

Marcel Blane

Os herdeiros de Darwin

Ed: scritta.

IV

*O neodarwinismo, ou os dados
que faltaram a Darwin*

Já observamos, no primeiro capítulo deste livro (na parte intitulada “O atual debate científico”), como o título da principal obra de Darwin é curioso. Ainda que intitulado Sobre a origem das espécies, esse volume praticamente não fala de como realmente se dá o seu nascimento (origem) na natureza. Uma outra curiosidade aparece se considerarmos quase todo o título: Sobre a origem das espécies por meio da seleção natural. Na verdade, Darwin praticamente não oferece exemplos concretos de seleção natural, realmente observados na natureza! Todo seu argumento repousa numa dedução teórica baseada na observação da seleção artificial praticada pelos criadores. Substancialmente, Darwin lembra que os criadores podem obter extraordinárias modificações nos caracteres de uma espécie (o pombo, o cachorro, etc.), ao escolherem judiciosamente os reprodutores de cada geração. E certas variedades de pombos obtidas assim poderiam facilmente ser classificadas como espécies distintas, se as apresen-

tássemos a taxonomistas desavisados. Enuncia, então, a seguinte proposição teórica (sublinho teórica por tratar-se certamente de uma dedução lógica, não de uma observação): se os criadores obtêm modificações equivalentes à formação de novas espécies, podemos duvidar de que a natureza possa fazer o mesmo por meios análogos? E estes últimos são fáceis de imaginar (sublinho esse termo, pois também aqui Darwin faz uma dedução e não uma observação): trata-se de uma seleção involuntária dos reprodutores; ou seja: da reprodução preferencial dos indivíduos que conseguem o melhor em dadas condições ambientais (parece ser evidente que, numa dada espécie, os indivíduos fracos, pouco vigorosos, doentes, terão maior dificuldade para atingir o momento da reprodução, para encontrar um parceiro, para criar um grande número de descendentes).

Mas em ciência não podemos nos contentar com deduções teóricas para demonstrar que um fenômeno realmente existe. Em astronomia, Le Verrier demonstrou através de cálculo que havia um planeta além de Urano. Ninguém teria pensado em afirmar que realmente existia e em batizá-lo de Netuno, tanto que não foi realmente observado ao telescópio! Quando escreveu a *Origem das espécies*, em 1859, Darwin não tinha então provas quanto à realidade da seleção natural *in loco*. A primeira lhe seria fornecida, três anos depois, por um naturalista inglês, H. W. Bates, que tinha sido, na década precedente, o companheiro de expedição na Amazônia do co-descobridor da teoria da evolução pela seleção natural, Alfred Russel Wallace.¹ Bates observou, na América do Sul, que certas espécies de borboletas apresentavam em suas asas motivos coloridos idênticos aos que aparecem nas asas de outras espécies de borboletas que vivem na mesma região, mas enjoativas (e mesmo venenosas) para os pássaros. Consequentemente,

mentre, estes evitavam comer tanto as espécies que realmente provocavam náuseas, como também as espécies que as *mimetizavam*. Além disso, quando uma espécie não-palatável apresentava raças geográficas cujos motivos coloridos eram diferentes do tipo original, as espécies miméticas também mostravam as mesmas modificações no motivo! Essa exatidão na *reprodução* dos motivos coloridos das borboletas enjoativas pelas borboletas miméticas só podia ser explicada, calcula Bates, pela seleção natural. As borboletas que *reproduziam mal* o modelo não conseguiam enganar os pássaros e eram devoradas, sem deixar nenhuma descendêncial. Inversamente, as borboletas que *reproduziam melhor* o modelo tinham ainda mais chances de sobreviver e de deixar descendentes. Logo, com o tempo, as espécies de borboletas miméticas seriam compostas apenas por indivíduos que imitassem cada vez melhor as borboletas não-palatáveis.

Insistamos neste fato: quando foi dito que as borboletas *reproduzem o modelo*, não se deve imaginar que o fazem por um esforço individual e, em seguida, que o transmitem a seus descendentes, como o ancestral da girafa que estica o pescoço no modelo evolucionista proposto por Lamarck. Na verdade, Darwin pensava que a *reprodução do modelo*, no exemplo acima, se devia a variações aleatórias inatas: certo indivíduo nascia com um dado motivo colorido; se não estivesse próximo do modelo, era eliminado; se estivesse, sobrevivia e reproduzia-se. Contudo, Darwin nunca foi totalmente hostil à idéia de hereditariedade dos caracteres adquiridos e vemos bem o porquê no exemplo acima. Definitivamente, sob o ponto de vista da seleção natural, pouco importa saber por qual mecanismo as borboletas copiam seu modelo e transmitem-no a seus descendentes; ou seja: por um *esforço individual* ou por *variação inata ao acaso*. O essencial é que certos indivíduos

realizam melhor essa reprodução do que outros e, como consequência, deixam mais descendentes do que estes. Na verdade, foram teóricos da evolução posteriores a Darwin, como o biólogo alemão August Weissmann que, a partir do século XIX, rejeitaram categoricamente o princípio da hereditariedade dos caracteres adquiridos. Em seguida, este ponto de vista foi incorporado, no século XX, às concepções genéticas levadas em conta pela teoria neodarwinista da evolução.²

No que se refere à observação de casos reais que demonstram a ação da seleção natural, numerosos exemplos de mimetismo foram relacionados, desde o fim do século XIX. Um caso, que atualmente tornou-se clássico, foi observado pelos biólogos ingleses C. A. Clarke e P. M. Sheppard, no início dos anos 60, sobre a borboleta africana *Papilio dardanus*.³ Esta disseminou-se em Madagascar, na África do Sul e na África equatorial (do Senegal à Etiópia) e apresenta várias raças. Em três regiões distintas da África, três raças de *Papilio dardanus* imitam a cor e a forma das asas de três espécies completamente diferentes de borboletas que causam náuseas. As transformações devidas ao mimetismo são espetaculares: normalmente a cor das asas de *Papilio dardanus* é amarela com contorno preto e sua forma caracteriza-se por asas alongadas atrás e, de cada lado, formando uma espécie de ponta ou cauda. Nas raças miméticas, segundo o modelo, a cor dominante torna-se vermelha e a cauda desaparece.

Borboleta preta versus borboleta branca

Um outro caso, hoje célebre é o da mariposa da bétula, *Biston betularia*. Trata-se de uma borboleta noturna de asas brancas manchadas de preto, que de dia repousa no tronco das árvores. Desde a revolução industrial, no século XIX, muitas florestas na Inglaterra sofreram uma considerável

poluição pela fuligem, que escureceu os troncos. Antes de 1850, essa mariposa quase não apresentava variedades de asas pretas. Apenas, em 1848, um colecionador capturou um exemplar, perto de Manchester. Ora, em 1895, a variedade preta chamada *carbonaria*, representava, na mesma região, 98% da população de *Biston betularia*! Nos anos 50, o biólogo inglês H. B. D. Kettlewell fez um mapa sobre a distribuição desta mariposa: demonstrou assim que em todas as florestas situadas imediatamente a leste das grandes cidades industriais inglesas (Liverpool, Birmingham, Manchester), as variedades pretas representavam de 90 a 99% das populações (essa localização a leste das cidades deve-se ao fato de que o vento oeste é mais frequente na Inglaterra). Ao contrário, nas regiões rurais (Escócia, Cornualha), a variedade clara, chamada *típica* era a única representada (100% das populações).

Era evidente que a poluição das árvores pela fuligem favorecia a forma preta (*carbonaria*) em relação à forma clara (*típica*). Mas por qual mecanismo? Era porque, como vários biólogos sugeriram, no início do século, a forma *carbonaria* resistia melhor aos efeitos tóxicos da fuligem (que contém sais de chumbo, de manganês, etc., podendo perturbar gravemente a biologia dos animais)? Na verdade, H. B. D. Kettlewell demonstrou, por meio de extraordinárias observações e experiências, que explicação era outra.⁴ Nas áreas rurais não poluídas, os troncos das árvores são cobertos de líquens formando um revestimento pálido, manchado de pequenas áreas com sobras pretas: a forma clara (*típica*) de *Biston betularia* camufla-se perfeitamente quando repousa nesse tipo de tronco. A forma preta *carbonaria*, ao contrário, destaca-se com nitidez. Nas regiões poluídas, a situação é exatamente a inversa: nos troncos escurecidos pela fuligem, a forma clara *típica* é muito bem observável, mas não a forma *carbonaria*, que se be-

neficia do efeito da camuflagem. Libertando borboletas das duas variedades, depois recapturando-as a fim de ver qual delas sobrevivia em maior número, Kettlewell pôde demonstrar que as aves (tordos, pintarroxos, etc.) atacavam de preferência a variedade mais visível: *carbonaria*, nas regiões não poluídas; *típica*, nas regiões poluídas. Tratava-se aí de uma demonstração magnífica de um caso de seleção natural em ação: no presente caso, a predação exercida pelos pássaros sobre uma variedade em detrimento da outra. Aliás, a história não pára aí: desde o final da década de 50, os ingleses promulgaram leis que obrigam as indústrias a filtrarem os resíduos, de maneira que a poluição pela fuligem começou a diminuir em toda parte, dos anos 60 aos 80. E a variedade *carbonaria* também diminuiu: segundo um estudo de C. A. Clarke, não representava mais do que 60% da população de *Biston betularia*, em 1985, na região de Liverpool (contra 90%, no início dos anos 60)⁵.

Como sublinhou, em 1986, o biólogo americano J. A. Endler, há poucos casos (sete, segundo ele) em que também foram claramente identificados os mecanismos da seleção natural em ação.⁶ Um dos mais recentes é o dos tentilhões de Darwin, de que falamos no capítulo precedente, em que o biólogo americano P. R. Grant mostrou, no início da década de 1980, que a seca favorecera a expansão de uma variedade com um bico maior no interior da espécie *Geospiza fortis*. E, como no caso da seleção natural, podia inverter-se: a partir do instante em que os grãos tornaram-se menores, as variedades com bico menor dentro da *Geospiza fortis* foram novamente propagadas.

A hereditariedade obedece às leis das combinações?

Outro domínio no qual Darwin carecia tremendamente de dados é o da hereditariedade. Em seu modelo de evolução através da seleção natural, supunha que se produziriam ao

acaso variações hereditárias em indivíduos nascidos numa população. Para que as variações que conferem uma melhor capacidade de sobrevivência possam aumentar em número numa população (e suplantar as variações menos favoráveis), seria preciso que os indivíduos pudessem transmiti-las a seus descendentes. Ora, a teoria da hereditariedade mais em voga na época de Darwin apresentava um sério obstáculo à expansão de uma *boa* variedade genética nas sucessivas gerações de uma população: é o que sublinhou vigorosamente um engenheiro da universidade de Edimburgo, Fleeming Jenkin, em um artigo que criticava o darwinismo, publicado em 1867. A teoria da hereditariedade por combinação estipulava que o cruzamento de dois indivíduos diferentes para um dado caráter originava descendentes exatamente intermediários, porque suas contribuições genéticas misturavam-se à maneira de substâncias líquidas: se colocarmos uma xícara de leite e uma de café em um recipiente, obteremos café com leite de cor intermediária entre as das duas substâncias originais. Se combinarmos uma xícara de café com leite com uma de café, o líquido obtido terá uma cor exatamente intermediária entre o café com leite e o café preto. Essa nova beberagem, combinada novamente com café puro, dará um líquido de cor ainda mais próxima do preto. Repetindo a operação várias vezes, a diluição do leite será tal que qualquer sinal de sua cor terá desaparecido e a beberagem final será apenas preta. O mesmo acontece, diz Jenkin, com toda variação que confere uma maior aptidão para a sobrevivência de um único indivíduo, uma vez que este só poderá reproduzir-se com um membro da população que não apresente essa variação (a nova e favorável contribuição genética estará diluída nos patrimônios genéticos correntes). Darwin ficou bastante preocupado com esse argumento e modificou a quinta edição da *Origem das espé-*

cies (publicada em 1869) para responder a isso.⁷ Em sua nova versão, introduziu duas suposições. Em primeiro lugar, a variação favorável deveria aparecer em numerosos indivíduos: de um décimo a um terço dos membros de uma população local, calculou. Em segundo, os indivíduos portadores da nova variação deveriam, certamente, viver em um território restrito, próximos uns dos outros e, com isso, reproduzirem-se, antes, entre si. Se essas duas condições fossem reunidas, a forma modificada deveria, sem dúvida alguma, conseguir suplantar a forma original em virtude da sobrevivência do mais apto, concluiu Darwin. Mas é evidente que Jenkin poderia retorquir:

Que prova você pode dar de que é exatamente assim que acontece na natureza? Você só tem dados cifrados sobre com que frequência se dá o aparecimento das novas variações nas populações naturais?

Foi só no século XX que a pesquisa pôde fornecer esses dados que consolidam a teoria da seleção natural de Darwin. A ciência, neste século, aboliu completamente a objeção de Jenkin, estabelecendo que a teoria da hereditariedade por combinação era totalmente errônea: a hereditariedade é, na realidade, baseada em *partículas elementares*, chamadas genes, que não se combinam à maneira dos líquidos, mas que se mantêm bem distintas durante a transmissão hereditária. É o que exprimem as *leis da hereditariedade* chamadas *leis de Mendel*, ensinadas, hoje, em qualquer escola. Foram, efetivamente, estabelecidas em 1865 pelo monge morávio Gregor Mendel (1822-1884), mas ficaram incompreendidas e ignoradas até a sua redescoberta, em 1900, pelo biólogo holandês Hugo de Vries (e dois outros biólogos, um alemão e outro austríaco).

As leis de Mendel prevêem em que proporções se dão os diversos tipos de descendentes saídos de um cruzamento en-

tre dois indivíduos diferentes para um dado caráter. Assim, se cruzarmos um camundongo cinza com um branco (albino), essas leis estipulam que todos os descendentes imediatos (que formam uma primeira geração) serão cinzentas. Se cruzarmos estes entre si, obteremos uma segunda geração composta de camundongos cinzentos e de camundongos brancos, na proporção de três cinzentos para um branco.

Para compreender bem essas leis, é preciso saber que, nesse exemplo, o gene que determina a cor cinza é *dominante* em relação ao gene que determina a cor branca (chamado *recessivo*). E quando acham-se reunidos no patrimônio hereditário dos indivíduos da primeira geração, é o gene determinante da cor cinza que impõe sua cor na pelagem. Além disso, também não há, nos indivíduos da primeira geração, uma combinação dos dois genes que daria um novo gene determinante de uma nova cor *cinza clara*. Disso resulta que, ao contrário das previsões da teoria da hereditariedade por combinação, as variedades *cinza* e *branco* da cor da pelagem mantêm-se no decorrer das gerações; e camundongos brancos podem nascer de camundongos cinzas com a condição de que um dos avôs tenha sido branco.

A hereditariedade nas populações

As leis de Mendel aplicam-se na transmissão hereditária, em geração de famílias (pais, descendentes de primeira geração e, em seguida, de segunda...). Mas, na natureza, os animais vivem em populações mais ou menos numerosas, cujos membros cruzam-se entre si (e não são, o mais das vezes, membros de uma mesma família, por oposição ao caso das experiências que serviram para estabelecer as leis de Mendel). Por volta de 1910, tendo começado a considerar o problema que a genética das populações podia colocar, os gene-

tistas perguntavam-se: se considerarmos uma população selvagem de camundongos, será preciso imaginar que é composta por três quartos de indivíduos cinza para um quarto de indivíduos brancos, em virtude das leis de Mendel? Podemos formular esta questão de uma maneira ainda mais precisa. Tomemos uma população selvagem de camundongos cinza; suponhamos que apareça inesperadamente por mutação espontânea um camundongo branco. Após algum tempo, a população vai compreender três quartos de indivíduos cinza e um quarto de indivíduos brancos, apenas porque seus membros reproduzem-se e transmitem os caracteres cinza e branco, segundo as proporções indicadas pelas leis de Mendel? O matemático inglês G. H. Hardy e o médico alemão W. Weinberg demonstraram, em 1908, que não era bem assim. Se um camundongo branco aparece numa população de cem indivíduos (com os outros 99 sendo cinza), a simples aplicação das leis de Mendel no cruzamento de todos esses indivíduos fará, ao contrário, com que a proporção de camundongos brancos mantenha-se no nível de um por cento no decorrer das gerações, mesmo que a população cresça em número (com o jogo da reprodução). Melhor dizendo, a lei de Hardy-Weinberg estipula que a frequência de cada uma das variantes de um gene, no interior de uma população, mantém-se constante no decorrer das gerações, se as leis da hereditariedade de Mendel forem as únicas a entrar em jogo. Em 1915, um outro matemático inglês, H. T. J. Norton, avançou um passo ao demonstrar de que modo a frequência de uma variante de um gene no interior de uma população pode desviar a constância prevista pela lei de Hardy-Weinberg.⁸ O que se produz, principalmente, quando há seleção a favor de uma variante de um gene ou, em outros termos, quando uma dada variante de um gene determina uma forma mais vantajosa do caráter. Neste caso, po-

de tornar-se cada vez mais frequente na população até tornar-se a única a ser representada. Assim, para retomar nosso exemplo fictício, se uma mudança de clima aumenta consideravelmente as quedas de neve na região em que vive nossa população de camundongos silvestres, os camundongos brancos, menos visíveis pelos predadores, se acharão favorecidos pela seleção natural: sobrevivendo melhor e reproduzindo-se mais vezes que os cinzentos, transmitirão, com mais frequência do que pretende a lei de Hardy-Weinberg, a variante determinante da pelagem branca; e, passado algum tempo (calculável pelos matemáticos), esta será praticamente a única a persistir na população. Em outras palavras, terá suplantado a variante do gene que determina a cor da pelagem.

Dessa forma, pelo simples fato de que a hereditariedade se baseia em partículas (os genes, que apresentam variantes alternativas), seria possível melhor discernir o fenômeno da transmissão preferencial das variações hereditárias vantajosas que Darwin deduziu e responder às objeções de Jenkin. Particularmente, uma vez que a combinação não existia, não se fazia necessário imaginar frequências elevadas no aparecimento de novas variações, nem cruzamentos preferenciais entre portadores da mesma variação. Para que uma nova variação se difundisse numa população, a única coisa que contava era que apresentava uma *vantagem* seletiva. E esta poderia, inclusive, ser mínima, como demonstraria H. T. J. Norton: esta variante chegava inelutavelmente a suplantar a antiga variante menos vantajosa do caráter. Por exemplo, se uma variante mais vantajosa aparece numa população e permite aos indivíduos que a manifestam deixar 101 descendentes (enquanto que a variante normal permite deixar apenas cem), o cálculo mostra que 11 mil gerações serão necessárias para que, inicialmente presente na razão de um para cem indivíduos na população, ela

apareça finalmente em 99 indivíduos para cem (se se trata de uma variante de um gene de efeito dominante).

Porém, depois de 1915, tudo isso não passava de uma demonstração no papel. Outros matemáticos e biólogos aprofundaram, até os anos 30, os modelos matemáticos da genética das populações, tais como os ingleses R. A. Fisher⁹ e J. B. S. Haldane¹⁰, ou o americano S. Wright.¹¹

As novas variantes são mutações gênicas

Entretanto, uma outra importante descoberta da genética foi efetuada em 1910, no laboratório do biólogo americano Thomas H. Morgan, na Universidade Columbia, de Nova York. Este pesquisador dedicou-se ao estudo da transmissão hereditária na mosca drosófila (também chamada mosquinha da banana). Normalmente, esta mosca tem os olhos vermelhos. Subitamente, porém, numa das criações de Morgan, nasceu, sem causa aparente, uma mosca de olhos brancos. A equipe da universidade Columbia demonstrou que este novo caráter, surgido inesperadamente, era hereditável segundo as leis de Mendel. Logo, tínhamos aqui um dos dados objetivos que faltaram a Darwin: as novas variações dos caracteres apareciam de súbito, por mutação espontânea nos fatores genéticos. A questão que se fazia então era saber com que frequência ocorriam essas mutações nas populações naturais (e não somente nas populações em laboratório). Foram inicialmente pesquisadores russos que, a partir da década de 20, tentaram resolver este problema, como S. T. Tcheterikov e seus alunos.¹² Seus trabalhos tiveram continuidade com muitas outras equipes do mundo inteiro e, notadamente, com as de Th. Dobzhansky (1900-1975), biólogo de origem russa, que foi para os Estados Unidos trabalhar no laboratório de T. H. Morgan. Por volta do final dos anos 30, todas essas pesquisas

conduziram à noção de que, entre organismos multicelulares (animais e vegetais), a taxa de mutação por gene é de mais ou menos 1/100.000 por célula sexual. Em outros termos, encontraremos uma nova variação para um dado gene em cada geração que compreenda 50 mil indivíduos. (Cada indivíduo é o produto da reunião de duas células sexuais.) É uma cifra consideravelmente inferior à fornecida por Darwin (este calculou, como vimos, que uma nova variação apareceria no décimo ou mesmo no terceiro indivíduo!). De qualquer modo, hoje sabemos que um ser vivo multicelular comprehende várias dezenas de milhares de genes em seu patrimônio genético. Na espécie humana, há por volta de 10 mil genes. O que significa, dada uma taxa de mutação de 1 para 100 mil, que cada ser humano é portador, em média, de duas mutações! Aliás, na maior parte das vezes, não se manifestam, pois os genes mutados são geralmente recessivos. E felizmente, pois, na maioria dos casos, as mutações não trazem vantagens e são responsáveis por diversas anomalias no nascimento (no homem, manifestam-se através de doenças hereditárias, como a hemofilia, a miopia — uma degeneração muscular —, etc.). Apenas 10% das mutações são vantajosas na drosófila, tal como estabeleceu um pesquisador russo, N. W. Timofeeff-Ressovsky, no final da década de 30.¹³ Aliás, essa cifra é certamente variável conforme a espécie: numa planta como a aveia, não há em absoluto mais que 0,1% das mutações que parecem ser mais vantajosas que a normal.¹⁴

As gaiolas de populações

Nos anos 30, portanto, foi estabelecido que as novas versões de caracteres aparecem como mutação dos fatores genéticos mendelianos. Os modelos matemáticos de Norton, Fisher, Haldane e Wright demonstravam que as novas variantes

genéticas podiam suplantar as antigas, mesmo que fossem só um pouco vantajosas. Mas o que era, na realidade? Por falta de dados difíceis de se coletar na natureza (como os que só foram obtidos na década de 50, sobre a mariposa da bétula), os geneticistas da década de 30 dedicaram-se à experiência em laboratório. Os pesquisadores franceses Ph. L'Héritier e G. Teissier estiveram entre os primeiros a realizar este tipo de experiência. Conceberam *gaiolas de populações* que permitem a duas mil moscas alimentarem-se e reproduzirem-se sem qualquer possibilidade de fuga.¹⁵

Numa de suas experiências, colocaram numa mesma gaiola drosófilas de diferentes tipos, com algumas sendo normais e as outras apresentando uma mutação bem definida denominada *Bar*. Essa mutação tem como efeito aparente diminuir consideravelmente a dimensão dos olhos da mosca e dar-lhe uma forma alongada e estreita, como a de uma barra. Mas tem também outros efeitos (o que ilustra o fato de muitas vezes um gene governar, simultaneamente, numerosos caracteres: é o que chamamos de pleitropia dos genes). No presente caso, a mutação *Bar* afeta também a viabilidade das larvas. A experiência demonstrou que a versão do gene que determina essa mutação diminuiu rapidamente no interior da população: menos larvas *Bar* alcançavam o estágio adulto e atingiam a idade da reprodução, de maneira que a mutação *Bar* era mal transmitida às gerações que se sucediam. Na décima quinta geração, a versão mutada não representava mais que 2% da versão normal (quando tinha sido introduzida numa proporção que ultrapassava o dobro).

Uma outra experiência de L'Héritier e Teissier, datada de 1937, ficou célebre: consistia em introduzir numa mesma gaiola drosófilas normais e drosófilas que sofreram uma mutação nas asas chamada *vestigial* e que, portanto, apresenta-

vam só asas bem pequenas, incapazes de permitir o vôo. Os pesquisadores instalaram essa gaiola experimental no teto da estação biológica de Roscoff, na Grã-Bretanha, região em que o vento por vezes sopra muito forte. Além disso, tinham tirado a tampa da gaiola, de maneira que as moscas podiam ir e vir para aproveitar o alimento e desovar. A partir da primeira geração, foram observadas na população menos moscas com asas normais, cujo número não parou de diminuir enquanto soprasse o vento. As moscas com asas *vestigiais* achavam-se favorecidas em relação às moscas normais porque, incapazes de voar, distanciavam-se menos da gaiola. As moscas normais, ao contrário, ao levantarem vôo para sair da gaiola, podiam ser levadas para bem longe, perder-se e não voltar mais. A mesma experiência, efetuada ao abrigo do vento, teve um resultado inverso: as moscas normais ganharam em número, em detrimento das moscas com asas vestigiais, porque estas têm um grau menor de fertilidade. Esta experiência engenhosa demonstrava perfeitamente como a seleção natural pode favorecer ou desfavorecer uma dada variante genética, segundo as condições do meio. Muitos outros pesquisadores, em especial o próprio Dobzhansky, fizeram, em seguida, experiências de *seleção natural em laboratório*, graças às *gaiolas de populações* de L'Héritier e Teissier.

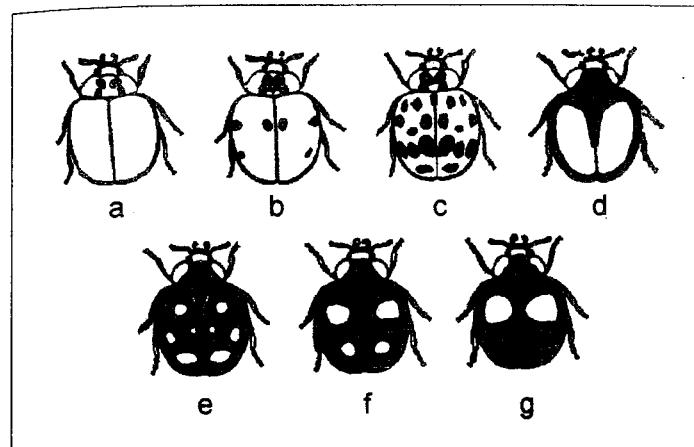
As diferenças genéticas entre as raças

Vários biólogos (entre eles Th. Dobzhansky, uma vez mais) começaram igualmente a estudar, na década de 30, a genética das populações naturais e principalmente a genética das diferenças entre as raças. Assim, Th. Dobzhansky catalogou as diversas raças geográficas da joaninha asiática *Harmo-nia axyridis*. É um inseto cuja aparência lembra a da joaninha clássica, mas com manchas mais variadas nos élitros. Precisa-

mente essas diversas raças distinguem-se por diferentes tipos de manchas. Segundo Th. Dobzhansky, cada tipo resultou de uma variante diferente de um mesmo gene.¹⁶

Outros pesquisadores, como o americano F. B. Sumner, estudaram a genética das diferenças biológicas existentes entre as diversas raças geográficas de um camundongo americano denominado *Peromyscus*: as dimensões do corpo, da cauda, das orelhas revelaram ser determinadas pelas variantes alternativas de vários genes agindo em acordo.¹⁷ Todos estes trabalhos indicavam, portanto, que uma espécie era geralmente formada por populações (raças) que apresentavam uma certa diferenciação genética. Esta era certamente, ao menos em parte, o resultado da seleção natural por condições de meio variadas, encontradas pelas diferentes raças geográficas em seus respectivos habitats. É o que sugeriam as observações de N. W. Timofeeff-Ressovsky, feitas em 1933, das raças de uma mosca drosófila, *Drosophila funebris*, que vive da Europa Ocidental à Ásia Central, assim como no Oriente Próximo. As raças da Europa Ocidental, que vivem em clima temperado, prosperavam melhor em laboratório, em gaiolas mantidas em temperatura ambiente nem muito baixa nem muito alta (22° C); as raças da Ásia Central, provenientes de regiões de clima continental (com invernos muito frios e verões escaldantes), desenvolviam-se bem em laboratório a baixas (15°C) ou altas temperaturas (29°C); as raças mediterrâneas só prosperavam bem em altas temperaturas (29°C). Essas diferentes formas de adaptação à temperatura ambiente eram de certo modo devidas à presença de diferentes variantes genéticas no patrimônio genético das diversas raças.¹⁸

Em 1937, Th. Dobzhansky reuniu todos os dados da genética de populações: modelos matemáticos, observação em laboratório da seleção de diferentes variações genéticas; ob-



A joaninha *Harmonia axyridis* apresenta raças geográficas que se distinguem pela coloração dos élitros. No centro da Sibéria, encontramos quase exclusivamente uma raça com élitros negros com pequenas manchas amarelas (e). A leste da Sibéria, encontramos toda uma série de raças: na figura acima, duas delas estão representadas com élitros negros com grandes manchas amarelas (f e g); assim como outras quatro, com élitros amarelos manchados de preto (a, b, c, d). Cada tipo de coloração resultou de uma variante de um único gene.

servação da diferenciação genética de populações representando raças geográficas... Tudo isso permitia considerar que a evolução se desenrolava como previu Darwin: sob a ação da seleção natural, variantes hereditárias tornavam-se mais freqüentes em determinadas populações, que representavam variedades ou raças de uma espécie. Algumas destas atingiam, em seguida, um nível de diferenciação genética ainda maior, o que lhe garantia o *status* de espécie. E Dobzhansky formulou na ocasião em sua obra intitulada *Genetics and The Origin*

of Species (1937), a concepção-chave que iria tornar-se o postulado de base do neodarwinismo, no século XX: “A evolução consiste numa mudança na composição genética das populações”¹⁹. Atualmente, este enunciado foi um pouco modificado pelos neodarwinistas para deixá-lo mais explícito: “A evolução é uma mudança na frequência dos alelos nas populações”²⁰ (os alelos são, em termos técnicos, as diferentes variantes de um mesmo gene).

Passagem de uma espécie a outra, na gaivota

Contudo, os trabalhos dos geneticistas de populações acima citados e evocados por Dobzhansky em seu livro estabeleceram somente que existe uma certa diferenciação genética dentro das espécies. Em outros termos, a evolução estabelecida por eles foi só a modificação genética das populações no interior de uma espécie. Ora, como vimos, o que entendemos por *evolução das espécies*, desde Lamarck e Darwin, é muito mais que isso: trata-se do processo de passagem de uma espécie a outra, de descendência, como dizia Darwin. Este trouxe para este ponto apenas argumentos teóricos, deduções a partir das hesitações dos taxonomistas trabalhando com espécimes e uma reflexão sobre a descendência e a capacidade da seleção artificial para modificar as formas dos animais domésticos. Dobzhansky também não tinha, em 1937, provas diretas da passagem de uma espécie a outra. A afirmação segundo a qual uma variedade ou uma raça geográfica, ao aprofundar sua diferenciação genética, originava uma nova espécie, não passava de uma extrapolação teórica.

Foram naturalistas como Ernst Mayr que forneceram essa prova. De origem alemã, tendo emigrado para os Estados Unidos em 1931, Ernst Mayr estudou a distribuição geográfica de numerosas espécies de pássaros por todo o mundo e es-

pecialmente nas ilhas do Pacífico. Apresentou vários exemplos de observações das populações de pássaros em que se podia ver a passagem *in loco* de uma espécie a outra. O exemplo mais célebre relacionado por Ernst Mayr tornou-se um clássico da teoria neodarwinista; contudo, não diz respeito às aves do Pacífico, mas às da Europa, da Ásia e da América do Norte: a gaivota prateada (*Larus argentatus*) e a gaivota marrom (*Larus fuscus*)²¹. A primeira é uma grande ave branca (65cm de altura; 1,40m de envergadura das asas) com as patas patas cor de rosa e a parte superior das asas cinza azulado. Sua distribuição geográfica abrange do nordeste da Sibéria a Kamchatka, ganha a América do Norte para voltar, via Atlântico, à costa européia do Mar do Norte e do Báltico. A segunda é menor (50 cm de altura por 1,30 m de envergadura); seu corpo é branco como o da gaivota prateada, mas a parte superior das asas é marrom e as patas são amarelas. Sua distribuição limita-se à costa do Mar do Norte e a do Báltico, onde acha-se na companhia da gaivota prateada. Na verdade, a gaivota marrom é uma espécie que descende da prateada por evolução e, no norte da Rússia e da Sibéria, existe uma população de gaivotas com uma aparência intermediária entre ambas: os taxonomistas deram-lhes o *status* de subespécie, mas classificaram tanto entre as *Larus argentatus*, quanto entre as *Larus fuscus*. Portanto, trata-se de *Larus argentatus heuglini*, para alguns autores, como também de *Larus fuscus heuglini*, para outros. Como esclarecer essa situação complexa? Felizmente os naturalistas e, em particular, Ernst Mayr, estabeleceram, graças às suas observações das populações naturais, uma definição biológica de espécie: uma espécie é formada pelas populações cujos membros entrecruzam-se de maneira habitual (é uma comunidade sexual ativa). O que significa que, muito pelo contrário, a partir do instante em que não se observa um

cruzamento regular entre duas populações, temos que lidar com duas espécies distintas. Assim, as populações de *Larus argentatus* e de *Larus fuscus* comportam-se como espécies perfeitamente distintas na costa do mar do Norte e na do Báltico: ocupam quase os mesmos lugares (os picos das falésias, etc.), mas seus membros quase nunca se cruzam. Aliás, não é porque não poderiam gerar híbridos: em cativeiro podemos fazê-los acasalarem-se e obter híbridos férteis (enquanto que o cruzamento da maior parte das espécies dão híbridos estéreis: como é o caso da mula, descendente da égua e do jumento). O que indica bem que a *Larus argentatus* e a *Larus fuscus* são espécies muito próximas, cujos patrimônios genéticos divergiram. Na verdade, se essas duas espécies não se cruzam na natureza, é porque não têm exatamente o mesmo tipo de comportamento, nem o mesmo modo de vida: a gaivota prateada é agressiva, a marrom, tímida; a primeira come todos os resíduos trazidos pelo mar, a segunda estencialmente peixes; a prateada é sedentária, a marrom, migratória. Além disso, quando ambas fazem ninhos em um mesmo lugar, os membros de cada uma delas reúnem-se em grupos. Tudo isso leva a *Larus argentatus* e a *Larus fuscus* a quase nunca se cruzarem.

Para retomar a prova de uma transição entre espécies observadas *in loco*, E. Mayr acrescentou que a população do norte da Rússia e da Sibéria com caracteres intermediários, chamada *heuglini*, cruza-se com *Larus fuscus* no oeste e, nesse sentido, deve ser considerada uma subespécie de *Larus fuscus*; mas também cruza-se no leste com as populações de *Larus argentatus* do nordeste da Sibéria. Logo, poderia ser, por outro lado, considerada uma subespécie de *Larus argentatus*! A prova da *descendência das espécies*, do processo pelo qual uma espécie gera outra, é certamente fornecida pela observação dessas populações de *status intermediário*. Ernst Mayr escreveu, em

1942, um livro tão importante quanto o de Dobzhansky para o estabelecimento da teoria neodarwinista: nessa obra, chamada *Systematics and The Origin of Species*, apresentou nove casos de transição entre espécies, análogos ao observado nas gaivotas (e numa obra posterior, *Animal Species and Evolution*, publicada em 1963, deu doze exemplos suplementares).

De maneira mais geral, Ernst Mayr apresentou, em *Systematics and The origin of Species*, uma explicação completa de como as espécies geram outras, argumentada através de observações das populações naturais. É o que denominou especiação geográfica (ou ainda alopátrica). Segundo este modelo explicativo, uma espécie é composta de várias populações, distribuídas em um território mais ou menos vasto: podem ser diferenciadas o suficiente para serem consideradas raças ou subespécies. Algumas destas, devido ao acaso das migrações, podem ser levadas a ocupar uma região afastada, separada do território de origem por uma barreira geográfica: cadeia de montanhas, estreitos, rios, grandes lagos, etc. Portanto, se essa população encontra condições ambientais suficientemente diferentes das que prevalecem para o resto da espécie, vai apresentar modificações genéticas que a adaptam para um novo meio (através do jogo da seleção dos alelos que trazem mais vantagens, como demonstrou Dobzhansky). Finalmente, se ela sofreu mudanças de alelos bastante numerosas, seu patrimônio genético não será mais capaz de associar-se ao patrimônio genético da espécie animal quando houver uma fecundação. O híbrido não será mais viável ou então será estéril (como no caso da mula, saída do cruzamento da égua com o jumento). A população isolada geograficamente tornar-se-á uma espécie nascente, após ter passado por um estágio de subespécie muito diferenciada, intermediária entre a espécie inicial e a nova.

Na imensa maioria dos casos, a formação de novas espécies a partir de espécies iniciais cumpriu-se há muito tempo para que o estágio das populações intermediárias não seja hoje observável. São poucos os casos de especiação recentemente concluída, como o das gaivotas (menos de 2 milhões de anos), ou de especiação em curso. No caso das gaivotas, é necessário precisar o que há nelas de totalmente original: a coexistência, numa mesma região (o Mar do Norte e o Báltico) da espécie-tronco (*Larus argentatus*) e da espécie filha (*Larus fuscus*). De fato, a especiação deu-se certamente segundo o modelo alopátrico de Ernst Mayr: a gaivota marrom formou-se a partir de populações localizadas no noroeste da Ásia, separadas geograficamente das populações de gaivotas prateadas que se difundiram no nordeste da Ásia, em direção ao estreito de Behring e à América do Norte. A expansão da *Larus argentatus* prosseguiu, em seguida, através do Atlântico, até encontrar os territórios ocupados na Europa pela gaivota marrom. As populações de gaivotas prateadas da espécie-tronco entraram, portanto, em contato com as populações da espécie filha, que tinha concluído sua especiação: tornou-se suficientemente diferente quanto ao comportamento e à exploração do meio por ser sexualmente isolada.

A paleontologia encontra a genética

Assim, durante a década de 1940, a teoria da evolução por meio da seleção natural de Darwin recebeu apoios importantes, provenientes tanto da genética mendeliana, quanto da sistemática (observação das espécies na natureza). Este neodarwinismo nascente viu-se, além disso, confortado por um importante trabalho do paleontólogo americano, G. G. Simpson. Este publicou, em 1944, uma obra intitulada *Tempo and Mode in Evolution*, na qual demonstrava que os dados da paleontologia

eram compatíveis com um mecanismo de evolução como aquele proposto por Dobzhansky: pequenas mutações difundem-se progressivamente nas populações de fósseis até virem a ser as únicas a serem representadas e conduzem, assim, ao aparecimento de novas espécies nos estratos geológicos²².

Eis um exemplo extraído da obra de Simpson: na linhagem dos Equídeos (que vai de *Hyracotherium* a *Equus*) havia uma espécie no fim do Oligoceno (há 30 milhões de anos) chamada *Miohippus* (trata-se de um comedor de folhas com patas ainda providas de três dedos). Certos membros das populações de *Miohippus* tinham uma particularidade nos dentes: os molares apresentavam na superfície uma pequena crista chamada *pequeno colchete*. Na época geológica seguinte, o Mioceno inferior (há 25 milhões de anos), várias novas espécies substituíram o *Miohippus*. Trata-se, especialmente, do *Anchitherium* e do *Parahippus* (igualmente comedores de folhas e dotados de patas com três dedos). As populações da primeira espécie eram constantemente desprovidas do *pequeno colchete*; as populações da segunda eram constantemente providas. (O *pequeno colchete* passaria a ser *grande* nos descendentes da espécie *Parahippus* até o cavalo atual). Simpson deu, então, a segunda interpretação: em *Miohippus* ocorreu uma pequena mutação genética que determinou o aparecimento desse *pequeno colchete* na superfície dos molares. Essa versão genética foi inicialmente pouco difundida nas populações de *Miohippus* (presente somente em alguns indivíduos). O nascimento da espécie *Parahippus*, a partir de *Miohippus*, deu-se de maneira quase imperceptível (é a mesma expressão empregada por Simpson); a presença do colchete torna-se progressivamente constante à medida que as populações de *Parahippus* distinguem-se melhor das de *Miohippus* (quanto a *Anchitherium*, esta espécie libera-se gradualmente de *Miohippus*, mas dela dife-

rencia-se pela ausência sistemática do *pequeno colchete*). Logo, essa evolução é inteiramente compatível com a descrição dada por Dobzhansky: "uma mudança na composição genética das populações".

A teoria neodarwinista da evolução foi, portanto, edificada na virada dos anos 40 por todas essas contribuições provenientes das diversas disciplinas da biologia. Foi por isso que foi batizada de *teoria sintética da evolução* por Julian Huxley (o neto de T. H. Huxley, porta-voz de Darwin). Ele próprio publicou um livro, em 1942, com o título *Evolution: The Modern Synthesis*. Em poucas palavras, a síntese reposava nestas duas proposições: em primeiro lugar, a evolução consiste no surgimento de novas variantes de genes por mutação ao acaso, nas populações, seguida da substituição gradual, sob a ação da seleção natural, das variantes menos apropriadas pelas mais apropriadas; em segundo, o mesmo mecanismo de modificação da composição genética das populações permite explicar como uma espécie gradualmente dá origem a outra, em consequência da diferenciação genética acrescida de uma de suas subespécies.

De 2 a 4 de janeiro de 1947, teve lugar em Princeton (Estados Unidos) uma conferência internacional que reuniu geneticistas (Th. Dobzhansky, H. J. Muller, S. Wright, J. B. S Haldane, entre outros), naturalistas (E. Mayr, G. L. Stebbins, E. B. Ford) e paleontólogos (G. G. Simpson, A. S. Romer). Essa conferência oficializou a fundação do neodarwinismo (em outros termos, a *teoria sintética da evolução*), na medida em que um acordo perfeito estabeleceu-se entre todos os participantes sobre as duas proposições enunciadas mais acima. Como observou Ernst Mayr, tratava-se de um acontecimento, pois a mesma conferência, ocorrida quinze anos antes, viu explodirem violentas controvérsias que opunham geneticistas, naturalistas e paleontólogos, tendo cada categoria uma maneira pró-

pria de explicar a evolução. Nesse mesmo congresso, foi decidida a publicação de um periódico científico intitulado *Evolution*, em que seriam relacionados os trabalhos que tivessem como objetivo a evolução das espécies (Ernst Mayr foi seu primeiro diretor). Com efeito, desde 1947, milhares de publicações apareceram no domínio da bioologia da evolução.

O nascimento das espécies observado in loco

Um dos bens mais preciosos do neodarwinismo foi, em nossa época, a observação, tão ansiada, do nascimento de uma espécie. Mais exatamente, Th. Dobzhansky e seus colaboradores (entre os quais, notadamente Francisco Ayala) puderam observar, no decorrer da década de 1970, todos os estágios da diferenciação genética que conduzem da variedade (ou raça) à espécie, em um grupo de espécies de drosófilas na América do Sul, chamado o grupo da *Drosophila willistoni* (segundo o nome de uma das que parece ter sido a espécie-tronco). Esses estágios compreendiam, na ordem de diferenciação genética crescente, a variedade local, a raça, a subespécie, a semiespécie, a espécie nascente ou a espécie gêmea (pois ainda é morfologicamente indistinguível da espécie-tronco, mesmo que não se cruze mais com ela) e, em seguida, a nova espécie morfologicamente distinta. Francisco Ayala pôde até mesmo medir o grau de divergência genética de cada estágio, calculando a proporção de genes no patrimônio genético que sofreu o processo de substituição de variantes genéticas por outras.²³ Assim, no grupo da *Drosophila willistoni*, as variedades locais ou as raças sofreram processos de substituição de alelos (variantes genéticas) apenas em três genes para 100, em média. As subespécies sofreram uma substituição de alelos em 23% dos genes; as semiespécies apresentavam praticamente uma mesma cifra (o que se explica pelo fa-

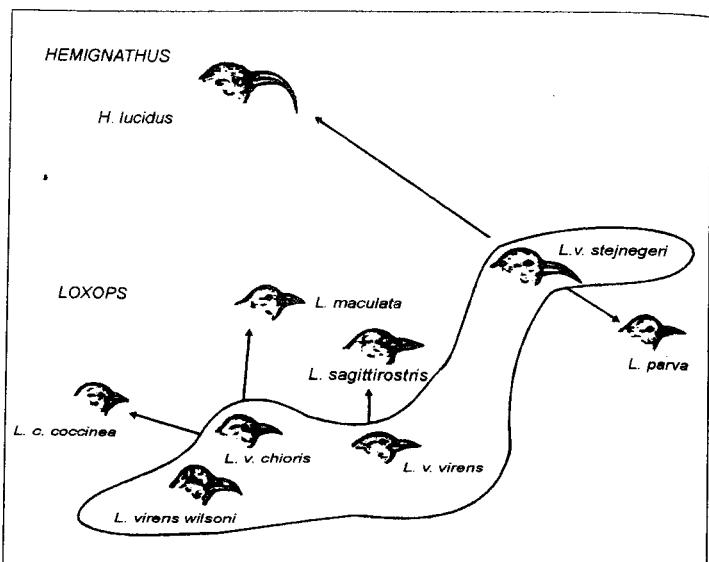
to de que uma semiespécie difere de uma subespécie, sobretudo por preferirem sexualmente parceiros que pertençam à mesma semiespécie; comportamento cujo determinismo genético coloca provavelmente em jogo apenas poucos genes). Nas espécies *gêmeas*, uma substituição produziu-se em 58 genes para 100. E entre espécies morfológicamente distintas, 100% dos genes não apresentavam mais, em hipótese alguma, as mesmas variantes.

Essa diferenciação genética crescente era paralela à dificuldade, também crescente, na realização dos cruzamentos: os membros de raças diferentes no interior de uma espécie não tinham qualquer dificuldade para se cruzar com os membros de subespécies diferentes; pequenos problemas de esterilidade começavam a aparecer; tornavam-se mais nítidos com as semiespécies; e a esterilidade total caracterizava os cruzamentos entre espécies gêmeas.

Modificações consideráveis de uma espécie a outra

Assim, a teoria neodarwinista da evolução parece poder explicar, com o apoio de provas, o nascimento de novas espécies (ou especiação). Entretanto, o exemplo bem estudado do grupo da *Drosophila willistoni* apresenta um problema: as espécies de drosófilas são morfológicamente muito semelhantes (mesmo as que não são *gêmeas*). Ora, quando consideramos a evolução das espécies em toda sua amplitude, fica claro que as espécies animais podem ter uma aparência que se diferencia enormemente das espécies de que derivam. Como é o caso do atual cavalo, *Equus*, em relação à espécie ancestral *Hyrachotherium*, ou ainda da girafa em relação à espécie-tronco, que devia lembrar uma espécie de antílope. Os mesmos mecanismos estudados na evolução da drosófila podem ser também evocados para explicar as evoluções acompanhadas

de mudanças morfológicas consideráveis? Com certeza, teoricamente pode-se sempre dizer que essas modificações correspondem a adaptações (como o longo pescoço da girafa, que permite comer folhas nas árvores) e, em função disso, que foram certamente construídas sob a ação da seleção natural, assim como todas as adaptações. Porém, mais uma vez, não podemos nos contentar com argumentos puramente teóricos. Uma prova de que mudanças importantes podem produzir-se através dos mesmos mecanismos que presidem à especiação na drosófila foi dada pelo ornitólogo americano W. J. Bock, em 1970.²⁴ Ele estudou os pássaros drepanídeos do Havaí. São passarinhos (da mesma família a que pertencem os pardais, os chapins, etc.) cuja plumagem é amarela ou verde, que se alimentam de insetos, de grãos ou de néctar. A espécie-tronco do grupo chama-se *Loxops virens*. Ela deu origem a quatro outras espécies do gênero *Loxops*, cuja aparência é bastante aproximada: *Loxops maculata*, *Loxops coccinea*, *Loxops sagittirostris* e *Loxops parva*. Enquanto *Loxops virens* tem um bico de tamanho médio e alimenta-se de insetos procurados nas fendas das cascas dos troncos de árvores, a maior parte das outras espécies de *Loxops* tem um bico pequeno, reto e alimenta-se de insetos encontrados na superfície das folhas. Contudo, *Loxops virens* originou também uma espécie muito diferente que pertence, aliás, a um gênero distinto, *Hemignathus lucidus*. Esta caracteriza-se por um longo bico em forma de foice e alimenta-se também de insetos, mas sobretudo de néctar. A língua, muito alongada, tem uma dimensão igual à do bico e apresenta a forma de um tubo. É claro que a morfologia do bico e da língua permite procurar o néctar no fundo da corola das flores. O ponto importante desse estudo é mostrar que uma espécie como *Hemignathus lucidus*, muito diferente da espécie-tronco, *Loxops virens*, aparentemente diferenciou-se a par-



A linhagem das aves Drepanidae das ilhas Havaí. Esta linhagem mostra que transformações morfológicas importantes podem produzir-se quando uma espécie dá origem a outra. Assim, a espécie *Loxops virens*, que alimenta-se de insetos originou por descendência quatro outras espécies de aparência suficientemente próximas e que alimentam-se também de insetos: *Loxops coccinea*, *Loxops maculata*, *Loxops sagittirostris* e *Loxops parva*. Mas ela também deu origem a uma nova espécie, *Hemignathus lucidus*, cuja aparência é muito diferente e que se alimenta do néctar colhido na corola das flores, graças a seu longo bico curvado.

Segundo o ornitólogo W. J. Bock, este caso de nascimento de uma nova espécie muito modificada não precisa evocar mecanismos especiais de origem das novas espécies. O que se explica também pela regra darwinista de transformação gradual de uma das quatro subespécies da espécie-tronco. Assim, *Hemignathus lucidus* teria se originado a partir de uma subespécie chamada *Loxops virens stejnegeri*, que já tinha o bico curvado.

tir de uma população destacada de uma das subespécies de *Loxops virens* que já tem como caráter distintivo um bico ligeiramente arqueado!

Enfim, a teoria neodarwinista parece ser um todo coerente, capaz de explicar, com o apoio de provas, todas as facetas da evolução das espécies. O congresso de Princeton, de janeiro de 1947, marcou oficialmente seu nascimento. Em 1959, quando do centenário de publicação da *Origem das espécies*, ela pareceu incontestavelmente triunfar, com a adesão sem reservas da grande maioria dos biólogos. Contudo, nos anos 60, duas tendências antagônicas manifestaram-se entre os neodarwinistas, preconizando dois pontos de vista radicalmente opostos no que se refere ao papel da seleção natural. Uma consistiu em sustentar que ela era o agente exclusivo da evolução das espécies. Iria chegar àquilo que alguns (como o filósofo Pierre Thuillier) chamaram de um *darwinismo do gene* e que eu chamaria aqui de *ultradarwinismo*. Essa corrente em particular suscitaria mais tarde o nascimento de uma disciplina, a Sociobiologia, que retomarei extensamente mais adiante, pois é atualmente o campo mais fértil das controvérsias sobre o neodarwinismo.

A outra corrente, tendo se originado na década de 60, propôs, ao contrário, que o acaso tivesse um lugar pelo menos tão grande quanto o da seleção natural na evolução das espécies. Chegou à teoria não darwinista do geneticista japonês Motoo Kimura.