacteria play a role in mating preference of *Drosophila melanogaster*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **107** (46): 20051-20056, 2010.
- TSUCHIDA, Tsutomu; KOGA, Ryuichi; HORIKAWA, Mitsuyo; TSUNODA, Tetsuto; MAOKA, Takashi; MATSUMOTO, Shogo; SIMON, Jean-Christophe; FUKATSU, Takema. Symbiotic bacterium modifies aphid body color. *Science*, **330** (6007): 1102-1104, 2010.
- UNGERER, Mark C.; JOHNSON, Loretta C.; HERMAN, Michael A. Ecological genomics: understanding gene and genome function in the natural environment. *Heredity*, **100** (2): 178-183, 2008.
- WAPLES, Robin S. How Plasticity and Evolution Work in the Real World. *Journal of Heredity*, **107** (1): 1-2, 2016.
- ZEDER, Melinda A. Domestication as a model system for niche construction theory. *Evolutionary Ecology*, **30** (2): 325-348, 2016.

**Data de submissão:** 09/04/2015

**Aprovado para publicação:** 17/09/2015



# Charles Darwin y la estimación del tiempo geológico

---

Carlos Pérez-Malvárez \*

Antonio Alfredo Bueno-Hernández #

Rosaura Ruiz Gutiérrez †

---

**Resumen:** La estimación del tiempo geológico o podríamos decir la edad de la Tierra fue una búsqueda que continuaba en la época de Charles Darwin (1809-1882), quien propuso una estimación que apareció en la primera edición de *Origen de las especies*, la cual tuvo que ser omitida en ediciones posteriores por la polémica que provocó en particular en físicos como William Thompson (1824-1907), quien consideraba una estimación del tiempo más corta. Una tiempo más extenso favorecía una evolución de las especies gradual, esto es, daba el tiempo necesario para que las especies se transformaran una en otra. Esta discusión continuó al menos hasta mediados del siglo XX a raíz del descubrimiento de la radioactividad y su aplicación en geología para estimar la edad de la Tierra. Este trabajo pretende describir las ideas previas sobre la edad de la Tierra y discutir como Darwin presentaba una escala de tiempo amplia.

**Palabras-clave:** Historia de la Geología; tiempo geológico; uniformitarismo; Darwin, Charles

---

\* Museo de Zoología, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. Batalla 5 de mayo s/n Col. Ejército de Oriente. Del. Iztapalapa, C.P. 09230, México, D.F. E-mail: malvaez@unam.mx.

# Museo de Zoología, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. Batalla 5 de mayo s/n Col. Ejército de Oriente. Del. Iztapalapa, C.P. 09230, México, D.F. E-mail: abueno@unam.mx

† Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Batalla 5 de mayo s/n Col. Ejército de Oriente. Del. Iztapalapa, C.P. 09230, México, D.F. E-mail: rosaura@unam.mx

## Charles Darwin and the estimation of geological time

**Abstract:** The estimation of geological time or we could tell the age of the Earth was a search that continued in the time of Charles Darwin (1809-1882), who proposed an estimate that appeared in the first edition of *Origin of species*, which had to be omitted in later editions particularly due to the controversy with the physicist William Thompson (1824-1907), who estimated a shorter time. A longer time favored a gradual evolution of species, given the time required for a species turned into another. This discussion continued at least until mid-twentieth century following the discovery of radioactivity and its application in geology to estimate the age of the Earth. This article aims to describe the previous ideas about the age of the Earth and discuss how Darwin had a wide time scale.

**Key-words:** History of geology; geological time; uniformitarianism; Darwin, Charles

## 1 INTRODUCCIÓN

El proceso darwiniano de evolución implica que transcurra un lapso considerable de tiempo para que ocurran las transformaciones. Conviene traer a colación la inmensidad de los tiempos geológicos. El gran obrero de la naturaleza es el tiempo, según Buffon (Buffon, 1749; *apud*, Olivier, 1977, p. 24).

Darwin señala en *El Origen*, capítulo VI, intitulado “Dificultades de la teoría”: “[...] el proceso de selección natural es siempre lentísimo [...]” (Darwin [1872], 2009, p. 335); en el capítulo VII, intitulado “Objeciones diversas a la teoría de la selección natural”, Darwin dice: “[...] Es casi indudable que muchas especies se han desarrollado de un modo sumamente gradual [...]” (Darwin [1872], 2009, p. 394); y más adelante en el capítulo X, “De la imperfección de los datos geológicos”, Darwin plantea: “[...] debió ser preciso un tiempo enorme para adaptar un organismo o algún modo nuevo y peculiar de vida [...]” (Darwin [1872], 2009, p. 522).

Queda suficientemente claro que Darwin concebía un proceso de transmutación gradual y lento, que implicaba una escala enorme de cientos de millones de años. Algunos de los seguidores de Darwin trataron de argumentar que la selección podía actuar más rápido de lo que él suponía, por ejemplo Huxley. Del mismo modo, William Thomson, conocido por su título de Lord Kelvin (1824-1907) estimó, en 1862 y en 1871, respectivamente, que el enfriamiento de la Tierra

era de 20 a 400 millones de años y de menos de 100 millones de años (Dalrymple, 1991, pp. 14-15).

Este trabajo pretende describir las ideas de la época sobre la edad de la Tierra y discutir como Darwin presentaba una escala de tiempo amplia, de cientos de millones de años, que estaba más acorde con sus ideas sobre la evolución gradual de las especies y como rehusó abandonar su posición e insistía en que algo estaba mal en los cálculos del físico Lord Kelvin.

## 2 LAS IDEAS SOBRE EL TIEMPO

De acuerdo con Surendra Pal (1973, p. 161) elaborados sistemas cronológicos del mundo fueron realizados por los sabios de la Antigüedad con bases más o menos refinadas. Quizá uno de los más interesantes es el sistema creado por la filosofía hindú, que estimó la edad de nuestro mundo en 1.800 millones de años. Para Candido Manuel García-Cruz (1999, p. 95) una de las concepciones del tiempo más interesante es la de la tradición veda. Para los *Vedas*, el tiempo es cíclico y por lo tanto eterno. Representa el ritmo cósmico de destrucción-reconstrucción del universo y está además íntimamente relacionado con las divinidades. La difusión de estas tradiciones cosmológicas hindúes en la cultura grecolatina se hace evidente en Heráclito que hizo referencia a la existencia de un gran año de 10.800 años. En occidente, en cambio, con el advenimiento del cristianismo se estableció una limitación temporal de acuerdo con dogmas teológicos.

En el pensamiento medieval, la Tierra ocupaba un espacio estrechamente circunscrito en un tiempo también circunscrito. Los cristianos verán su Tierra como un objeto totalmente inmóvil situado en el centro del universo. Sin embargo, en los comienzos del siglo XVII Johannes Kepler (1571-1630) y Galileo Galilei (1564-1642) defendieron el sistema heliocéntrico representado antes por Nicolás Copérnico (1473-1543) y desecharon la antigua idea de un gran espacio limitado que rodeaba a una Tierra en movimiento. Sin embargo, el concepto del tiempo es un asunto más difícil, como afirma Don Eicher (1973, p. 4). En general los eruditos cristianos de la época suponían que la edad de la Tierra era aproximadamente de

6.000 años, valor basado en la cronología que se hacía a partir de la aceptación literal de las genealogías de las antiguas escrituras hebreas.

San Agustín (353-430) aceptaba una fecha de 5.000 años antes de Cristo para la creación del universo con base en el libro del Génesis y también su concepto del tiempo no tenía significado antes del comienzo del universo. Cuando a San Agustín se le preguntó ¿qué hacía Dios antes de que se creara el universo? No respondió, pues decía que se estaba preparando el infierno para aquellos que preguntaran tales cuestiones. En su lugar, dijo que el tiempo era una propiedad del universo que Dios había creado junto con él y que no existía con anterioridad al principio del universo (Hawking, 1988, pp. 25-16).

San Agustín en su obra *La Ciudad de Dios*, libro duodécimo, capítulo XI, “De la falsedad de la historia”, que atribuye muchos miles de años a los tiempos pasados, escribió:

Algunos mentirosos escritos los cuales dicen que en la historia de los tiempos se contienen muchos millares de años siendo así que de la Sagrada Escritura consta no haber transcurrido desde la creación del mundo hasta la actualidad más que seis mil años cumplidos. (San Agustín [426], 2011, p. 326)

San Isidoro de Sevilla (560-636) en su obra *Etimologías*, al tratar de la división de los tiempos establece una cronología detallada, relacionando datos bíblicos e históricos, cuyas principales fechas son las siguientes: desde Adán hasta el diluvio transcurrieron 2.242 años; desde el diluvio hasta el nacimiento de Abraham, 942; desde Abraham al nacimiento de Jesucristo 2.026. En resumen, la creación habría tenido lugar 5.210 años antes de Cristo (Templado, 1982, p. 7).

Entre 1350 y 1660, se creía que el mundo era muy, muy viejo, ya que había envejecido muy rápido, pues su creación sólo era de unos miles de años. La prueba de este envejecimiento prematuro residía en los muchos signos de decrepitud que atestiguaba la historia y una primera señal fue la plaga que se extendió por Europa a mediados del siglo catorce (Gohau, p. 50).

La tradición dominante en el occidente cristiano, derivada de la herencia judeocristiana, afirmaba que la Tierra había sido creada de la nada (*ex nihilo*) por mandato divino, lo que suponía que su edad era, en términos generales, reciente. Tan reciente como lo que se podría

deducir de lo escrito en la Biblia, tarea ésta en la que, aparte de lo computado por Alfonso X, el Sabio (1221-1284), en su *Historia General*, se afanaron diversos clérigos e historiadores británicos del siglo XVII, llegando a la conclusión de que la edad de la Tierra oscilaba, según los correspondientes resultados entre 3.928 y 5.199 años (Calvo, 2011, pp. xv-xvi).

Estas expresiones, tuvieron un impulso en el siglo XVII con James Ussher (1581-1656), obispo inglés especializado en cronología bíblica, el cual realizó su famoso cálculo sobre la fecha de la creación, donde el Infierno y la Tierra fueron creados la noche del domingo 23 de octubre del año 4004 antes de Jesucristo. Sin embargo, Gould (1994b, pp. 170-173) aclara que Ussher situó la fecha de la creación en el año 4004 a. C., del día 23 de octubre pero a mediodía<sup>1</sup>. Vallejo (2012, p. 87) señala que los romanos contaban los años a partir de la fundación de Roma. En el siglo VI, el monje Dionisio el Exiguo propuso reemplazar la cronología romana por una cristiana, la actual de Occidente: contamos los años antes y después de Cristo, no antes y después de la fundación de Roma. Solo que Dionisio hizo coincidir el año 1 de la nueva era con el 754 romano sin tener en cuenta que los Evangelios de Mateo y Lucas dicen que Cristo nació bajo el reinado de Herodes, quien según la cronología romana murió en el año 750 o sea en el año 4 antes de Cristo.

Ussher publicó en 1650, la obra que se convertiría en el germen de su infamia actual: *Annales veteris testamenti, a prima mundi origine deducti* (Anales del Antiguo Testamento, deducidos del Primer Origen del Mundo). En las biblias inglesas, la cronología de Ussher llegó a adquirir una categoría casi canónica o sagrada, sin embargo, hay que reconocer que fue un representante de una tendencia del pensamiento de su época que trabajaba en el marco de una importante tradición de investigación. Esta escuela de pensamiento que atribuía a la Tierra una historia tan corta, era congruente con teorías catastrofistas que postulaban grandes cambios en la superficie de la Tierra a

---

<sup>1</sup> No puede haber días sin alternancia de luz y oscuridad, de forma que Ussher inició su cronología con la creación de la luz, que situó, por razones no explicadas, a mediodía. Ussher escribió: “In ipse primi diei medio creata est lux” (En el medio del primer día fue creada la luz) (Gould, 1994b, p. 180).

consecuencia de fenómenos naturales como el diluvio. Hasta que no se realizó un estudio correcto de la edad de la Tierra, no se pudieron interpretar los cambios geológicos como el resultado de una lenta y constante evolución (Gribbin, 1986, p. 43).

Entre los aspectos defendidos por la Iglesia en éstos periodos estaban los siguientes: 1) El lugar que ocupaba la Tierra en el universo; 2) El tiempo a partir del cual se crearon las cosas y 3) El lugar que ocupaba el hombre en la creación.

### **3 LA EDAD DE LA TIERRA Y LA PALEONTOLOGIA**

Georges-Louis Leclerc, Conde de Buffon (1707-1788), presentó una estimación sobre la edad de la Tierra que rompía con la cronología bíblica y se basaba en un cálculo del tiempo a partir de la liberación del calor interno de la Tierra. Buffon fue uno de los pioneros de la geocronología. En 1788 propuso una evaluación de la edad de la Tierra, estimándola en 75.000 años. Obtuvo esta cifra suponiendo que la Tierra empezó siendo materia fundida y calculando el tiempo necesario para su enfriamiento. Para determinar los coeficientes físicos que necesitaba, había llevado a cabo un cierto número de experimentos con bolas de distintas sustancias metálicas y minerales. En el siglo XVIII, la datación propuesta por Buffon impresionó, pero, para él, su propia estimación era baja. Se sabe por manuscritos que había llegado a obtener una evaluación de unos tres millones de años, pero nunca publicó esa medida, pues probablemente temía que sus contemporáneos fueran incapaces de concebir una antigüedad tan prodigiosa (Hallam, 1988, p. 1097).

Estas estimaciones, sin embargo, no ejercieron tanta influencia sobre los geólogos como las ideas que se estaban desarrollando en otras disciplinas geológicas: la paleontología y la estratigrafía. Estas ciencias contaban hacia fines del siglo XVIII con grandes exponentes: Georges Cuvier (1769-1832) y William Smith (1769-1839).

Las sucesiones de vida que aparecían registradas en los estratos fosilíferos requerían del transcurso de tiempos muy largos para poder ser explicadas. Aun así, la interpretación literal de la Biblia no dejaba de ejercer su influencia y para Cuvier, el diluvio narrado era un acontecimiento de alcance global, de manera que para acomodar sus observaciones a ese dato era necesario extender hacia atrás el tiempo

antediluviano (Espíndola, 1989, p. 17). Como comentario al alcance global del diluvio, que si se suponen intensas lluvias que cayeran sobre todas las áreas del mundo al mismo tiempo, habría grandes dificultades mecánicas para tratar de sumergir una parte importante del suelo y luego para que se escurriera (Vitaliano, 1986, p. 133). Además, lo mejor que se puede hacer para lograr un diluvio debido a lluvias simultáneas muy fuertes y en todo el mundo, sería el desbordamiento de muchos grandes ríos al mismo tiempo. En ese sentido, es imposible entonces que se produzca un verdadero diluvio universal a través de un proceso geológico normal.

El problema histórico de la geología era cómo explicar la evolución de la Tierra. En los años de 1790, William Smith (1769-1839) un ingeniero de drenajes inglés, propuso que la sucesión histórica de los estratos podía ser fechada exactamente por sus fósiles característicos. Así, las operaciones subterráneas de la revolución industrial contribuyeron inesperadamente al desarrollo de la geología (Hobsbawn, 1985, p. 509). William Smith, fue un impulsor de la geología inglesa. Se encargó de reunir observaciones detalladas que le permitieron establecer los principios fundamentales de la estratigrafía (Read, 1949, p. 25).

Los trabajos de William Smith sobre caminos, canteras, minas y canales, le hicieron conocer a fondo gran parte del campo de Inglaterra. Durante sus viajes, Smith reconoció y señaló numerosas unidades rocosas sedimentarias y pronto se dio cuenta de que cada unidad sucesiva contenía su propio diagnóstico de fósiles, por medio del cual podía distinguirse de otras unidades de diferentes edades. Este era el único método seguro de identificación que podía establecerse para unidades diferentes de litología análoga. Este descubrimiento, de que los estratos pueden identificarse por medio de los fósiles que contienen, hizo surgir cuestiones concernientes a la vida antigua de difícil respuesta, pero la correlación entre localidades distintas parecía ahora factible. El camino estaba preparado para conformar una clasificación estratigráfica basada en las relaciones de tiempo de los estratos, más que en los tipos de rocas (Eicher, 1973, p. 52).

El desarrollo de la paleontología tuvo como resultado el extender las estimaciones de la edad de la Tierra, pero varios geólogos

extrajeron conclusiones erróneas sobre dos aspectos que solo habrían de aclararse a través del tiempo. El primero de ellos fue que al observarse la compleja sucesión estratigráfica de formas vivientes extintas y al no comprenderse los enormes periodos de tiempo por los que ha transcurrido la vida en nuestro planeta, se invocaran diferentes catástrofes para explicar las extinciones masivas de especies vivientes que yacen en los diferentes sedimentos. El invocar sucesivas catástrofes para explicar el registro fósil fue conocido como *Catastrofismo*<sup>2</sup>.

A los episodios de desaparición y sustitución de faunas y floras sucesivas en el registro de estratos fósiles se les dio el nombre de revoluciones. El término fue introducido por Cuvier, el cual al observar que esos episodios correspondían a discontinuidades (huecos en los estratos debidos a la erosión), las explicó a partir de repentinas y violentas catástrofes (Newell, 1975, p. 4).

#### 4 EL UNIFORMITARISMO

A fines del siglo XVIII, James Hutton (1726-1797) puso en tela de juicio el pensamiento medieval respecto al concepto del tiempo. De acuerdo con Read (1949, p. 19), a Hutton se le considera como un importante contribuidor al desarrollo de la geología moderna. Sin embargo, para Hallam (1985, p. 30), no lo merece tanto por sus ideas sobre el plutonismo<sup>3</sup>, como por desafiar absolutamente la creencia, muy extendida entre sus contemporáneos, de que existiera una división tan fundamental entre el pasado y el presente, y porque presentó la idea de la inmensidad del tiempo<sup>4</sup>.

---

<sup>2</sup> William Whewell (1794-1866) profesor de Mineralogía en Cambridge y uno de los principales críticos contrarios a Lyell, fue quien introdujo los términos de catastrofismo y uniformitarismo (Hallam, 1985, p. 51).

<sup>3</sup> A la gran importancia que desempeñaba la acción del calor interno terrestre en la formación de las rocas se le conocía como plutonismo, del cual Hutton es su principal representante (Pelayo, 1991, p. 11).

<sup>4</sup> Hutton planteó “no encontramos vestigio de un origen” porque la Tierra ha pasado por tantos ciclos desde entonces que todas las trazas de un estado original se han desvanecido (James Hutton, 1795, *apud*, Gould, 1994a, p. 383).

Los trabajos de Hutton aparecieron en 1788 en el volumen primero de *Transactions of the Royal Society of Edimburgh* y se publicó una versión más extensa en dos volúmenes en 1795 con el título *The theory of the Earth*. Para Read (1949, p. 20), ninguna obra ha tenido un efecto tan revolucionario en el mundo del pensamiento y señala que en ese sentido la obra *The theory of the Earth* puede ocupar el mismo lugar en la biblioteca de un geólogo, que *El capital* de Marx en la de un economista, y añadiríamos que *El origen de las especies* en la de un biólogo.

Hutton consideraba que los procesos geológicos que cambian lentamente la faz de la Tierra en la actualidad son suficientes por sí solos, para explicar la antigua historia de la Tierra, tal y como ha quedado registrada en las rocas más accesibles de la corteza terrestre. Esta era su teoría denominada uniformitarismo<sup>5</sup>. El concepto huttoniano de la Tierra implicaba una escala de tiempo inmensamente grande: argumentó que no existían trazas del comienzo ni indicios del final de los tiempos geológicos. Su conclusión *el presente es la clave del pasado* y especialmente las implicaciones que la misma conlleva acerca de la edad de la Tierra fueron furiosamente atacadas por muchos teólogos y científicos (Both y Fitch, 1986, p. 23). Hasta comienzos del siglo XIX aún existían muchos naturalistas que creían que la Tierra era una máquina regenerativa y que mientras unas fuerzas se encargaban de destruir las montañas y continentes, otras estaban formando simultáneamente nuevas tierras, para empezar de nuevo el ciclo.

Para Eicher, la teoría de Hutton sobre la Tierra parece armonizar con la entonces creciente filosofía científica según la cual el universo es racional y todo en él se halla sujeto a una ley natural inalterable. Durante las postrimerías del siglo XVIII estuvo en su apogeo la *edad*

---

<sup>5</sup> El uniformitarismo en un primer sentido, era un uniformitarismo sustantivo, esto es, una teoría del cambio geológico. En un segundo sentido, es un uniformitarismo metodológico, un informe con apoyo científico, independiente de cualquier particular teoría sustantiva (Gould, 1965, p. 224).

*de la razón*. Sin embargo, las doctrinas catastrofistas evolucionaron con éxito mediante un compromiso entre la historia bíblica de la creación y las observaciones acumuladas de la ciencia. La doctrina prevaleciente en los tiempos de Hutton sostenía que todas las rocas son depósitos de un océano primitivo que en algún tiempo cubrió por entero a la Tierra (Eicher, 1973, p. 6).

Este esquema neptunista, catastrófico desde el punto de vista de la historia de la Tierra, tendió a ser aceptado porque el gran mar primitivo se parecía mucho al diluvio bíblico, teniendo así interés teológico y además era un punto de vista sostenido por uno de los maestros más persuasivos e influyentes de la Europa del siglo XVIII, Abraham Werner (1749-1817). Como resultado de esto, el punto de vista catastrófico se mantuvo por encima de la posición uniformitarista de Hutton por espacio de unas cuatro décadas.

Empleando la terminología de Kuhn (1982, p. 34), podríamos decir que el paradigma dominante Werneriano, referente al origen por precipitados químicos de rocas como el granito, se mantuvo por un tiempo sobre las ideas de Hutton. Sin embargo, una conclusión final de ésta polémica dio la razón a Hutton que postulaba el verdadero origen ígneo del granito. Así, el que denominaremos paradigma de Hutton fue el que predominó; pero no sólo en ese sentido, sino también desde la perspectiva del uniformitarismo, generando una revolución en el pensamiento desde el punto de vista geológico, puesto que rompía con una visión estática y teológica sobre la Tierra. El concepto de Hutton de un cambio gradual mediante causas físicas encontró en Charles Lyell (1797-1875) a su mejor defensor (Eicher, 1973, p. 8).

Lyell publicó entre 1830 y 1833 los tres volúmenes de sus *Principles of Geology*, que en cincuenta años se reeditó doce veces, once de ellas con correcciones y ampliaciones del propio Lyell. En 1838 publicó los *Elements of Geology*, dedicados sobre todo a la estratigrafía y a la paleontología. En vida de Lyell esta obra conoció seis ediciones. Estos éxitos editoriales muestran el enorme interés con que los naturalistas y el público en general seguían la actividad de los geólogos (Palerm, 1982, p. 79).

De acuerdo con Templado (1982, p. 51), para Lyell el estado actual que presenta la corteza terrestre no se debe a grandes

cataclismos, sino que en realidad es el resultado de una lenta evolución geológica. Lyell contribuye al desarrollo de la geología histórica moderna y reintroduce, con gran efecto, el concepto de tiempo ilimitado. La amplia influencia de Lyell preparó las bases de las grandes realizaciones del siglo XIX, entre las que se incluyen las de Charles Darwin, cuyas ideas sobre el desarrollo gradual de los seres vivos no hubieran florecido sin el armazón intelectual de un tiempo vasto (Eicher, 1973, p. 8).

Según Bowler, los historiadores modernos han invalidado el modelo excesivamente simple del desarrollo de la geología. Lejos de ser malos geólogos, los catastrofistas hicieron importantes aportaciones a nuestro conocimiento de la secuencia de los períodos geológicos que constituyen la historia de la Tierra. No tenían ningún interés en reducir la edad del planeta a unos miles de años y la mayoría de ellos no pretendían de ningún modo describir como última catástrofe el diluvio del Génesis. En el otro extremo, se sabe que Hutton y Lyell poseían sus propios valores culturales y religiosos, los cuales influyeron considerablemente en sus ideas científicas (Bowler & Morus, 2005, p. 104).

## **5 LAS IDEAS DE DARWIN CON RELACIÓN AL TIEMPO GEOLOGICO**

En su obra *El origen de las especies* publicada en 1859, Charles Darwin buscó mostrar la existencia de la evolución orgánica a naturalistas y a no naturalistas, y el pensamiento geológico, y en realidad todo el pensamiento científico de la época experimentó desde entonces un cambio radical. Se establece su idea sobre la gradualidad del proceso evolutivo y la inmensidad del tiempo geológico.

En el capítulo IX, “De la imperfección de los registros geológicos”, señala:

Puede hacerse la objeción de que no ha podido transcurrir el tiempo suficiente para un cambio orgánico tan grande si todos los cambios se han efectuado muy lentamente a través de la selección natural. Apenas me es posible recordar al lector que no sea un geólogo prác-

tico los hechos que forjan en la mente una débil idea del lapso del tiempo. Quien pueda leer la gran obra de Sir Charles Lyell sobre los Principios de Geología, que el futuro historiador reconocerá que ha producido una revolución en las ciencias naturales, quizá no admita lo incomprensible vastos que han sido los periodos del tiempo pasado, puede cerrar este volumen. (Darwin [1859], 1985, p. 293)

En este apartado Darwin señala la importancia de una obra como la de Charles Lyell, la cual ha producido una revolución en las ciencias naturales, además de resaltar los enormes periodos de tiempo transcurrido.

Más adelante en el capítulo IX, “De la imperfección de los registros geológicos”, señala:

Debe admitirse que la denudación del Weald ha sido pequeña, en comparación con la masa removida de los estratos paleozoicos, en partes de 10 cientos de pulgadas de espesor [...] es admirable la posición en el North Downs y ver a la distancia South Downs [...] la distancia desde el norte al sur del Downs es de alrededor de 22 millas y el espesor de varias formaciones es en promedio de 1100 pies [...] si como algunos geólogos suponen, una serie de rocas antiguas sustenta el Weald, los flancos que se extienden sobre los depósitos sedimentarios pueden haber acumulado masas delgadas de otra parte, y la anterior estimación puede ser errónea [...] bajo condiciones normales, concluyo que para un escarpe de 500 pies de alto, una denudación de una pulgada por siglo para una amplia extensión será suficiente [...]. En esta proporción, la denudación del Weald debe tener que requerir 306.662.400 años; es decir trescientos millones de años. Así que con toda probabilidad un largo periodo de trescientos millones de años ha transcurrido desde el último periodo secundario [...] es muy importante obtener alguna noción aunque imperfecta, del lapso de años. Durante esos años, sobre el mundo entero, la tierra y el agua se han poblado de formas vivas. Un infinito número de generaciones, que pensamos no puede comprenderse, debió haber sucedido en cada una en un largo registro de años. (Darwin [1859], 1985, pp. 295-297)<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Esta estimación del tiempo geológico que Darwin incluyó en la primera edición de *El Origen* de 1859 para la región inglesa del Weald no aparecerá en la 6a. y última edición de su obra. Desde luego, Darwin con su estimación pretendía generalizar la idea de un amplio tiempo transcurrido para apoyar así su teoría.

En el capítulo XV, “Recapitulación y Conclusión”, Darwin concluyó:

Por lo que se refiere a que el tiempo transcurrido desde que nuestro planeta se consolidó no ha sido suficiente para la magnitud del cambio orgánico supuesto, **objeción propuesta por sir William Thompson, y que es probablemente una de las más graves que nunca se hayan presentado**, sólo puedo decir, en primer lugar, que no sabemos con qué velocidad, medida por años, cambian las especies, y, en segundo lugar, que muchos hombres de ciencia no están todavía dispuestos a admitir que conozcamos bastante la constitución del universo y del interior de nuestro globo para razonar con seguridad sobre su duración pasada [...] (Darwin [1872], 2009, pp. 721-722, sin énfasis en el original).

Como se percibe de los párrafos anteriores, tanto en la primera edición de 1859, como en la 6a. y última edición de 1872, Darwin reconocía la enorme dificultad que representaba para su teoría el desconocimiento de una estimación precisa del tiempo geológico<sup>7</sup>. Pero llama poderosamente la atención su estimación de los 306 millones de años y a pesar de que será omitida en ediciones posteriores, en particular a partir de la tercera, por las dudas que tuvo a partir de la estimación de Kelvin, nunca dejó de pensar en la inmensidad del tiempo transcurrido y su efecto en la evolución de los organismos.

La fijación de variantes ventajosas a través de la selección natural requiere de una enorme cantidad de tiempo. En este sentido, Darwin daba por sentado el concepto de tiempo de Hutton y Lyell. Ernst Mayr considera que es más plausible que Darwin llegara a su gradualismo debido a dos influencias principales. Una fue el uniformismo de Lyell, que Darwin extendió de la geología al mundo orgánico. La otra influencia consistió en sus propias investigaciones experimentales (Mayr, 1995, p. 58).

La obra de Lyell impresionó a Darwin, pues parecía que el tiempo no representaba problema alguno. Sin embargo, el testimonio de los

---

<sup>7</sup> Darwin consideró los cálculos de Kelvin sobre la edad de la Tierra como probablemente la más grave objeción a su teoría. Sin embargo, la preocupación de Darwin no era compartida por Alfred Russel Wallace (1823-1915) y Thomas Henry Huxley (1825-1895) (Gould, 1995, p. 112).

fósiles era otra cosa. Uno de los descubrimientos en que se apoyaba la revolución ocurrida a principios del siglo XIX era la aceptación de que ciertas clases de plantas y animales fosilizados estaban asociadas con determinados estratos geológicos. Por lo tanto, los fósiles podían servir como ayuda en la ubicación relativa de los estratos en el tiempo. A partir de 1820 y con el desarrollo de la geología y la paleontología, las observaciones estratigráficas de diversas partes del mundo empezaron a ser integradas para proporcionar una imagen coherente de la historia de la vida sobre la Tierra.

Según Joe D. Burchfield los argumentos científicos que limitaban la edad de la Tierra aparecieron poco después de la publicación de *El Origen* y en manos de los críticos de Darwin representaron un obstáculo formidable para la aceptación de la selección natural. El obstáculo era de lo más perturbador, más aún, porque Darwin se sentía incapaz de rebatirlo (Burchfield, 1974, p. 301).

Siguiendo a Burchfield, Darwin en este caso tuvo un descuido, pues con relación a la argumentación de la evolución de las especies a través de la selección natural proporcionó abundante información. Sin embargo, respecto a la estimación del tiempo geológico proporcionó un cálculo burdo e ingenuo. Darwin menciona para el caso del Weald que la erosión podría ser de una pulgada por siglo para desgastar 500 pies. Pero éste dato era meramente tentativo, sin ninguna base real. Él no tenía la medida de la tasa de erosión del lugar y además no consideró la dureza de los estratos. Darwin actuó, a diferencia de Lyell, imprudentemente al tratar de proporcionar una estimación cuantitativa del tiempo geológico.

El grupo Wealdiano, actualmente considerado un conjunto de facies terrígenicas originadas en ambientes continentales y litorales durante el Cretácico Inferior, es expuesto con cierta amplitud en función de su riqueza fosilífera, tanto por sus restos de reptiles, moluscos, crustáceos, peces, restos vegetales y otros, como por su importante espesor, más de trescientos metros y su extensión por varias regiones de Europa. La edad del Grupo Wealdiense fue tema de incertidumbre dado que aún no existía una definición clara de los

límites estratigráficos del Jurásico y el Cretácico (Calvo, 2011, pp. lxxxii-lxxxiii).

Darwin pudo refutar numerosas objeciones que se le hicieron a su teoría, pero fue incapaz de hacer frente a dos de ellas porque carecía de datos críticos. La primera, publicada por Fleming Jenkin en 1867, se refería a la concepción que tenía Darwin sobre la herencia. La segunda objeción, se refería a las estimaciones muy bajas del tiempo geológico, expresadas en un cálculo elaborado matemáticamente por un contemporáneo, Lord Kelvin (1824-1907), quién fue quizá el físico más sobresaliente del siglo XIX. Kelvin estimó la edad de la Tierra en periodos de tiempo que variaban entre unos 20 y 100 millones de años (Espíndola, 1989, p. 21).

Darwin comentó al respecto:

Nos encontramos aquí con una objeción formidable, pues parece dudoso que la tierra, en estado adecuado para habitarla seres vivos, haya tenido la duración suficiente. Sir W. Thompson llega a la conclusión de que la consolidación de la corteza difícilmente pudo haber ocurrido hace menos de 20 millones de años ni más de 400 y que probablemente tuvo lugar no menos de 98 ni más de 200. Estos límites amplísimos demuestran lo dudoso que son los datos y en lo futuro, otros elementos pueden tener que ser introducidos en el problema. (Darwin [1872], 2009, p. 528)

Desde el principio, la idea de la selección natural de Darwin dependía de la disponibilidad de una cantidad de tiempo geológico muy grande. Tan pronto como *El origen* apareció, el alcance del tiempo geológico llegó a ser un asunto de intenso interés.

De acuerdo con Bowler (2000, p. 293) Kelvin y los demás físicos de mediados del siglo XIX pensaban que conocían todas las fuerzas que gobernaban las operaciones del universo material. El descubrimiento de la radiactividad por Henri Becquerel (1852-1908) en 1896 reveló una nueva fuente de energía que no se había podido incluir en los cálculos anteriores.

## 6 CONCLUSIÓN

La estimación del tiempo por Darwin en la primera edición de *El origen de las Especies* ocasionó toda una controversia. De hecho la poca atención que le puso a la cuestión del tiempo hizo que presentara en *El Origen* un cálculo ingenuo como dice Burchfield (1974, p. 303). El asunto es que el tiempo se convirtió en un dolor de cabeza para Darwin pues implicó que el error cometido conllevara a una crítica general de su obra. Y es aquí donde radicaba el problema. ¿Qué actitud asumió Darwin? Darwin llegó a la conclusión de que la estructura de su obra con relación a la evolución de las especies a través de la selección natural era un proceso incuestionable. El cálculo de Kelvin era un argumento difícil de refutar, sin embargo, pensó que el cálculo tenía algo incorrecto y que con el tiempo se resolvería el problema. Como uniformitarista convencido, decidió aceptar la concepción del tiempo de Hutton y Lyell, esto es, un tiempo indeterminado.

La estimación actual para la edad de la Tierra de 4.600 millones de años es un tiempo más que suficiente para que el proceso de evolución gradual de las especies a través de la selección natural ocurra. En cierto sentido, esta estimación es el tiempo profundo, que Hutton, Lyell y el propio Darwin pensaban debía ser y cuya magnitud sigue siendo difícil de imaginar.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOOTH, Basil; FITCH, Frank. *La inestable Tierra*. Trad. Miquel Canals. Barcelona: Salvat, 1986.
- BOWLER, Peter. *Historia Fontana de las ciencias ambientales*. México, D.F.: Fondo de Cultura Económica, 2000.
- BOWLER, Peter; MORUS, Iwan Rhys. *Making modern science*. Chicago: The University of Chicago Press, 2005.
- BURCHFIELD, Joe D. Darwin and the Dilemma of Geological Time. *Isis*, **65**: 300-321, 1974.
- CALVO, Sorando José Pedro. Introducción. Pp. ix-xcviii, in: LYELL, Charles. *Elementos de Geología*. Trad. Joaquín Ezquerra del Bayo. Barcelona: Crítica, 2011.
- DALRYMPLE, Gary Brent. *The Age of the Earth*. Redwood City, CA: Stanford University Press, 1991.

- DARWIN, Charles Robert. *The origin of species by means of natural selection or the preservation of favoured races in the struggle for life* [1859]. London: Penguin Books, 1985.
- . *El origen de las especies* [1872]. Trad. Antonio de Zulueta. 2. ed. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México, 2009.
- EICHER, Don L. *El tiempo geológico*. Trad. J. C. M. Turner y Regina Levy de Caminos. Barcelona: Omega, 1973.
- ESPÍNDOLA, Juan Manuel. *El tercer planeta: edad, estructura y composición de la Tierra*. México, D.F.: Fondo de Cultura Económica, 1989.
- GARCÍA-CRUZ, Cándido Manuel. La edad de la Tierra y otras cosas por el estilo. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 7 (2): 94-101, 1999.
- GOHAU, Gabriel. *A history of Geology*. Translated by Albert Carozzi and Marguerite Carozzi. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press, 1990.
- GOULD, Stephen Jay. Is uniformitarianism necessary? *American Journal of Science*, 263: 223-228, 1965.
- . *Brontosaurus y la nalga del ministro*. Trad. Joandomènec Ros. Barcelona: RBA, 1994 (a).
- . *Ocho cerditos*. Trad. Oriol Canals. Barcelona: Crítica, 1994 (b).
- . *La sonrisa del flamenco*. Trad. Antonio Resines. Barcelona: Crítica, 1995.
- GRIBBIN, John. *La Tierra en movimiento*. Trad. Miquel Canals. Barcelona: Salvat, 1986.
- HALLAM, Anthony. *Grandes controversias geológicas*. Trad. Josep Maria Fontboté Mussolas. Barcelona: Labor, 1985.
- . La edad de la Tierra. *Mundo Científico*, 85: 1096-1102, 1988.
- HAWKING, Stephen. W. *Historia del tiempo: del big bang a los agujeros negros*. Trad. Miguel Ortuño. México, D.F.: Grijalbo, 1988.
- HOBSBAWM, Eric, J. *Las revoluciones burguesas*. Trad. Felipe Ximénez de Sandoval. 10. ed. Barcelona: Labor, 1985.
- KUHN, Thomas, S. *La estructura de las revoluciones científicas*. Trad. Agustín Contin. México, D.F.: Fondo de Cultura Económica, 1982.
- MAYR, Ernst. *Una larga controversia: Darwin y el darwinismo*. Trad. Santos Casado de Otaola. Barcelona: RBA, 1995.

- NEWELL, N. D. Crisis en la Historia de la Vida. Pp. 4-19, *in: Biología y Cultura: introducción a la Antropología biológica y social. Selecciones de Scientific American*. Madrid: Blume, 1975.
- OLIVIER, George. *El hombre y la evolución*. Trad. Jaime Elias Cornet. 3. ed. Barcelona: Nueva Colección Labor, 1977.
- PAL, Surendra. La edad de la Tierra. *Naturaleza*, 4: 160-169, 1973.
- PALERM, Ángel. *Historia de la etnología: los evolucionistas*. 2. ed. México, D.F.: Alhambra Universidad, 1982.
- PELAYO, Francisco. *Las teorías geológicas y paleontológicas durante el siglo XIX*. Madrid: Akal, 1991.
- READ, Herbert Harold. *Geología*. Trad. Francisco Rived. México, D.F.: Fondo de Cultura Económica, 1949.
- SAN AGUSTIN. *La Ciudad de Dios* [426]. México, D.F.: Porrúa, 2011.
- TEMPLADO, Joaquín. *Historia de las teorías evolucionistas*. México, D.F.: Alhambra, 1982.
- VALLEJO, Fernando. *La puta de Babilonia*. México, D.F.: Alfaguara, 2012.
- VITALIANO, Dorothy. *Leyendas de la Tierra*. Trad. Lidia Pla. Barcelona: Salvat, 1986.

**Data de submissão:** 04/03/2016

**Aprovado para publicação:** 18/03/2016

# Análisis histórico-epistemológico sobre los modelos de membrana celular para enseñar biología celular y naturaleza de la ciencia al profesorado

---

Eduardo Lozano #

Nora Bahamonde \*

Agustín Adúriz-Bravo <sup>Δ</sup>

---

**Resumen:** A partir de la producción de un análisis histórico-epistemológico de los modelos de membrana celular, que abarcó desde el surgimiento de la teoría celular en la primera mitad del siglo XIX hasta la aceptación del modelo de Overton a fines de ese mismo siglo, presentamos en este trabajo dos episodios históricos que dan cuenta de la compleja dinámica argumentativa y de los ajustes teórico-empíricos implicados en su formulación, y los relacionamos con dos “ideas clave” metacientíficas de interés para la enseñanza: una vinculada con la carga teórica de la observación y otra con los modelos analógicos. Estos aportes se tuvieron en cuenta en el diseño y la implementación de una unidad didáctica para un curso de Biología Celular para la formación del profesorado de biología en la Universidad; la unidad integró contenidos biológicos y metacientíficos, tal cual lo establecen las actuales prescripciones curriculares de Argentina.

---

# Centro de Estudios e Investigación en Educación (CEIE), Universidad Nacional de Río Negro, Estados Unidos 750, General Roca (CP 8332), Río Negro, Argentina. E-mail: elozano@unrn.edu.ar

\* Centro de Estudios e Investigación en Educación (CEIE), Universidad Nacional de Río Negro, Estados Unidos 750, General Roca (CP 8332), Río Negro, Argentina. E-mail: nbahamonde@hotmail.com

<sup>Δ</sup> CONICET/CeFIEC-Instituto de Investigaciones Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. CeFIEC, 2° Piso, Pabellón 2, Ciudad Universitaria, Av. Intendente Güiraldes 2160, (C1428EGA) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. E-mail: aadurizbravo@cefiec.fcen.uba.ar

**Palabras-clave:** análisis histórico-epistemológico; membrana celular; modelo; naturaleza de la ciencia; profesorado

## **Historical-epistemological analysis on the models of cell membrane to teach cell biology and nature of science to teachers**

**Abstract:** On the basis of an historical-epistemological review on the models of cell membrane since the emergence of cell theory in the first half of the 19th century until the acceptance of Overton's model at the end of that century, we present in this article two historical episodes that account for the complex argumentative dynamics and of the theoretical-empirical adjustments involved in the formulation of such model. We then relate those two episodes to two key meta-scientific ideas of interest for teaching: one linked to theory-ladeness of observation and the other one with analogical models. With this input, we designed and implemented an instructional unit for the course of Cell Biology in a degree in biology teaching at the University; the unit integrated biological and meta-scientific content, as it is currently required in the curriculum in Argentina.

**Key-words:** historical-epistemological analysis; cell membrane; model; nature of science; teacher education

## **1 INTRODUCCIÓN**

La progresiva y laboriosa construcción de un modelo de membrana celular constituye uno de los procesos de desarrollo teórico más interesantes en el campo de la biología celular. Desde las primeras descripciones realizadas por Hooke (1635-1703) en 1665 y por los fisiólogos y anatomistas que emprendieron el estudio de la arquitectura básica de los organismos (Harris, 2000), la identificación de células mediante la utilización de microscopios consistía básicamente en determinar diminutas estructuras con límites definidos. Pero esa característica, el límite de la célula al que debe el origen de su nombre, *celda*, fue paradójicamente el último elemento celular en modelizarse como una estructura química y funcionalmente diferente del citoplasma y del núcleo (Baker, 1952).

Las seis décadas que transcurrieron desde la generalización de la teoría celular, hacia 1839 (Albarracín Teulón, 1983), hasta la aceptación del modelo de Overton (1865-1933), que definitivamente reconocía una membrana en la estructura celular (Baker, 1952), implicaron

una compleja y significativa historia de controversias y de ajustes teórico-empíricos.

Ahora bien, dentro del ámbito de la enseñanza de las ciencias, la membrana celular, definida hoy con la analogía del mosaico fluido (Campbell & Reece, 2007), es presentada, en los libros de texto y en las clases en general, como una entidad teórica atemporal y despojada de toda la rica dinámica argumentativa implicada en la historia de su producción. Este aspecto constituye un problema y cobra especial relevancia en el espacio de la formación del profesorado en Biología, en el cual, y según las actuales prescripciones curriculares de nuestro país (CFE, 2012), los futuros profesores deberían formarse para una enseñanza de contenidos biológicos que implique también contenidos metacientíficos, esto es, de filosofía e historia de la ciencia, en los diferentes niveles educativos en los cuales se desempeñen.

## **2 NATURALEZA DE LA CIENCIA Y ANÁLISIS HISTÓRICO-EPISTEMOLÓGICOS**

Desde hace más de dos décadas se hicieron consistentes y se extendieron en el campo de la didáctica de las ciencias naturales ciertas líneas de investigación que consideraron que la reflexión crítica sobre la ciencia, esto es, saber sobre qué es la ciencia, cómo se elabora y cómo se relaciona con la sociedad, es tan importante para la formación de los estudiantes y de los ciudadanos en general como saber los propios contenidos científicos (Lederman, 1992; Matthews, 1994; Driver *et al.*, 1996). En ese heterogéneo campo de investigación, el eje *naturaleza de la ciencia* (Lederman, 1992, 2002, 2006; McComas, 1998) se ha constituido en la actualidad como un importante componente curricular de reflexión crítica sobre las ciencias naturales, y puede ser definido como un conjunto de contenidos metacientíficos con valor para la educación científica, a partir de los cuales los estudiantes pueden reflexionar sobre la ciencia en sus aspectos epistemológicos, históricos y sociológicos, y construir imágenes más ajustadas a lo que actualmente se sabe sobre ella (Adúriz-Bravo, 2005; 2010).

Respecto de cuáles son los temas que deberían ser seleccionados y el modo de organizarlos para su enseñanza (Vázquez Alonso & Manassero Mas, 2015), se han elaborado diferentes perspectivas teóricas. Entre ellas resaltan, por una parte, las que han abogado por delimitar

listas reducidas de afirmaciones metacientíficas muy simples y generales (aproximaciones basadas en “tenets”) (Lederman, 2006) y, por otra, propuestas más actuales que sostienen visiones más amplias y relacionales, como por ejemplo, la perspectiva llamada “family resemblance approach” (FRA) (Irzik & Nola, 2010) o el desarrollo de contenidos metacientíficos a partir de la consideración de la multiplicidad de formas de hacer ciencia (Matthews, 2012).

Otra propuesta alternativa, adoptada en este estudio y diferente de las aproximaciones basadas en “tenets” que promueven la enseñanza de generalizaciones sobre rasgos básicos de la ciencia, se orienta a la construcción de entidades metateóricas más específicas, que serían necesarias para la formación disciplinar y didáctica del profesorado de ciencias. En esta perspectiva, la formulación de unas “ideas clave” epistemológicas expresadas mediante afirmaciones poco técnicas, constituye el modo de delimitar el aspecto específico de la ciencia que se pretende abordar e identificar con precisión el modelo epistemológico particular que se usará para abordarlo (Ariza & Adúriz-Bravo, 2012).

Para colaborar con el diseño de propuestas de enseñanza integradoras de aspectos disciplinares de la biología y de contenidos metacientíficos, realizamos análisis histórico-epistemológicos, que permiten adoptar una postura metacientífica explícita y articulada con la naturaleza de los modelos a enseñar. Estos estudios son en primera instancia “internalistas”, al enfocarse en las variables internas de la dinámica de la producción de modelos, pero, al atender también a los elementos históricos y sociales que actúan como condicionantes externos de esa dinámica, constituyen una valiosa herramienta de contextualización y de desarrollo de ideas que enriquecen y entraman los contenidos biológicos y metacientíficos (Matthews, 1994; Adúriz-Bravo, 2010; Bahamonde & Rodríguez, 2012; Revel Chion, Meinardi & Adúriz-Bravo, 2013).

Según este enfoque, y en función del trabajo de diseñar una unidad didáctica sobre modelos de membrana celular para la materia Biología Celular de una carrera de Profesorado de Nivel Medio y Superior en Biología, desarrollamos un análisis que permitió abordar las siguientes preguntas: ¿Cómo fue la génesis, evolución y desarrollo de los modelos de membrana celular? ¿Qué dificultades, obstáculos, y

discusiones aparecieron en su producción? Dichas preguntas fueron formuladas con el sentido de identificar episodios históricos que sirvieran como escenario para ambientar la discusión sobre las ideas clave metacientíficas, consideradas de interés para la enseñanza.

En este trabajo se presentan y fundamentan dos ideas claves metacientíficas necesarias para la formación del profesorado en biología, una vinculada con la carga teórica de la observación y la otra con los modelos analógicos; tales ideas se relacionan con dos episodios provenientes del análisis histórico-epistemológico llevado a cabo sobre la construcción del modelo de membrana celular durante la segunda mitad del siglo XIX.

Así, el sentido general de la producción fue poner a disposición materiales para facilitar la integración de contenidos metacientíficos en el diseño e implementación de unidades didácticas de biología.

### **3 LA CARGA TEÓRICA DE LA OBSERVACIÓN Y LAS DISCUSIONES EN EL SIGLO XIX SOBRE LA EXISTENCIA O NO DE UNA MEMBRANA CELULAR**

#### **3.1 Idea clave metacientífica: Las observaciones poseen carga teórica**

Norwood R. Hanson, en su libro *Patrones de descubrimiento* (Hanson [1958], 2010), y Thomas S. Kuhn, en *La estructura de las revoluciones científicas* (Kuhn [1962], 2006), presentaron argumentos muy influyentes respecto de la consideración de la carga teórica que poseen las observaciones científicas (“theory-ladenness of observation”) y cuestionaron las visiones excesivamente empiristas de los positivistas lógicos respecto de que la observación proporcionaba una ventana teóricamente neutral para conocer el mundo (Suppe, 1977, *apud* Brewer & Lambert, 1993). Propusieron que las percepciones de los hechos se fabrican en las mentes humanas y en las comunidades científicas utilizando material cultural previo y creencias. Si esas matrices se cambian, existe la posibilidad de que ciertos hechos desaparezcan y aparezcan otros, y por esto los científicos, al igual que todos los observadores, tienen ideas preconcebidas e innumerables prejuicios acerca de la forma en que funciona el mundo.

Estas ideas, que en el ámbito de la filosofía de la ciencia comenzaron a desarrollarse hace más de setenta años y que continúan en debate (Schuster, 1995), no tienen en general un correlato en los niveles de alfabetización metacientífica de los estudiantes, los profesores y la ciudadanía en general. McComas (1998) y otros autores, en la explicitación de mitos que sobre la ciencia circulan en la sociedad, sostienen que es muy frecuente que los estudiantes y profesores de los distintos niveles educativos y las personas en general consideren que las teorías aparecen recién luego de haber observado los hechos, y que la investigación científica es principalmente una tarea de “descubrimiento” de hechos objetivos, a modo de encontrar “pepitas” de verdad distribuidas por el mundo (Schuster, 1995).

La construcción de una idea clave relacionada con la carga teórica de las observación científica permitiría comenzar a discutir estas visiones, interpelar el preconcepto del “descubrimiento” como actividad central de la investigación científica y abrir a la consideración de que es más adecuado pensar hoy que los hechos científicos se construyen en una trabajosa y elaborada interacción entre mundo e ideas.

En el estudio que llevamos a cabo identificamos el siguiente episodio, implicado en la historia de la construcción del modelo de membrana celular, que es potencialmente significativo para analizar y desarrollar la idea clave metacientífica propuesta.

### **3.2 Discusiones sobre los blastómeros, o cuando la célula no necesitaba una membrana celular**

Los primeros problemas y discusiones sobre la naturaleza del límite de la célula se produjeron a poco de la publicación de las *Mikroskopische Untersuchungen* de 1839, escrito en el cual Theodor Schwann (1810-1882) sentenciaba, respecto de la extensión al mundo animal del modelo celular de Schleiden:

Con ello se ha derrumbado una pared divisoria fundamental entre el reino animal y el vegetal, la diferencia de su estructura. Conocemos la significación de las partes singulares de los llamados tejidos animales, en comparación con los de las células vegetales, y sabemos que en estos tejidos, células, membrana celular, contenido celular, núcleos y corpúsculos nucleares son totalmente análogos a las partes homónimas en las células vegetales. (Schwann [1839], *apud* Albarracín Teulón, 1983, p. 65)

La fuerza de esa generalización, que horadó profundamente la hegemonía de la teoría de las fibras<sup>1</sup>, también constituyó una fuerte carga teórica y un condicionante para las observaciones que se hacían del límite de ciertas células animales, como los blastómeros de rana, que eran móviles, e implicaron a distinguidos anatomistas y fisiólogos en una compleja discusión que, iniciada en 1841, es considerada en diversas fuentes, como ejemplar y básica en el largo camino que debió recorrerse hasta la formulación del modelo de membrana celular, casi sesenta años después (Baker, 1952; Albarracín Teulón, 1983; Harris, 2000):

C. Reichert ayudado por Du Bois Reymond investigó en 1841 los blastómeros de huevos de anfibios, tras aislarlos y colocarlos en agua destilada bajo el microscopio, claramente se separaba por endósmosis una membrana de superficie que consideraron ser una verdadera pared celular. Por el contrario, Ecker según informa Remak, ante la presencia de movimiento en el blastómero de la rana, lo consideró incompatible con la presencia de una pared y negó la naturaleza celular de aquel. Ello incitó al propio Remak a intervenir en la controversia: su genialidad investigadora falló en esta ocasión ya que aseguró que las dos membranas que rodeaban a cada blastómero –membrana, no pared celular– se correspondían con la pared celular de los tejidos vegetales y en consecuencia el blastómero era una verdadera célula. (Albarracín Teulón, 1983, pp. 132-133)

Este interesante relato que describe la controversia sobre la presencia o no de un límite celular en los blastómeros debería considerarse como una consecuencia de la necesidad de extender la recientemente formulada teoría celular a nuevos sistemas bajo estudio que, en un primer momento, se resistían a su asimilación. Allí pueden identificarse algunos elementos de diferente naturaleza – teóricos, metodológicos, lingüísticos – que orientaban y condicionaban las observaciones y las discusiones, por ejemplo:

---

<sup>1</sup> “Piénsese en la *Anatomic* de Joseph Berres, iniciada en 1837, y en la que el anatomista vienés ve células, describe células, pero fundamenta en la fibra la unidad estructural del organismo” (Albarracín Teulón, 1983, p. 19).

- La aceptación de la generalización de Schwann respecto de que todas las células tienen pared celular a semejanza de las vegetales, y su extensión al registro de los blastómeros, era parte de una tradición botánica; los citólogos del organismo animal daban por supuesta, aunque en la mayor parte de los casos no la veían, la existencia de la pared celular (Albarracín Teulón, 1983).

- En el marco de la generalización de Schwann, y ante el movimiento de los blastómeros, ya que no tenían la rigidez que otorga la pared celular (Harris, 2000), deviene la consideración por parte de Johann Alexander Ecker (1816-1887) de que esas estructuras no deben ser entonces consideradas celulares.

- Las deformaciones en las imágenes de los márgenes celulares de las células animales que ofrecía la poca apertura de los objetivos de los microscopios de la época daban sensación de doble margen, y de esas observaciones se infería la similaridad con la pared celular de las células vegetales, lo que es utilizado por Robert Remak (1815-1865) para “salvarlas” nuevamente como células.

- La controversia, además, estaba signada por la utilización indistinta de los términos pared celular y membrana celular para referirse a la estructura externa de las células – hecho común en las publicaciones de la época (Baker, 1952).

En ese contexto de problematización, en el cual las células animales no mostraban a la observación al microscopio óptico una pared visible, una alternativa razonable fue proponer para ellas un protoplasma consistente, y por esto con límites definidos, pero a la vez no necesariamente provisto de alguna estructura entre el protoplasma y el exterior.

No todas las células son de naturaleza vesiculoide; no siempre es posible distinguir una membrana separable del contenido. Para la idea morfológica de una célula se requiere una sustancia más o menos blanda, primitivamente próxima en su forma a una esfera, y conteniendo un cuerpo central denominado núcleo. La sustancia celular se solidifica en una capa limitante o membrana más o menos independiente, y luego la vesícula se resuelve, de acuerdo con la terminología científica, en membrana, contenido celular y núcleo. (Leydig, 1851, *apud* Albarracín Teulón, 1983, p. 133)

Desde esta perspectiva, en la cual la membrana es químicamente semejante al citoplasma, esto es, solo se distingue porque se ha “solidificado”, Max Johann Sigismund Schultze (1825-1874) propuso, a partir de estudios que también implicaron blastómeros, una célebre frase: “Eine Zelle ist ein Klumpchen Protoplasma, in dessen inneren ein Kern liegt”, esto es, “una célula es un grumito de protoplasma en cuyo interior hay un núcleo” (Baker, 1952). Para Schultze, “una célula con membrana que difiere químicamente del protoplasma, es como un infusorio enquistado, como un monstruo aprisionado” (Schultze, 1861, *apud* Albarracín Teulón, 1983, p. 134).

En síntesis, y en función del análisis de los obstáculos en la construcción del modelo de membrana celular en el período del desarrollo inicial de la teoría celular, Baker sostiene que no podía obtenerse una imagen clara de la naturaleza de la célula mientras que la pared celular fuese considerada como una parte imprescindible:

Había que tener en cuenta que la pared en algunas ocasiones estaba presente y en otras ausente, mientras que la propia célula estaba siempre limitada por una membrana especial, no separable mecánicamente del citoplasma en su interior. Este avance no pudo ser hecho en un solo paso. Primero fue necesario descartar a la pared celular como una parte esencial en la idea de una célula, la cual fue vista entonces como un protoplasma “desnudo”. El descubrimiento de la membrana celular llegó mucho más tarde. (Baker, 1952, p. 163)

Ahora bien, en ese momento también había voces en disidencia, como las de Remak, quien planteaba la necesidad de considerar una membrana químicamente diferente del citoplasma fundamental y separable de aquel por agentes químicos (Albarracín Teulón, 1983). Lo cierto es que hasta fines del siglo XIX ninguna de las posiciones logró predominar respecto de si la membrana celular constituía o no una estructura imprescindible en la conformación de la célula, y las observaciones de células animales siguieron orientadas por las hipótesis establecidas en favor o no de la existencia de una membrana.

#### **4 UN MODELO ANALÓGICO PARA LA MEMBRANA CELULAR A FINES DEL SIGLO XIX**

#### 4.1 Idea clave metacientífica: Los modelos son representaciones que reemplazan, simplifican y analogan elementos y relaciones de una parte de la realidad

La consideración de la carga teórica de la observación y los enfoques historicistas que abordaron el estudio del cambio en la ciencia (Kuhn [1962], 2006), constituyeron una fuerte crítica a la visión clásica de una *ciencia derivada de los hechos* (Chalmers [1976], 1990), y fueron perspectivas influyentes para el desarrollo de una visión realista moderada, esto es, la consideración de que la ciencia no produce copias directas de la realidad, sino que construye representaciones y analogías sobre *algunos* aspectos del mundo real seleccionado (Adúriz-Bravo, 2005). En este sentido, el modelo cognitivo de ciencia, que considera que la actividad principal de los científicos es *representar(se)* el mundo a través de teorías para otorgarle sentido y evaluar los resultados, se sustanció en una “concepción semántica de las teorías científicas”, afianzada como corriente fuerte en el ámbito de la filosofía de la ciencia a partir de la década de los años 1970, y tuvo un gran impacto en el campo de la investigación en didáctica de las ciencias naturales (Izquierdo, 2000).

En ese marco, Giere (1992) otorga un lugar central a los *modelos teóricos*, y propone que el vínculo entre los modelos y los sistemas de la realidad a los cuales ellos pretenden otorgar sentido puede establecerse en términos de semejanza (“similaridad”), esto es, considera que los modelos son parecidos a ciertos aspectos de la realidad que se estudia, aspectos que vienen a reemplazar o “subrogar”. Respecto de los recursos semióticos utilizados para dar cuenta de los modelos y “definirlos”, Giere considera que no hay un único modo, como la axiomatización lo era para la visión tradicional de la ciencia:

Los recursos lingüísticos concretos utilizados para caracterizar estos modelos son de interés secundario. Desde el punto de vista racional, y teniendo en cuenta los fines del análisis metacientífico, no existe un lenguaje que tenga preferencia a la hora de reconstruir las teorías científicas. (Giere, 1988, *apud* Estany, 1993, p. 199)

Desde esta perspectiva, en los análisis histórico-epistemológicos cobra especial relevancia la identificación de diferentes lenguajes y estrategias que los investigadores han utilizado para definir aspectos

de los modelos que han producido, al subrogar con ellos las parcelas de la realidad bajo estudio. Por ejemplo, la identificación de analogías en estos análisis es de un gran valor didáctico al momento de desarrollar un modelo biológico en las clases de ciencias, como también lo es para colaborar en la construcción de una imagen de ciencia realista moderada en los estudiantes.

En el estudio que llevamos a cabo identificamos el siguiente episodio, en el cual aparece la fuerza representacional de una analogía con pompas de jabón en la construcción teórica del modelo lipídico de la membrana celular.

#### **4.2 Aunque no sea visible, es necesaria una membrana celular: una analogía con pompas de jabón**

Baker (1952) sostiene que sería con el afianzamiento de las hipótesis fisiológicas y los trabajos experimentales sobre ósmosis y plasmólisis de células vegetales y animales que el modelo de célula se ajustaría y estabilizaría, identificando un límite que no fuera la pared celular de las células vegetales y que no surgiera por solidificación del protoplasto, sino por que tuviera una naturaleza química diferente y con funciones específicas para hacer selectiva la entrada y salida de sustancias de la célula.

Colocar células en medios hipotónicos e hipertónicos y disparar fenómenos de separación de estructuras limitantes (membranas de vacuolas, membranas celulares y paredes celulares) fueron escenarios experimentales que permitieron, a partir de las observaciones, tensionar y ajustar hipótesis que anticipaban la presencia de una delgada membrana, invisible, pero funcionalmente activa. Overton, en 1895, sistematizó estos trabajos, tanto en células vegetales como animales. Básicamente generó experiencias osmóticas con células vegetales que permitían inferir que las modificaciones en el volumen del citoplasma estaban controladas por una membrana y no por la pared celular y propuso su modelo de célula vegetal (Baker, 1952), el cual ya incluía una membrana como estructura diferenciada química y funcionalmente de la pared celular.

El modelo de Overton también se extendía sobre los aspectos químicos de la membrana y postuló su carácter lipídico, al intentar

difundir al interior de las células sustancias afines o no a los compuestos hidrofóbicos.

Estos trabajos se nutrían de aportes provenientes de las investigaciones sobre química de los fenómenos de superficie, especialmente de las interfases aceite-agua, iniciadas por John William Strutt, Lord Rayleigh (1842-1919) y Agnes Pockels (1862-1935). Tales trabajos habían sido retomados por Irving Langmuir (1881-1957), que modelizó la constitución de monocapas de aceite de superficie conocida sobre agua<sup>2</sup> (Langmuir, 1917).

La entidad creciente que alcanzaba en ese contexto la hipótesis sobre la existencia de una delgada película, y la necesidad de diferenciarla del contenido químico del protoplasma, tuvieron su analogía cuando el físico alemán Georg Quincke (1834-1924), en 1888, les aportó a los biólogos una muy potente comparación entre la membrana celular y las pompas de jabón. Tal comparación ha sido considerada central en nuestro estudio por sus implicaciones didácticas:

La superficie plasmática consiste de una membrana fluida muy delgada que envuelve el contenido mucoso y acuoso de la célula en una superficie cerrada, así como una burbuja de jabón encierra el aire. La sustancia de esta membrana es un fluido, que forma gotas en agua y no es miscible con agua. Puesto que de todas las sustancias de origen orgánico conocidas, sólo los aceites muestran esta propiedad, la superficie plasmática debe consistir de aceite graso. (Kepner, 1979, *apud* Hidalgo, Devés & Lagos, 1996, p. 6)

Desde los modelos actuales de membrana, es notable el atributo de fluidez que Quincke otorgaba en ese momento al límite celular. Esta comparación adquiere un importante valor como modelo analógico, ya que las pompas de jabón no “son” membranas celulares, pero su parecido en la constitución química de sus componentes permite

---

<sup>2</sup> El antecedente paradigmático de estos trabajos (Mouritsen, 2011) lo constituyen las experiencias de Benjamin Franklin (1706-1790), quien, al retomar ideas de Plinio el Viejo (23-79), postulaba el efecto aquietante de las aguas que producía el aceite derramado desde los barcos (Franklin, Brownrigg & Farish, 1774).

de manera sencilla la manipulación macroscópica y el análisis indirecto de propiedades de fluidez de tales membranas<sup>3</sup>.

La utilización de esta analogía, que implicaba una relación entre la membrana celular y sustancias parecidas a los jabones (Kleinzeller, 1995), fue criticada por el fisiólogo vegetal Wilhem Pfeffer (1845-1920), quien le cuestionaba la falta de fundamentos aceptables sostenidos en experimentos con organismos y el hecho de que estuviera basada únicamente en experimentos físicos, a partir de los cuales Quincke extrapolaba una hipótesis sobre la naturaleza química de la membrana. La respuesta que ofreció Quincke puso en valor la importancia de la modelización física y química *analógica* de las estructuras subcelulares, al plantear la utilidad que tiene para el conocimiento de la estructura y el funcionamiento de la célula y los organismos:

Yo sé muy bien que en Alemania hay muchos representantes de las ciencias naturales descriptivas que no están de acuerdo con mi visión de la estructura y el movimiento del protoplasma; sin embargo los hechos observados y las conclusiones físicas deducidas, que pueden parecer no muy inteligibles a otra ciencia, son correctas y útiles. La ciencia biológica debe, para bien o para mal, tomar en cuenta el hecho que el desarrollo de la célula y la vida de la naturaleza orgánica depende de masa y capas que no pueden ser percibidas por el microscopio únicamente. (Kepner, 1979, *apud* Hidalgo, Devés & Lagos, 1996, p. 7)

## 5 A MODO DE CONCLUSIÓN

La construcción de nuestro análisis histórico-epistemológico implicó una revisión concienzuda de diferentes fuentes bibliográficas (secundarias) que, como aspecto central o complementario de sus desarrollos, abordaron modelos de membrana celular en la historia. Si bien en este trabajo solo se presentaron dos episodios correspondientes al siglo XIX, el estudio completo incluyó el análisis de la evolución de los modelos sobre membrana celular y evolución de los sis-

---

<sup>3</sup>Por ejemplo, de manera similar al modo en que una micropipeta ingresa y sale de una célula sin dañarla en el caso de una fecundación *in vitro*, un sorbete puede entrar y salir de una pompa de jabón debido a la fluidez de su estructura, similar a la de la membrana celular.

temas de endomembranas hasta la actualidad (Lozano, 2015)<sup>4</sup>. Esta progresión de los diferentes modelos sobre el límite celular, presentados en un desarrollo diacrónico, fue analizada desde un encuadre semanticista de las teorías científicas (Giere, 1992), y desde esa perspectiva se llevaron a cabo las diferentes reflexiones epistemológicas incluidas en el análisis. Así, lejos de proponer un relato a modo de “serie de descubrimientos”, en nuestro estudio la membrana celular fue caracterizada como un modelo teórico que se fue construyendo para especificar, para constreñir una diversidad de fenómenos que de alguna manera *se iluminaron* luego de la aceptación del modelo teórico de la célula como unidad constitutiva de los seres vivos.

Creemos que el análisis llevado a cabo permitió recuperar la complejidad del proceso de construcción del modelo seleccionado y puso a disposición insumos sustanciales para diseñar la enseñanza de los contenidos metacientíficos, relacionados con la carga teórica de las observaciones y los modelos analógicos en la producción científica. Ahora bien, los textos con las discusiones identificadas, los ejemplos y las experiencias, las analogías y demás insumos provenientes del estudio fueron integrados a una trama de actividades en la unidad didáctica que implicó un trabajo simultáneo de modelización de aspectos biológicos y metacientíficos.

A continuación se detallan algunos aspectos de interés sobre la implementación de la unidad didáctica y se exponen actividades y una producción de los estudiantes referida al trabajo sobre la idea clave epistemológica: *modelo analógico*.

- En la implementación de la unidad didáctica participaron 75 alumnos organizados en 16 grupos de trabajo; el análisis de las producciones se llevó a cabo con una muestra de 7 grupos que incluyeron 32 de los alumnos.

---

<sup>4</sup> En un futuro artículo, que se encuentra en preparación, se presentará un estudio situado en el período de desarrollo de la microscopía electrónica, a mediados del siglo XX, en el cual Robertson ([1965], 1970) propone la unidad estructural para los sistemas de membrana y endomembranas y un modelo de evolución gradualista de las organelas, el cual fue discutido por la bióloga Lynn Margulis desde la perspectiva de la teoría endosimbiótica (Sampedro, 2002). En ese trabajo, la idea clave epistemológica está relacionada con “la construcción de los hechos científicos”.

- La situación problemática que inició las actividades se basó en la consideración de un hecho sociocientífico: el ingreso de una micropipeta a un óvulo para permitir una fecundación in vitro. Los alumnos debían producir modelos iniciales, expresados de manera gráfica, y textos complementarios para explicar cómo creían que era el límite del óvulo, el cual permitía la entrada y salida de una micropipeta y no sufría daños. El trabajo interesó en gran medida a los estudiantes, quienes en su mayoría describían el límite del óvulo semejante a una gelatina o a un aceite, o consideraban la presencia de poros muy pequeños por los cuales ingresaba y salía la micropipeta.

- Para dar curso a la modelización intermedia, se les ofreció a los estudiantes diferentes sistemas materiales para que confrontaran sus hipótesis iniciales y ofrecieran un modelo material análogo al fenómeno descripto.

- Luego de las primeras aproximaciones, que incluían sistemas aceite-agua bidimensionales diseñados por los alumnos, se les ofreció el texto que daba cuenta del episodio de las pompas de jabón de Quincke. Esta nueva perspectiva, que pudieron emparentar con la utilización de aceites que habían llevado a cabo, les permitió alcanzar un estado tridimensional muy apto para la comparación con el hecho sociocientífico abordado, ya que podían penetrar la pompa con un sorbete sin que esta colapsara.

- La línea de formación biológica continuó con el análisis químico de las pompas y luego de la membrana celular, mientras que la línea de formación metacientífica los puso a pensar y a producir textos breves sobre el sentido de la estrategia que había utilizado Quincke para explicar de manera sencilla su concepción sobre el límite de la célula. La Tabla 1 muestra textos producidos por los alumnos.

A partir de estas reflexiones de los alumnos sobre la comparación realizada por Quincke y también de las producciones llevadas a cabo en otra actividad, de tipo metacognitiva, que los puso a pensar sobre el sentido del trabajo con los sistemas materiales que ellos mismos llevaron a cabo, fue posible hacer una puesta en común en clase y aproximarse en conjunto a una idea sobre los modelos científicos y en particular los análogos, que hoy es sostenida desde la concepción semántica de las teorías científicas (Giere, 1992). Esta idea consiste en que los modelos no son copias de la realidad sino representaciones,

que son similares a algo de la realidad que nos preocupa, y que podemos expresarlos de diferentes maneras, utilizando textos, gráficos, maquetas y también estableciendo comparaciones o analogías, entre dos situaciones, una conocida y otra nueva, que se desea conocer.

Grupo	¿Qué estrategia utilizó Quincke para explicar su idea? ¿Por qué?
G 2	<i>Quincke utilizó una analogía, la pompa de jabón, para presentar a sus pares la estructura de membrana que él pensaba que era correspondiente.</i>
G 3	<i>Su estrategia fue querer representar su modelo de una forma simple y concisa, comparando la membrana lipídica con la pompa de jabón, para un mejor entender de los demás.</i>
G 5	<i>Quincke, a partir de la observación de tejidos distinguió que se comportaba de manera similar al aceite, llegando a la conclusión que la célula presenta las mismas características que los lípidos. Una forma fácil de poder representar esa idea, fue la pompa de jabón, que presentaba características similares a la célula; como mantener su forma, elasticidad y movimiento. Además de conformar un límite celular.</i>
G 6	<i>La estrategia que usó fue la de hacer un modelo con las pompas de jabón. Lo hizo de ese modo porque podía usar materiales accesibles y fáciles de comprender relacionado con lo cotidiano.</i>
G 8	<i>Quincke utilizó un modelo como estrategia, este fue usar pompas de jabón para representar la membrana de una célula. Descubrió que la membrana es un fluido que no se mezcla con agua. El jabón está compuesto por aceites y al formar pompas de jabón se ve el movimiento de estos. Creemos que fue la mejor forma de representarlo (según él) ya que además las pompas también encierran aire, así como la membrana al interior de la célula. Utilizó la burbuja como modelo comparativo, usó un elemento de la vida cotidiana para representar la membrana.</i>
G 9	<i>La estrategia de Quincke fue la de comparar una burbuja de jabón con la cual representara (sic) lo que sucedía a nivel celular. Lo hizo de este modo para poder explicar a los demás ya que no se comprendía.</i>
G 15	<i>La estrategia que utilizó Quincke fue experimentar con una pompa de jabón, la membrana lipídica ya que el jabón tiene lípidos. Pensamos que lo hizo de ese modo porque otros científicos podrían recrearlo y poder comprobarlo fácilmente, como lo hicimos nosotros.</i>

**Tabla 1.** Reflexiones de los alumnos sobre la estrategia utilizada por Quincke.

Según Bahamonde y Rodríguez, la propuesta llevada adelante:

[...] tiene como propósito que los estudiantes se impliquen en problemas socio-científicos de actualidad, lleven a cabo procesos de modelización científica, anclados en una aproximación históricoepistemológica, que favorezca la apropiación de contenidos metacientíficos, en paralelo con la construcción de algunos modelos disciplinares estructurantes. (Bahamonde y Rodríguez, 2012, p. 1)

De este modo se consiguió vincular la modelización del fenómeno biológico con la modelización metacientífica, esto es, de la propia idea de modelo analógico, utilizando un episodio de historia de la ciencia (Lozano, 2015). Así, y tal cual lo propone Matthews (1994), el enfoque contextualista se convierte en una herramienta significativa para mejorar la enseñanza de las ciencias; en nuestro trabajo, creemos que esta visión se especificó en el contexto de la formación del profesorado en ciencias y cobró una importante dimensión, al constituirse como registro de reflexiones metacientíficas que serán significativas para la formación didáctica de los futuros profesores.

Otro aspecto a destacar es que el desarrollo del análisis histórico-epistemológico llevado a cabo ha dejado a disposición una serie amplia de descripciones y análisis epistemológicos sobre otros episodios históricos, que pueden ser utilizados como insumos para el diseño de otras unidades didácticas relacionadas con la enseñanza de la célula y en particular de la membrana celular.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADÚRIZ-BRAVO, Agustín. *Una introducción a la naturaleza de la ciencia: la epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Buenos Aires: Fondo Editorial Económico, 2005.
- . Aproximaciones histórico-epistemológicas para la enseñanza de conceptos disciplinares. *Revista Virtual EDUCyT*, **1** (1): 107-126, 2010.
- ALBARRACÍN TEULÓN, Agustín. *La teoría celular*. Madrid: Alianza Editorial, 1983.
- ARIZA, Yefrin; ADÚRIZ-BRAVO, Agustín. La “nueva filosofía de la ciencia” y la “concepción semántica de las teorías científicas” en la didáctica de las ciencias naturales. *Revista de Educación en Ciencias Experimentales y Matemática*, **2** (2): 81-92, 2012.

- BAHAMONDE, Nora; RODRÍGUEZ, Mariana. Diseño de una unidad didáctica para el abordaje de asuntos socio-científicos en la educación secundaria: clonación humana, huella genética y aproximación histórico-epistemológica a la modelización del ADN. 2° Conferencia Latinoamericana del International History, Philosophy, and Science Teaching Group. Mendoza, 2012.
- BAKER, John R. The cell-theory: a restatement, history, and critique. *Quarterly Journal of Microscopical Science*, **93** (2): 157-190, 1952.
- BREWER, William; LAMBERT, Bruce. The theory-ladenness of observation: evidence from Cognitive Psychology. Boulder, CO, 1993. Pp. 254-259, in: *Proceedings of the Fifteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society*. Boulder, CO: University of Colorado, 1993.
- CAMPBELL, Neil; REECE, Jane. *Biología*. Madrid: Editorial Médica Panamericana, 2007.
- CFE. Consejo Federal de Educación. Núcleos de Aprendizajes Prioritarios, Ciencias Naturales, Campo de Formación General, Ciclo Orientado. Ministerio de Educación de la Nación. Buenos Aires: CFE, 2012.
- CHALMERS, Alan. *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* [1976]. Madrid: Siglo XXI Editores, 1990.
- DRIVER, Rosalind; LEACH, John; MILLAR, Robin; SCOTT, Phil. *Young people's images of science*. Buckingham: Open University Press, 1996.
- ESTANY, Anna. *Introducción a la filosofía de la ciencia*. Barcelona: Crítica, 1993.
- FRANKLIN, Benjamin; BROWNRIGG, William; FARISH. Of the filling of waves by mean of oil. *Philosophical Transactions*, **64** (1): 445-460, 1774.
- GIERE, Ronald. *La explicación de la ciencia: un acercamiento cognoscitivo* [1988]. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 1992.
- HANSON, Norwood R. *Patterns of Discovery* [1958]. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
- HARRIS, Henry. *The birth of the cell*. New Haven, CT: Yale University Press, 2000.
- HIDALGO, Cecilia; DEVÉS, Rosa; LAGOS, Néstor. Organización molecular de las membranas biológicas. Pp. 3-32, in: LATORRE,

- Ramón; LÓPEZ-BARNEO, José; BEZANILLA, Francisco; LLINÁS, Rodolfo. *Biofísica y fisiología celular*. Sevilla: Universidad de Sevilla, 1996.
- IRZIK, Guroi; NOLA, Robert. A family resemblance approach to the nature of science for science education. *Science & Education*, **20** (7-8): 591-607, 2010.
- IZQUIERDO, Mercè. Fundamentos epistemológicos. Pp. 35-64, in: PERALES PALACIO, Francisco; CAÑAL DE LEÓN, Pedro (ed.). *Didáctica de las ciencias experimentales: teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*. Madrid: Alcoy Marfil, 2000.
- KLEINZELLER, Arnost. The postulate of the cell membrane. Vol. 39, pp. 27-77, in: KLEINZELLER, Arnost (ed). *A history of biochemistry: exploring de cell membrane*. Amsterdam: Elsevier, 1995.
- KUHN, Thomas. *La estructura de las revoluciones científicas* [1962]. México, DF: Fondo de Cultura Económica, 2006.
- LANGMUIR, Irving. The shapes of group molecules forming the surfaces of liquids. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **3** (4): 251-257, 1917.
- LEDERMAN, Norman. Students' and teachers' conceptions of the Nature of Science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, **29** (4): 331-359, 1992.
- . Views of Nature of Science questionnaire: toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, **39** (6): 497-521, 2002.
- . Research on Nature of Science: reflections on the past, anticipation of the future. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, **7** (1): 1-7, 2006.
- LOZANO, Eduardo. *Diseño, implementación y evaluación de una unidad didáctica para la enseñanza de modelos de membrana celular en la formación biológica del profesorado, con aportes de ideas metacientíficas provenientes del eje naturaleza de la ciencia*. Neuquén, 2015. Tesis (Doctorado en Enseñanza de las Ciencias Naturales con Orientación en Biología) – Universidad Nacional del Comahue<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> Disponível em: <<http://www.revistaadbia.com.ar/ojs/index.php/adbia/article/view/385/pdf>>. Acesso em 01 abril 2016.

- MATTHEWS, Michael. Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, **12** (2), 255-278, 1994.
- . Changing the focus: from nature of science (NOS) to features of science (FOS). Pp. 3-26, *in*: KHINE, Myint Swe (ed.). *Advances in Nature of Science research: concepts and methodologies*. Dordrecht: Springer, 2012.
- McCOMAS, William. The principal elements of the nature of science: dispelling the myths. Pp. 53-70, *in*: McCOMAS, William (ed.). *The Nature of Science in science education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998.
- MOURITSEN, Ole. Model answers to lipid membrane questions. *Cold Spring Harbor Laboratory Press*, **10**: 1-15, 2011.
- REVEL CHION, Andrea; MEINARDI, Elsa; ADÚRIZ-BRAVO, Agustín. Elementos para un análisis histórico-epistemológico del concepto de salud con implicaciones para la enseñanza de la Biología. *Filosofía e História da Biologia*, **8**(1): 1-19, 2013.
- ROBERTSON, David. La membrana de la célula viva [1965]. Pp. 75-83, *in*: VILLANUEVA, Julio R (ed.). *La célula viva*. Madrid: Blume, 1970. (Selecciones de Scientific American)
- SAMPEDRO, Javier. *Deconstruyendo a Darwin: los enigmas de la evolución a la luz de la nueva genética*. Barcelona: Crítica, 2002.
- SCHUSTER, John Andrew. *The scientific revolution: an introduction to the History and Philosophy of Science*. Textbook from the Program in History & Philosophy of Science School of History and Philosophy of the University of New South Wales. Sidney, 1995.
- VAZQUEZ ALONSO, Ángel; MANASSERO MAS, María Antonia. Una taxonomía para facilitar la enseñanza explícita de la naturaleza de la ciencia y su integración en el desarrollo del currículo de ciencias. *Interações*, **34**: 312-349, 2015.

**Data de submissão:** 01/04/2016

**Aprovado para publicação:** 27/05/2016

# El papel de la relación ciencia-religión en la circulación del darwinismo en la enseñanza de la biología en Colombia

Gonzalo Peñaloza \*

**Resumo:** Colombia fue un país oficialmente católico hasta la última década del siglo XX y el Estado estuvo comprometido oficialmente con la defensa de los dogmas religiosos en diversas esferas, entre ellas en la educación. Por ello, para comprender la historia de las ciencias naturales escolares y de la circulación de las teorías evolutivas, es necesario remitirse a la interacción que entre religión y ciencia se dio en el país. Este artículo presenta los resultados de una investigación interpretativa y crítica cuyo objetivo fue develar la manera en que las relaciones entre religión y ciencia estuvieron presentes en la circulación del darwinismo en la biología escolar. Para esto, se estudiaron manuales escolares de biología publicados en Colombia desde finales del siglo XIX hasta los años setenta del siglo XX. Mediante tal estudio se concluyó que la “teología natural” y el neo-tomismo se constituyeron como un marco filosófico que integró las ciencias naturales y su enseñanza dentro de la visión del mundo católica. Por consecuencia, la tesis darwinista del ancestro común aplicada a los seres humanos fue aceptada con la condición de preservar para ellos una naturaleza especial; la teoría de la selección natural fue acogida como una explicación de las causas segundas, preservando la idea de Dios como causa primera y la tesis de la contingencia del proceso evolutivo fue denegada como una idea materialista con un sesgo ideológico.

**Palabras-clave:** darwinismo; ciencia y religión; Colombia; manuales escolares; historia de la educación; teología natural

**The role of the relation between science and religion in the circulation of Darwinism in the biology teaching in Colombia**

---

\* Doctorando en Educación en el Doctorado Interinstitucional en Educación de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (UDFJC). Av Ciudad de Quito No. 64-81 of 304, Bogotá, Cundinamarca, Colombia. E-mail: gpjimenez101@hotmail.com

**Abstract:** Colombia was a catholic country until the last decade of 20th century because since 19th century the State established an official compromise with Vaticano to defend the religious dogmas including education. For this reason, to understand the history of science and evolution ideas is necessary take account of the relationship between religion and science in the country. This paper shows results of a critical and interpretative research which objective was to study the way how science and religion interacted with darwinism in school science. For it, the research examines biology school textbooks published in Colombia between the second half of the 19<sup>th</sup> until the 70's of the 20<sup>th</sup> centuries. The study concludes that natural theology and neo-thomism were a philosophical framework that combined science, and his teaching, with Catholic worldview. Consequently, the darwinistic thesis of common ancestor, applied to humans, was conditionally accepted to preserve their special nature; the natural selection theory was admitted like a explanation of second causes, preserving the idea of God as primary cause; and the thesis of contingency of evolution was rejected by consider it like a materialistic and ideologized idea.

**Key-words:** Darwinism; science and religion; Colombia; textbooks; history of education; natural theology

## 1 INTRODUCCIÓN

El darwinismo ha sido, desde sus albores, una concepción que ha concentrado el debate entre la ciencia y la religión (Kampourakis, 2014), suscitando incesantes discusiones filosóficas, políticas y educativas, que han afectado no solo la difusión de las teorías evolutivas sino que incluso han modificado el momento y la forma en que ellas se han acogido y circulado en cada país (Glick, 1982; Restrepo, 2002). El debate que el darwinismo suscita no se limita a los círculos científicos sino que abarca, en algunos casos, al conjunto de la sociedad e involucra diversas disciplinas. Por ello, las investigaciones sobre la historia social de la ciencia abordan este asunto dando cuenta de la relación entre este proceso y elementos como el desarrollo científico, el papel de la religión, el sistema político, entre otros (Ruiz, 1987; Puig-Samper, Ruiz y Galera, 2002).

En el caso particular de Colombia, hay un hecho que resulta de particular importancia para comprender el fenómeno: la relación histórica entre el Estado y la Iglesia católica. La Constitución Política firmada en 1886 y que se mantuvo vigente hasta 1991, estableció un vínculo legal y estrecho entre iglesia y Estado. Desde ese momento, el

catolicismo se constituyó como la religión oficial y se establecieron diferentes mecanismos para que la iglesia tuviera injerencia, control y representación en instancias decisivas de la vida del país, entre ellas, en la educación. Esta condición particular del país, probablemente guarda relación con la circulación del darwinismo. En tal sentido, este trabajo muestra los resultados de una indagación en los manuales escolares de biología cuyo objetivo central fue develar la manera en que las relaciones entre la religión y la ciencia estuvieron presentes en la circulación del darwinismo en la ciencia escolar. En segunda instancia, el estudio se propuso establecer cómo fueron abordadas las tesis básicas del darwinismo en estos libros, como una manera de aproximarse al abordaje que tuvieron en la educación científica escolar.

## 2 EL POLÉMICO DARWINISMO

El término “evolución” se usa actualmente para designar un conjunto de teorías y fenómenos, que, en términos generales, versa sobre el cambio permanente de los seres vivos a lo largo del tiempo. Sin embargo, este término puede conllevar a ciertas imprecisiones como, por ejemplo, considerar que el evolucionismo es sinónimo de darwinismo, cuando en realidad el evolucionismo involucra otras teorías y no solo las formuladas por Darwin, así como existen cuestiones del pensamiento de este autor, como la teoría de la herencia o la pangénesis, que no hacen parte del darwinismo contemporáneo (Ruse, 2009a).

Algunos autores, como Ruse (2009b) consideran que el evolucionismo gira en torno a tres cuestiones centrales: el hecho, el camino y el mecanismo. El hecho se refiere a que realmente los seres vivos han cambiado en el tiempo, es decir han evolucionado; el camino hace alusión a la trayectoria que el cambio de los organismos ha seguido y el mecanismo explica cómo ocurre dicho cambio. La obra de Darwin formula teorías sobre cada una de estas cuestiones.

El darwinismo sostiene varias tesis. En primer lugar afirma que, en última instancia, todos los seres vivos tienen un antepasado co-

mún<sup>1</sup>; es decir, todos los seres vivos están emparentados. Segundo, la diversidad de los seres vivos es resultado de la separación de las especies en especies hijas, lo que ocasiona el surgimiento de nuevos organismos y explica la diversidad. Tercero, que los cambios en las especies se producen de manera gradual y lenta a través del tiempo. Cuarto, el cambio adaptativo se produce principalmente por acción de la Selección Natural. Quinto, el proceso evolutivo es contingente, no está orientado a una finalidad y no es progresivo (Mayr, 2006).

Estas tesis fueron recibidas de distintas maneras entre la comunidad científica y la sociedad. La idea según la cual los seres vivos han cambiado fue rápidamente aceptada dentro de la comunidad de científicos (Ruse, 2009a). También lo fue la tesis del ancestro común. Aunque esta tuvo múltiples detractores por fuera de la comunidad científica, sobre todo en lo que respecta al parentesco de los seres humanos con los simios (Pelayo, 2002). Por su parte, la Teoría de la Selección Natural (TSN) no fue aceptada durante algún tiempo dentro de la comunidad científica y tuvo detractores, en gran parte, por sus consecuencias en el plano político, ético y filosófico (Hull, 2005).

La TSN fue una de las teorías más innovadoras de Darwin. En ella, se ofreció una explicación sobre cómo los organismos llegan a adaptarse al medio y cómo es posible que surjan nuevas especies, sin tener que recurrir a una causa sobrenatural. De acuerdo con Ayala (2009) las ideas de Darwin fueron parte de una transformación en la visión del mundo:

Darwin completó la revolución copernicana al extender a la biología la noción de la naturaleza como un sistema de materia en movimiento que la razón humana puede explicar sin recurrir a agentes extranaturales. (Ayala, 2009, p. 14)

En este sentido, el darwinismo significó una ruptura con algunas concepciones precedentes. Por una parte, dio al traste con la visión aristotélica del mundo. De acuerdo con Ginnobili (2014) esto se pro-

---

<sup>1</sup> Darwin concebía la existencia de uno o unos pocos antepasados comunes. En *El Origen* traza una cadena de continuidad entre las especies vivas y las “especies madre” de cada género. Así concluye que “...han estado enlazadas con formas más antiguas, y así retrocediendo, convergiendo siempre en el antepasado común de cada una de las grandes clases.” (Darwin, [1872], 1979, p. 430).

dujo en dos sentidos fundamentales: el papel de la historia en la explicación de la configuración presente de los objetos, en este caso de los seres vivos, y la caída de la visión platónico-aristotélica de que conocer es conocer lo común (la esencia) que está detrás de lo accidental.

De acuerdo con el darwinismo, la evolución es contingente, no es progresiva ni dirigida a un fin. Es decir, no hay un futuro prescrito y difícilmente es predecible (Ginnobili, 2014). En consecuencia, los humanos, como parte de los seres vivos, no son fruto de un proceso especial, ni son la consecuencia necesaria del proceso evolutivo. En palabras de Mayr (2006):

La selección natural representa no solo un rechazo a cualquier causa finalista de origen sobrenatural, sino que también rechaza cualquier otro determinismo en el mundo orgánico. (Mayr, 2006, p.143)

Como puede notarse, esto tiene profundas consecuencias con respecto a una visión del mundo cristiana, ya que se niega que el desarrollo de la vida tenga propósito alguno y que haya seguido un curso predeterminado.

El darwinismo no solo es un marco teórico-fáctico, sino que excede el ámbito estrictamente científico por sus consecuencias filosóficas, que han provocado incesantes discusiones religiosas, políticas y educativas a lo largo de su historia, que han afectado no solo su difusión sino que incluso lo han modificado (Restrepo, 2002). Así que, cualquier intento de interpretación histórica de la circulación del darwinismo requiere una perspectiva amplia que no se limite al ámbito disciplinar de la biología. Como afirma Restrepo (2009a, 2009b), para comprender una revolución científica como la darwinista, se necesita una historia social que sitúe las ideas contextualizándolas y “no solo una historia de las ideas o filosofía de la ciencia”, ya que “las ideas científicas no sólo se ‘adoptan’ sino que también se ‘adaptan’ de diversas maneras y con diferentes fines” (Restrepo, 2009b, p. 57).

A pesar de su importancia para comprender la historia local de la ciencia, en Colombia los estudios sobre la circulación y difusión de las ideas darwinistas son pocos. Los análisis que se han hecho abordan particularmente, las polémicas que se suscitaron en el país en los primeros años luego de la publicación de *El origen de las especies* por Darwin. Durante las décadas finales del siglo XIX, las ideas de Darwin sobre la evolución causaron en Colombia en ciertos aspectos un de-

bate similar al que sucedió en Europa, involucrando intelectuales, políticos y académicos (Restrepo, 2009a).

Restrepo (2009a, 2009b) recompuso el estado de la polémica mediante un análisis documental en el cual señala que en las universidades se enfrentaron quienes se oponían al darwinismo y quienes lo aceptaban con condiciones por sus consecuencias políticas, morales y religiosas (Restrepo, 2002). Los círculos en los cuales se debatió el darwinismo tuvieron fuerte influencia política: presidentes, secretarios del despacho, directores de instrucción pública y miembros de las cámaras legislativas tomaron parte en las controversias (Chacón, 2009; Restrepo, 2009a, 2009b) y las polémicas jugaron un papel en la legitimación de proyectos políticos contendientes.

### **3 EL MANUAL ESCOLAR COMO FUENTE HISTÓRICA**

Los manuales escolares están cargados tanto de conceptos como de representaciones y símbolos que les otorgan un carácter ideológico prevalente (Cardoso, 2001). Los libros destinados a la escuela no solo seleccionan y comunican contenidos disciplinares sino que además transmiten determinados valores y cultura (Choppin, 2000). Ellos resultan de una selección, explícita en diferente grado, sobre lo que los niños y jóvenes deben y pueden saber. En estos textos se afirman ciertas políticas e ideologías que se erigen en defensa del *status quo* (Torres y Londoño, 2011). Por ello, a través de los manuales escolares pueden reconocerse sistemas de comunicación y las relaciones de poder que en un determinado momento fueron relevantes en la circulación del conocimiento científico en la escuela.

Los manuales escolares son un tipo particular de libros que se caracterizan por: tener la intencionalidad explícita de ser usados en la enseñanza; sus contenidos están expuestos de forma sistemática y secuencial, de acuerdo con criterios didácticos; los contenidos han sido adecuados pedagógicamente para dirigirse a un grado de escolaridad particular y el contenido se ajusta a la reglamentación estatal que define los temas, y la profundidad con que deben ser tratados en cada nivel escolar (Samacá, 2011). Estas precisiones denotan que, a diferencia de otro tipo de textos, en estos la reglamentación oficial es fundamental al momento de definir su contenido (Samacá, 2011). Por otro lado, los criterios para hacer la transposición didáctica, caracte-

rística de este tipo de documentos, se ven influidos por criterios educativos, pedagógicos y didácticos, que varían entre países y momentos, y que están relacionados con el contexto social, político y cultural.

En lo que respecta al contenido conceptual de los manuales escolares, se sabe que la aparición, supresión o el abordaje de ciertos temas guarda cierta correspondencia con la ideología de cada época. Así que, las cuestiones tratadas y la forma como se las aborda son producto de elementos que desbordan el marco de referencia disciplinar y didáctico y remiten a las relaciones de poder, las ideologías y la cultura (Moss y Chamorro, 2008).

#### 4 METODOLOGÍA

El estudio se llevó a cabo mediante un proceso de interpretación crítica de los manuales escolares. Para esto, se buscaron manuales escolares de biología de educación secundaria publicados en Colombia desde 1870 los años 70 del siglo XX. Esto tuvo lugar en la Biblioteca Nacional de Colombia (BNC), en donde se encuentra la colección más completa de este tipo de libros del país ya que, por una disposición legal, allí deben depositarse todos los libros publicados en Colombia.

Para la búsqueda se tuvo en cuenta que estos libros recibieron distintas denominaciones como: “historia natural”, “zoología”, “botánica”, “fisiología e higiene”, “nociones de ciencias”, entre otras (Hernández, 2009). No fue posible obtener series completas de los libros porque la producción masiva de manuales escolares es un fenómeno propio de la segunda mitad del siglo XX y, además, en el país no se cuenta con un registro detallado de ellos.

Tras la búsqueda se registraron 65 libros, de los cuales se descartaron algunos por ser re-ediciones iguales a sus precedentes y otros, porque a pesar de estar en la base de datos de la BNC, no se encontraban depositados en ella. La muestra final fue de 45 manuales (Dirección General de Instrucción Pública, 1871; Uribe, 1935; Hermanos Maristas, 1937a, 1937b, 1937c, 1939, 1941, 1946a, 1946b, 1951, 1955, 1956; Barona, 1946, 1950; Hermano Daniel, 1952, 1961, 1963a, 1963b, 1965; Rodríguez, 1952, 1958; Díaz, 1972, 1976a, 1976b, 1976c; Hermano Alejandro Octavio, 1964, 1975; Páez, 1967; Arre-

chea, 1967; Recacens, 1967, 1968a, 1968b, 1968c, 1969a, 1969b, 1970, 1971a, 1971b, 1971c; Duque, 1968; Loaiza, 1973; López, 1973; Sánchez, 1974; Tabares, 1975; Acosta, 1977).

Vale la pena aclarar que en la selección se incluyó el libro *El Niño naturalista* (Uribe, 1935), libro que si bien estaba dirigido a la escuela primaria tuvo una amplia circulación (teniendo el cuento el número de ediciones) y fue probablemente el primer manual escolar escrito y publicado en el país. Por otra parte, se incluyó el periódico publicado por la Dirección de Instrucción Pública de Colombia en 1871, llamado *La Escuela Normal* porque allí se publicó una separata dirigida a los profesores que cumplió las funciones de manual escolar. Este texto se publicó durante un período, conocido como “el Olimpo radical”, que es muy relevante para entender el papel de la religión católica en la educación del país.

La interpretación de los manuales tuvo comienzo con la lectura de los índices de cada uno de los libros, para identificar las secciones en donde fuera más explícita la relación entre ciencia y religión y en las cuales se abordara la evolución o temas estrechamente relacionados con ella. Luego de la identificación de las partes se adoptó una perspectiva hermenéutica, en la que no se formularon categorías previas de análisis sino que ellas emergieron en el proceso interpretativo, que tuvo las siguientes fases (Bicudo, 2000):

- Lectura de las secciones seleccionadas de cada manual.
- Identificación de unidades de sentido: fragmentos que tienen sentido para el investigador en relación con el objeto de indagación.
- Descripción de las unidades de sentido en las palabras del autor. Para esto se elaboraron aserciones con las palabras del investigador.
- Construcción de redes de significados y categorías, a partir de las convergencias de las unidades de sentido ya analizadas e interpretadas.
- Explicaciones del investigador a partir de las categorías enunciadas y de las redes de significados elaboradas. Para esto se utilizaron referentes teóricos y modelos de relación entre ciencia y religión, así como conceptos claves del darwinismo. De este forma se conformaron redes sobre: concepción de la naturaleza, evolución

humana, sentido de la enseñanza de las ciencias, clasificación de los seres vivos y evidencias de la evolución.

- Elaboración de una interpretación general del discurso desplegado en los manuales escolares.

Los resultados se relacionaron con el contexto político colombiano y las transformaciones en las relaciones entre la Iglesia católica y el Estado. En las siguientes secciones se citan algunos fragmentos para ilustrar la interpretación final elaborada a partir del conjunto de los manuales escolares estudiados.

## 5 ACERCARSE A DIOS A TRAVÉS DE LA NATURALEZA

En todos los manuales escolares estudiados, la evolución es un tema inexistente antes de 1968, cuando Recacens (1968a) publica el primer libro que la trata en extenso, dedicándole un capítulo. Previamente, solo se encuentran menciones marginales, casi todas acompañadas de críticas o de acaloraciones para enmarcarla dentro de las perspectivas religiosas. Por ejemplo, un manual que para 1965 contaba con siete ediciones, define el “evolucionismo” de la siguiente manera:

Varios hablan de *evolucionismo*. Dicen que todos los seres, aún el hombre, han venido por evolución unos de otros; que en el correr de los siglos las ligeras variaciones y transformaciones lentas han producido unas especies, luego otras hasta resultar todas las formas tan variadas que vemos en el día de hoy. Hay aun, algunos profesores católicos que en la cátedra se muestran partidarios de esta teoría; pero esos mismos profesores afirman también que Dios fue el dirigente y el ordenador de esta *evolución* y fue Él también quien formó un alma inmortal, libre y espiritual para cada hombre. (Hermano Daniel, 1965, p. 21)

De manera que las breves alusiones a la evolución, antes de 1968, fueron en su totalidad acotadas para hacerlas congruentes con las perspectivas religiosas católicas. Algo que es coherente con los propósitos y funciones que se fijaron para la educación científica. De hecho, hasta los años 1970, la biología se definió en los manuales como una vía para contemplar la acción divina en el mundo:

El estudio de la biología disciplina y organiza el pensamiento; y el contacto con la naturaleza es un factor de bondad y de amor entre los hombres; por eso, y “cultivar en el educando la capacidad de sentir y apreciar la naturaleza como obra de Dios y hacer resaltar las bellezas y riquezas del suelo colombiano”. (Hermano Alejandro Octavio, 1964, p. 5)

Es posible afirmar que la forma de presentar la evolución en los manuales escolares, en los casos en los que se hace, es coherente con la perspectiva asumida por la Iglesia católica que, si bien formalmente no condenó el darwinismo, si tuvo expresiones que lo hicieron. En los libros estudiados esto viene a reflejarse en la negación de la validez de las ideas evolucionistas, en advertencias sobre sus consecuencias o en simplemente suprimir estos contenidos de los libros escolares.

En los manuales escolares estudiados, se define la ciencia bajo el supuesto platónico de que existe un mundo de las ideas, que cobra expresión en el mundo físico. En tal mundo, se supone que existen leyes, armonías y relaciones que preceden a la materia y son independientes de ella. De manera que, le corresponde a la ciencia descubrir y desvelar tales relaciones y regularidades preexistentes en el mundo de las ideas. Se trata entonces de superar la apariencia de las cosas para hallar su esencia:

Las leyes de la materia forman pues el primer objeto de la ciencia i existieron primero que el hombre e independientemente de él. La geometría es la ciencia de la forma i de sus relaciones, derivadas de la materia únicamente. Estas leyes coexistieron con la creación de la materia, i han continuado existiendo independientemente del hombre. Los principios de la geometría existirían i la ciencia también existiría en estado latente tal vez, aunque el hombre no hubiera sido creado jamás. (Dirección General de Instrucción Pública, 1871, p. 38)

Como se ve aquí, las leyes se consideran como previas a la existencia del ser humano y no como abstracciones humanas. Incluso se considera que una disciplina, en este caso la geometría, existía antes e independientemente de que existiera la humanidad. En este sentido, las leyes se consideran como entidades inmutables y eternas, que son previas al conocimiento humano. En otro manual escolar posterior, se afirma:

La creación es la expresión de una idea; es un pensamiento revestido de materia, que Dios ofrece constantemente a la consideración del espíritu para que se eleve a El. (Barona, 1946, p. xii)

Este planteamiento, típicamente platónico, establece una relación entre “la idea” y “la materia” en la cual la segunda emana de la primera. El estudio de la naturaleza implica entonces, elevarse al mundo de las ideas que preceden a la materia y la rigen. En consonancia, al referirse a los que se denominan como “hombres de ciencia” se afirma que ellos son los que oyen “la música de las esferas”, perciben “el alma del mundo”, “piensan los pensamientos de Dios después que El”, “se juzgan niños pequeños que en la playa juegan con las piedrecillas, mientras el gran océano de la Verdad se extiende ante su vista” y “conocen los hechos del mundo como las palabras de Dios” (Barona, 1946, p. xii).

Dicha manera de presentar la actividad científica, reviste a los científicos en un halo de espiritualidad que está dada, precisamente porque su labor es acercarse a un conocimiento preexistente y eterno que, como se verá más adelante, emana de un ser superior. Esta concepción es propia de la teología natural, en la que la actividad científica está más relacionada con “buscar” y “encontrar”, que con “construir”; así que las leyes y las relaciones presentes en la naturaleza, “se encuentran” o “se descubren” no “se construyen” (McGrath, 2008). En otras palabras, la actividad científica, en tanto busca la Verdad, se considera una de las vías para acercarse a Dios que no supone desafío alguno a los dogmas religiosos:

[...] no habrá temor de que el resultado final científico venga a chocar con las verdades religiosas ya que los dos principios, el científico, como el religioso, provienen de la misma Fuente y no puede haber colisión. (Hermano Daniel, 1952, p. 29)

En este marco, la ciencia se pone en función de la obra religiosa: “El fin principal de la enseñanza de las ciencias naturales consiste en llegar a la idea de Dios, por hechos y deducciones” (Barona, 1946, p. xi).

Esta manera de relacionar religión y ciencia cumplió un papel ideológico clave para que la Iglesia católica hiciera frente a los desafíos que supusieron el desarrollo científico y la filosofía materialista. Así, los avances de la ciencia fueron considerados como pruebas que

reafirmaban la obra de un creador. En lo que respecta a la biología esto implicaba una perspectiva que suponía orden, armonía, belleza y otra serie de atributos convergentes con la idea de un creador perfecto. De modo que la iglesia no se opuso a la actividad científica sino a las respuestas filosóficas que no se enmarcaron dentro de la visión católica del mundo.

La enseñanza de las ciencias se justificó e integró para cumplir una función en la formación del cristiano católico, por ser un medio para conocer a Dios a través de sus obras (Blázquez, 2011). De esta forma las ciencias se convirtieron en una vía para ejemplificar y evidenciar los propósitos y la acción de Dios en el mundo natural y para hallar los valores y virtudes que él espera de los seres humanos:

¿sabéis que otra utilidad pedagógica obtenemos del estudio de la Historia Natural? Seguramente este producirá el sentimiento más noble: el amor de Dios. Sí; porque la sabiduría, la belleza, la bondad, redaman amor de todo ser inteligente y libre, y Dios es infinitamente sabio, hermoso y bueno. (Uribe, 1935, p. 2)

La forma que toma el estudio de la naturaleza es contemplativa y busca en el mundo valores espirituales. Así que “los objetos naturales a menudo estaban dotados de significados simbólicos y morales que apuntaban a específicas doctrinas y enseñanzas cristianas” (Crowther-Heyck, 2003, p. 260). El siguiente texto hace una descripción en la que se enfatiza en los rasgos espirituales:

El hombre es el dueño de un espíritu que le permite admirar la grandeza y la sublimidad de la Creación y comprender la unidad y la armonía del Universo, ennoblece sus goces y engrandece sus conocimientos contemplándose a sí mismo como el ser viviente que levanta su personalidad espiritual, sobre la base de la organización material análoga a los demás seres. (Duque, 1968, p. 9)

Como se ha denotado hasta aquí, la perspectiva general que asumen los manuales escolares estudiados, está profundamente enraizada en la teología natural y en la filosofía neo-tomista (Saldarriaga, 2010); mediante esta filosofía el catolicismo embebió la ciencia dentro de su visión del mundo y cerró el paso a las conclusiones filosóficas que pudieran ser contrarias a sus dogmas. Precisamente, en este marco las ideas de contingencia y de una selección natural que actúa sin un

propósito predeterminado, no tuvieron cabida y fueron denostadas como parte de la ideología materialista.

El finalismo de la evolución y, en consecuencia, el finalismo y el equilibrio biológico que existe actualmente y que ha existido siempre en cualquier momento de la historia de la Tierra, es el carácter más destacado de la evolución orgánica. [...] Las leyes de la evolución, a que nos hemos referido, exigen ineludiblemente un Legislador y en ningún caso pueden ser producto del azar. **Solo, pues, una evolución finalista satisfará plenamente al paleontólogo que, como dijimos, sin prejuicios estudie el problema de la evolución orgánica desde un punto de vista imparcial.** (Hermano Daniel, 1965, Notas adicionales 4, p. 35; sin énfasis en el original)

## 6 EL ORDEN DE LA NATURALEZA

En los manuales escolares estudiados se encuentran comúnmente palabras como secretos, maravillas, misterios, belleza, perfección, armonía, etc. para referirse al mundo natural. El uso de estos adjetivos cumple la función de remarcar que las propiedades que se encuentran en la naturaleza son signos de los atributos de un ser perfecto, rastros que permiten conocer a Dios (Crowther-Heyck, 2003). En este sentido, un manual define la naturaleza afirmando:

Esta palabra denota: 1º) El autor de la creación (Dios); 2º) La esencia de un ser con los atributos que le son propios; y 3º) El conjunto de todas las cosas creadas que pueden ser percibidas por nuestros sentidos, o sea el mundo físico. (Hermano Daniel, 1952, p. 7)

En esta perspectiva todo cuanto la ciencia pueda “hallar” termina subsumido bajo la idea de que esto no hace más que demostrar que hay un orden en el universo y, por ende, un ordenador del mismo. Por ello, se pone tanto acento y se menciona recurrentemente la perfección, la armonía y la belleza del mundo natural.

Otro elemento importante que resulta importante en la definición de la naturaleza, propia de la teología natural, es el concepto de “serie natural”. Esta idea plantea que es posible ordenar a los seres vivos en una “escala natural” ascendente en cuyo punto más alto se encuentra el ser humano. En el orden dado por Linneo a los seres vivos se encuentra esta idea que supone reflejar la armonía y el propósito implí-

bitos en la creación (Farber, 2000), apelando a la complejidad como criterio organizador. Esta escala se considera que da cuenta de la tendencia de la vida. El siguiente pasaje muestra cómo esto se planteó:

[El ser humano]...Es la única criatura que recibió el excelso don de conocer su propia existencia. Lleva en sí la perfección creadora, se decora con el señorío de la vida, y sólo él se mantiene erguido mirando el cielo. La relevante personalidad espiritual del hombre asienta sobre una organización corporal que se distingue de los caracteres inherentes a un gran perfeccionamiento biológico. Su desarrollo embrionario es más perfecto que el de otros mamíferos; el hombre surge a la luz con los ojos abiertos, la voz fuerte y con la necesidad de respirar con amplitud. Apenas puede, toca la tierra sólo con sus extremidades inferiores; es el único bímano que mantiene la posición majestuosa de su cuerpo, bello como el de los atletas griegos. (Duque, 1968, p. 10)

Con la serie natural se pretende demostrar que el desarrollo de la vida tiene una “tendencia” inherente que se mueve de lo menos perfecto hacia la perfección. Esta idea ha sido profundamente rebatida por el darwinismo que concibe la evolución como contingente y sin propósito alguno. De modo que, una organización de los seres vivos en orden creciente hacia la perfección no muestra realmente cómo ha sido el desarrollo de la vida.

## 7 CATOLICISMO Y DARWINISMO

Desde que se publicó *El Origen de las especies* (Darwin, [1872], 1979) la posición oficial del Vaticano con respecto a la evolución fue de prudencia, algo que Artigas, Glick & Martínez (2010) consideran como un efecto del caso Galileo. Acorde con esta actitud pragmática, se evitaron las condenas públicas y se usaron procedimientos como la retractación personal que fueron suficientes para detener, en su momento, la difusión de las ideas evolucionistas sobre todo en el seno de la iglesia católica.

Esto no significó que las autoridades vaticanas aceptaran la evolución. De hecho, reiteradamente se opusieron a la evolución sobre todo aplicada a los seres humanos. Varias publicaciones católicas y la mayor parte de los teólogos católicos expresaron su desacuerdo con

la evolución. Por ejemplo, *La Civiltà Cattolica*, una publicación de la Compañía de Jesús de gran prestigio y de amplia difusión entre los religiosos católicos, publicó múltiples artículos a finales del siglo XIX en los que se condenaron las ideas evolutivas, que eran vistas como una ideología de tipo materialista y agnóstica, basada en una teoría científica carente de fundamento serio (Artigas, Glick & Martínez, 2010).

Un hecho que da cuenta de la postura oficial del Vaticano es que no existe referencia de libros que hayan sido incluidos explícitamente en el Índice de Libros Prohibidos<sup>2</sup> por tratar temas evolucionistas. Durante el siglo XIX, y buena parte del siglo XX, no existió una doctrina bien definida y oficial con respecto a la evolución, de manera que no hubo condenas explícitas y mayor envergadura sobre este particular.

Varios autores católicos como Leroy, Zahm, Bonomelli y Hedley (Artigas, Glick & Martínez, 2010) plantearon a finales del siglo XIX y en los primeros años del siglo XX posibles articulaciones de la evolución con la doctrina católica. Un argumento frecuentemente usado para este propósito fue excluir al ser humano del proceso evolutivo, considerar a Dios como “Causa Primera” de toda la realidad y distinguirlo de las “causas segundas” que operan de acuerdo con las leyes que el propio Dios ha creado. Por ejemplo, Zahm (1896) afirma que el evolucionismo no hace más que modificar el argumento del diseño de Paley y señala la manera en que el evolucionismo puede ser incorporado dentro de la perspectiva católica del origen del mundo:

Para Paley, como para la vieja escuela de teólogos naturales, Dios fue la causa directa de todo lo que existe; para los evolucionistas es la causa de las causas – Causa *causarum*, del mundo y de todo lo que contiene. De acuerdo con la opinión antigua, Dios creó todo directamente y en la condición en que existe ahora; según la Evolución, la creación, o el desarrollo o más bien, ha sido un proceso lento y gradual, exigiendo incontables eones para convertir el caos en un cos-

---

<sup>2</sup> El listado de libros prohibidos era preparado por la denominada Congregación del Índice que ante la denuncia a un libro abría un proceso y basándose en una doctrina establecida, decidía si se incluía dicho texto en el listado, que luego se hacía público (Artigas, Glick & Martínez, 2010).

mos, y para dar al universo visible toda la belleza y la armonía que ahora exhibe. Parece, en efecto, más acorde con nuestras ideas de Dios, a quien mil años son como un día y un día como mil años. (Zahm, 1896, pp. 412-413)

Esta manera de concebir la evolución y de compaginarla con la religión, como lo nota el propio Zahm (1986), es algo característico de la filosofía neotomista. En este caso se acepta que “el hecho” del proceso evolutivo pero, dentro de la visión católica de un mundo, se considera como orquestado en última instancia por un creador. En esta perspectiva no se afirma que la creación sucedió tal cual se relata en el Génesis, sino que se acepta que a la luz de los conocimientos científicos tal relato puede ser reinterpretado. Tal perspectiva es explícita en algunos de los manuales escolares estudiados:

Con relación al origen de la vida, se sabe que los seres que integran la naturaleza son finitos, no eternos; han tenido principio, luego fueron creados. Ya se acepta que los organismos derivan de uno o de unos pocos originales y que éstos hayan sido creados directamente o que deriven de los minerales, lo cierto es que eso no se ha realizado al azar, sino conforme a un plan creador. Corresponde a la ciencia investigar el modo como los organismos hicieron su aparición sobre la tierra, adarando ese aspecto hasta donde sea posible. (Díaz, 1972, p. 247)

En este caso se usa una de las ideas fundamentales en el argumento del diseño: el hecho de que exista orden y funcionalidad en los seres vivos, no puede ser resultado del azar y por ende es una prueba de la existencia de un creador. La manera en que opera dicho creador puede ser discutida, como lo plantea Zahm, pero de lo que no puede dudarse, es de su existencia. En este sentido, la TSN puede ser el mecanismo por el cual Dios actúa y el papel de la ciencia se fija en la búsqueda de una explicación que, de cualquier forma, tendrá que ser coherente con lo planteado por los fundamentos de la religión:

Hasta ahora no existe demostración física de este «hecho» [la evolución]. Pero supongamos que algún día se logre demostrar. Eso significaría simplemente que Dios permitió y ordenó este trabajo y estos resultados de las causas segundas; pero la causa primera es él. (Hermano Daniel, 1952, p. 28)

Como se ve es casi imposible salir de esta lógica circular porque cualquier explicación científica puede ser puesta en la categoría de “causa segunda” y convertirse en una aproximación a la forma de acción de Dios en el mundo. En términos darwinistas no es necesaria una explicación sobrenatural para explicar el surgimiento de nuevas especies, la transformación de la vida y la aparente perfección con que se adaptan los seres vivos a sus nichos. Sin embargo, esto también es susceptible de ser embebido en una visión del mundo católica en que la causa primera sigue siendo Dios:

Todos estos seres están dotados de la facultad de reproducirse, perpetuándose así las especies. En todo esto se descubre una organización admirable. Estos seres, necesariamente, deben su existencia al Dios Criador. No tiene otra explicación el origen de la vida. No puede invocarse la generación espontánea, que es imposible según hemos visto. Los que buscan en la evolución tienen que apelar a los racionios que, en definitiva, alejan la cuestión sin resolverla. Los que han tratado de producir la vida aplicando las propiedades de la materia bruta, sólo han obtenido ridículos simulacros de ella. (Hermanos Maristas, 1937a, p. 125)

El texto es enfático al negar cualquier posibilidad de un origen y desarrollo de la vida que no sea divino. Vale la pena notar que se asume que la evolución intenta explicar el origen de la vida, una cuestión que no es estrictamente competencia de ella. Pero resulta de mayor importancia resaltar el énfasis que se pone en el orden propio de la naturaleza. La contingencia del proceso evolutivo ha sido desde hace mucho una de las tesis darwinistas más difíciles de aceptar por el cristianismo. Sin embargo, esto no supone que se adopte una postura creacionista estricta y literal:

La superficie terrestre, cuando presentó condiciones apropiadas para la vida, se cubrió de abundante vegetación, favorecida extraordinariamente en los primeros tiempos por la temperatura aún elevada que reinaba en ella y la gran cantidad de agua y anhídrido carbónico de que estaba cargada la atmósfera. Aparecieron también los animales, primero Pólipos y Moluscos, luego peces y saurios. Limpio ya el aire de anhídrido carbónico, se pobló la tierra de Insectos y Aves, y más adelante de Mamíferos, muchos de ellos de dimensiones colosales y

formas desconocidas en la fauna actual. Por fin hizo su aparición el Hombre. (Hermanos Maristas, 1937a, p. 101)

En este fragmento el desarrollo de los seres vivos se expone de una forma que puede ser interpretada como evolutiva a la vez que la aparición de los organismos es presentada en un orden similar al descrito en el primer capítulo del Génesis. Esta ambigua manera de mostrar el desarrollo de la vida, que es creacionista en el fondo, no afirma que todas las especies aparecieron súbitamente ni que han sido inmutables. De otro lado, tácitamente se mantiene la idea de que el desarrollo de la vida – incluso si se acepta la evolución – es un proceso tendiente hacia la “aparición del Hombre”. Esta idea se opone a la tesis darwinista de la contingencia de la evolución.

La Iglesia católica acepta la evolución de una manera particular, manteniendo que la naturaleza espiritual y especial del ser humano es indiscutible. En el manual escolar *Historia Natural* (Hermanos Maristas, 1937a) con referencia a la evolución se hacen las siguientes precisiones:

1° que es sencillamente una teoría, careciendo de demostración evidente; 2° que no puede referirse al alma del hombre, de naturaleza especial, infundida por un sopro divino. (Hermanos Maristas, 1937a, p. 102)

Este planteamiento es típico de la teología natural ya que mezcla razones de tipo teológico con argumentos científicos. En primer lugar, se dice que no hay una “demostración evidente” de la evolución, por lo que es una simple teoría y luego, se afirma la existencia del alma en el ser humano, que paradójicamente tampoco puede demostrarse. El argumento salta de la razón a la revelación para enfatizar en la dualidad espíritu-materia que se presupone en el humano. Esta idea recalca que de alguna manera debe establecerse una ruptura en la continuidad evolutiva entre los seres humanos y los animales para denotar su carácter único.

## 8 CONCLUSIONES

En los 45 manuales escolares estudiados, que fueron publicados entre 1871 y 1976, se presenta cierta unidad en la perspectiva que

asumen. Particularmente, en lo referente al estudio de la naturaleza, al papel de la ciencia en la escuela básica y en la actitud frente al darwinismo. Probablemente esta coherencia está relacionada con el contexto socio-político de Colombia, en el cual la Iglesia católica ejerció control directo sobre diversas esferas de la sociedad, entre ellas, y de manera especial, sobre la educación.

En libros examinados, la ciencia se presenta embebida dentro de una visión del mundo católica. De esta manera la ciencia cumple una función formativa por cuanto se la caracteriza como un instrumento más para conocer a Dios, advirtiendo que para esto se requiere conservar siempre la vista puesta en la verdad revelada y siendo prudente para no contradecir las verdades establecidas por las doctrinas de la Iglesia. Todos los manuales escolares examinados, hasta finales de los años 1960, fusionan la razón y la fe, poniendo la primera al servicio de la segunda.

La teología natural operó como un dispositivo filosófico que fusionó razón y revelación como medios complementarios para aproximarse a Dios; sostuvo la idea de las causas segundas y la causa primera, lo que le permitió afirmar que todo cuando hacia la ciencia era aproximarse a las causas segundas sin estar dentro de sus posibilidades cuestionar la causa primera que es Dios y proscribió cualquier consecuencia filosófica materialista calificándola de ser ideológica y carecer de fundamentos.

En lo que respecta al darwinismo, en líneas generales se encuentra que su incorporación en los manuales fue evitada cuanto se pudo. El primer libro que explica la evolución y expone el grueso de sus argumentos es de 1968 (Recacens, 1968a). Antes, si bien se mencionaban las ideas evolutivas o “transformistas”, éstas se presentaban al mismo tiempo que se refutaban tergiversando algunas de sus tesis centrales. En otras palabras, más que presentar la evolución se la cuestionaba, sin exponer imparcialmente la capacidad de sus teorías para explicar y correlacionar fenómenos.

Las tesis darwinistas del ancestro común aplicado a los seres humanos fue cuestionada y aceptada con la condición de preservar para ellos una naturaleza especial. Así, se mantuvo la idea de una discontinuidad evolutiva entre los animales y los humanos para resaltar su carácter único y especial. LA TSN fue acogida como una teoría capaz

de explicar las causas segundas, preservando la idea de una causa primera que es Dios. Por otra parte, la tesis de la contingencia del proceso evolutivo fue denegada como una idea materialista sin mayores fundamentos y con un sesgo ideológico; para esto, los manuales hicieron énfasis en el orden y la serie natural mostrando que la tendencia de la vida era la aparición del hombre en el planeta y el surgimiento de formas más perfectas y complejas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA, Ignacio. *Ciencias naturales integradas: fichas de trabajo, manual de teoría, evaluaciones y práctica*. Bogotá: Stella, 1977.
- ARRECHEA, Elio. *Introducción a las ciencias*. Bogotá: Cultural Colombiana, 1967.
- ARTIGAS, Mariano, GLICK, Thomas; MARTÍNEZ, Rafael. *Seis católicos evolucionistas: el Vaticano frente a la evolución*. Madrid: Biblioteca de Autores Cristianos, 2010.
- AYALA, Francisco. Darwin y la teoría de la evolución: presente, pasado y futuro. *Ambiociencias*, Número monográfico: 11-18, 2009.
- BARONA, Ramón. *Lecciones de historia natural: arregladas para las escuelas elementales*. Bogotá: Cromos, 1946.
- . *Lecciones de historia natural*. Bogotá: Pax, 1950.
- BICUDO, María. *Fenomenología: confrontos e avanços*. São Paulo: Cortez, 2000.
- BLÁZQUEZ, Francisco. A Dios por la ciencia: Teología natural en el franquismo. *Asclepio*, **63** (2): 453-476, 2011.
- DIRECCIÓN GENERAL DE INSTRUCCIÓN PÚBLICA. La idea de ciencia. *La Escuela Normal*, **1**: 38-29, 1871.
- DUQUE, Ignacio. *Biología humana para cuarto año de enseñanza media: 4to*. Medellín: Bedout, 1968.
- CARDOSO, Néstor. Los textos de lectura en Colombia: aproximación histórica e ideológica. 1872-1917. *Revista Educación y Pedagogía*, **13** (29-30): 131-142, 2001.
- CHACÓN LESMES, Nelson J. Polémicas evolucionistas en Colombia a finales del siglo XIX: pasado y presente de la naturaleza, el hombre y las sociedades. *Memoria y Sociedad*, **13**, (26): 41-62, 2009.

- CHOPPIN, Alain. Pasado y presente de los manuales escolares. Pp. 107-160, en: BERRIO, Julio. (ed.). *La cultura escolar de Europa: tendencias históricas emergentes*. Madrid: Biblioteca Nueva, 2000.
- CROWTHER-HEYCK, Kathleen. Wonderful secrets of nature: natural knowledge and religious piety in Reformation Germany. *Isis*, **94** (2): 253-273, 2003.
- DARWIN, Charles Robert. *The origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life* [1872]. Edición especial. España: Bruguera, 1979.
- DIAZ, Julio. *Biología animal para el tercer año de enseñanza media*. Medellín: Bedout, 1972.
- . *Biología Integrada II: para el tercer año de enseñanza media*. Medellín: Bedout, 1976 (a).
- . *Biología Integrada III: para cuarto año de enseñanza media*. Medellín: Bedout, 1976 (b).
- . *Ciencias naturales: primer curso de enseñanza media*. Medellín: Bedout, 1976 (c).
- DUQUE, José. *Biología humana para cuarto año de enseñanza media: 4to*. Medellín: Bedout, 1968.
- FARBER, Paul. *Finding order in nature: the naturalist tradition from Linnaeus to E. O. Wilson*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2000.
- GINNOBILI, Santiago. Darwin: el Galileo de la historia natural. Pp. 111-122, en: BUSDYGAN, Daniel; GINNOBILI, Santiago (eds.). *Filosofía: Carpeta de trabajo*. Bernal: Universidad Virtual de Quilmes, 2014.
- GLICK, Thomas. *Darwin en España*. Barcelona: Península, 1982.
- HERMANO ALEJANDRO OCTAVIO. *Nociones de biología animal: tercer año de enseñanza media*. Medellín: Bedout, 1964.
- . *Nociones de biología animal de acuerdo con el programa oficial: tercer año de enseñanza media*. Medellín: Bedout, 1975.
- HERMANO DANIEL. *Sinopsis de biología general (Zoología y botánica): guía para los estudios de biología del 3er. Año de Bachillerato*. Medellín: Bedout, 1952.
- . *Conozcamos la naturaleza: desarrollo del programa oficial de tercera elemental*. Bogotá: Librería Stella, 1961.

- . *Ciencias biológicas: botánica y zoología desarrollo del programa oficial de ciencias biológicas para segundo y tercer años de enseñanza media*. Bogotá: Librería Stella, 1963 (a).
- . *Comprendamos la naturaleza: desarrollo del programa oficial de cuarto año elemental*. Bogotá: Librería Stella, 1963 (b).
- . *Sinopsis de biología general: (zoología y botánica): guía para los estudios de biología del 3er. año de Bachillerato*. Medellín: Bedout, 1965.
- HERMANOS MARISTAS. *Historia natural*. Bogotá: Librería Voluntad, 1937 (a).
- . *Compendio de biología*. Bogotá: Librería Voluntad, 1937 (b).
- . *Nociones de ciencias físicas y naturales*. Bogotá: Librería Voluntad. 1937 (c).
- . *Fisiología e higiene*. Bogotá: Cromos, 1939.
- . *Historia natural*. Bogotá: Librería Voluntad, 1941.
- . *Fisiología e higiene*. Bogotá: Cromos, 1946 (a).
- . *Nociones de ciencias físicas y naturales*. Bogotá: Librería Voluntad. 1946 (b).
- . *Fisiología e higiene*. Bogotá: Librería Voluntad, 1951.
- . *Compendio de biología*. Bogotá: Librería Voluntad, 1955.
- . *Anatomía, fisiología e higiene*. Bogotá: Librería Voluntad, 1956.
- HERNÁNDEZ, Margarita. El análisis del darwinismo en los manuales escolares de Ciencias Naturales a la luz de la investigación educativa. *XV Coloquio de Historia de la Educación*. Pamplona, 2009. Pp. 767-776, en: *Memorias del Coloquio*. Pamplona: Universidad Pública de Navarra, 2009.
- HULL, David. Deconstructing Darwin: evolutionary theory in context. *Journal of the History of Biology*, **38** (1): 137-152, 2005.
- KAMPOURAKIS, Kostas. *Understanding evolution*. New York: Cambridge University Press, 2014.
- LOAIZA, Silvio. *Biología humana*. Bogotá: Tem, 1973.
- LÓPEZ, Enrique. *Introducción a las ciencias*. Medellín: Bedout, 1973.
- MACGRATH, Alistair. *The open secret: a new vision for natural theology*. Malden: Blackwell, 2008.
- MAYR, Ernst. *Por qué es única la biología: consideraciones sobre la autonomía de una disciplina científica*. Buenos aires: Katz, 2006.

- MOSS, Gillian; CHAMORRO, Diana. La enseñanza de la ciencia sin asidero en el tiempo ni en el espacio: análisis del discurso de dos textos escolares. *Revista Lenguaje*, **36** (1): 87-115, 2008.
- PÁEZ, Carlos. *Introducción a las ciencias*. Bogotá: Retina, 1967.
- PELAYO, Francisco. Darwinismo y antidarwinismo en España (1900-1939): la extensión y crítica de las ideas darwinistas. Pp. 267-283, en: PUIG-SAMPER, Miguel; RUIZ, Rosaura; GALERA, Andrés (eds.). *Evolucionismo y cultura: Darwinismo en Europa e Iberoamérica*. Madrid: Doce Calles, 2002.
- PUIG-SAMPER, Miguel; RUIZ, Rosaura; GALERA, Andrés (eds.). *Evolucionismo y cultura: Darwinismo en Europa e Iberoamérica*. Madrid: Doce Calles, 2002.
- RECACENS, José. *Introducción a las ciencias*. Bogotá: Voluntad, 1967.
- . *Biología animal: desarrollo del programa vigente de las ciencias biológicas para tercer año de enseñanza media*. Bogotá: Voluntad, 1968 (a).
- . *Introducción a las ciencias*. Bogotá: Voluntad, 1968 (b).
- . *Introducción a las ciencias*. Bogotá: Voluntad, 1968 (c).
- . *Biología animal: desarrollo del programa vigente de las ciencias biológicas para tercer año de enseñanza media*. Bogotá: Voluntad, 1969 (a).
- . *La naturaleza: biología humana: desarrollo evolutivo del programa de ciencias naturales vigente para el cuarto año de enseñanza media*. Bogotá: Voluntad, 1969 (b).
- . *Biología vegetal*. Bogotá: Voluntad, 1970.
- . *Biología vegetal*. Bogotá: Voluntad, 1971 (a).
- . *Introducción a las ciencias*. Bogotá: Voluntad, 1971 (b).
- . *Introducción a las ciencias*. Bogotá: Voluntad, 1971 (c).
- RESTREPO, Olga. Leyendo historias sobre el darwinismo. Pp. 21-45, en: PUIG-SAMPER, Miguel; RUIZ, Rosaura; GALERA, Andrés (eds.). *Evolucionismo y cultura: Darwinismo en Europa e Iberoamérica*. Madrid: Doce Calles, 2002.
- . El darwinismo en Colombia: visiones de la naturaleza y la sociedad. *Acta Biológica Colombiana*, **(14)**: 23-40, 2009 (a).
- . (2009b). La mundialización del darwinismo como proceso y como texto. *Acta Biológica Colombiana*, **(14)**: 41-62, 2009 (b).
- RODRÍGUEZ, Salomón. *Nociones de anatomía, fisiología e higiene del cuerpo humano*. Bogotá: Librería Voluntad, 1952.

- . *Nociones de anatomía, fisiología e higiene del cuerpo humano*. Bogotá: Librería Voluntad, 1958.
- RUIZ, Rosaura. *Positivismo y evolución: introducción del darwinismo en México*. México: UNAM, 1987.
- RUSE, Michael. Darwinism then and now: the divide over form and function. *Science & Education*, **19** (4): 367-389, 2009 (a).
- RUSE, Michael. Darwin y la filosofía. *Teorema*, **28** (2): 15-33, 2009 (b).
- SALDARRIAGO, Oscar. Subjetividad/objetividad: hipótesis para una lectura del “campo epistémico” en Colombia-siglo XIX. Pp. 79-117, en: SÁNCHEZ, Alejandro; HENSEL, Franz; ZULETA, Mónica; PEDRAZA, Zandra (eds.). *Actualidad del sujeto: conceptualizaciones, genealogías y prácticas*. Bogotá: Universidad del Rosario, 2010.
- SAMACÁ, Gabriel. Los manuales escolares como posibilidad investigativa para la historia de la educación: elementos para una definición. *Revista Historia de la Educación Latinoamericana*, **16**: 199-224, 2011.
- SÁNCHEZ, Sergio. *Biología integrada III: curso básico de educación media*. Bogotá: Didáctica, 1974.
- TABARES, Antonio. *Ciencias naturales: primer curso de enseñanza media*. Medellín: Bedout, 1975.
- TORRES, Doris; LONDOÑO, Carlos. Textos y pedagogía en los albores del siglo XX en Colombia. *Revista Historia de la Educación Latinoamericana*, **16**: 255-278, 2011.
- URIBE, José. *El Niño Naturalista*. Medellín: Imprenta Departamental, 1935.
- ZAHM, John. *Evolution and Dogma*. Chicago: D. H. McBride, 1896.

**Data de submissão:** 15/02/2016

**Aprovado para publicação:** 28/04/2016

# Algunas especulaciones de Maupertuis y Diderot sobre la relación entre estructura y función en los seres vivos

Gustavo Caponi \*

**Resumen:** Según Maupertuis y Diderot, la congruencia entre las estructuras orgánicas y las *condiciones de existencia de los seres vivos*, resulta, primeramente, de una proliferación originaria de formas vivas, seguida de la eliminación de las variantes inviábiles. Las formas persistentes, a su vez, deben explorar modos de vida acordes a su organización; generándose así la apariencia de que la morfología se adecua al *modo de vida* de cada ser. Ese modo de existencia, que es resultado y no causa de la morfología, impone, por fin, formas de comportamiento capaces de modificar esas estructuras orgánicas; lo que resulta en modificaciones secundarias pasibles de acumularse a lo largo de las sucesivas generaciones de cada linaje de seres vivos.

**Palabras clave:** Buffon, Georges; Diderot, Denis; Maupertuis, Pierre; causas finales; seres vivos

## Some speculations of Maupertuis and Diderot concerning the relationship between structure and function in living beings

**Abstract:** According to Maupertuis and Diderot, the congruence between organic structures and the conditions of existence of living beings results, firstly, of an initial proliferation of living forms, followed by the elimination of unviable variants. Persistent forms, in turn, should explore ways of life consistent with their organization; creating, thus, the appearance that morphology fits the condition of life of each being. This mode of existence, which is the result and not the cause of morphology, imposes, finally, forms of behavior that are capable of modifying these organizational structures;

---

\* Departamento de Filosofia da Universidade Federal de Santa Catarina. Caixa Postal 476, 88.010-970, Florianópolis, SC. E-mail: gustavoandrescaponi@gmail.com

situation that results in minor modifications that can accumulate over the successive generations of each lineage of living beings.

**Key-words:** Buffon, Georges; Diderot, Denis; Maupertuis, Pierre; final causes; living beings

## 1 INTRODUÇÃO

En algunos escritos suyos, Pierre Louis Moreau de Maupertuis (1698-1759) y Denis Diderot (1713-1784) se permitieron ciertas reflexiones y especulaciones que pueden darnos una idea sobre cómo fue que ellos, y otros naturalistas de posiciones afines a ellos como fueron Georges Buffon (1707-1788), Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829) y Étienne Geoffroy Saint-Hilaire (1772-1844), pudieron pensar la correlación entre estructura y función que exhiben los seres vivos. Estos naturalistas se negaban a entender los fenómenos naturales en términos de causas finales; y eso también valía para los seres organizados. Pero, en este último caso, la reflexión chocaba con la adecuación, más o menos estricta, que existe entre las configuraciones morfológicas y las *condiciones de existencia* de cada ser vivo. Esa adecuación parecía recalcitrante a cualquier explicación puramente basada en causas eficientes.

Ella, por el contrario, parecía exigir una explicación teleológica; que esos naturalistas y pensadores, de posiciones materialistas, se resistían a ensayar<sup>1</sup>. Fue por eso, para mostrar que las explicaciones por causas eficientes también podían llegar a abrirse camino en ese terreno, que Maupertuis y Diderot se permitieron ciertas especulaciones que aquí he de presentar en forma articulada y unitaria. Estimo, conforme acabo de decir, que eso puede servirnos para entender la forma en que ellos, y otros naturalistas remisos a las explicaciones por causas finales, pensaban una cuestión que, a primera vista y mucho antes de Darwin, no parecía dejar otra alternativa que el salto a la Físico-Teología del diseño.

---

<sup>1</sup> Sobre ese materialismo francés, típico del Siglo XVIII pero que no dejó de tener eco en las primeras décadas del siglo XIX, véase el trabajo de Ernest Gellner (1968): "El materialismo francés del Siglo XVIII".

## 2 MUCHO ANTES DE DARWIN

La correlación existente entre la configuración de los seres vivos y las exigencias funcionales que ellos debían satisfacer para subsistir, no fue un tema fácil para la Historia Natural predarwiniana. Georges Cuvier (1769-1829), por ejemplo, consideraba esa correlación como un supuesto fundamental de la Anatomía Comparada (Cuvier [1812], 1992, p. 97; 1817, p. 6); pero su programa teórico no contemplaba, ni sugería, ninguna explicación causal de ese supuesto (Caponi, 2008, pp. 41-49). Mientras tanto, ya desde fines delo siglo XVII e inicios del Siglo XVIII, la Físico-Teología de autores como Robert Boyle (1627-1691), John Ray (1627-1705), y William Derham (1657-1735) venía ofreciendo la alternativa de ir más allá de los límites de la ciencia natural, para así poder encontrar la explicación del diseño orgánico en el designio divino (Boyle, 1688; Derham, 1723; Ray [1704], 1735); y fue quizá para desestimar la necesidad de ese recurso teológico, que Buffon escogió la alternativa de minimizar, y hasta negar, la adecuación entre estructura y función que algunos atribuían a los seres vivos.

Para Buffon ([1755], 2007, p. 623), la idea de que toda estructura orgánica tenía una *razón de ser* era una falsedad resultante de nuestro apego a las explicaciones teleológicas<sup>2</sup>. “La naturaleza”, decía él, “está muy lejos de sujetarse a las causas finales en la composición de los seres” (Buffon [1755], 2007, p. 623); pudiendo producir, incluso, seres con partes sin ninguna utilidad (Caponi, 2010, p. 60). Tal el caso, por ejemplo, de los dedos del cerdo, “cuyos huesos están perfectamente formados, y, sin embargo, no le sirven de nada” (Buffon [1755], 2007, p. 623). Buffon consideraba que no había ninguna razón para pensar que “en cada individuo todas las partes sean útiles a las otras y necesarias” (*ibid.*); y, en su opinión, para que en un ser vivo las diferentes partes que lo componen puedan encontrarse juntas, bastaba que ellas no se dañasen mutuamente, pudiendo desarrollarse conjuntamente sin obstruirse (Caponi, 2010, p. 60).

Las ciencias de la vida, es verdad, se desarrollaron en la medida en que no asumieron una posición como la de Buffon (Caponi, 2012a, p.

---

<sup>2</sup> Al respecto, véase: Flourens, 1850, p. 261; Perrier, 1884, p. 68; Roger, 1989, p. 403; y Caponi, 2010, p. 59.

50). Conforme lo vaticinado por Kant ([1790], 1991, §66), el estudio de la estructura y el funcionamiento de los seres vivos sólo pudo conocerse en la medida en que los biólogos insistieron en una posición más próxima a la que Cuvier vino a sostener en inicios del Siglo XIX (Caponi, 2012a, p. 47). Cabiéndole a Darwin (1859), por fin, el mérito de haber llegado a dar una explicación, científicamente aceptable, de esa adecuación de estructura y función que, si no era tan ajustada como la presupuesta por Kant y Cuvier, era definitivamente más estricta que la imaginada por Buffon (Caponi, 2011, p. 52). Sin embargo, que eso haya sido así, no debe conducirnos a pensar que la recusa de las causas finales propugnada Buffon, fuese una posición totalmente implausible.

A partir de ella todavía podía llegar a comprenderse, aunque sea parcialmente, una parte no totalmente insignificante de esas correlaciones de estructura y función, que después Cuvier ([1812], 1992, p. 97) vino a subrayar (Caponi, 2008, p. 47), y a las que la Físico-teología *a la Boyle* pretendía haber explicado. Pero, para entender cómo podría ser una explicación de dichas correlaciones que fuese compatible con la recusa de las causas finales propugnada por Buffon, es menester salirse de los escritos de éste, que en general evitó el asunto; y remitirnos a dos autores, también del *Siglo de las Luces*, con los que el pensamiento buffoniano guardaba una estrecha afinidad. Aludo a Maupertuis (Roger, 1989, p. 177) y Diderot (Roger, 1989, p. 217).

Diseminadas en los escritos de ambos pensadores, encontramos algunas referencias al problema de la adecuación entre forma y función en los seres vivos, que sugieren una forma de entender la cuestión que es compatible y complementaria con el pensamiento de Buffon; pudiéndonos brindar una idea más completa de lo que este influente naturalista podría haber pensado a ese respecto. Y hasta me atrevo a ir un poco más lejos; sugiriendo, incluso, que las ideas de Maupertuis y Diderot que aquí he de señalar, también pueden considerarse como el marco de referencia dentro del que Étienne Geoffroy Saint-Hilaire pensaba la relación entre estructura y función. Al respecto, puede leerse la larga nota “Sobre la filosofía de las causas finales”, que Geoffroy incluyó en su estudio *Système dentaire des mammifères et des oiseaux* (Geoffroy Saint-Hilaire, 1824, pp. 53-60).

Dicha filosofía, dice ahí Geoffroy, “hace engendrar la causa por el efecto”. Es decir:

Constatado que un pájaro recorre las regiones de la atmosfera, se concluye que le fue otorgada una organización para cumplir ese objetivo: agregándose que él debe tener huesos huecos para pesar menos, una amplia cubierta tejida de plumas leves, el miembro delantero extraordinariamente desarrollado, etc. Y, semejantemente, se ha dicho del pez que, puesto que él vive en un medio más resistente que el aire, sus fuerzas motrices están calculadas para permitirle trasladarse ahí. (Geoffroy Saint-Hilaire, 1824, pp. 53-60)

Así, dando por obvio que las características estructurales del ave responden a las exigencias funcionales del vuelo, no consideramos la posibilidad de que ese comportamiento sea el efecto, y no la causa, de la configuración morfológica; y así vamos más allá de lo que la observación nos habilita a afirmar (Geoffroy Saint-Hilaire, 1824, p. 55). Diderot y Maupertuis, por su parte, van a sugerir que se considere la posibilidad de pensar a la morfología como causa, y no como efecto del modo de vida; porque eso, conforme se verá, es más afín a una concepción materialista de la naturaleza.

### 3 LUCRECIO REDIVIVO

En este sentido, lo primero a ser rescatado es lo insinuado por Maupertuis en su opúsculo “Las leyes del movimiento y del reposo, deducidas de un principio metafísico” (Maupertuis [1746], 1985) y también en el *Essai de Cosmologie* (Maupertuis, 1751). En ambos casos, conforme Mauricio Ramos (2009, p. 341) lo supo subrayar, se sugiere una posible crítica al argumento físico-teológico basado en el diseño de los seres vivos, en donde la función es pensada como consecuencia, como simple efecto, y no como causa o *razón de ser*, de las estructuras orgánicas. Éstas no se habrían configurado en virtud de su desempeño funcional, sino que habrían advenido a dichas estructuras como resultado de su propia existencia y configuración.

Maupertuis ([1746], 1985, p. 106; 1751, pp. 22-23) concede que “la congruencia de las diferentes partes de los animales con sus necesidades” parece insinuar que “una inteligencia y un designio” han presidido la construcción de esas partes: todo parece indicar que los pies de

los animales “están hechos para andar”, “sus alas para volar, sus ojos para ver, su boca para comer, sus alas para volar”, y “otras partes para reproducir a sus semejantes”. Pero él subraya que también es dable pensar que “el uso no ha sido en absoluto el fin, sino la consecuencia de la construcción de las partes de los animales; que habiendo formado el azar los ojos, las orejas, la lengua, después se los usa para ver, para oír, y para hablar”(Maupertuis [1746], 1985, p. 106-107; 1751, pp. 22-23). Es decir: no es que tenemos piernas para marchar, sino que marchamos porque tenemos piernas. Si tuviésemos nadaderas lo que haríamos sería nadar; y viviríamos en el agua como los delfines. No es *la función la que hace al órgano*: es el órgano que instituye la función.

En el *Essai de Cosmologie*, Maupertuis (1751, p. 23) advierte que esa forma de pensar ya había sido propuesta por Lucrecio, aproximadamente sesenta años *antes de Cristo*, en el libro IV de *De rerum natura* (Ramos, 2009, p. 341). Allí se explicaba que no es la necesidad la que hizo a los órganos, sino que usamos a los órganos “porque hechos nos los hemos encontrado” (Lucrecio, 1984, §1140): cada animal vive y actúa según su morfología se lo permite y obliga; y sería la sujeción del modo de vida a las limitaciones y posibilidades planteadas por las estructuras, lo que nos lleva pensar que son éstas las que responden a aquél.

Pero eso no es todo: recurriendo también a Lucrecio (1984, §1110), Maupertuis complementa esa posible explicación de la congruencia entre partes y necesidades que vemos en los seres vivos, remitiéndose, hipotéticamente, a un momento en la historia de la Tierra en el que:

El azar [...] habría generado una innumerable multitud de individuos, un pequeño número se encontraría construido de manera que las partes del animal pudiesen satisfacer sus necesidades; en otra infinitamente más grande, no habría ni conveniencia ni orden; todas estas últimas están en peligro: los animales sin boca no podrían vivir; a otros que les faltasen órganos para la generación no podrían perpetuarse; los únicos que han quedado, son aquellos donde se encontrasen el orden y la conveniencia; y las especies que vemos hoy no son sino la

parte más pequeña que un destino ciego habría producido. (Maupertuis [1746], 1985, p. 107)<sup>3</sup>

Así, un mecanismo ciego, ajeno a cualquier principio teleológico, podría redundar en un mundo en el que sólo vemos seres donde sólo encontramos *orden y conveniencia*. No porque dicho mecanismo se oriente a buscar ese orden y esa conveniencia; sino porque todo lo que surja de ahí, y no tenga esas características, habrá de sucumbir. Que es como decir que todo lo que no tenga *condiciones de existencia*, dejará inmediatamente de existir: así, apelando pura y exclusivamente a causas eficientes, y sin el recurso a ningún demiurgo sobrenatural, se puede explicar que todos los seres vivos se ajusten a eso que Cuvier (1817, p. 6) irá a llamar “Principio de las Condiciones de Existencia” (Caponi, 2008, p. 41)<sup>4</sup>.

Pero no pensemos que ahí existe el atisbo de algo significativamente semejante a lo que Darwin llamó “selección natural”. Este último proceso supone la *lucha por la vida*; y ésta es una puja entre formas viables: entre contrincantes que ya satisfacen, todos ellos, las condiciones mínimas para poder subsistir. En cambio, en el caso de Maupertuis no existe esa competición, porque los eliminados son seres totalmente inviables. Son seres que, siguiendo lo que Diderot ([1780], 1875, p. 253) escribió en sus apuntes inéditos sobre Fisiología, podrían ser pensados como *seres contradictorios* (Caponi, 2004, p. 32, nota 5): seres “cuya organización no se ajusta al resto del universo” (Diderot [1780], 1875, p. 253). “La naturaleza ciega que los produce los extermina”, porque “ella únicamente permite subsistir a

---

<sup>3</sup> Aquí estoy citando “Las leyes del movimiento y del reposo, deducidas de un principio metafísico”; pero Maupertuis (1751, p. 25-26) también retomó las mismas ideas, casi en los mismos términos, en el *Essai de cosmologie*. Sobre este aspecto del pensamiento de Maupertuis, ver también: Rostand, 1932, p. 30; Roger, 1993, p. 470; Pappavero *et al*, 2001, p. 105; y Ramos, 2009, p. 57.

<sup>4</sup> Jacques Roger (1983, p. 167) afirmó que, en *Les époques de la nature*, Buffon ([1779], 1988) sostuvo una posición como esta de Maupertuis que aquí estoy señalando. Sin embargo, aunque la explicación del origen de la vida y las especies que Buffon ofrece ahí sea perfectamente compatible con lo afirmado por Maupertuis (Caponi, 2010, p. 135), lo cierto es que no hay ningún pasaje de esa obra en la cual esa coincidencia se haga explícita. Es muy posible que, sobre ese punto, Buffon haya pensado como Maupertuis; pero la verdad es que no llegó a decirlo.

aquellos seres que pueden coexistir soportablemente con el orden general que celebran sus panegiristas” (*Ibid.*)<sup>5</sup>.

#### 4 LAS ESPECULACIONES DEL DOCTOR BORDEU

No es esa, sin embargo, la única pieza que Diderot puede prestar-nos para que reconstruyamos ese modo no teleológico de pensar a los seres vivos que se insinuó, algo fragmentaria y elusivamente, en el Siglo XVIII. En sus *Pensées sur l'interprétation de la nature*, el recurso a las causas finales en el estudio de la naturaleza es taxativamente impugnado (Diderot, 1754, §LVI); y eso valía para el caso de los seres vivos. Según Diderot, en nuestras indagaciones sobre dichos seres, al igual que en la de cualquier otro ser o fenómeno natural, había que limitarse al *cómo* de los fenómenos, que era algo que se deducía de los propios seres analizados; evitando el *porqué*, que era algo que sólo se deducía de nuestro propio entendimiento. Pero, ese modo de pensar no impedía que Diderot considerase algunas alternativas para también explicar esa congruencia entre forma y función que el propio Maupertuis reconocía.

Además, el punto de partida del modo en el que Diderot pensaba estas cuestiones era muy próximo del de Maupertuis. Diderot también consideraba que la forma, a la que él llamaba “organización”, determinaba a la función. Pero eso no lo inhibía de aceptar la posibilidad de que, *a posteriori*, el ejercicio de la función tuviese efectos, quizá secundarios, sobre la propia configuración morfológica que la permitía (Rostand, 1932, p. 40; Luppól, 1940, p. 232). Diderot ([1780], 1875, p. 336) afirmaba que “la organización determina las funciones y las necesidades”; pero también aceptaba que, en ocasiones, los comportamientos que responden a esas necesidades derivadas de la configuración propia de cada ser, podían “influir en la organización” (*Ibid.*).

El uso, según esa línea de razonamiento, podía definir algunos detalles morfológicos; mejorando quizá, en algunos casos, la adecuación funcional de las estructuras afectadas. Pero esa retroacción del uso

---

<sup>5</sup> Al respecto de esta idea de Diderot, ver: Luppól, 1940, p. 236; Rostand, 1932, p. 37; Roger, 1993, p. 471; Papavero *et al*, 2001, p. 144; y De Sousa, 2002, p. 78.

sobre la estructura, era pensada sin incurrir en ningún contubernio con las causas finales. Por lo menos, eso es lo que Diderot ([1782], 1875) intenta mostrar en *Le rêve de d'Alembert* (Rostand, 1932, p. 39). Allí, el médico Théophile Bordeu le explica a *Mademoiselle* de l'Espinasse que “los órganos producen las necesidades, y recíprocamente las necesidades producen los órganos” (Diderot ([1782], 1875, p. 137).

Ante la perplejidad que eso genera en su interlocutora, *Monsieur* Bordeu cita un caso de su experiencia clínica: un desdichado al cual le faltaban los dos brazos y cuyos “dos omóplatos se alargaron, moviéndose en pinza y deviniendo dos muñones” (Diderot [1782], 1875, p. 138). Una alteración morfológica inicial, estaba indicando el médico, genera cambios funcionales; y el ejercicio de esas nuevas funciones acaba afectando a la propia morfología. Pero en el ejemplo citado, Bordeu no es mucho más extraordinario que el de aquella niña a la cual una cirugía mal hecha le habría inutilizado la uretra: en ella, según Diderot ([1780], 1875, p. 331) registró en sus apuntes sobre Fisiología, “el orificio de la vulva había asumido, a la larga, la acción de un esfínter, abriéndose y cerrándose para soltar o retener la orina”.

Pero, además de aceptar esa retroacción del comportamiento sobre la propia forma que posibilita y exige dicho comportamiento, Diderot también pensaba que esas modificaciones del órgano por el uso podían heredarse, acumulándose y acentuándose, a lo largo de las generaciones. Así, refiriéndose al caso de aquel manco cuyos omoplatos habían configurado una pinza, el doctor Bordeu llega a formular esta conjetura:

Supóngase una larga secuencia de generaciones mancas, supónganse esfuerzos continuos, y verá extenderse los lados de esa suerte de pinza, progresivamente, cruzándose sobre la espalda, volviéndose hacia el frente, quizá dirigiéndose a sus extremidades, y rehaciendo los brazos y las manos. La conformación original se altera o se perfecciona por la necesidad y las funciones habituales. Nosotros caminamos y trabajamos tan poco, y pensamos tanto, que hasta se puede esperar que el hombre termine siendo sólo una cabeza! (Diderot [1782], 1875, p. 138)

Por supuesto, no faltó quien dijese que al pensar de esa forma, Diderot estaba anticipando a Lamarck (Luppold, 1940, p. 231). Pero, si

bien es obvio que Diderot está aceptando lo que después se dio en llamar “transmisión de lo adquirido” (Rostand, 1932, p. 39), y aunque también sea cierto que su pensamiento le dio cabida a ciertas ideas transformistas (Luppel, 1940, p. 228; De Souza, 2002, p. 57), debemos evitar que la constatación de esa supuesta “anticipación” nos lleve a perder de vista que la *transmisión de los caracteres adquiridos* era una idea de aceptación generalizada, tanto en tiempos de Diderot como en tiempos de Lamarck. La misma, parece que siempre hay que recordarlo, no fue una particularidad ni de Lamarck (Martins, 2007, p. 218), ni de Diderot; sino una idea compartida por la mayor parte de los naturalistas anteriores a Weissman<sup>6</sup>. Por eso, en el contexto que sea, usar el término “lamarckismo” para aludir a la aceptación de la trasmisión de lo adquirido constituye una imprecisión que siempre habrá de generar confusiones y engaños.

En lo que atañe a ese punto en particular, mejor que decir que Diderot estaba anticipando a Lamarck, deberíamos decir que, hasta cierto punto, Diderot estaba pensando como la mayor parte de sus contemporáneos y como la mayor parte de los naturalistas de los primeros dos tercios del Siglo XIX<sup>7</sup>. Lo que sí podía diferenciarlo de muchos naturalistas, contemporáneos y posteriores, era la idea que él parecía tener sobre el grado en el cual esas transformaciones se acumulaban y acentuaban a lo largo de las generaciones. Como ocurrió después con Lamarck (1815, p. 199), Diderot no parecía considerar que existiese algún límite prefijado para las transformaciones resultantes de ese proceso de acumulación transgeneracional de modificaciones resultantes del uso y desuso de los órganos.

Según él, los animales ni siempre habían sido como los vemos, ni tampoco permanecerían así para siempre (Diderot [1780], 1875, p. 264); y es posible que también haya considerado que la *transmisión de lo adquirido* fuese muy importante en ese proceso de transformación. Pero también importa subrayar que Diderot no consideraba que esas modificaciones debidas al uso y desuso fuesen intrínsecamente opti-

---

<sup>6</sup> Al respecto, ver: Mayr, 1976, p. 241; Jordanova, 1990, p. 116; y Burckhardt, 1995, p. 179.

<sup>7</sup> Al respecto, ver: Bowler, 1985, p. 72; Caponi, 2006, p. 25; y Gayon 2006, p. 113.

mizadoras de los desempeños funcionales de las estructuras por ellas afectadas. Las mismas eran básicamente deformadoras; y hasta cabría decirse que eran “degenerativas” en el sentido de Buffon (Caponi, 2010, p. 50). Aunque, en algunos casos, casi por casualidad, podían resultar en mejoras del desempeño funcional de las estructuras modificadas.

Eso es lo que Diderot ([1780], 1875, p. 243-244) dejó ver en sus manuscritos sobre Fisiología. “Cuanto más actúa una parte”, dice ahí, “más ella crece y se fortalece. Eso se hace casi siempre un poco a expensas de las otras partes, lo que produce una doble causa de desproporción entre los miembros de un mismo cuerpo”. Por eso, “el holgazán, el hombre ocioso en general, es, *ceteris paribus*, mejor y más regularmente conformado; porque en su caso no hay motivo para que los jugos nutrientes se acumulen más abundantemente en un lado que en otro” (*Ibid.*, p. 244).

Nobles y burgueses, parece querer decirnos Diderot ([1780], 1875, p. 244), son más elegantes y bien formados que aquellos que yugan para ellos; porque: “Si un hombre trabaja mucho con sus brazos, tendrá las manos grandes, el brazo voluminoso, la espalda curvada, poco vientre, piernas chuecas, etc.”. Pero aun para las clases ociosas corren riesgos de deformación. Si alguien “camina o baila”, observa también Diderot, “sus muslos, sus piernas, se engrosaran; si monta, su vientre crecerá, etc.”. En general, podemos entonces decir, la proporción de los miembros “cambiará en razón del género de trabajo, de la conformación primera, de la actitud con la que el trabajo es realizado, etc.”<sup>8</sup>; y es esa forma de pensar, y no alguna forma de teleología, ni siquiera una teleología naturalizada *a la* Darwin (Caponi, 2013), que está en la base de la célebre y en ocasiones muchas veces mal comprendida *primera ley* que Lamarck ([1809], 1994, p. 216) enunció en su *Philosophie Zoologique* (Caponi, 2006).

## 5 CONCLUSIÓN

Así, en base a esas consideraciones de Maupertuis y Diderot sobre las relaciones entre estructura y función, se puede delinear, conjetu-

---

<sup>8</sup> Al respecto ver también: Luppel, 1940, p. 232.

ralmente, un cuadro un poco más claro respecto de cómo Buffon, y quizá otros filósofos y naturalistas de ese siglo, y aun del siguiente, pudieron entender el hecho de que los seres vivos presentasen características que fuesen adecuadas a sus condiciones de existencia, sin apelar para eso a las causas finales. Ahí estoy pensando sobre todo en Geoffroy, un poco menos en Lamarck, y para nada en Darwin. En el caso de este último, ya nos encontramos con un mecanismo causal, la selección natural, que está intrínsecamente pautado por el incremento del desempeño funcional de las estructuras biológicas; y que, en ese sentido, puede ser considerado teleológico (Caponi, 2012b).

Vimos que en el esquema sugerido por los textos de Maupertuis y Diderot, la congruencia entre estructuras orgánicas y condiciones de existencia resultaría de una producción, o proliferación, de formas diversas, seguida de la eliminación de aquellas variantes inviables por ser *contradictorias* en el sentido de Diderot. Pero, las formas que persistentes tendrían aun que explorar modos de vida acordes a su organización; generándose incluso la ilusión de que es la morfología la que se adecua al modo de existir de cada ser. Ese modo de existencia, por fin, impondrá maneras de comportarse que determinarán algunos detalles secundarios de la conformación que condujo hasta él; y esos cambios secundarios, algunos de ellos funcionales, podrán acumularse, acentuándose indefinidamente, a lo largo de las sucesivas generaciones de cada linaje de seres vivos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOWLER, Peter. *El eclipse del darwinismo*. Barcelona: Labor, 1985.
- BOYLE, Robert. *A disquisition about the final causes of natural things*. London: Taylor, 1688.
- BUFFON, Georges. *Les époques de la nature* [1779]. Paris: Muséum National de Histoire Naturelle, 1988.
- . Le cochon, le cochon se Siam, et le sanglier [1755]. Pp. 620-639, *in*: BUFFON, Georges. *Œuvres*. Paris: Gallimard, 2007.
- BURCKHARDT, Richard. *The spirit of system*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1995.
- CAPONI, Gustavo. La navaja de Darwin: la derogación del principio de plenitud en la revolución darwiniana. *Ludus Vitalis*, **12** (22): 9-38, 2004.

- . Retorno a Limoges: la adaptación en Lamarck. *Asclepio*, **18** (1): 7-42, 2006.
- . *Georges Cuvier, un fisiólogo de museo*. México: UNAM, 2008.
- . *Buffon*. México: UAM, 2010.
- . *La segunda agenda darwiniana*. México: Centro Lombardo Tolledano, 2011.
- . Kant: entre Buffon y Cuvier. *Filosofia e História da Biologia*, **7** (1): 43-53, 2012 (a).
- . ¿Fue Darwin el Newton de la brizna de hierba? *Principia*, **16** (1): 53-79, 2012 (b).
- . Teleología naturalizada: los conceptos de función, aptitud y adaptación en la Teoría de La Selección Natural. *Theoria*, **76**: 97-114.
- CUVIER, Georges. *Le Règne Animal distribué d'après son organisation*. Tome I. Paris: Deterville, 1817.
- . *Discours Préliminaire a las Recherches sur les ossements fossiles des quadrupèdes* [1812]. Paris: Flammarion, 1992.
- DARWIN, Charles. *On the origin of species*. London: Murray, 1859.
- DE SOUZA, Maria das Graças. *Natureza e ilustração: sobre o materialismo de Diderot*. São Paulo: Unesp, 2002.
- DERHAM, William. *Physicotheology*. London: Innys, 1723.
- DIDEROT, Denis: *Pensées sur l'interprétation de la nature*. Paris: [s.n.], 1754.
- . *Éléments de Physiologie* [1780]. Pp. 235-429, in: ASSEZAT, Jules (ed.). *Oeuvres complètes de Diderot*. Tome IX. Paris: Garnier, 1875.
- . *Le rêve de d'Alembert* [1782]. Pp.112-181, in: ASSEZAT, Jules (ed.). *Oeuvres complètes de Diderot*, Tome II. Paris: Garnier, 1875.
- FLOURENS, Pierre. *Histoire des travaux et des idées de Buffon*. Paris: Hachette, 1850.
- GAYON, Jean. Héredité des caractères acquis. Pp. 105-164, in: CORSI, Pietro; GAYON, Jean; GOHAU, Gabriel; TIRARD, Stéphane: *Lamarck, philosophe de la nature*. Paris: PUF, 2006.
- GELLNER, Ernest. El materialismo francés del Siglo XVIII. Pp. 157-220, in: O'CONNOR, Daniel (ed.). *Historia crítica de la Filosofía Occidental III*. Buenos Aires: Paidós, 1968.
- GEOFFROY SAINT-HILAIRE, Étienne. *Système dentaire des mammifères et des oiseaux*. Paris: Crevot, 1824.
- JORDANOVA, Ludmilla. *Lamarck*. México: Fondo de Cultura Económica, 1990.

- KANT, Immanuel. *Crítica de la facultad de juzgar* [1790]. Caracas: Monte Ávila, 1991.
- LAMARCK, Jean. *Histoire Naturelle des Animaux sans Vertèbres*. Tome premier. Paris: Verdière, 1815.
- . *Philosophie Zoologique* [1809]. Paris: Flammarion, 1994.
- LUCRECIO, Tito. *De la naturaleza de las cosas*. Madrid: Orbis, 1984.
- LUPPOL, Ivan. *Diderot*. México: Fondo de Cultura Económica, 1940.
- MARTINS, Lilian. *A teoria da progressão dos animais, de Lamarck*. São Paulo: Booklink, 2007.
- MAUPERTUIS, Pierre. *Essai de cosmologie*. Leyde, [s.n.], 1751.
- . Las leyes del movimiento y del reposo, deducidas de un principio metafísico [1746]. Pp. 102-130, *in*: MAUPERTUIS, Pierre. *El orden verosímil del cosmos*. Madrid: Alianza, 1985.
- MAYR, Ernst. Lamarck revisited. Pp. 222-250, *in*: MAYR, Ernst. *Evolution and diversity of life*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1976.
- PAPAVERO, Nelson; PUJOL LUZ, José; LLORENTE-BOUSQUETS, Jorge. *Historia de la Biología Comparada*. Volumen V: *El Siglo de las Luces*, Parte I. México: UNAM, 2001.
- PERRIER, Edmond. *La philosophie zoologique avant Darwin*. Paris: Félix Alcan, 1884.
- RAMOS, Mauricio. *A geração dos corpos organizados em Maupertuis*. São Paulo: Scientiae Studia/Editora 34, 2009.
- RAY, John. *The wisdom of God manifested in the works of the creation* (The tenth edition) [1704]. London: Innys & Manby, 1735.
- ROGER, Jacques. Buffon et le transformisme. Pp. 149-172, *in*: BIEZUNSKI, Michel (Ed.). *La Recherche en Histoire des Sciences*. Paris: Seuil, 1983.
- . *Buffon*. Paris: Fayard, 1989.
- . *Las ciencias de la vie dans la pensée française au XVIII<sup>o</sup> siècle*. Paris: Alvin Michel, 1993.
- ROSTAND, Jean. *L'évolution des espèces: histoire des idées transformistes*. Paris: Hachette, 1932.

**Data de submissão:** 28/03/2016

**Aprovado para publicação:** 28/04/2016

# Contrastación de un programa de investigación científica progresivo en parasitología: los endoparásitos del zorro gris pampeano *Lycalopex gymnocercus*

---

Nathalia Scioscia \*

Pablo Beldoménico #

Guillermo Denegri <sup>λ</sup>

---

**Resumen:** El objetivo de este artículo es contrastar y demostrar el poder explicativo y predictivo de un Programa de Investigación Científica en parasitología tomando como evidencia empírica la parasitofauna del zorro gris pampeano (*Lycalopex gymnocercus*). El marco referencial epistemológico es la propuesta de Imre Lakatos que establece las características que un programa de investigación científica debe cumplimentar y se aplica a una disciplina biológica como es la parasitología, definiendo daramente sus componentes (núcleo tenaz, cinturón protector de hipótesis auxiliares y condiciones iniciales), mostrando el valor heurístico para el trabajo presente y futuro en la disciplina. Las características biológicas de los taxones parasitarios hallados en el zorro gris pampeano permiten poner a prueba el programa de investigación científica en parasitología desarrollado. La propuesta basada en las peculiaridades tróficas de los hospedadores (intermediarios y definitivos)

---

\* Laboratorio de Zoonosis Parasitarias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata, CONICET. Funes 3250, Código postal 7600, Mar del Plata, Argentina. E-mail: nathyvet@hotmail.com

# Laboratorio de Ecología de Enfermedades, Instituto de Ciencias Veterinarias del Litoral, Universidad Nacional del Litoral. Calle Kreder 2805, Esperanza, Código postal 3080, Santa Fé, Argentina. E-mail: pbeldome@fcv.unl.edu.ar

<sup>λ</sup> Laboratorio de Zoonosis Parasitarias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata, CONICET. Funes 3250, Código postal 7600, Mar del Plata, Argentina. E-mail: gdenegri@mdp.edu.ar

corroborar que el programa de investigación científica analizado es progresivo y aplicable a la teoría y la práctica parasitológica.

**Palabras claves:** filosofía de la biología; programa de investigación científica; Lakatos, Imre; *Lycalopex gymnocercus*

### **Contrasting of a progressive Program of Scientific Research in parasitology: endoparasites of Pampa fox *Lycalopex gymnocercus***

**Abstract:** This paper aims to contrast and demonstrate both the explicative and predictive power of a Scientific Research Programme in parasitology taking as empirical evidence the parasitic fauna of the Pampas fox (*Lycalopex gymnocercus*). The epistemological frame of reference is the proposal of Imre Lakatos that establishes the characteristics that a Scientific Research Programme must complete and is applied to a biological discipline, parasitology, clearly defining its components (hard core, protective belt of auxiliary hypotheses and initial conditions), showing the heuristic value for the present and future work in the discipline. The biological characteristics of those found parasitic taxa in the Pampas fox can test the scientific research programme in parasitology. The proposal based on the trophic characteristics of the hosts (intermediate and definitive) confirms that the Scientific Research Programme analyzed is progressive and applicable to the parasitological theory and practice.

**Key-words:** philosophy of biology; scientific research programmes; Lakatos, Imre; *Lycalopex gymnocercus*

## **1 INTRODUCCIÓN**

Se pretende poner a prueba un programa de investigación científica en parasitología a partir del estudio de la fauna endoparasitaria del zorro gris pampeano (*Lycalopex gymnocercus*) como caso contrastador de la propuesta. Este programa de investigación científica fue desarrollado originalmente por Denegri (1991; 2001; 2007; 2008) y tuvo como disparador la biología de los cestodos de la familia Anoplocephalidae que parasitan a una amplia variedad de hospedadores como reptiles, aves y mamíferos, entre ellos los herbívoros domésticos donde adquieren importancia económica por su impacto en la producción agropecuaria (Denegri, 1987). Este programa de investigación científica logró en una primera fase explicar y predecir la fauna de cestodos anoplocefálicos en distintos hospedadores y pretendió sentar las bases epistemológicas para la

parasitología como ciencia teórica y experimental. La parasitología como disciplina científica es sumamente rica en conceptos y problemas epistemológicos que desafía no solo a los parasitólogos profesionales sino a los propios filósofos de la ciencia proponiendo creativas perspectivas enriquecedoras de la práctica científica que ayudaría a entender como los científicos practican su disciplina. Un programa de investigación científica en parasitología debe cumplir con algunos requisitos teóricos y metodológicos básicos que permitan suministrar al parasitólogo de campo y de laboratorio un marco abarcador al momento de explicar las distintas asociaciones parasitarias conocidas y predecir potenciales nuevos ensamblajes parásito-hospedador. Esto adquiere fundamental importancia cuando se analizan zoonosis parasitarias de relevancia en salud pública y se necesita anticipar la aparición de enfermedades conocidas y/o desconocidas.

## **2 LA METODOLOGÍA DE LOS PROGRAMAS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y SU APLICACIÓN A LA PARASITOLOGÍA**

Un programa de investigación científica consta de tres partes claramente definidas que son:

- i. núcleo duro o “tenaz”;
- ii. cinturón protector de hipótesis auxiliares;
- iii. condiciones iniciales.

La propuesta de los programas de investigación científica que fue inicialmente desarrollada por el epistemólogo Imre Lakatos (1983) y ha sufrido una serie de modificaciones, producto de la práctica científica en parasitología, motivo por el cual ha resultado no solo un programa historiográfico, sino un arma heurística importante para el trabajo presente y futuro en la disciplina.

Este programa de investigación científica en parasitología (Denegri, 2008) que en principio no fue una reconstrucción histórica sino un armado *ex profeso* sustentado por la nutrida evidencia empírica disponible en la disciplina, está constituido por:

El *núcleo tenaz* con la siguiente proposición: el conocimiento de las cadenas alimenticias de los hospedadores (intermediarios y definiti-

vos) nos permite explicar y predecir la fauna endoparasitaria que ellos albergan.

Este núcleo tenaz es irrefutable por decisión metodológica de la comunidad de parasitólogos. Por lo tanto debemos elaborar el cinturón protector de hipótesis auxiliares observacionales a las que dirigir las contrastaciones.

En el caso de los cestodes parásitos, al que el programa de investigación científica fue originalmente aplicado, podemos decir a modo de ejemplo que si desconocemos la fauna parasitaria de cestodes adultos y larvarios que albergan estos u otros hospedadores, el conocimiento de su comportamiento alimenticio permitirá predecir qué cestodes hallaremos y en que estadio de su ciclo biológico.

Se puede explicar (y predecir) el ciclo biológico de un parásito por el simple hecho de conocer la cadena alimenticia de su hospedador; y predecir (y explicar) el trofismo de un hospedador en base al conocimiento de su fauna parasitaria.

El cinturón protector de hipótesis auxiliares está constituido (por el momento) por dos hipótesis:

- i. hipótesis de los ciclos biológicos;
- ii. hipótesis del desarrollo de comunidades de parásitos.

Estas hipótesis auxiliares se formulan a medida que el programa avanza, no pudiendo concebirse en su totalidad *a priori*. Estas hipótesis pueden por sí mismas predecir o explicar el fenómeno parasitario y aún incorporar al cuerpo del programa de investigación científica la información nueva, que necesariamente debe interactuar entre sí para lograr su objetivo como es preservar y cuidar el núcleo tenaz (Denegri, 2008).

Las pre-condiciones (físicas) necesarias para el establecimiento de una relación parásito-hospedador son:

- i. existencia del parásito potencial: especie parásita de otro hospedador que el considerado para el análisis o especie de vida libre biológicamente apta para capturar un espacio en un ser vivo;
- ii. existencia del hospedador potencial: especie capaz de ofrecer recursos para que un eventual parásito cumpla total o parcialmente su ciclo biológico;

iii. existencia del biotopo potencial: donde los integrantes del ciclo biológico de un parásito no conviven naturalmente pero tienen posibilidades de supervivencia en caso de ser introducido cualquiera de ellos, dando lugar a fenómenos aislados que pueden generalizarse si continúan las causas que lo produjeron (Denegri, 1985, p. 506).

Estas precondiciones iniciales son necesarias pero no suficientes para definir cuali-cuantitativamente la relación.

En base al núcleo tenaz, las hipótesis auxiliares observacionales y las condiciones iniciales se puede explicar la fauna parasitaria registrada y desconocida en futuros hospedadores a investigar.

Un buen programa de investigación científica en parasitología es aquel que tiene por objeto definir la potencialidad del fenómeno. El concepto de potencialidad del fenómeno parasitario surge como consecuencia directa de la estructuración de este programa de investigación científica en parasitología y se define como la posibilidad real que tiene un organismo parásito de conquistar un espacio en un hospedador (Denegri, 2002, p. 67). El concepto de potencialidad aplicable al fenómeno parasitario puede ser utilizado como:

- i. término explicativo y predictivo de nuevas asociaciones parásito-hospedador y en especial de parásitos zoonóticos;
- ii. término contrastador del núcleo tenaz del programa de investigación científica en parasitología.

Por lo tanto, un buen programa de investigación científica en parasitología debe:

- a) establecer la posibilidad de la relación parásito-hospedador;
- b) medir la probabilidad de ocurrencia de la relación parásito/hospedador;
- c) explicar las causas y procesos de colonización (tanto de un hospedador como de un ambiente);
- d) explicar y predecir las relaciones cuali-cuantitativas entre especies (parásito/hospedador);
- e) explicar y predecir los cambios en las relaciones.

El término potencialidad denota no sólo posibilidad sino también probabilidad que el fenómeno se produzca. Se puede explicar y retro-

decir que organismos que fueron de vida libre se hayan adaptado progresivamente a la vida parasitaria siempre y cuando se produjera el contacto y la frecuencia suficiente para que la relación se mantenga en el tiempo.

El término potencialidad del fenómeno parasitaria que se infiere de este programa de investigación científica desarrollado en parasitología (Denegri, 2002; 2008) puede ayudar a dilucidar múltiples aspectos que hacen al estudio de la evolución del parasitismo, como así también a explicar otras asociaciones biológicas.

### **3 LA FAUNA ENDOPARASITARIA DEL ZORRO GRIS PAMPEANO COMO CONTRASTADOR DEL PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN PARASITOLOGÍA**

El programa de investigación científica en parasitología puede expresar dos consecuencias empíricamente contrastables, que en el caso del estudio de la fauna endoparasitaria del zorro gris pampeano (*Lycalopex gymnocercus*) corrobora la hipótesis ii de las que se exponen a continuación:

- i. en hospedadores de régimen herbívoro se presentaran más frecuentemente parásitos de ciclo directo (monoxenos). Esta última condición favorece la mayor densidad de estos parásitos y es posible predecir que habrá una mayor asociación con otros de igual ciclo;
- ii. en hospedadores de régimen carnívoro y omnívoro se hallarán parásitos de ciclo indirecto (heteroxenos) con amplia diversidad específica. En cambio, la densidad parasitaria en el hospedador será baja.

En base a los resultados obtenidos por Scioscia (2015) se analiza detalladamente la propuesta de un programa de investigación científica en parasitología para explicar y predecir la fauna endoparasitaria del zorro gris pampeano (*L. gymnocercus*). El zorro gris pampeano es un predador generalistas y de comportamiento oportunista, variando su dieta geográficamente y por su morfología dentaria está adaptado a una dieta omnívora. Esta última inferencia parecería ser concordante con la diversidad de endoparásitos hallados en este

estudio y las características biológicas de los taxones estudiados muestran una diversidad acorde a un tipo de dieta omnívora (Canel, 2014, p. 56).

Como ha demostrado Scioscia (2015) el 84% de los zorros estaban parasitados, todos ellos infectados con al menos una especie de helminto, encontrando de 1 a 4 especies simultáneamente en un mismo hospedador, lo que indica una gran diversidad y riqueza específica. El 80% de los intestinos delgados estuvieron parasitados por uno o más filum y clases de helmintos: Nematoda: *Pterygodermatites affinis*; *Ancylostoma buckleyi*, *Uncinaria stenocephala*, *Toxocara canis*, *Syphacia* sp., *Molineus* sp.; Cestoda: *Spirometra erinaceieuropaei*, *Taenia* sp., *Dipylidium caninum*, *Echinococcus granulosus*, y Trematoda: *Alaria alata*.

El estudio se realizó en dos eco-regiones de la provincia de Buenos Aires, Argentina: la eco-región de La Pampa donde el 97% de los zorros estuvieron parasitados y la comunidad parasitaria estuvo representada por 8 especies y 1 familia (Capillariidae), siendo las más prevalentes *A. alata* (97%), *T. canis* (66%) y *S. erinaceieuropaei* (28%); y la eco-región del Espinal donde el 86% de los zorros estaban parasitados y la comunidad parasitaria estuvo constituida por 12 especies, siendo las más prevalentes *Taenia* sp (37%), *P. affinis* (29%) y *T. canis* (16%). Esta mayor diversidad de helmintos en la eco-región Espinal respecto a la eco-región de la Pampa, podría explicarse por una mayor fragmentación del área en esta última región y los parásitos son buenos bio-indicadores de alteraciones que se producen en el ecosistema. La misma tendencia se observa en los exámenes coproparasitológicos donde en la eco-región de la Pampa se hallaron 10 especies parásitas y 15 en la eco-región del Espinal, incluyendo los protozoos Eimerida y *Sarcocystis*.

De acuerdo a los ciclos biológicos de las especies halladas se puede inferir que la diversidad encontrada está indicando claramente una dieta omnívora y oportunista del hospedador en cuestión (*L. gymnocercus*) y al comparar las dos eco-regiones geográficas en estudio (La Pampa y El Espinal) ésta diversidad se relaciona claramente con la oferta de recursos. La predicción del programa de investigación científica aplicable a entender la fauna endoparasitaria de *L. gymnocercus* debiera anticiparnos teóricamente que los parásitos que hallaremos serán predominantemente de ciclo indirecto (heteroxenos) con una

gran variedad de especies y una densidad parasitaria baja. Los cestodos registrados por sus características biológicas necesitan al menos un hospedador intermediario para completar sus ciclos de vida y los encontrados en el zorro gris pampeano cumplen esta condición, con una moderada diversidad específica (*D. caninum*, *Taenia spp.*, *S. erinaceiurospaei* y *E. granulatus*).

En el caso del género *Taenia* que no pudo identificarse a nivel específico es posible predecir que estudios futuros del material disponible y nuevos trabajos muestren una gran diversidad específica dentro de este género (*T. hydatigena*, *T. pisiformis*, *T. serialis*, *T. ovis*, *T. multiceps* etc).

En lo que respecta a los nematodos hallados, varios géneros como *Pterygodermatites*, *Physaloptera* y *Eucaleus* son de ciclo indirecto y el resto de ciclo directo, como es el caso de *Ancylostoma*, *Uncinaria*, *Molinueus*, *Toxocara* y *Syphacia*, lo que es previsible y predicho por el programa de investigación científica en parasitología que se está contrastando.

Aunque la diversidad genérica y específica fue baja en los trematodos, y solo se encontró *Alaria alata*, donde las prevalencias fueron altas (36%) y una intensidad media superior a más de 100 individuos en cada intestino, fue la prevalencia más alta de toda la fauna endoparasitaria hallada en *L. gymnocercus* en el presente estudio. Esto estaría explicando el comportamiento trófico de los zorros donde los ítems más importantes estarían representados por la ingestión de hospedadores paraténicos y/o segundos hospedadores intermediarios como pueden ser los anfibios. A pesar de este resultado el programa de investigación científica debiera predecir el hallazgo de otras especies de trematodos, basándose en las características de los ciclos biológicos.

Está claro que el programa de investigación científica desarrollado para la parasitología (Denegri, 2008) tiene un fuerte componente ecológico y explica el por qué la amplitud y composición de la dieta de los hospedadores que influyen directamente sobre la riqueza de la parasitofauna que presentan. Consecuentemente las características del hábitat que frecuentan los hospedadores explica la presencia de ciertos parásitos en una población o especie hospedadora. En el caso del zorro gris pampeano *L. gymnocercus* que no se observaron diferencias en las prevalencias y abundancias de las especies parásitas

entre sexos en ambas eco-regiones, el programa explica que no existirían diferencias tróficas o de comportamiento entre machos y hembras que afecten a las cargas parasitarias. La no existencia de diferencias tróficas entre sexos tiene el aval empírico en el trabajo de Canel (2014).

Este programa de investigación científica basado en las cadenas tróficas de los hospedadores explica de manera contundente la comprobación de una especie parasitaria tan compleja desde lo biológico como es el caso del trematode *A. alata* que requiere tres hospedadores para completar su ciclo y predice que la relación predador-presa es más frecuente en los carnívoros silvestres que en los domésticos, lo que justifica más altas prevalencias en los primeros (silvestres) respecto de los segundos (domésticos).

Estaría también explicando la alta prevalencia de *E. aerophila* (de ciclo indirecto) en los zorros de la eco-región de la Pampa, debido a una mayor frecuencia de contacto de este cánido con los hospedadores infectados. Lo mismo sucede con los perros de áreas rurales de la misma región (Dopchiz *et al.*, 2013).

Se ha destacado en el caso del cestode *Spirometra* que las altas infecciones en *L. gymnocercus* se debería a que muchas de sus presas podrían ser hospedadores intermediarios y por lo tanto explicar la infección en este hospedador. Por lo tanto y reiterando un concepto ya expresado por Denegri & Reisin (1993) y Denegri (2008), *Spirometra* sp. es un buen modelo para estudios de interacciones ecológicas, que permite comprender y definir los niveles tróficos de hospedadores intermedios y definitivos y por lo tanto establecer la distribución del parásito dentro de una población hospedadora.

Cuando analizamos el caso de *Hymenolepis*, el programa de investigación científica también explicaría que las posibles relaciones tróficas justifican la presencia de este cestode en *L. gymnocercus*, en especial apelando a consideraciones ecológicas donde los huevos hallados en materia fecal representen el parasitismo de animales ingeridos (al ingerir los roedores infectados con *Hymenolepis* spp.) o en su defecto que el zorro actuó como hospedador definitivo al ingerir las formas larvarias (cisticercoides) desarrollados en el hospedador intermediario (pulgas).

En el caso del nematode *Pterygodermatites affinis* con ciclo indirecto utiliza muchos hospedadores paraténicos que forman parte de la dieta de *L. gymnocercus*, el programa de investigación científica predice claramente la presencia de este parásito y explica las prevalencias observadas.

*Physaloptera* fue encontrado en intestinos de *L. gymnocercus* con baja prevalencia, y es un nematode de ciclo indirecto, siendo los insectos los hospedadores intermediarios y los reptiles hospedadores paraténicos. Por lo tanto el programa de investigación científica predice que a pesar que estos ítems son parte de su dieta no se los considera fuente primaria de su alimentación y menos aún durante el otoño-invierno, época en la que más muestras fueron recolectadas.

El género *Molineus*, con una prevalencia muy baja, solo estuvo presente en zorros de la eco-región del Espinal. Tiene ciclo de vida directo, por lo tanto su presencia puede deberse a la ingestión de larvas infectivas presentes en el medio ambiente.

*Syphacia* y *Ascaridia* sp. fueron registradas en muy bajas prevalencias. *Syphacia* es parásita de roedores de la familia Cricetidae, Muridae y Scuridae y *Ascaridia* de aves. El programa de investigación científica predice que es muy probable que la presencia de estas especies en el zorro ocurra de forma accidental a través de la depredación sobre sus hospedadores infectados, que son parte de su dieta. No obstante no debiera descartarse que los zorros ingieran huevos de ambos géneros y desarrollen el estado adulto en su tracto gastrointestinal.

Por otro lado, el programa de investigación científica en parasitología también tiene una fuerte aplicación en la explicación y predicción de especies de importancia zoonótica y se especula que *P. affinis*, *Physaloptera* sp, *Syphacia* sp, *Molineus* sp, que no han sido halladas en el hombre (hasta el momento), podría predecirse que estarían dadas las condiciones para que en el futuro se encuentren infestaciones humanas. Esto debiera alertar a epidemiólogos y médicos sanitarios sobre su potencial presencia y estudiar los efectos específicos para no ser confundidas con otros cuadros patológicos, si es que producen enfermedad.

El género *Taenia* sp. presentó una alta prevalencia y fue el género más frecuente en la eco-región Espinal. Aunque no se llegó a una

confirmación específica todas las especies del género *Taenia* utilizan diferentes hospedadores intermediarios (rumiantes y pequeños mamíferos) para completar su ciclo biológico y estos son parte de la dieta del zorro gris pampeano.

#### 4 CONSIDERACIONES FINALES

La propuesta original del programa de investigación científica en parasitología (Denegri, 1991) fue trabajada y desarrollada en sucesivos aportes del mismo autor y otros: Denegri (1993; 1996; 1997; 2002; 2007); Denegri & Dressino (1996); Dressino & Denegri (1996); Denegri & Cabaret (2002); Cabaret & Denegri (2008); Denegri *et al.* (1998).

Según Lakatos (1983) en la historia de la ciencia se pueden detectar dos tipos de programas de investigación científica: los progresivos y los regresivos. Los progresivos son aquellos donde el desarrollo teórico se anticipa a su desarrollo empírico, esto significa que continúa prediciendo hechos nuevos con cierto éxito: la teoría conduce a descubrir hechos nuevos hasta entonces desconocidos. Los programas de investigación científica regresivos o estancados son aquellos donde su desarrollo teórico queda retrasado respecto a su desarrollo empírico, es decir cuando utiliza explicaciones *post-hoc*, las teorías son fabricadas sólo para acomodar los hechos ya conocidos.

Del exhaustivo estudio de Scioscia (2015) se muestra en el presente trabajo que el programa de investigación científica en parasitología es progresivo y que nuevamente ha sido mejorado, contrastado y corroborado en líneas generales al tomar como ejemplo el análisis de la fauna endoparasitaria del zorro gris pampeano (*L. gymnocercus*). La nueva evidencia empírica en parasitología claramente ayuda a ajustar y articular los distintos términos del programa, con el claro objetivo que se convierta en una ayuda teórico-metodológica para la comunidad de parasitólogos de campo y de laboratorio.

El explicitar la(s) teoría(s) que se ponen en juego al momento de investigar ayudará a plantear más claramente los objetivos de un trabajo y permitirá un mejor ensamblaje lógico de los resultados obtenidos, facilitando discusiones más ricas y nuevas orientaciones de proyectos futuros de investigación, de una manera más creativa y original.

En definitiva se está sugiriendo enfáticamente utilizar el programa de investigación científica progresivo en parasitología propuesto por Denegri (2008) como marco referencial epistemológico para ponerlo a prueba y además explicitar los potenciales refutadores del mismo que ayudarán a mejorarlo o en su defecto cuestionarlo para que vaya demostrando su capacidad heurística y por lo tanto mejorando su progresividad. La historia de la parasitología mostrará en el futuro si este programa de investigación científica continuó siendo progresivo o en su defecto se estancó y su regresividad obligó a la comunidad de parasitólogos a reemplazarlo por otro donde la teoría fue más potente para anticipar los hechos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CABARET, Jacques; DENEGRI, Guillermo. The scientific research programmes of Lakatos and applications in parasitology. *Parasite*, **15**: 501-505, 2008.
- CANEL, Delfina. *Dieta del zorro gris pampeano (Lycalopex gymnocercus) en provincia de Buenos Aires, Argentina*. Mar del Plata, 2014. (Licenciatura en Biología) – Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina.
- DENEGRI, Guillermo. Desarrollo experimental de *Bertiella mucronata* (Cestoda-Anoplocephalidae) de humano en su huésped intermediario. *Zentralblat Veterinary Medicine, B*, **32**: 498-504, 1985.
- . *Estudio sobre la biología de los cestodes de la familia Anoplocephalidae que parasitan a rumiantes domésticos*. La Plata. 1987. (Tesis doctoral en Ciencias Naturales) – Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
- . Definición de un programa de investigación científica en parasitología: acerca de la biología de los cestodes de la familia Anoplocephalidae. La Plata, 1991. (Tesis de Licenciatura en Filosofía) – Departamento de Filosofía, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
- . Review of oribatid mites (Acarina) as intermediate hosts of tapeworms of the Anoplocephalidae family. *Experimental and Applied Acarology*, **17**: 567-580, 1993.
- . La metodología de los programas de investigación científica aplicada a la estructuración de un marco teórico-metodológico en

- Parasitología. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral*, **27**: 69-77, 1996.
- . Contrastación de un Programa de Investigación Científica en Parasitología: reconstrucción de un caso histórico. *Natura Neotropicalis*, **28**: 65-70, 1997.
- . Consideraciones teóricas y prácticas para el control de la cestodosis en herbívoros domésticos. Pp. 79-83, *en*: DENEGRI, G. *Cestodosis de herbívoros domésticos de la República Argentina de importancia en medicina veterinaria*. Mar del Plata: Editorial Martín, 2001.
- . El concepto de potencialidad del fenómeno parasitario y su aplicación al estudio de las relaciones parásito-hospedador: un análisis epistemológico. *Natura Neotropicalis*, **33**: 65-69, 2002.
- . Contrastaciones de un programa de investigación científica en parasitología: reconstrucción de un caso histórico. *Natura Neotropicalis*, **28**: 65-70, 2007.
- . *Fundamentación epistemológica de la parasitología - Epistemologic Foundation of Parasitology* (Edición Bilingüe). Mar del Plata: Editorial de la Universidad Nacional de Mar del Plata, 2008.
- DENEGRI, Guillermo; CABARET, Jacques. La metodología de los programas de investigación científica como aporte epistemológico para la investigación experimental en parasitología. *Episteme*, **14**: 88-100, 2002.
- DENEGRI, Guillermo; DRESSINO, Vicente. Contrastación de un programa de investigación científica en parasitología: reconstrucción de un caso histórico. *Revista de Filosofía y Teoría Política*, **31-32**: 138-143, 1996.
- DENEGRI, Guillermo; REISIN, Ignacio. The complete biological cycle of *Diphyllobothrium erinaceiuropei* (Cestoidea, Pseudophyllidea) under experimental conditions. *Helminthologia*, **30**: 177-179, 1993.
- DENEGRI, Guillermo; BERNADINA, Wilbert; PEREZ-SERRANO, Jorge; RODRIGUEZ CAABEIRO, Filomena. Anoplocephalidae cestodes of veterinary and medical significance: a review. *Folia Parasitologica*, **45**: 1-8, 1998.
- DRESSINO, Vicente; DENEGRI, Guillermo. La metodología de los programas de investigación científica y el concepto biológico de sis-

- tema conservativo. *Revista de Filosofía y Teoría Política*, **31-32**: 131-137, 1996.
- DOPCHIZ, Marcela; LAVALLEN; Carla; BONGIOVANNI; Roberto; GONZALEZ, Pablo; ELISSONSO, Maria; YANNARELLA, Francisco; DENEGRÍ, Guillermo. Endoparasitic infections in dogs from rural areas in the Lobos District, Buenos Aires province, Argentina. *Brazilian Journal of Veterinary Parasitology*, **22**: 92-97, 2013.
- LAKATOS, Imre. *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza Universidad, 1983.
- SCIOSCIA, Nathalia. *Estudio de la fauna endoparasitaria del zorro gris pampeano (Lycalopex gymnocercus) en la Provincia de Buenos Aires, Argentina: su rol eco epidemiológico como reservorio de enfermedades parasitarias zoonóticas*. Mar del Plata, 2015. Tesis doctoral – Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata.

**Data de submissão:** 13/12/2015

**Aprovado para publicação:** 18/03/2016

# As concepções de Erasmus Darwin sobre a transmutação dos animais

---

Pedrita Fernanda Donda \*  
Lilian Al-Chueyr Pereira Martins #

---

**Resumo:** Erasmus Darwin (1731-1802) apresentou suas concepções sobre a transmutação das espécies principalmente no fim do século XVIII. Nessa época, a maior parte dos naturalistas defendia que as espécies eram fixas. A proposta de Erasmus relacionada à transmutação das espécies foi praticamente ignorada nas resenhas críticas da época, embora outros aspectos tratados em sua obra *Zoonomia* tenham sido elogiados. O objetivo deste artigo é discutir sobre as ideias do Dr. Darwin acerca da transmutação das espécies em relação aos animais levando em conta o contexto de sua época. Procura elucidar se a afirmação de McNeil (1987) de que “Erasmus Darwin era mais um naturalista especulativo do que um experimentalista” é procedente. Esta pesquisa levou à conclusão de que Erasmus não se preocupou em fornecer uma fundamentação empírica para sua visão sobre a transmutação dos animais. Além disso, que suas ideias sobre o assunto estão apresentadas de modo esparsa em obras que tratavam principalmente de outros assuntos. Nesse sentido, pode-se dizer que a afirmação de McNeil é procedente, mas não em relação à obra de Erasmus como um todo. A recepção da proposta do Dr. Darwin pode ser atribuída não apenas aos

---

\* Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada. Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo. Rua Vereador Orlando Vitaliano, 246, 14071-400, Ribeirão Preto, São Paulo. Grupo de História e Teoria da Biologia. USP. E-mail: pedritadonda@gmail.com

# Departamento de Biologia, Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo. Av. Bandeirantes, 3900, bairro Monte Alegre, 14040-901, Ribeirão Preto, São Paulo. Conselho Nacional para o Desenvolvimento Científico (CNPq). Grupo de História e Teoria da Biologia. USP. E-mail: laqpm@ffdrp.usp.br

fatores apontados acima, mas também à situação, social, política e religiosa da Grã-Bretanha na época.

**Palavras-chave:** história da evolução; Darwin, Erasmus; século XVIII

### Erasmus Darwin's conceptions on the animal transmutation

**Abstract:** Erasmus Darwin (1731-1802) mainly presented his conceptions related to the transmutation of species in the end of the 18<sup>th</sup> century. At that time, most of naturalists defended the fixity of species. Most of the critical reviews of that time ignored Dr Darwin's ideas on the transmutation of species. However, other features of his *Zoonomy* were welcome. The aim of this paper is to discuss his ideas concerning the transmutation of species focusing on the animals taking into account its context. It tries to elucidate whether McNeil (1987) statement that "Erasmus was more than a speculative naturalist than an experimentalist" was fair. This research leads to the conclusion that Erasmus was not concerned in providing empirical evidence of his views on the transmutation of animals. Besides that, his ideas related to this subject appear scattered in some publications most devoted to other subjects. In this respect, McNeil's statement is fair but not taking into account Dr. Darwin's work as whole. The reception of Dr. Darwin's ideas could be due not only to the factors pointed out above but also to the social, political and religious situation in Great Britain in his time.

**Key-words:** history of evolution; Darwin, Erasmus; 18<sup>th</sup> century

## 1 INTRODUÇÃO

No final do século XVIII diversos estudiosos como, por exemplo, Carl von Linné (1707-1778), acreditavam que as espécies fossem fixas. Havia também aqueles que admitiam algum tipo de transformação como Pierre Louis Moreau de Maupertuis (1698-1759) ou Georges Louis Leclerc, Conde de Buffon (1707-1788).

Linné, conhecido por seu trabalho em Sistemática que abordou a Botânica (Prestes, Oliveira & Jensen, 2009), Zoologia e Mineralogia, era fixista e criacionista. De acordo com ele, as espécies foram criadas por Deus e possuem uma essência imutável que determina o tipo de planta ou animal. Porém, no fim de sua vida transferiu o que pensava sobre as espécies para os gêneros. A possibilidade de alteração das espécies seria muito limitada, sendo proveniente apenas da fusão entre espécies pré-existentes (Stubbe, 1972, p. 98; Martins, 2007a, p. 130).

Maupertuis em sua obra *Venus physique* considerava que a base de todas as variedades estaria nos líquidos seminais<sup>1</sup>, mas não descartou a influência do clima ou da vegetação<sup>2</sup>. Buffon, no decorrer de sua obra, em alguns momentos pareceu defender o fixismo, em outros, a modificação das espécies. No primeiro caso, em sua *Histoire naturelle* (Buffon, [1765], 1954, p. 7), considerava que todas as espécies haviam sido criadas e que os primeiros indivíduos serviram de modelo para todos os seus descendentes. Nos momentos em que defendeu a modificação das espécies, admitia que grupos compostos por espécies mais ou menos vizinhas tinham uma origem comum como, por exemplo, os felinos do Novo Mundo, os cavalos etc., ou podiam degenerar. Por exemplo, a seu ver, o asno seria um cavalo degenerado. As causas dessa degeneração seriam as alterações no clima, na alimentação e os malefícios da escravidão (Martins, 2007a, pp. 396-397).

Somente após 1800 se tem registro de uma teoria abrangente e detalhada sobre a transformação das espécies, apresentada por Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet, Chevalier de Lamarck (1744-1829) em diversas obras (Martins, 2007a). As obras de Erasmus foram um pouco anteriores às primeiras publicações de Lamarck sobre o assunto, embora Lamarck não tivesse se referido às mesmas.

De acordo com Ernst Mayr, durante o século XVIII houve uma mudança na concepção de natureza. O teísmo foi sendo aos poucos substituído pelo deísmo<sup>3</sup> ou mesmo ateísmo. A visão de um Deus intervindo na natureza e fazendo milagres foi aos poucos sendo substituída por um Deus como autor de leis gerais que regiam os fenômenos naturais. Tal interpretação estava de acordo com a descoberta das leis da física que possibilitavam o movimento

---

<sup>1</sup> Para Maupertuis, havia o “sêmen masculino” e o “sêmen feminino” e ambos continham partículas minúsculas que se assemelhavam aos respectivos progenitores. Estas se reuniriam através de forças atrativas de modo análogo às forças químicas, para formar o filho que, em geral, se parecia com um dos progenitores (Martins, 2007a, p. 374).

<sup>2</sup> Sobre as concepções de Maupertuis acerca da herança e “evolução”, ver Ramos, 2005; Ramos, 2009.

<sup>3</sup> Isso se aplica a Erasmus Darwin e também a Lamarck (Martins, 2007b).

planetário, como a Lei da atração universal de Newton, sem a necessidade de intervenção divina. Por outro lado, descobertas na área das ciências desafiavam a interpretação criacionista-intervencionista. Elas incluíam a heterogeneidade das faunas e floras, diferenças dos fósseis encontrados nos estratos inferiores, descontinuidade de tipos morfológicos, a descoberta de organismos microscópicos etc. (Mayr, 1982, p. 342).

Entre as propostas de Maupertuis, Buffon e a proposta de Lamarck, no final do século XVIII, Erasmus Darwin apresentou suas ideias sobre a transmutação das espécies em obras escritas em prosa ou versos, abordando tanto os vegetais como os animais.

O objetivo deste artigo é discutir sobre as ideias de Erasmus Darwin acerca da transformação das espécies nos animais. Procurará elucidar se a afirmação de Maureen McNeil (1987) de que “Erasmus Darwin era mais um naturalista especulativo do que um experimentalista” se aplica ao caso estudado. Além disso, procurará elucidar as possíveis razões para o tratamento que recebeu na época.

## **2 QUEM FOI ERASMUS DARWIN?**

Antes de prosseguir, consideramos importante apresentar Erasmus Darwin ao leitor, comentando um pouco sobre sua vida, obra e interesses profissionais.

Erasmus Darwin, o avô de Charles Darwin (1809-1882), é geralmente conhecido por suas contribuições para a medicina. Alguns autores mencionam também suas obras de botânica voltadas para a reprodução, fisiologia e anatomia. Entretanto, pouco se sabe sobre suas concepções relacionadas aos seres vivos de um modo geral e à origem das espécies.

Em 1755 Erasmus graduou-se em Medicina. No ano seguinte, aos 25 anos de idade, iniciou sua carreira em Lichfield, tornando-se um médico respeitado (Barlow, 1959, p. 85). Ele era um cuidadoso observador dos sintomas, o que o levava a chegar a diagnósticos procedentes. Nessa época, os procedimentos médicos não eram invasivos. O diagnóstico sobre a natureza da doença era obtido a partir da observação do semblante dos pacientes, sem que houvesse contato com qualquer parte de seu corpo, o que era proibido (King-Hele, 1988, p. 150; King-Hele, 1995, p. 231; Kormondy, 2011, p. 68).

Em 1757 o Dr. Darwin publicou um artigo no *Philosophical Transactions*, e aos 29 anos de idade, foi eleito *Fellow* da *Royal Society*.

O trabalho de Erasmus é permeado pela ideia de progresso. Ele foi um membro ativo da *Lunar Society*, um grupo de estudiosos<sup>4</sup> que se reunia no início do período da industrialização da Inglaterra. Jenny Uglow comenta a respeito de seus integrantes:

O primeiro a entrar foi Erasmus Darwin, doutor, inventor, poeta – meio século antes de seu neto Charles Darwin [...]. Depois veio Matthew Boulton, o chefe flamboyant da primeira grande manufatura em Soho, próxima a Birmingham, seguido pelo ansioso parceiro, o escocês James Watt, conhecido pela máquina a vapor. Outro membro é o ambicioso fabricante de cerâmicas Josiah Wedgwood, e eventualmente, chega em 1780, Joseph Priestley [...] o químico que isolou o oxigênio [...]. (Uglow, 2002, p. xiv)

O principal objetivo da *Lunar Society* era contribuir para o melhoramento da sociedade por meio das contribuições científicas. Os “lunáticos” como se autodenominavam, reuniam-se informalmente para discutir os avanços na ciência e tecnologia, bem como, suas próprias teorias e invenções (King-Hele, 1988, p. 153). Darwin contribuiu para a idealização da máquina a vapor. Ele também elaborou projetos para a construção de uma “máquina copiadora” e um tipo de lâmpada a óleo (King-Hele, 1998, p.155).

O interesse de Erasmus pela Geologia se iniciou na década de 1760 quando ele participou de expedições às cavernas de *Peak District* com o geólogo John Whitehurst (1713-1788) e o engenheiro de minas Anthony Tissington (1703-1776). Seu círculo de amigos incluía também James Hutton (1726-1797) com quem se correspondeu intensamente. Várias notas em *The botanic garden* fazem referências à geologia. Erasmus reconhecia a importância do papel das lavas vulcânicas na constituição da crosta terrestre. Deixou também

---

<sup>4</sup> Os principais membros da *Lunar Society* foram: John Whitehurst (1713-1788); Mathews Boulton (1728-1809); Josiah Wedgwood (1730-1795); Erasmus Darwin (1731-1802); Joseph Priestley (1733-1804); William Small (1734-1775); James Keir (1735-1820); James Watt (1736-1819); William Whitering (1741-1799); Richard Lovell Edgeworth (1744-1817); Thomas Day (1748-1789) e Samuel Galton (1753-1832) (Uglow, 2002).

contribuições para a meteorologia e física da parte superior da atmosfera. Propôs a construção de mapas do tempo (King-Hele, 1988, pp. 161-162).

Erasmus foi o fundador da *Sociedade Botânica de Lichfield* em 1779 e da *Sociedade Filosófica de Derby* em 1783. A última era constituída por um grupo mais formal do que a *Lunar Society* que era composta por amigos. Começou com sete membros, mas sofreu uma redução nos primeiros seis meses após sua criação, enquanto Darwin esteve fora (Kormondy, 2011, p. 69).

Apesar de sua atividade intensa como médico, Erasmus escreveu alguns livros, resultado de longa reflexão. Porém, eles não foram publicados imediatamente. É possível que isso tenha ocorrido, em parte, devido ao receio de que escrever sob a forma de versos pudesse prejudicar sua reputação como médico e, em parte, ao desejo de aperfeiçoá-los (Barlow, 1959, p. 88).

Em 1791 foi publicado *The botanic Garden* (O jardim botânico) que tinha aparecido anteriormente (1789) de forma anônima. Escrito em versos e com notas em prosa, está dividido em duas partes: *The economy of vegetation* (A economia da vegetação) e *The loves of the plants* (Os amores das plantas).

O primeiro volume de *Zoonomia or The laws of organic life* (Zoonomia ou As leis da vida orgânica) foi publicado em 1794 e o segundo volume dois anos depois. Com *Zoonomia*, Erasmus se tornou conhecido como médico na Grã-Bretanha. Essa obra contém sua epistemologia e os resultados de seus estudos médicos como, por exemplo, a descrição de um grande número de doenças com riqueza de detalhes. Foi nela que ele defendeu que as espécies se transformam como resultado da influência direta do meio sobre os organismos (Kormondy, 2011, p. 70).

Em *Phytologia or A philosophy of agriculture* (Fitologia ou Uma filosofia da Agricultura) (1799), ele procurou relacionar a botânica à agricultura. Ele pretendia sistematizar a agricultura e jardinagem procurando caracterizá-las como ciência. Nessa obra enfatizou que a terra deveria ser usada para o cultivo de trigo, e não para criação de gado, e sugeriu que os grãos fossem usados para fabricação de pães, e não de cerveja. Propôs que fossem plantadas árvores nas regiões

montanhosas da Grã-Bretanha para produção de madeira (Kormondy, 2011, p. 70).

Em 1803 escreveu o poema *The temple of nature or The origin of society. A poem with philosophical notes* (O templo da natureza ou A origem da sociedade. Um poema com notas filosóficas) que foi publicado postumamente (Barlow, 1959, p. 88).

As concepções “evolutivas”<sup>5</sup> de Erasmus aparecem de forma mais explícita em *The temple of nature or The origin of sociology* (O templo da natureza ou A origem da sociologia). Nessa obra, ele propôs que o universo foi formado por uma “dissolução química” e que, no ciclo universal da natureza, a matéria orgânica não podia ser destruída, apenas transformada. Além disso, que a vida orgânica se originou na água dos oceanos. Os animais se adaptavam ao seu ambiente e sua domesticação mostrava que suas características podiam ser transmitidas de geração a geração. Somente mais tarde, ele introduziu a noção de que a vida se desenvolveu a partir de “filamentos microscópicos” nos oceanos (Kormondy, 2011, p. 70).

### 3 ERASMUS E A ORIGEM DAS ESPÉCIES

#### 3.1 A origem da vida

Ao contrário de seu neto que evitou discutir sobre a origem da vida, Erasmus Darwin procurou explicar a origem dos primeiros seres vivos. A seu ver, os animais mais simples, teriam se formado por geração espontânea na água dos oceanos. Considerou ainda que a água além de estar presente na formação dos primeiros seres vivos (animais e vegetais), também estava relacionada à sua sobrevivência.

Os seres vivos que surgiram inicialmente no oceanos eram bem simples e foram se transformando. Passaram a viver em cavernas, adquirindo barbatanas, pés e finalmente, asas. Assim a partir das primeiras formas de vida (aquáticas) se originaram as formas de vida terrestres. Estas só conseguiram sobreviver na medida em que

---

<sup>5</sup> Estamos utilizando a palavra evolução em nosso sentido atual. Na época ela tinha uma conotação diferente da atual referindo-se ao que atualmente conhecemos como ontogenia.

desenvolveram mecanismos fisiológicos que permitiram retirar a água do ambiente e retê-la em seus próprios organismos (Darwin<sup>6</sup>, 1794, p. 26). Nas palavras de Erasmus:

Provavelmente ocorreu a produção de vegetais microscópicos, [...] e que estes tenham sido os primeiros a serem formados espontaneamente. A partir dos restos decompostos de vegetais ou corpos de animais, foram gerados outros mais perfeitos por reprodução. (Darwin, 1794, p. 435)

Como é possível perceber na citação acima, Erasmus admitia também a existência da heterogênese. Ou seja, os seres vivos mais simples poderiam se formar a partir de restos de outros seres vivos mais complexos. Assim, haveria tipos de geração espontânea, o que consideramos atualmente como sendo abiogênese, ou seja, a formação de indivíduos a partir de substâncias inorgânicas encontradas no meio, mas também a formação de seres vivos mais simples a partir de restos de outros seres vivos (animais ou vegetais), o que mais tarde foi chamado de heterogênese.

Durante a formação desses seres vivos mais simples, partículas inanimadas teriam se unido de várias formas. Isso aconteceria através de forças atrativas das quais algumas dessas partículas eram dotadas. Essa matéria inanimada passaria então a ter propriedades, constituindo fibras e moléculas maiores (Darwin, 1794, p. 14).

Erasmus que se dedicara aos estudos anatômicos e embriológicos fez uma analogia entre a origem da vida nos oceanos e o desenvolvimento do embrião no útero materno. Comentou que criaturas, como mosquitos e sapos, em seu estado embrionário são aquáticas (Elliot, 2003, p. 8).

Erasmus considerava que os animais de sangue quente, como os quadrúpedes, pássaros e anfíbios, e até mesmo os humanos, foram produzidos a partir de um filamento vivo semelhante. Isso, a seu ver, poderia ser reforçado pela grande similaridade entre estruturas que apresentam em comum. A partir desse filamento seriam originadas diferentes partes do corpo, de acordo com suas necessidades. Porém

---

<sup>6</sup>A partir deste ponto utilizaremos a notação “Darwin, ano, página” para nos referirmos às obras de Erasmus Darwin que consultamos.

as diferenças na anatomia do coração e de outros órgãos em animais de sangue frio e quente<sup>7</sup> o levaram a questionar se todos os animais teriam se originado de um mesmo filamento vivo (Darwin, 1794, p. 505).

Para Erasmus (1794), haveria a “PRIMEIRA GRANDE CAUSA”<sup>8</sup> que teria colocado a vida em movimento. Ao mesmo tempo, haveria outra causa ou mecanismo na natureza, capaz de explicar as melhorias sucessivas dos seres vivos, sem a necessidade de nenhuma intervenção divina (Harrison, 1971, p. 256). Ou seja, nas concepções de Erasmus estava imbuída a ideia de progresso, muito presente durante o final do século XVIII e século XIX.

Embora o Dr. Darwin muitas vezes tenha sido rotulado como ateu, ele preferia ser caracterizado como deísta. Ele acreditava em um mundo ordenado, progressivo e que possuía uma mente por trás de si. Em suas obras, ele utilizava o termo “Criador” para designar a ignorância do homem em relação ao início dos tempos e à uniformidade do progresso científico. Ele não acreditava na revelação direta e desprezava o unitarismo (Barlow, 1959, p. 97).

### 3.2 Erasmus e as mudanças geológicas

As mudanças geológicas, na visão de Erasmus, ocorreram no passado por meio de processos naturais semelhantes aos que são observados na atualidade. Ele estava a par das descobertas de fósseis marinhos no alto de montanhas e do seu significado em termos geológicos. Sugeriu que as semelhanças morfológicas poderiam ser utilizadas para estabelecer relações entre as espécies. Admitia que os eventos que ocorrem na natureza são regidos por leis imutáveis (Darwin, 1794, vol. 1, pp. 492, 509; Garfinkle, 1955, p. 379). Assim, ele tinha uma visão uniformitarista sobre as mudanças que ocorriam na crosta terrestre.

---

<sup>7</sup> Enquanto nos peixes, o coração apresentava apenas um ventrículo e eles eram dotados de brânquias, nos animais de sangue quente o coração possuía dois ventrículos e eles apresentavam pulmões.

<sup>8</sup>A PRIMEIRA GRANDE CAUSA era um tipo de princípio relacionado ao progresso inerente no universo (Harrison, 1971, p. 255).

### 3.3 As causas das modificações nos animais

As mudanças nas formas e cores dos animais foram atribuídas por Erasmus à domesticação, às diferenças climáticas e aos diferentes propósitos com que os animais eram criados sob domesticação. Ele comentou:

[...] Pensando nas grandes modificações introduzidas nos vários animais artificial ou acidentalmente, como nos cavalos que exercitamos para carregar fardos ou [participar] de corridas, com o propósito de força ou rapidez; nos cachorros criados para [ter] força e coragem, como o *bull-dog*; feroz e rápido, como o *hound* e o *spaniel*; patas adequadas para nadar, como os *greyhound*, ou para puxar trenós na neve, como os cães [...] do norte, ou ainda, por último, para brincar com as crianças, como os cachorros de colo (*lapdogs*); ou ainda, nas modificações que ocorreram nas formas do gado como os camelos e ovelhas, domesticados desde a Antiguidade, que sofreram uma total transformação, percebemos o quanto somos ignorantes sobre as espécies de animais selvagens que originaram esses animais. (Darwin, 1794, p. 500)

Ele acreditava também que os esforços dos próprios animais podiam ocasionar mudanças em seus corpos e que essas podiam ser transmitidas a seus descendentes. Em suas palavras :

Do primeiro rudimento, ou primórdio, até o término de suas vidas, todos os animais são submetidos a transformações perpétuas; que são em parte produzidas por seus próprios esforços, em consequência de seus desejos e aversões, de seus prazeres e dores ou de irritações, ou de associações; e muitas dessas formas adquiridas ou propensões são transmitidas para sua posterioridade. (Darwin, 1794, p. 502)

As mudanças poderiam ocorrer também antes do nascimento dos animais. Nesse caso, elas eram produzidas pela mistura de espécies, como na produção de mulas, por exemplo. O excesso de nutrição no período de gestação podia acarretar a formação de membros adicionais no feto. As novas formas de animais podiam constituir variedades ou espécies. Ele comentou:

[...] Eu vi uma raça de gatos com uma unha adicional em cada pata; aves domésticas com unha adicional e asas até os pés; outra sem ancas. O Sr. Buffon menciona uma raça de cachorros sem cauda

comum em Roma e em Nápoles, que ele supõe ter surgido provavelmente pelo costume de, durante muito tempo, cortar os rabos desses animais. Existem muitos tipos de pombos admirados por suas peculiaridades, que são monstros assim produzidos e propagados. Deve se acrescentar as mudanças produzidas pela imaginação do progenitor masculino [...]. (Darwin, 1794, p. 501)

As mudanças nas formas de muitos animais poderiam ser causadas por três grandes objetos do desejo, que são os da luxúria, segurança e fome.

O primeiro, a luxúria, se referia ao desejo pela posse exclusiva de uma fêmea fazendo com que os animais adquirissem “armas” como chifres, dentes e esporas, para combater uns aos outros. Erasmus explicou:

Esses [animais] adquiriram armas para combater uns aos outros, como os espessos chifres em forma de escudo nas costas dos javalis. Eles são uma forma de defesa contra animais de sua própria espécie que atacam justamente nessa região. Por outro lado, seus dentes não têm outro propósito exceto a própria defesa, já que não são animais carnívoros. Os chifres dos veados servem daramente para ofender seu adversário e são ramificados para aparar ou receber os golpes de chifres [de animais] semelhantes. Foram formados, portanto, com o propósito de combater outros veados para obter a posse exclusiva das fêmeas [...]. (Darwin, 1794, p. 503)

Nesse sentido, as ideias de Erasmus se harmonizam com as ideias de seu neto, embora ele não utilizasse a expressão “seleção sexual”.

O segundo desejo, referente à segurança, pareceu a Erasmus, ter diversificado as formas e as cores dos corpos dos animais. Consistia nos meios de escapar de outros animais mais poderosos. Desse modo, alguns adquiriram asas ao invés de pernas; outros, grandes barbatanas ou membranas. Ele estendeu a ideia de segurança também aos vegetais em relação aos meios de defesa de seu “mel”<sup>9</sup> e suas sementes aos ataques de pássaros e outros animais (Darwin, 1794, p. 504). Ele comentou:

---

<sup>9</sup> Provavelmente tratava-se do néctar.

[...] Assim, o nariz dos suínos se tornou rígido com o propósito de chafurdar na terra em busca de insetos e raízes. A tromba do elefante é um prolongamento do nariz com o propósito de puxar os galhos de árvores [até sua boca] para sua alimentação e pegar água sem dobrar os joelhos. Animais de rapina adquiriram fortes mandíbulas ou garras. O gado, como as vacas e ovelhas, adquiriu uma língua e palato ásperos para pastar. Alguns pássaros, como o papagaio, adquiriram bicos duros para quebrar sementes. Outros, como os pardais, adquiriram bicos adaptados para quebrar alimentos mais duros [...]. (Darwin, 1794, p. 503)

O terceiro tipo de desejo, a fome, se referia aos meios de procura por alimento que, para Erasmus, modificaram as formas de todas as espécies animais. Por exemplo, a tromba do elefante, as fortes garras de aves de rapina e as diferentes formas de bico nos pássaros. Ele considerava que:

Todos parecem ter sido produzidos ao longo de várias gerações através do contínuo empenho das criaturas de suprir a necessidade de comida, e foram entregues para sua posterioridade com constante melhoria para os propósitos necessários. (Darwin, 1794, p. 504)

Sabemos que a herança de caracteres adquiridos era uma ideia aceita na época de Erasmus ou mesmo posteriormente. Porém, ele dedicou bastante espaço para discuti-la. Diferentemente de Lamarck e Charles Darwin (Martins, 2015), parecia relacionar os comportamentos e modificações nos animais à sua vontade. Além disso, considerava que existe um progresso em relação às transformações ocorridas, como mencionamos anteriormente.

#### **4 A RECEPÇÃO DAS IDEIAS DE ERASMUS NA ÉPOCA**

Na ocasião em que *Zoonomia* foi publicada, a Inglaterra estava mergulhada em uma guerra que durava quase vinte anos e findou com a batalha de Waterloo. Igreja e Estado estavam unidos e não viam com bons olhos teorias que negassem o papel de Deus como criador das espécies, considerando-as subversivas (King-Hele, 1998, p. 172).

De um modo geral, a recepção tanto por parte do público quanto dos acadêmicos foi favorável à *Zoonomia*. O periódico *The Monthly Magazine* a considerou “uma das mais importantes produções da

época” e o periódico *European Magazine* comparou a filosofia natural de *Zoonomia* à filosofia natural presente no *Principia* de Newton (Garfinkle, 1955, p. 380). Porém, a maioria das resenhas críticas ignorou a parte de *Zoonomia* em que Darwin lidou com suas concepções evolutivas. Posteriormente, essas concepções foram consideradas demasiadamente especulativas para merecerem atenção. A tentativa de Darwin em mostrar uma afinidade entre os animais inferiores e o homem foi considerada como uma negação de sua alma.

De acordo com Norton Garfinkle, a mudança de atitude dos críticos em relação aos trabalhos científicos de Darwin reflete uma importante mudança de opinião por parte dos britânicos na última década do século XVIII quando as classes superiores adotaram uma posição favorável à religião tradicional apoiando as Sagradas Escrituras. Essa atitude se manifestou na condenação do *Vestiges of the natural history of creation* (1844) publicado anonimamente e posteriormente conhecido como de autoria de Robert Chambers (Garfinkle, 1955, pp. 384; 387; Hueda & Martins, 2010, p. 356).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Erasmus não partiu de um estudo de história natural, apesar de seu interesse por botânica, mas principalmente de medicina como, por exemplo, suas investigações sobre embriões. Por outro lado, ele não se preocupou em documentar empiricamente suas ideias evolutivas, ao contrário do que ocorreu em relação à fisiologia vegetal. Isso pode ter relação com o baixo impacto de sua proposta.

Muitas das conclusões de Erasmus sobre a transmutação dos animais são realmente de caráter especulativo, como por exemplo, as causas atribuídas às modificações que ocorrem durante sua vida. Nesse aspecto particularmente, mas não em sua obra como um todo, estamos de acordo com Maureen McNeil (1987).

Outro fator que pode ter contribuído que as ideias de Erasmus Darwin sobre a modificação das espécies fossem desconsideradas na época foi não serem a parte principal de suas obras, aparecendo de forma esparsa, sem constituir um todo coerente. Além disso, o contexto político, social e religioso da época não lhes foi propício.

## AGRADECIMENTOS

A primeira autora agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a segunda autora ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio recebido.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARLOW, Nora. Erasmus Darwin, F.R.S. (1731-1802). *Notes and Records of the Royal Society of London*, **14** (1): 85-98, 1959.
- BUFFON, George Louis Leclerc, Comte de. *Histoire naturelle*. Vol. 13. [1765], in PIVETEAU, Jean (ed.). *Oeuvres philosophiques de Buffon*. Paris: Presses Universitaires de France, 1954.
- ELLIOT, Paul. Erasmus Darwin, Herbert Spencer, and the origin of the evolutionary worldview in Britain. *Isis*, **94** (1): 1-29, 2003.
- GARFINKLE, Norton. Science and religion in England, 1790-1800: The critical response to the work of Erasmus Darwin. *Journal of the History of Ideas*, **16** (3): 376-388, 1955.
- HARRISON, James. Erasmus Darwin's views of evolution. *Journals of the History of Ideas*, **32** (2): 247-264, 1971.
- HUEDA, Marcelo Akira; MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. Lamarck, Chambers e “evolução” orgânica. Pp. 356-364, in: MARTINS, Roberto de Andrade; LEWOWICZ, Lucía; FERREIRA, Juliana Mesquita Hidalgo; SILVA, Cibelle Celestino; MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira (orgs.). *Filosofia e História da Ciência no Cone Sul. Seleção de Trabalhos do 6º Encontro*. Campinas: AFHIC, 2010.
- KING-HELE, Desmond. Erasmus Darwin, man of ideas and inventor of words. *Notes and Records of the Royal Society of London*, **42** (2): 149-180, 1988.
- . Erasmus Darwin's life at Lichfield: fresh evidence. *Notes and Records of the Royal Society of London*, **49** (2): 231-243, 1995.
- . The 1997 Wilkins lecture: Erasmus Darwin, the lunatics and evolution. *Notes and Records of the Royal Society of London*, **52** (1): 153-180, 1998.
- KORMONDY, E. J. Erasmus Darwin, 18<sup>th</sup> Century polymath. *American Biology Teacher*, **73** (2): 68-71, 2011.

- KORSHIN, Paul J. [Critical review] McNeil, Maureen. *Under the banner of science: Erasmus Darwin and his age*. *Isis*, **81** (4): 780-781, 1990.
- McNEIL, Maureen. *Under the banner of science: Erasmus Darwin and his age*. Manchester: Manchester University Press, 1987.
- MARTINS, Lilian A.-C. P. *A teoria da progressão dos animais de Lamarck*. Rio de Janeiro: FAPESP/BookLink, 2007 (a).
- . Lamarck, evolução orgânica e materialismo: algumas relações. Pp. 11-38, in: MORAES, João Quartim de (org.). *Materialismo e Evolucionismo. Epistemologia e História dos Conceitos*. [Coleção CLE, volume 47]. Campinas: CLE, 2007 (b).
- . A herança de caracteres adquiridos nas teorias “evolutivas” do século XIX, duas possibilidades: Lamarck e Darwin. *Filosofia e História da Biologia*, **10** (1): 67-84, 2015.
- MAYR, Ernst. *The growth of biological thought: diversity, evolution and inheritance*. Cambridge, MA: The Belknap Press, 1982.
- PRESTES, Maria Elice B., OLIVEIRA, Patricia, JENSEN, Gerda Maisa. As origens da classificação de plantas de Carl von Linné no ensino de biologia. *Filosofia e História da Biologia*, **4**: 101-137, 2009.
- RAMOS, Mauricio. A Vênus física de Maupertuis: antigas idéias sobre a geração reformadas pelo mecanicismo newtoniano. *Scientia Studia*, **3** (1): 79-101, 2005.
- . *A geração dos corpos organizados em Maupertuis*. São Paulo: Scientia Studia / Editora 34 / FAPESP, 2009.
- STUBBE, Hans. *History of genetics: from prehistoric times to the rediscovery of Mendel's laws*. 2<sup>nd</sup> edition. Trad. Trevor Waters. Harvard: The MIT Press, 1972.
- UGLOW, Jenny. *The Lunar men: the friends who made the future, 1730-1810*. London: Faber & Faber, 2002.

**Data de submissão:** 05/04/2016

**Aprovado para publicação:** 21/05/2016



## Normas para publicação

O periódico *Filosofia e História da Biologia* se destina à publicação de artigos resultantes de pesquisas originais referentes à filosofia e/ou história da biologia e temas correlatos, bem como sobre o uso de história e filosofia da biologia na educação. Publica também resenhas de obras recentes, sobre esses temas.

Somente textos inéditos (e que não estejam sendo submetidos para publicação em outro local) poderão ser submetidos para publicação em *Filosofia e História da Biologia*. Ao submeter o manuscrito, os autores assumem a responsabilidade de o trabalho não ter sido previamente publicado e nem estar sendo analisado por outra revista.

Os artigos devem resultar de uma pesquisa original e devem representar uma contribuição efetiva para a área. Todos os trabalhos submetidos serão enviados para análise de dois árbitros. Em caso de divergência entre os pareceres, o trabalho será analisado por um terceiro árbitro.

A análise dos originais levará em conta: (1) pertinência temática do artigo; (2) obediência às normas aqui apresentadas; (3) originalidade e profundidade da pesquisa; (4) a redação do trabalho.

Os trabalhos submetidos podem ser aceitos, rejeitados, ou aceitos condicionalmente. Os autores têm direito a recorrer da decisão, quando discordarem da mesma, e nesse caso será consultado um novo membro da Comissão Editorial, que emitirá um parecer final.

São aceitos para publicação em *Filosofia e História da Biologia* artigos em português, espanhol ou inglês. Os artigos submetidos devem conter um resumo no idioma original e um abstract em inglês. Os artigos em inglês devem vir acompanhados de um resumo em português, além do abstract. Os resumos e abstracts devem ter cerca de 200 palavras. Devem também ser indicadas cerca de cinco palavras-chave (e *keywords*) que identifiquem o trabalho. As palavras-chave, separadas por ponto-e-vírgula, devem especificar a temática do artigo e as subáreas amplas em que ele se enquadra (por

exemplo: filosofia da genética), em ordem direta; também devem ser indicados, se for o caso, personalidades centrais do artigo, em ordem indireta (por exemplo: Darwin, Charles).

Todos os agradecimentos devem ser inseridos no final do texto, em uma seção denominada “Agradecimentos”. Agradecimentos pessoais devem preceder os agradecimentos a instituições ou agências. Não devem ser inseridas notas de rodapé com agradecimentos. Agradecimentos a auxílios ou bolsas, assim como agradecimentos à colaboração de colegas, bem como menção à origem de um artigo (por exemplo: teses) devem ser indicados nesta seção. No caso de artigos em coautoria no qual as contribuições do diferentes autores foram diferenciadas, isso também deve ser mencionado na mesma seção, que será intitulada “Agradecimentos e créditos”.

Os artigos devem ter um máximo de 6.000 palavras (incluindo as notas de rodapé) e devem ser copiados ou digitados diretamente dentro do arquivo *Word* modelo da ABFHiB, Modelo-Fil-Hist-Biol.doc, que está disponível em <http://www.abfhib.org/Publicacoes/Modelo-Fil-Hist-Biol.doc>, versão atualizada em 20/06/2013. As resenhas devem ter um máximo de 2.000 palavras. Excepcionalmente, os Editores poderão aceitar trabalhos que ultrapassem esses limites.

Os originais devem ser enviados em formato DOC ou RTF para o seguinte e-mail: [fil-hist-biol@abfhib.org](mailto:fil-hist-biol@abfhib.org).

A mensagem encaminhando o artigo deve informar que se trata de um original inédito que está sendo submetido para publicação no periódico ***Filosofia e História da Biologia***.

As ilustrações devem ser fornecidas sob a forma de arquivos de alta resolução (pelo menos 1.200 pixels de largura, para ocupar toda a largura de uma página), com imagens nítidas e adequadas para reprodução. Devem ser acompanhadas de legenda e com indicação de sua fonte. Os autores devem fornecer apenas imagens cuja reprodução seja permitida (por exemplo, que sejam de domínio público).

Na versão impressa do periódico, todas as ilustrações serão publicadas em preto e branco (e tons de cinza) e todas as imagens coloridas que forem enviadas serão convertidas. Na versão eletrônica, podem ser incluídas ilustrações coloridas, que também devem ser de alta resolução.

Estudos envolvendo seres humanos ou animais deverão ter a aprovação do Conselho de Ética da instituição em que o estudo foi feito. Deve ser informado o número de protocolo correspondente.

Conflito de interesses: quando existe alguma relação entre os autores e qualquer entidade pública ou privada de que pode derivar algum conflito de interesse, essa possibilidade deve ser comunicada e será informada no final do artigo.

As referências bibliográficas devem aparecer em lista colocada ao final do artigo, em ordem alfabética e cronológica. Devem seguir as normas da ABNT e devem ser completas – contendo, por exemplo, as páginas inicial e final de artigos e capítulos de livros, nomes dos tradutores de obras, cidade e editora de publicação de livros, etc. Os nomes dos autores devem ser fornecidos por extenso e não com o uso de iniciais. Os títulos de periódicos devem ser fornecidos por extenso e não abreviados. O modelo fornecido pela ABFHIB apresenta mais informações sobre o modo de apresentar as referências bibliográficas e de mencioná-las no corpo do texto. Consulte também edições recentes da revista, para ver exemplos de referências bibliográficas.

Os autores que não seguirem rigorosamente o modelo utilizado por *Filosofia e História da Biologia* serão solicitados a adequarem seus originais às normas da revista e a completarem as informações incompletas, quando for o caso. Isso pode resultar em atraso na publicação do artigo.

A submissão de um trabalho para publicação em *Filosofia e História da Biologia* implica na cessão do direito de publicação à *Associação Brasileira de Filosofia e História da Biologia* (ABFHIB). Os artigos publicados nesta revista não poderão ser publicados em livros ou outros periódicos sem autorização formal dos Editores. Após a aceitação do trabalho para publicação, todos os autores devem assinar o termo de cessão de direitos autorais à ABFHIB.

Para enviar uma mensagem para o periódico *Filosofia e História da Biologia*, utilize este endereço: [fil-hist-biol@abfhib.org](mailto:fil-hist-biol@abfhib.org)

Informações adicionais:  
<http://www.abfhib.org/FHB/>  
[fil-hist-biol@abfhib.org](mailto:fil-hist-biol@abfhib.org)





