

GUSTAVO CAPONI
(2005)

O PRINCÍPIO DE HARDY-WEINBERG COMO IDEAL DE ORDEM NATURAL DA BIOLOGIA EVOLUTIVA

*In Anna Regner & Luiz Rohden (eds.):
A filosofia e a ciência redesenham horizontes.
São Leopoldo: Unisinos, 2005, pp.225-235*

Um fato é sempre uma diferença que se destaca em um horizonte de permanência: um fato é o diferente que irrompe no horizonte do mesmo. Por isso, para que essa diferença ocorra e para que caiba registrá-la como tal, esse horizonte de permanência deve estar predefinido (Toulmin, 1961, p. 44), e é isso que fazem os princípios que Stephen Toulmin (1961, p. 46) chamou de *ideais de ordem natural*. Os mesmos são pressupostos que, num certo âmbito disciplinar, definindo qual é o caso quando nada acontece, estabelecem o horizonte de permanência sobre o qual irrompem os fatos a serem explicados. Um ideal de ordem natural, poderia ter dito Heidegger (1975, p. 78), instaura “um âmbito no qual se mostram as coisas, i. e. , os fatos”. Ou dito de outra forma: um ideal de ordem natural define o estado ou o devir das coisas que se considera óbvio, necessário, *natural*, compreensível por si e, por isso, carente de qualquer necessidade de explicação. É exatamente o desvio ou a ruptura dessa ordem que aparecerá como merecedor de explicação (Toulmin, 1961, p. 45).

Assim, e como exemplo paradigmático de ideal da ordem natural, Toulmin (1961, p. 56) nos propõe o *princípio de inércia: todo corpo continua em estado de repouso ou de movimento retilíneo e uniforme, a menos que seja compelido a mudar esse estado de movimento por aplicação de uma força*. Essa *primeira lei de Newton* nos diz, efetivamente, que a permanência de um corpo em qualquer desses dois estados é o esperável, o *normal*, o *natural*. O que deve ser explicado, portanto, é a saída do repouso ou a saída do movimento retilíneo uniforme; toda a física newtoniana nos oferece o modo de explicar e

calcular os desvios desse estado em virtude de certas forças e princípios adicionais, como, por exemplo, a lei da gravitação.

Embora essa lei hoje nos pareça óbvia (cf. Heidegger, 1985, p. 66), a partir de sua aparente trivialidade a mesma define, ao mesmo tempo, *como* são as coisas quando nada ocorre, o *que* significa que algo ocorra e *qual* deve ser a natureza da causa desse acontecimento que ocorre (cf. Kant, 1977 [1786], p. 134). Se um corpo está em repouso ou em movimento retilíneo uniforme, nada ocorre, nada deve ser explicado. Porém, se o mesmo se desvia desse estado, a teoria define o repertório de forças que nos permitiriam não somente explicar e prever esse desvio, mas também calcular sua magnitude e seu sentido.

Como outros aspectos da gramática científica, todavia, os ideais de ordem natural são regionais: as diferentes disciplinas científicas podem obedecer a ideais diferentes. Cabe, pois, perguntar-nos pelo ideal de ordem natural que fundamenta o regime darwiniano que constituiu e orienta essa ordem disciplinar tão particular que é a biologia evolutiva. A pergunta a ser formulada, nesse caso, seria a seguinte: o que é um fenômeno evolutivo, ou seja, o que é que merece explicação do ponto de vista evolutivo? Sobre que horizonte de permanência se destacam os fatos que a teoria da seleção natural vai explicar?

Em uma primeira aproximação à nossa resposta, podemos dizer que, no universo darwiniano, é a variedade das formas biológicas que deve ser explicada e justificada, ou seja, são as diferenças entre os seres orgânicos que devem ser explicadas como aquilo que, em princípio, não tínhamos por que esperar. O movimento retilíneo uniforme do mundo darwiniano, aquilo que nele constitui o *estado natural das coisas*, seu *ideal de ordem natural*, é sempre a forma ancestral comum e é o afastamento dessa forma ancestral que, em cada caso particular, deve ser explicado.

Na natureza darwiniana, *entia non sunt multiplicanda praeter necessitatem*; é nesse sentido que podemos falar de um *princípio de parcimônia* ontológica, que funcionaria como ideal de ordem natural da perspectiva darwiniana. Para o darwinismo, efetivamente, não há diferença que não tenha uma razão de ser, e esta razão de ser deve ser encontrada caso a caso. É a teoria da seleção natural, que nos ensina a reconstruir, para cada caso particular, esse balanço entre ganhos e perdas que constitui a razão de ser de todas as diferenças. Para cada afastamento da forma ancestral deve haver alguma explicação que nos mostre que essa diferença corresponde a uma exigência da seleção natural.

Afirmou-se, muitas vezes, que o mundo darwiniano é um mundo pródigo. O próprio Darwin (1856 apud Gould, 1993, p. 137) caracterizou a seleção natural como um procedimento torpe, cruel e esbanjador, e todo o *longo*

argumento desenvolvido na obra *Origem das espécies* (Darwin, 1859, p. 64) apela a uma certa *prodigalidade da natureza* no que tange às taxas de reprodução (Dodson, 1963, p. 18). A produção de estruturas adaptativas a partir da seleção natural supõe uma desmedida sobreoferta de indivíduos, que, geração após geração, serão maciçamente sacrificados: "Se não ocorre o caso de que nasçam mais organismos do que os que podem sobreviver e se reproduzir, então não pode haver seleção" (Ruse, 1987, p. 27).

No entanto, o que produz essa seleção, a faca que mata e, ao mesmo tempo, talha os perfis dos seres vivos, não é outra senão a foice da escassez. Há seleção porque há luta pela existência (Darwin, 1859, p. 81 e p. 127), e há luta pela existência porque os recursos necessários para garantir o êxito reprodutivo são limitados e insuficientes (Darwin, 1859, p. 67s.; Wallace, 1891, p. 23s.). Os organismos multiplicam-se além dos recursos disponíveis para sustentar essas taxas de reprodução, e nisso consiste todo o excesso: a cruel prodigalidade da natureza darwiniana somente é tal por oposição à limitação dos recursos existentes. Dizer que fomos demasiado generosos com a lista de convidados não é mais do que um eufemismo para reconhecer que fomos demasiado austeros na hora de encomendar a comida.

Não se trata aqui de discutir a efetiva importância que a leitura de Malthus (1983 [1798], p. 34) pôde ter no desenvolvimento das idéias de Darwin (Limoges, 1976, p. 86; Ruse, 1983, p. 222; Mayr, 1992, p. 97; Gayon, 1992, p. 27 / cf. Darwin, 1892, p. 42), nem se trata tampouco de esquecer que a luta malthusiana pela existência só podia ter um papel estabilizador ou conservador (cf. Malthus, 1983 [1798], p. 36). Trata-se, pelo contrário, de reconhecer que, independentemente de Malthus, o modo darwinista de raciocinar, como o da ciência econômica, tem a escassez como pressuposto (cf. Foucault, 1968, p. 251): as decisões econômicas são tomadas como resposta a essa escassez (Von Mises, 1980, p. 155) e as formas vivas definem-se em virtude desse mesmo imperativo. A idéia de que *não há [de tudo] para todos* funciona como um pressuposto de ambos os domínios da ciência. Poderíamos falar, inclusive, de uma espécie de *malthusianismo transcendental* ou *metodológico*, sobre o qual se fundariam, por um lado, a biologia evolutiva (e, sobre ela e em última instância, toda a biologia contemporânea) e, por outro, a economia (e, sobre ela e em última instância, todas as ciências humanas) (cf. Von Mises, 1980, p. 61s).

Não se deve desconsiderar, contudo, o fato de que esse *malthusianismo* não é tampouco a parcimônia ontológica de que estamos falando. O mundo darwiniano é econômico em dois sentidos diferentes, mas complementares: por um lado, é parcimonioso em formas porque nele nem todo o possível se realiza; por outro lado, também podemos considerá-lo um mundo cruel e

mesquinho em que a vida está permanentemente assediada pela escassez. E se a primeira forma de frugalidade define o ideal de ordem natural sobre o qual se destacam os fenômenos da vida, a segunda define o fator de mudança que produz esses fenômenos: as formas vivas se diversificam, se é que o fazem, como resposta a esse permanente assédio da escassez.

Assim como no caso da física clássica cabe distinguir entre o *ideal de ordem natural*, definido pelo *princípio de inércia*, e o repertório de forças que nos permitem explicar a saída do repouso ou do movimento retilíneo uniforme que possa ter lugar, no caso da biologia evolutiva também podemos distinguir entre esse princípio de parcimônia ontológica, que define seu ideal de ordem natural específico, e o inesgotável repertório de narrações adaptacionistas, que nos permitiriam explicar cada desvio do tipo. Se as formas não se diversificam, nada ocorre, nada deve ser explicado; porém, se as formas se diversificam, é o momento de perguntar: *por quê? Ou seja: por que toda essa diversidade e essa mudança e não, pelo contrário, a permanência da forma original?* A natureza darwiniana comporta-se como Newton ([1726] 1962, p. 398) supunha que ela deveria se comportar: “Não faz nada em vão”. É a teoria da seleção natural que nos permite conhecer as razões de seus atos.

É claro que dizer que, na perspectiva darwiniana, o esperável é a permanência da forma ancestral primitiva e pode parecer um erro tão óbvio quanto gratuito. Uma das previsões mais características da teoria darwiniana é que, dadas certas circunstâncias, as formas vivas tenderão a se transformar e, sobretudo, a se diversificar. Não é necessário, contudo, que essa transformação e essa diversificação se produzam sempre: a expressão “dadas certas circunstâncias” é aqui fundamental e não pode ser ignorada (cf. Popper, 1977, p. 230-231). Se a transformação e a diversificação acontecem ou não, dependerá de diversos fatores, e, baseada nesses fatores, a teoria poderá explicar tanto a eventual modificação ou diversificação das formas como sua eventual constância. A seleção natural, como sabemos, pode ter tanto um efeito transformador e diversificante como conservador.

Nesse sentido, sempre é possível recordar a *língua*: faz 500 milhões de anos que esse braquiópodo se encontra submetido a pressões seletivas tão conservadoras – ou a mutações tão infelizes – que qualquer variação em relação ao modelo conhecido acabou sendo inviável (Richardson, 1986, p. 76). Mas esse fato, como tantas vezes se repetiu (cf. Huxley, 1965, p. 531; Simpson, 1985, p. 124), não representa qualquer dificuldade para o darwinismo: este não afirma o caráter “inevitável” da evolução, mas simplesmente que a mesma pode tornar-se um dos resultados possíveis, nem sequer o mais provável, do processo de seleção natural (Williams, 1996, p. 43; Dobzhansky *et alii*, 1980, p. 108; Strickberger, 1976, p. 799; Gould, 1993, p. 383). Mas essa última afirma-

ção, como Ghiselin (1983, p. 84) disse certa vez, também “vale para as leis da natureza em geral. Tampouco a lei da gravitação prediz que um objeto vá cair”: ela tão-somente diz que o mesmo cairá sob certas circunstâncias.

Em todo caso, é certo que tanto Darwin (1996 [1858]) como Wallace (1996 [1858]) falaram de uma propensão das formas vivas para a diversificação: Darwin (1859, p. 112) aludia a um *princípio de divergência*, e Wallace (1891, p. 22) sempre falou “sobre uma tendência das variedades para afastar-se indefinidamente do tipo original”; e essa célebre formulação pareceria ser a mais exata e contundente refutação de nossa *rebuscada* afirmação de que o *ideal de ordem natural*, suposto na perspectiva darwiniana, é a permanência do ancestral comum primitivo. Nada, porém, parece indicar que essa tendência à diversificação fosse pensada como um estado natural de coisas que não tenha sido necessário explicar. O *princípio de divergência* não guarda, nesse sentido, qualquer semelhança significativa com o *princípio de inércia*; ademais, ele nem sequer pode ser considerado uma lei da natureza a que caiba apelar para explicar algum conjunto particular de fenômenos.

O mesmo, em todo caso, funciona como uma proposição histórica singular que descreve um conjunto de fenômenos que precisam de uma explicação (cf. Popper, 1961, p. 131-132), e é a seleção natural que poderá explicar essa tendência (Ospovat, 1981, p. 172; Ruse, 1983, p. 242; Gould, 2002, p. 234). Ou como escreveu Sulloway: “Conforme Darwin via a questão, a divergência evolutiva resultava da tendência da seleção natural de favorecer as variedades, espécies, gêneros e outros agrupamentos de nível mais alto, que eram mais divergentes”. Ou seja “aquelas formas que menos competem umas com as outras” (Sulloway, 1979, p. 41). É, de fato, o melhor aproveitamento dos limitados recursos disponíveis que compele as formas para a diversificação (cf. Darwin, 1996 [1858], p. 131-135; 1859, p. 113-114; 1892, p. 42-43).

O relevante é ver que, ao insistir na importância do *princípio de divergência*, Darwin e Wallace não só não estão apelando a nenhum princípio explicativo, mas estão insistindo em algo que lhes parece digno de ser explicado: algo que, longe de ser óbvio ou esperável, precisa de alguma explicação. E assim, implicitamente, nos indicam qual é o *ideal de ordem natural* da perspectiva sobre o vivente que estão inaugurando: a permanência da forma ancestral. Ou seja: dado qualquer momento da história de uma espécie, o esperável, o óbvio, o natural, aquilo que, em geral, não demandaria maiores explicações, é que ela permanecesse como está. Dado qualquer processo de transformação ou diversificação das formas orgânicas, o ideal de ordem natural do mundo darwiniano pode ser entendido como um estado inicial de identidade das formas, e este estado inicial pode ser inclusive o estado ao qual a espécie chegou

por via da domesticação. É a saída desse estado (diversificação, transformação, convergência ou reversão) que deverá ser explicada.

A tendência das formas vivas a se diversificarem não é, todavia, o único elemento da biologia evolutiva que pode parecer oposto à nossa insistência no fato de que o ideal de ordem natural darwiniano seja uma espécie de princípio de constância e de economia das formas. Outro elemento central do argumento darwiniano, que tampouco parece ajustar-se muito bem à nossa tese, é a variabilidade hereditária que devemos supor como condição de possibilidade da seleção natural (Darwin, 1858, p. 80 e p. 127). Se todos os indivíduos de uma população fossem idênticos, não haveria seleção possível (cf. Mayr, 1998, p. 208; 1992, p. 86). As diferenças individuais que surgem permanentemente no seio de uma população e que podem afetar toda e qualquer característica dos seres vivos são, nesse sentido, a matéria-prima da evolução, e isso não parece encaixar-se com nossa idéia de um mundo onde a economia de formas aparece como o esperável e o *natural*.

Pelo contrário: a enorme variabilidade individual no seio das populações, que o argumento darwiniano supõe, nos parece falar, outra vez, de uma propensão a produzir o diferente. As formas vivas, vistas desse ângulo, não parecem nem naturalmente muito estáveis, nem naturalmente muito homogêneas. Está claro, contudo, que essa variabilidade pertence ao domínio dos fatos e não ao domínio dos ideais de ordem natural. A variabilidade e a permanente oferta de variações fazem parte daquilo que ocorre e que, portanto, deve ser explicado. Não, evidentemente, pela própria teoria da seleção natural, que, como dissemos, supõe esses fenômenos como dados primitivos, mas, sim, por uma teoria complementar que Darwin (1868) procurou sem conseguir encontrar e que finalmente foi achada onde menos se pensava: aludo, é claro, aos desenvolvimentos da teoria da hereditariedade, que se seguiram ao redescobrimto das leis de Mendel (cf. Gayon, 1992, p. 261s.; Mayr, 1992, p. 120s.; Keller, 2000, p. 11s.).

A solução mendeliana veio, efetivamente, por uma via não imaginada por Darwin. A mesma não só era uma *teoria dura da hereditariedade*, em que os caracteres podiam ser recombinaados, mas não mesclados (cf. Mayr, 1992, p. 143), mas se tratava, além disso, de uma teoria centrada na estabilidade da informação hereditária e não nessa variabilidade que tanto havia preocupado Darwin (Keller, 2000, p. 13). Essa última, em todo caso, devia ser vista como um acidente ou uma perturbação, mais ou menos comum, que sobreviria a um mecanismo essencialmente conservador. Não quero dizer, todavia, que, na genética mendeliana, a estabilidade e a constância hereditária sejam um ideal de ordem natural que nos proporia a variação como fenômeno a ser explicado. Não pretendo fazer isso, porque está claro que, na genética fisiológica, impor-

tam tanto a explicação da preservação da informação hereditária como suas eventuais alterações, e tem sido tarefa da genética molecular procurar a chave *última* de ambos os fenômenos.

No entanto, se abandonarmos a perspectiva fisiológica e atentarmos para o espaço em que realmente ocorreu o encontro entre a perspectiva darwinista e a perspectiva mendeliana – aludo à genética de populações (cf. Ruse, 1979, p. 56s.; Bowler, 1989, p. 307s.; Gayon, 1992, p. 295s.) –, veremos que esse privilégio da estabilidade sobre a mudança dá lugar a uma formulação explícita do ideal de ordem natural da biologia evolutiva, conhecida como *Princípio de Hardy-Weimberg*. De acordo com o mesmo, “se, em uma população, se acham presentes formas alternativas de um gene em uma proporção definida e se existe cruzamento ao acaso e igual viabilidade de todos os genótipos, manter-se-ão as proporções originais em todas as gerações seguintes, a menos que sejam alteradas por algum fator, tal como a mutação ou a seleção” (Dodson, 1963, p. 310).

Esse princípio, como diz Michael Ruse (1979, p. 45), “se nos apresenta freqüentemente como se fosse pouco mais que uma trivialidade”, segundo a qual “se não ocorre nada que perturbe uma população, então tudo (quer dizer, a razão dos genes) permanecerá igual”. Será sempre a saída desse equilíbrio entre proporções de genes alelos que deverá ser explicada por mutação, emigração, derivação genética ou seleção natural; e a intensidade desses fatores poderá ser quantificada considerando-os como perturbações do *Equilíbrio de Hardy-Weimberg* (Gayon, 1992, p. 303). Mas, de fato, e como o próprio Ruse (1979, p. 45) aponta, esse princípio não é mais trivial do que a *Primeira Lei de Newton* sobre o movimento: “Se não acontece nada que perturbe o estado de repouso ou movimento de um corpo, então tudo permanecerá igual”. Eis aí precisamente a razão por que o *Princípio de Hardy-Weimberg* é tão importante para a genética de populações e para a formulação da biologia evolutiva a que essa dá lugar (Gayon, 1992, p. 303).

Nessa última, “o espaço evolutivo é definido como um campo de freqüências gênicas” (Gayon, 1992, p. 335); e no marco desse teatro matemático, o drama evolutivo é representado como uma seqüência de mudanças nessas freqüências, cujas causas são fatores como mutações, migrações, seleção natural e deriva genética. Porém, além da heterogeneidade desses fatores, os efeitos dos mesmos podem ser medidos e comparados com base em uma única magnitude (cf. Sober, 1993, p. 48-51), que é aquela definida pelas freqüências gênicas.

O *Princípio de Hardy-Weimberg*, como disse Elliott Sober (1984, p. 32 e p. 158), define o estado de força zero da biologia evolutiva, do mesmo modo como o faz o *princípio de inércia* na mecânica. Ambos estabelecem o que

acontece quando nada acontece e, a partir daí, permitem definir o elenco de forças ou fatores que deverão intervir para que algo ocorra, ou seja, o elenco de forças que poderão explicar qualquer desvio desses estados ideais que ambos os princípios definem. Mas essa estreita analogia entre ambos os princípios somente é possível porque a *lei de Hardy-Weimberg*, como nos permitimos sugerir, não é outra coisa senão uma formulação regional desse ideal darwiniano de ordem natural, que antes apresentamos como permanência da forma ancestral.

A inverossímil possibilidade, a definitiva impossibilidade, de uma população não submetida a mutações, nem a migrações, nem à deriva genética, nem a pressões seletivas de qualquer natureza não deve, por isso, surpreender-nos ou levar-nos a tirar o valor do *Princípio de Hardy-Weimberg*. As hipóteses nulas, os estados de força zero, não aludem a nada que possa acontecer na experiência: são a condição dessa experiência; tudo o que nela acontece não pode ser senão desvio desse estado ideal. Assim como Koyré (1980, p. 195) dizia do *princípio de inércia*, nós também podemos dizer que o *Princípio de Hardy-Weimberg* nos permite “explicar o que é a partir do que não é, do que não é nunca. E inclusive a partir do que *não pode nunca ser*” (itálicos de Koyré). Como se disséssemos: o real é um desvio do impossível.

Por isso, os estados de equilíbrio que eventualmente possam ser encontrados na natureza jamais poderão ser explicados pela simples *Lei de Hardy-Weimberg*. Esses equilíbrios realmente existentes só poderão ser explicados como resultantes de forças de mudança que se neutralizam mutuamente (cf. Sober, 1984, p. 34-35). Mas, mesmo assim, cada uma dessas forças será definida por contraste com o próprio equilíbrio de Hardy-Weimberg. Da mesma forma como o *princípio de inércia* não alude a uma *força inercial*, mas à ausência de forças, a *Lei de Hardy-Weimberg* não alude a uma propensão ao equilíbrio que resistiria à mudança; por isso, não podemos citá-la como explicação de qualquer estado de equilíbrio que se verifique efetivamente na natureza. Se não fosse assim, esses princípios deixariam de ser ideais de ordem natural e se transformariam em meras leis da mudança.

E é claro que isso vale igualmente para qualquer outra formulação do ideal de ordem natural darwiniano: na realidade, a permanência da forma ancestral não é algo que possa acontecer por si na natureza; a estabilidade de algumas formas vivas não é produto de uma inexistente propensão à não-mudança da matéria orgânica; ela só pode ser o produto de forças seletivas que neutralizaram variações de toda índole, causadas por recombinação, por mutação ou por fenômenos migratórios. Se, na realidade, a forma ancestral permanece, nem por isso estaremos eximidos de maiores explicações: isso era o que cabia esperar se nada ocorresse; no entanto, como não é possível que

nada ocorra, é mister saber como foi que se deram as coisas para que o resultado fosse essa permanência das formas ou das freqüências entre os genes.

Se há permanência efetiva das formas ou se há equilíbrio real das freqüências de genes, esses fatos tão-somente poderão ser explicados como resultado de outros fatos entendidos, por sua vez e em última instância, como alterações ou perturbações desses estados ideais de permanência das formas ou de equilíbrio das freqüências de genes, que chamamos de ideais de ordem natural. Não há razão, porém, para continuar distinguindo artificialmente ambas as formulações de um mesmo *princípio de invariância*. Ambas, como temos insistido, são formulações de uma mesma idéia; além disso, a formulação que agora estamos considerando pode nos servir para entender melhor aspectos não totalmente claros da primeira formulação.

A idéia de uma permanência da forma ancestral como ideal de ordem natural pode parecer tributária de um pensamento tipologista contrário à perspectiva populacional própria do darwinismo (cf. Mayr, 1976, p. 26s.; 1979, p. 5s.). Mas se definimos, para qualquer processo evolutivo, essa *forma ancestral* como o estado inicial, nesse processo, das proporções de alelos em uma população, supera-se essa dificuldade, e a natureza populacional do ideal de ordem natural darwiniano pode ser reconhecida ainda nas formulações iniciais da teoria. A *tendência das variedades de afastar-se indefinidamente do tipo original* de que falava Wallace pode ser entendida, assim, como uma *tendência das variedades a afastar-se indefinidamente de qualquer proporção entre alelos que, em algum momento, se verifique dentro de uma população*, sendo a seleção natural ou outros fatores como a migração ou a mutação os encarregados de explicar esse desvio.

Mas essa paráfrase de Wallace não é um simples artifício nem um anacronismo ingênuo. Ela expõe parte da andaimaria que fundamenta a perspectiva darwinista: além da linguagem que seus mentores podem ter tomado de seus interlocutores imediatos e da tradição da qual partiam, suas teses somente tinham sentido dentro de uma perspectiva populacional. E é óbvio que, a partir dessa perspectiva, o *tipo* somente podia ser entendido como o instável e efêmero estado de certas variáveis populacionais em um momento determinado, que nossa análise destaca como o inicial em um certo processo. Por isso é possível dizer que, naquilo que nos incumbe enquanto filósofos da ciência, o *Princípio de Hardy-Weimberg* não agrega à biologia evolutiva outra coisa senão clareza e exatidão sobre seus próprios pressupostos, facilitando assim a análise conceitual da mesma. Em nossa disciplina, a filosofia da ciência, às vezes se pode entender a anatomia do macaco a partir da do homem.

Bibliografía

- BOWLER, P. *Evolution*. Berkeley: University of California Press, 1989.
- DARWIN, C. [1858]. On the principle of divergence. In: *id.* 1996. p. 130-150.
- _____. *On evolution*. Edited by T. Glick & D. Kohn. Indianapolis: Hackett, 1996.
- _____. [1858]. On the tendency of species to form varieties; and on the perpetuation of varieties and species by natural means of selection. In: *id.* 1993. p. 86-104.
- _____. *The portable Darwin*. Edited by D. Porter & P. Graham. London: Penguin, 1993.
- _____. Autobiography. In: *Charles Darwin, his life told in an autobiographical chapter and in a selected series of his published letters*. New York: D. Appleton, 1892. p. 5-58.
- _____. *The variation of animals and plants under domestication*. London: Murray, 1868.
- _____. *On the origin of species*. London: Murray, 1859.
- _____. Apud GOULD, S. 1993. p. 137: Carta a Joseph Hooker de 1856.
- DOBZHANSKY, T.; AYALA F. et al. *Evolución*. Barcelona: Omega, 1980.
- DODSON, E. *Evolución: proceso y resultado*. Barcelona: Omega, 1963.
- FOUCAULT, M. *Las palabras y las cosas*. México: Siglo XXI, 1968.
- GAYON, J. *Darwin et L'Après-Darwin*. Paris: Kimé, 1992.
- GHISELIN, M. *El triunfo de Darwin*. Madrid: Cátedra, 1983.
- GOULD, S. *The structure of evolutionary theory*. Cambridge, Harvard University Press, 2002.
- _____. *Ocho cerditos*. Barcelona: Crítica, 1993.
- HEIDEGGER, M. *La pregunta por la cosa*. Buenos Aires: Orbis, 1985.
- HUXLEY, J. *La Evolución: la síntesis moderna*. Buenos Aires: Losada, 1965.
- KANT, I. [1786]. *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza*. Madrid: Alianza, 1977.
- KELLER, E. *The century of the gene*. Cambridge, Harvard University Press, 2000.
- KOYRÉ, A. Galileo y la ley de inercia. In: *Estudios Galileanos*. Madrid: Siglo XXI, 1980. p. 149-278.
- LIMOGE, C. *La selección natural*. México: Siglo XXI, 1976.
- MALTHUS, T. *Primer ensayo sobre la población*. Madrid: SARPE, 1983.
- MAYR, E. *Así es la biología*. Madrid: Debate, 1998.
- _____. *Una larga controversia: Darwin y el darwinismo*. Barcelona, Crítica, 1992.
- _____. La evolución. In: *Evolución*. Barcelona: Los Libros de Investigación y Ciencia, 1979. p. 1-12.
- _____. Typological versus population thinking. In: *Evolution and the diversity of life*. Cambridge: Harvard University Press, 1976. p. 26-29.
- NEWTON, I. [1726]. *Mathematical principles of natural philosophy*. Berkeley: University of California Press, 1962.
- OSPOVAT, D. *The development of Darwin's theory*. Cambridge: Cambridge University Press, 1981.
- POPPER, K. *Búsqueda sin término*. Madrid: Tecnos, 1977.
- _____. *Miseria del historicismo*. Madrid: Taurus, 1961.
- RICHARDSON, J. Braquiópodos. *Investigación & Ciencia*, n. 122, p. 76-83, 1986.
- RUSE, M. *Tomándose a Darwin en serio*. Barcelona, Salvat, 1987.
- _____. *La revolución darwinista*. Madrid: Alianza, 1983.

- _____. *La filosofía de la biología*. Madrid: Alianza, 1979.
- SIMPSON, G. *Fósiles e historia de la vida*. Barcelona: Labor, 1985.
- SMITH, C. *El problema de la vida: ensayo sobre los orígenes del pensamiento biológico*. Madrid: Alianza, 1977.
- SOBER, E. *Philosophy of biology*. Oxford: Oxford University Press, 1993.
- _____. *The nature of selection*. Chicago: The Chicago University Press, 1984.
- STRICKBERGER, M. *Genética*. Barcelona: Omega, 1976.
- SULLOWAY, F. Geographic isolation in Darwin's thinking: the vicissitudes of a crucial idea. *Studies in History of Biology* Baltimore: The John Hopkins University Press, n. 3, p. 23-66, 1979.
- TOULMIN, S. *Foresight and understanding*. Indianapolis: Indiana University Press, 1961.
- VON MISES, L. *La acción humana*. Madrid: Unión, 1980.
- WALLACE, A. R. [1858]. On the tendency of varieties to depart indefinitely from the original type. In: DARWIN, C. 1996. p. 337-345.
- _____. *Natural selection and tropical nature: (essays on descriptive and theoretical biology)*. London: Macmillan, 1891.
- WILLIAMS, G. *Plan and purpose in nature*. London: Phoenix, 1996.

© 2005 dos autores

2005 Direitos de publicação em língua portuguesa no Brasil cedidos à
Editora da Universidade do Vale do Rio dos Sinos

EDITORA UNISINOS

ISBN 85-7431-245-2

Impressão, outono de 2005

COLEÇÃO FILOSOFIA E CIÊNCIA

Editor

Carlos Alberto Gianotti

Revisores

Carla Paludo

Rui Bender

Editoração

Décio Remigius Ely

Capa

Isabel Carballo

Esta publicação contou com o apoio financeiro da Fundação Coordenação de
Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES.

