Biologia

A crise energética, o efeito estufa, o buraco na camada de ozônio e as novas moléstias, como a AIDS, são algumas das questões e desafios que no final do século XX levaram as ciências biológicas a uma maior interdisciplinaridade, poder de síntese e precisão.

Biologia é o conjunto das disciplinas que têm por objeto os seres vivos. Estuda portanto a estrutura, as funções, a evolução e as interações das várias formas de vida entre si e com o meio circundante. As ciências biológicas, juntamente com as geológicas, formam a história natural, que pode ser vista como precursora da moderna ecologia.

Seres vivos e brutos. As diferenças entre um mineral, uma planta e um animal são evidentes, o que leva a supor que é fácil definir um ser vivo. Mas um cristal e um vírus podem ter formas similares e assim suscitar dúvidas sobre a distinção entre ser vivo e ser inanimado e sobre a definição da vida.

Um critério básico para definir um ser vivo é sua capacidade de ajustar-se ao meio e de extrair dele a energia necessária a suas estruturas e funções. A homeostase -- termo criado por Claude Bernard no século XIX -- é a tendência, comum a todas as formas vivas, de manter a estabilidade fisiológica. Todavia, os mecanismos homeostáticos operam dentro de certos limites de pressão, temperatura, umidade, acidez etc. Esses mecanismos de regulação põem em funcionamento sistemas que impedem que mudanças ambientais alterem demasiadamente o estado interno do ser. Assim, uma árvore pode gerar um córtex mais grosso quando o clima se torna mais frio ou seco que o habitual; o organismo humano é capaz de sintetizar pigmentos para proteger a pele dos raios solares; alguns animais hibernam quando o frio os força a um enorme gasto energético.

Há casos em que o controle é feito por mecanismos comportamentais. Assim, por exemplo, a abelha (Apis mellifera) é capaz de controlar a temperatura no interior da colméia por meio da água trazida para dentro e que se evapora graças à ventilação produzida pela vibração das asas de numerosas operárias. Espécies de Melipona -- abelhas sociais indígenas -- que nidificam em oco de árvores, podem na estação chuvosa mudar suas colônias para as partes mais altas das cavidades e calafetá-las com cera e resinas a fim de torná-las impermeáveis. Os térmitas que constroem suas vivendas terrosas nas quentes savanas africanas, modificam continuamente as aberturas de seus ninhos, de modo a facilitar a termorregulação e circulação do ar, para que não se torne viciado e comprometa as culturas de fungo, necessárias a sua sobrevivência.

Outra característica do ser vivo é a auto-reprodução. Os seres vivos se compõem de unidades estruturais simples, as células, que se reproduzem a partir de si próprias. Como afirmou o pesquisador prussiano do século XIX Rudolf Virchow, toda célula provém de outra célula.

Origem da vida. Poucas questões têm ocupado tanto a ciência quanto a origem da vida. O experimento clássico de Louis Pasteur descartou de uma vez por todas a idéia da geração espontânea e estabeleceu o princípio da biogênese, segundo o qual a vida provém somente da vida. Descartou-se assim a possibilidade de larvas de moscas serem geradas de carne em decomposição, ou de minhocas se originarem do solo em dias de chuva, ou de ratos nascidos de camisas velhas. A geração espontânea voltou à moda no século XX, em plena vigência do paradigma biogênico, mas em nova versão: a de que a geração espontânea não pode ocorrer nas condições atuais; mas que a vida se originou nos primórdios do planeta, a partir da matéria bruta sob condições especiais; e que das formas primitivas então geradas descendem as formas de vida atuais.

A base da teoria da vida mais amplamente aceita é a do bioquímico russo Aleksandr Oparin, no livro A origem da vida na Terra, publicado em 1924 e divulgado a partir da versão em inglês, em 1938. Embora a teoria seja dada como válida, existem detalhes ainda hoje polêmicos e explicações insatisfatórias para certas etapas do fenômeno. Ao que parece, a vida se originou na atmosfera primitiva, há cerca de dois bilhões de anos.

A teoria mais aceita afirma que o sistema solar originou-se de uma nuvem de poeira cósmica e gases, que se condensou em massas mais compactas e com isso produziu enorme quantidade de calor e pressão, que desencadearam reações termonucleares e transformaram a massa condensada de maior volume no Sol. Os fragmentos que gravitavam a seu redor formaram os planetas. Durante a condensação do fragmento que deu origem à Terra, os materiais mais pesados, como o ferro e o níquel, mergulharam para o interior e os mais leves permaneceram na superfície, com grande desprendimento de gases, como hidrogênio, nitrogênio, oxigênio e carbono, todos de suma importância para a origem da vida. A atmosfera primitiva continha mais hidrogênio que a atual e conseqüentemente apresentava menores quantidades de nitrogênio, oxigênio e dióxido de carbono livres, combinados com o hidrogênio sob a forma de amônia, de vapor de água e de metano. Os planetas Júpiter e Saturno têm hoje atmosfera semelhante à primitiva atmosfera da Terra.

Como essa mistura é quimicamente estável, para que ocorressem reações capazes de originar as primeiras moléculas orgânicas existentes nas formas precursoras de vida havia necessidade de energia externa. A teoria sobre a origem da vida sustenta que a energia de descargas elétricas geradas nas tempestades e a proveniente dos raios ultravioleta do Sol, com o concurso da luz visível e de outras formas de energia, como o calor, provocaram uma reação nos gases atmosféricos para proporcionar as moléculas orgânicas primordiais. As experiências clássicas do bioquímico americano Stanley Miller, em 1953, assim como numerosas outras subseqüentes, realizadas em condições simuladas a partir de uma mistura dos gases que supostamente compunham a atmosfera terrestre primitiva, demonstraram que é possível obter moléculas orgânicas com alguns aminoácidos, que são os componentes essenciais das proteínas.

Ainda segundo a teoria, chuvas torrenciais teriam transportado essas moléculas para os mares e oceanos, onde se acumularam no decorrer de milhões de anos. A difusão ajudou o contato entre essas substâncias, que em condições adequadas, foram formando as proteínas e outros compostos. Esse caldo rico e complexo foi-se concentrando, por meio do fenômeno denominado coacervação, e formaram gotículas, os chamados coacervados. Não se sabe ainda em que fase esse sistema molecular complexo se tornou vivo. Os cientistas consideram os átomos como sistemas dotados de cargas elétricas, que se mantêm unidos e formam moléculas pela energia elétrica das ligações químicas. Todavia os coacervados não têm a capacidade de se auto-reproduzir e de proporcionar a seus sucessores a informação suficiente para manter a mesma estrutura nas gerações subseqüentes.

Estudos bioquímicos demonstraram que só existe uma molécula capaz de duplicar-se, o ácido desoxirribonucléico (ADN). Para que ocorra a duplicação, no entanto, o ADN precisa estar em contato com determinadas enzimas, que são proteínas especiais. As proteínas não podem reproduzir-se, mas são sintetizadas nos organismos a partir de informações contidas no ADN. Por conseguinte, há necessidade de ADN para a produção de proteínas; e de proteínas para o processo de duplicação do ADN. Desse dilema nasce o debate entre os vitalistas, para quem os seres vivos têm alguma característica intrínseca, e os mecanicistas, para quem todo processo biológico pode ser explicado por leis físicas e químicas.

Método científico aplicado à biologia. Como a maior parte das disciplinas científicas, a biologia se baseia na observação da natureza. A moderna ciência biológica tem como fundamento a obtenção de dados experimentais a partir de cuja comparação os cientistas procuram estabelecer leis que expliquem os diferentes processos de caráter geral. Colhem-se, por meio dos sentidos, os dados científicos com os quais são formuladas as teorias e as leis físicas. Os cientistas reconhecem, entretanto, a imperfeição dos mecanismos sensoriais de percepção. A mera coleta de dados, embora necessária, é insuficiente e as novas informações devem ser integradas a algum tipo de generalização. Assim, por exemplo, a constatação de que a mosca tem três pares de patas, embora seja interessante, é ineficaz enquanto não for integrada a uma generalização, como "todos os insetos têm três pares de patas".

Nos estudos biológicos de caráter experimental, uma das principais dificuldades consiste em controlar todas as variáveis que possam influir na realização do fenômeno em análise. O método experimental exige isenção, perspicácia, perseverança e geralmente muito trabalho. O conhecimento biológico foi complementado pela utilização de técnicas instrumentais fundamentadas em outras disciplinas científicas. Os avanços da óptica favoreceram o emprego dos microscópios ópticos, eletrônicos e de varredura, enquanto a química proporcionou técnicas analíticas de crescente precisão. Por meio de tais procedimentos, a biologia pôde aprofundar-se no conhecimento da natureza em dimensões nunca imaginadas pelos antigos pesquisadores. Também foi fundamental a introdução de métodos de análise matemática e, em particular, estatística, essenciais para processar os dados obtidos por observação e experimentação.

Ramos da biologia

A biologia compreende muitas disciplinas, pois os seres vivos podem ser estudados em diferentes níveis de sua organização estrutural, desde as moléculas até às comunidades bióticas (ou biocenoses). Entre esses dois extremos estão a célula, os tecidos, os órgãos, os organismos e as populações. Os átomos formam moléculas, que formam células, que formam o tecido, e assim por diante, até o nível das comunidades, que, integradas aos respectivos biótopos, formam os ecossistemas. O conjunto de todos os biótopos da Terra constitui a biosfera, a qual abriga todos os organismos terrestres. Cada nível apresenta propriedades que lhes são peculiares. Por isso, a biologia é formada por uma multiplicidade de ciências.

Como só era possível o estudo macroscópico, os objetos de estudo das ciências biológicas foram inicialmente os indivíduos. Animais e plantas têm certas peculiaridades que os diferenciam como objetos potenciais de estudo: os animais são geralmente dotados de movimentos, enquanto as plantas normalmente não. Tal característica torna mais fácil, por exemplo, a coleta de plantas (herbários) para estudo. Os animais são mais difíceis de descobrir, coletar, contar, etc., uma vez que sua posição no habitat muda freqüentemente. Por isso, desde os primeiros tempos a biologia se organizou em dois grandes ramos de saber: a botânica, que é o estudo das plantas, e a zoologia, que é o estudo dos animais, embora os interesses dos antigos naturalistas nem sempre tivessem tanta nitidez assim. Mais tarde surgiram especializações cada vez mais restritivas, como a ictiologia (estudo dos peixes), a entomologia (estudo dos insetos), a micologia (estudo dos fungos) etc. Também se pode dividir a biologia de acordo com o aspecto estudado. Por exemplo, a fisiologia trata das funções e das relações entre os diferentes órgãos; a embriologia estuda o desenvolvimento desde a fecundação; a paleontologia estuda os fósseis de seres extintos. A ecologia trata das interações dos organismos entre si e com o meio ambiente, seja no nível do indivíduo (auto-ecologia), da população (dinâmica ou ecologia de populações) e da comunidade ou biocenose (ecologia de comunidades, biocenótica ou sinecologia).

Como os diferentes níveis de organização estão estreitamente relacionados, os campos de estudo das ciências biológicas se sobrepõem, isso quando não se cria uma nova disciplina por "hibridação" de outras. Assim, o estudo da célula gerou a ciência que se encarrega desse tema, a citologia, que vem cedendo espaço para a biologia celular; quando se registraram os primeiros avanços no campo do conhecimento sobre os mecanismos da herança, nasceu a citogenética, que estuda os mecanismos em nível celular; e quando se introduziram métodos químicos de análise, surgiu a citoquímica.

O estudo dos fenômenos físico-químicos em que as moléculas dão origem a transformações químicas compete à bioquímica, à genética molecular, à citoquímica, à microbiologia e à virologia. A histologia trata dos tecidos, e tem também numerosas especializações: histopatologia, histoquímica etc. No início, o estudo da célula dependeu dos aperfeiçoamentos do microscópio óptico, que possibilitava distinguir estruturas de dimensões próximas ao micrômetro (milésima parte de um milímetro), e de um conjunto de técnicas de coloração com que se podia tingir os diferentes orgânulos e substâncias celulares. O surgimento do microscópio eletrônico permitiu distinguir estruturas de dimensões muito mais reduzidas.

Interdisciplinaridade e aplicações. Existem estudos biológicos que se aproximam de diferentes áreas científicas ou técnicas para somar esforços e resolver problemas concretos de estudo. A paleontologia, por exemplo, tem servido de ponte entre a biologia e a geologia; a antropologia levou a uma aproximação com a arqueologia; e a bioquímica reuniu a biologia e química. Também se estabeleceram vínculos com vários ramos da tecnologia, o que deu origem a vertentes muito férteis de trabalho: a biônica, que busca a aplicação de modelos encontrados na natureza à construção de engenhos; ou a bio-engenharia, que visa o desenvolvimento de mecanismos para suprir carências causadas por mutilações de órgãos humanos; a cibernética, que estuda os princípios comuns que regem o funcionamento dos organismos e das máquinas, e fornece a base para a robótica. Diversas indústrias utilizam métodos biológicos para fabricação de diferentes produtos e para a eliminação de resíduos. A aplicação da biologia abrange, pois, desde o simples fermento utilizado no pão, até atividades mais complexas, como o controle de pragas e doenças.

História da biologia

Conhecimentos biológicos empíricos datam da época pré-histórica. Em sua condição de caçador e coletor, o homem primitivo conheceu diferentes tipos de animais e plantas e, mais especificamente, o comportamento dos primeiros, assim como os períodos de frutificação das espécies vegetais de que se alimentava. A representação de animais nas pinturas rupestres demonstra esse interesse biológico. Documentos escritos revelam que os babilônios da época de Hamurabi, por volta de 1800 a.C., já conheciam o dimorfismo sexual das tamareiras. Em papiros e baixos-relevos foram também achadas descrições anatômicas de animais e do corpo humano, assim como estudos sobre os tecidos das plantas cultiváveis. Os antigos egípcios dispunham ainda de conhecimentos sobre plantas e óleos vegetais, que aplicavam às técnicas de embalsamamento.

Grécia e Roma. No século VI a.C., produziu-se um salto qualitativo no progresso de todos os campos do saber, com o florescimento da cultura na Grécia. Por meio da pesquisa e da dedução pretenderam os gregos chegar ao conhecimento do mundo e das leis que o regem, numa atitude que constitui a origem da ciência ocidental. Em alguns dos sistemas globais então imaginados, já se percebia uma atitude evolucionista, pois sustentavam que os seres vivos se haviam formado a partir da matéria inanimada. Para Tales de Mileto, tal formação se originava da condensação da água. Anaximandro, um de seus discípulos, acreditava que os primeiros seres vivos tinham sido os peixes, formados a partir de lama, os quais, ao abandonarem a água, teriam iniciado o desenvolvimento dos outros animais.

A escola pitagórica fez importantes estudos anatômicos: Alcmeon de Crotona, um de seus membros, situou no cérebro a sede do intelecto e realizou os primeiros estudos sobre embriões. Na ilha de Cós, onde viveu Hipócrates, considerado o fundador da medicina ocidental, criou-se uma importante escola médica, no século V a.C.

Aristóteles, que viveu no século IV a.C., tem importância especial, dada a influência que suas idéias exerceram mais tarde na Europa. Coube-lhe formular o primeiro sistema de classificação dos animais, os quais dividiu em animais de sangue e animais sem sangue (em linhas gerais, correspondem aos atuais vertebrados e invertebrados). Ainda se consideram válidas algumas de suas afirmações, como a da existência de órgãos homólogos (que se apresentam em diferentes espécies de organismos e que foram herdados de um ancestral comum) e órgãos análogos (que se apresentam em diferentes espécies de organismos e têm função similar). Outra constatação de Aristóteles ainda vigente no conhecimento biológico é a da adaptação estrutural e funcional dos seres vivos ao meio.

Teofrasto, discípulo de Aristóteles, deteve-se mais no estudo das plantas: ocupou-se de sua sistemática, já que agrupou diversas espécies afins; analisou sua nomenclatura e deu nomes às diferentes partes da planta; descreveu com precisão a estrutura dos diversos tecidos, pelo que é considerado fundador da anatomia vegetal; e estudou os fenômenos da polinização e do desenvolvimento das sementes, com o que firmou as bases da embriologia botânica.

Com a queda do império de Alexandre, o foco cultural trasladou-se da Grécia para a cidade egípcia de Alexandria, onde se destacaram, no campo da biologia, Erasístrato, que estudou o aparelho circulatório, e Herófilo, que dissecou corpos humanos e descreveu o sistema nervoso.

Durante a era romana viveram Dioscórides, botânico que escreveu um tratado sobre ervas medicinais cuja influência perdurou por toda a Idade Média; Plínio o Velho, cuja História natural, apesar de misturar fatos científicos a lendas e superstições, foi obra respeitada de consulta nos séculos posteriores; e Galeno, cuja obra constituiu o fundamento teórico da prática médica, embora suas pesquisas anatômicas não se baseassem no corpo humano, mas no de animais.

Idade Média. Com o fim da civilização romana, a cultura clássica entrou em fase de regressão e coube ao mundo árabe a recuperação de um legado de conhecimentos mais tarde reintroduzidos na Europa graças às traduções do árabe para o latim. Entre os cientistas árabes que intervieram nesse importante trabalho de ligação destacam-se al-Yahiz, que viveu no século IX e elaborou um dos primeiros tratados de zoologia, o Livro dos animais; e Avicena (Ibn Sina), que no século XI redigiu, entre outras obras de interesse capital, o Cânon de medicina, paradigma da ciência biológica medieval.

Nos séculos XII e XIII reativou-se a cultura européia, fundaram-se escolas e universidades. Surgiram figuras como santo Alberto Magno e Roger Bacon. O primeiro escreveu tratados sobre animais e plantas, baseados principalmente nos escritos de Aristóteles. Durante o século XIV começaram a ser feitas dissecações de cadáveres, o que fez a anatomia progredir acentuadamente.

Renascimento. Durante o século XVI, fatores como o êxodo dos sábios bizantinos para o Ocidente, depois da conquista de Constantinopla pelos turcos, e a invenção da imprensa propiciaram novo impulso ao estudo da natureza em geral e da biologia em particular. O anatomista flamengo Andreas Vesalius ensinou na Universidade de Pádua, onde realizou estudos anatômicos, relatados na obra De humani corporis fabrica libri septem (1543; Sete livros sobre a estrutura do corpo humano). No campo da fisiologia, o espanhol Miguel Servet iniciou o estudo da circulação sangüínea, concluído no século XVII pelo inglês William Harvey.

Por essa época foram publicados tratados de zoologia, como o do suíço Conrad Gesner, que incluía estudos anatômicos desenhados por Albrecht Dürer, e descreveram-se a flora e a fauna das mais longínquas regiões. Ante a grande quantidade de plantas e animais que iam sendo registrados, tornou-se necessário aperfeiçoar os sistemas de classificação. Andrea Cesalpino, botânico italiano, procurou estabelecer um sistema de diferenciação das plantas baseado na estrutura de flores, sementes e frutos. Estabeleceu assim as primeiras hipóteses sobre os mecanismos de reprodução dos vegetais. O suíço Gaspard Bauhin concebeu um sistema em que atribuía a cada planta dois nomes: o genérico e o específico. A montagem de herbários, a que se incorporavam as plantas trazidas por viajantes ou por expedições científicas, contribuiu bastante para o desenvolvimento da botânica nessa época. Também foi fundamental a criação de jardins botânicos, geralmente ligados a universidades, como os de Pisa, Bolonha, Leyden, Oxford e Paris.

Expansão. No século XVIII fundaram-se numerosas sociedades científicas, como a Royal Society britânica ou a Academia de Ciências francesa, e com elas surgiram as primeiras revistas científicas. Nas discussões entre os membros dessas instituições, freqüentemente se fazia referência a um instrumento que viria abrir novas portas ao conhecimento biológico: o microscópio. Com esse aparelho, o italiano Marcello Malpighi examinou grande quantidade de tecidos animais e vegetais. Em 1665, Robert Hooke descobriu a estrutura celular e utilizou pela primeira vez a palavra célula. Os primeiros microrganismos, inicialmente denominados animálculos, foram descobertos pelo holandês Antonie van Leeuwenhoek em infusões que ele mesmo havia preparado. O microscópio também permitiu confirmar a existência de espermatozóides no líquido seminal. Esta descoberta gerou as escolas espermista e ovulista, uma das tendências em que se dividiu a teoria da pré-formação. Os pré-formistas sustentavam que nas células sexuais (no espermatozóide, para os espermistas, ou no óvulo, para os ovulistas) existia latente uma miniatura do ser vivo. Tal teoria contestava a da epigenesia, que defendia a formação gradual do embrião.

Outros microscopistas pesquisaram tecidos animais e vegetais. O holandês Jan Swammerdam estudou a anatomia dos insetos e o inglês Nehemiah Grew analisou a estrutura das células das plantas. Outro tema de controvérsia foi o da geração espontânea. Dois microscopistas, o inglês John Turberville Needham e o italiano Lazzaro Spallanzani, isolaram e cultivaram infusões, e obtiveram resultados opostos. Só no século XIX Pasteur demonstrou cabalmente a impossibilidade da geração espontânea.

Durante o século XVIII realizaram-se novos estudos químicos relacionados com a biologia. Lavoisier estudou o papel desempenhado pelo oxigênio na respiração animal e a utilização do dióxido de carbono pelas plantas. A importância da luz solar para os processos vitais do mundo vegetal foi revelada pelo holandês Jan Ingenhousz, descobridor da fotossíntese; pelo suíço Nicolas-Théodore de Saussure, que consolidou grande parte dos princípios da fisiologia vegetal; e pelo também suíço Jean Senebier, que observou a liberação de oxigênio pelas plantas.

No mesmo século viveu o sueco Carl von Linné, conhecido como Lineu, que utilizou o sistema binominal para designar todas as plantas e animais catalogados em sua obra Systema naturae (1735; Sistema da natureza), que agrupava as diferentes espécies em gêneros, famílias, ordens e classes sucessivamente e baseava-se na semelhança de certas características concretas que escolhera, como a forma da flor, no caso das plantas, ou a forma e o número de dentes e dedos, para os animais.

Durante o século XVIII e início do século XIX realizaram-se numerosos estudos de anatomia comparada com o fim de verificar as semelhanças existentes entre as diversas espécies animais. Destacaram-se nesse campo o inglês Edward Tyson e o francês Georges Cuvier. Este último compreendeu a relação entre as diferentes partes de um mesmo animal, o que possibilitou deduzir a forma do animal completo a partir de um pequeno resto. Tal recurso constitui fator fundamental para o estudo dos fósseis. O próprio Cuvier, com suas Recherches sur les ossements fossiles des quadrupèdes (1812; Pesquisas sobre as ossadas fósseis de quadrúpedes), estabeleceu o universo precursor da ciência que se ocupa do estudo dos fósseis, a paleontologia.

Muitos fatores influíram na divisão dos biólogos em diferentes correntes de opinião, freqüentemente opostas. Entre esses fatores incluem-se as afinidades anatômicas entre animais de diferentes espécies, como por exemplo as que foram identificadas por Tyson entre o homem e o chimpanzé; a hipotética existência de uma hierarquia para todos os seres vivos, que levou Leibniz a predizer a descoberta de formas de transição entre as plantas e os animais; e o achado de fósseis de animais extintos. Sobre esse último ponto, houve duas correntes: a dos catastrofistas, entre os quais Cuvier, que viam nas catástrofes naturais a explicação para a fossilização dos animais, e a dos que, como o conde de Buffon, atribuíam à influência do habitat, do clima ou dos alimentos a transformação de certos seres vivos em outros.

Um novo passo na formulação das idéias evolucionistas foi dado por Jean-Baptiste de Monet Lamarck, que em sua Philosophie zoologique (1809; Filosofia zoológica) afirmou que o meio modifica plantas e animais; chegou assim à lei do uso e desuso. Baseado na herança de caracteres adquiridos, sustentava ele que mudanças ambientais demandariam uma utilização dos órgãos, os quais se tornariam mais desenvolvidos, e as transformações seriam então transmitidas para a prole do organismo. A falta de uso dos órgãos levaria a retrocessos.

Finalmente, as idéias transformistas se consolidaram na teoria de Charles Darwin, exposta em seu livro On the Origin of Species by Means of Natural Selection (1859; Sobre a origem das espécies por meio da seleção natural). Baseado em uma vasta coleção de dados, coligidos em vários lugares do mundo e na ampla competência teórica adquirida durante anos de pesquisas, Darwin afirmou nessa obra que, dentro da enorme variedade que se observa numa mesma espécie, o meio seleciona os indivíduos mais aptos à sobrevivência, os quais transmitem à descendência suas próprias características.

As obras de dois pesquisadores, Thomas Robert Malthus e Charles Lyel, tiveram profunda influência na origem e desenvolvimento das idéias evolucionistas de Darwin. A obra de Malthus, intitulada An Essay on the Principle of Population (1798; Ensaio sobre o princípio da população), foi publicada em Londres e logo provocou grandes discussões em todo o mundo científico da época. Lyel, fundador da geologia, publicou também em Londres o livro Principles of Geology (1832; Princípios de geologia), também de ampla repercussão.

Além do grande avanço conceitual proporcionado pelas teorias evolucionistas de Darwin e de outros naturalistas, como Alfred Russell Wallace, o século XIX foi fecundo para a biologia em muitos outros campos. À luz das descobertas do alemão Christian Heinrich Pander e do estoniano Karl Ernst von Baer em seus estudos sobre embriologia, descartaram-se as idéias pré-formistas. Estabeleceram-se as bases da teoria celular, segundo a qual todos os organismos se compõem de células. Essa teoria foi aplicada às plantas por Matthias Jakob Schleiden e aos animais por Theodor Schwann. Virchow afirmou que toda célula provém de outra célula e deu um impulso à patologia celular ao relacionar algumas doenças com processos celulares anormais.

Hugo von Mohl descobriu a existência de um núcleo e de um protoplasma na célula. Também se estudou o processo da mitose, pelo qual uma célula se divide em duas, nos animais (Walther Flemming) e nas plantas (Eduard Strasburger). O zoólogo alemão Hermann Fol descreveu o processo de fecundação do óvulo pelo espermatozóide, e o citologista belga Edouard van Beneden, o da meiose, para formar os gametas. Outro avanço fundamental no campo das ciências biológicas resultou do trabalho de Pasteur, que demonstrou o papel desempenhado pelos microrganismos no desenvolvimento de doenças infecciosas e realizou estudos sobre a fermentação, a partir dos quais Eduard Buchner conseguiu isolar uma das enzimas participantes desse processo.

Em fins do século XIX, o dinamarquês Johannes Eugenius Bülow Warming publicou Plantesamfund gundträk af den öekologiske pplantegeografi (1895; Geografia vegetal ecológica), onde apareceu pela primeira vez o termo "ecologia", cunhado por Ernst Haeckel, junto com uma ampla discussão teórica que redundou na fundação d a ecologia. Outro pesquisador que muito contribuiu para as bases dessa ciência foi o botânico alemão Andreas Schimper, que publicou Pflanzengeographie auf physiologisher Grundlage (1898; Geografia vegetal em bases fisiológicas). Vários cientistas, sobretudo fitogeógrafos, em atividade nos fins do século XIX e início do século XX, ajudaram a consolidar esse ramo da biologia. A ecologia desenvolveu-se na segunda metade do século XX, graças principalmente ao trabalho do inglês Charles Elton, fundador da ecologia animal, e do americano Robert MacArthur, um dos pioneiros da ecologia geográfica.

Os trabalhos do monge austríaco Gregor Johann Mendel constituíram o núcleo a partir do qual se desenvolveu a genética moderna. Para executar seus experimentos, Mendel adquiriu em casas especializadas sementes de 34 variedades puras de ervilhas. Para assegurar-se de que estava lidando com variedades verdadeiramente puras, cultivou-as durante vários anos, antes de iniciar suas experiências. Constatou então que o fenômeno encaixava-se em regras simples, que o botânico holandês Hugo de Vries chamou de leis de Mendel, primeiras leis da herança genética e também primeiras leis quantitativas em biologia.

Século XX. O emprego de instrumentos avançados, como o microscópio eletrônico, os recursos da informática e as técnicas de análise química e física de crescente sensibilidade e exatidão, assim como o aumento de capacitação dos biólogos, fizeram com que a pesquisa biológica no século XX alcançasse o nível molecular e que avançasse também, sem perda do rigor analítico, na compreensão de fenômenos mais gerais, como os biogeográficos e ecológicos. Depois de formulada a teoria da herança, em que se ligavam as investigações de Mendel com os estudos celulares sobre os processos de divisão, estabeleceram-se as bases da genética molecular. Essa disciplina estuda o material que integra os cromossomos e o modo pelo qual a informação neles contida se transmite nos processos de constituição da estrutura do indivíduo. Graças aos trabalhos de James Dewey Watson e Francis Crick, na década de 1950, descobriu-se o ADN.

Anatomia; Biônica; Biofísica; Bioquímica; Botânica; Célula; Ecologia; Embriologia; Evolução; Fisiologia; Genética; Genética, engenharia; Microbiologia; Zoologia