

David Sadava  
David M. Hillis  
H. Craig Heller  
Sally Hacker

# Elementi di biologia e genetica

Quinta edizione italiana  
condotta sulla undicesima edizione americana



**GUARDA!**  
I VIDEO DEL TUO LIBRO  
SULLO SMARTPHONE

**BIOLOGIA ZANICHELLI**

David Sadava  
David M. Hillis  
H. Craig Heller  
Sally Hacker

# Elementi di biologia e genetica

Quinta edizione italiana  
condotta sulla undicesima edizione americana

PER IL COMPUTER E PER IL TABLET



L'eBook  
multimediale

## 1 REGISTRATI A MYZANICHELLI

Vai su [my.zanichelli.it](http://my.zanichelli.it) e registrati  
come studente universitario

## 2 SCARICA BOOKTAB

- Scarica **Booktab** e installalo
- Lancia l'applicazione e fai login

## 3 ATTIVA IL TUO LIBRO

- Clicca su **Attiva il tuo libro**
- Inserisci la **chiave di attivazione** che trovi  
sul **bollino argentato** adesivo  
(qui accanto un esempio di bollino  
con chiave di attivazione)



## 4 CLICCA SULLA COPERTINA

Scarica il tuo libro per usarlo offline

PER LO SMARTPHONE



I video del libro  
**GUARDA!** sul tuo smartphone

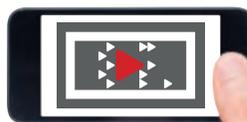
Scarica la app da:



## 1 Sul libro, inquadra l'icona

## 2 Sullo smartphone, tocca il play

## 3 Guarda i video



**BIOLOGIA ZANICHELLI**

# La visione di *Biologia*

## **Biologia è meraviglia**

Basta dare un'occhiata alle immagini fotografiche di questo volume – per esempio quelle di apertura delle parti in cui è suddiviso il corso – per restare affascinati dalla meraviglia degli esseri viventi a tutte le scale: dall'architettura microscopica del contenuto cellulare al mondo macroscopico di un bioma, dal balletto dei cromosomi nella riproduzione al comportamento complesso delle società animali o alla raffinatezza della regolazione nelle piante. Il fascino del mondo dei viventi è tale da spingere i biologi a studiarne con passione il funzionamento.

## **Biologia è dinamica**

Le scienze della vita sono in continua evoluzione, con nuove ipotesi che portano a nuove idee e sempre più strumenti di indagine. Se partiamo dal mondo degli animali e dal loro comportamento, pensiamo per esempio all'uso dei droni e dei satelliti per fotografare e studiare le popolazioni dei pinguini in Antartide. O, a livello microscopico e cellulare, allo sviluppo delle tecniche di immagine sempre più raffinate e all'uso di computer sempre più potenti e di programmi informatici sempre più sofisticati per analizzare anche grandi moli di dati. E che dire del sequenziamento dei genomi e del loro effetto sulla nostra comprensione della biologia, della ricostruzione sempre più dettagliata dell'albero della vita, dell'individuazione di malattie a base genetica? O ancora, possiamo citare lo studio delle carote di ghiaccio per ricostruire i climi globali del passato geologico.

## **Biologia è sistema**

I sistemi biologici si possono indagare a diversi livelli di organizzazione – dalle molecole agli ecosistemi – ma tutti sono interconnessi e complessi. I biologi sempre di più usano approcci integrati per capire le proprietà complesse dei sistemi viventi.

## **Biologia è vita**

L'umanità è chiamata a gestire molte sfide, come la crescita della popolazione, la degradazione dei sistemi naturali, lo sviluppo sostenibile, il cambiamento climatico, le malattie emergenti. Sappiamo che la popolazione umana è connessa in modo integrale con il destino di tutte le altre forme viventi della Terra e dipende da esso. Come autori di questo libro, il nostro obiettivo – e, insieme, la nostra sfida – è quello di stimolare gli studenti verso tutti questi aspetti della biologia attraverso un apprendimento motivato e la scoperta attiva. Ci focalizziamo su concetti chiave e su esempi attuali e reali, che forniscono le basi per ulteriori studi e ricerche. Per questo ci siamo consultati e abbiamo collaborato con facoltà universitarie, studenti ed esperti di biologia e di educazione.

## **Biologia è apprendimento attivo**

Questa nuova edizione è centrata sugli studenti, perché imparino come si studia la biologia e come essa influisce sulla vita quotidiana. Tutti gli apparati didattici che integrano il testo portante sono funzionali a questo tipo di apprendimento attivo. Vorremmo che gli studenti affrontassero questo corso di biologia con curiosità e voglia di scoprire, in modo che possano rispondere alle domande di base. Per questo nel testo e nelle rubriche didattiche abbiamo scelto esempi moderni, reali, vivaci, dando enfasi al modo in cui si è scoperto ciò che sappiamo. Ciascun apparato del testo richiama lo studente, lo sprona a farsi ulteriori domande, a pensare in prospettiva e in modo scientifico e propositivo. Non si tratta, dunque, solamente di memorizzare informazioni, ma di partecipare attivamente al processo della scoperta, di acquisire abilità nella gestione e nell'interpretazione dei dati ricavati da esperimenti scientifici reali.

# Biologia è avvincente

## «Un caso da vicino»

L'apertura di ogni capitolo è incentrata su «**Un caso da vicino**», una storia che presenta una situazione reale della biologia, con spunti di lavoro e ipotesi scaturite da ricerche recenti.

La pagina iniziale si conclude con una domanda che viene ripresa più volte nel corso del capitolo, anche attraverso altre schede «Un caso da vicino». Al termine del capitolo – quando la storia di apertura viene ripresa, spiegata e commentata – gli studenti sono ormai in grado di rispondere a pieno titolo.

### UN CASO DA VICINO

#### Il funzionamento dell'aspirina

Nonostante sofferisse di «febbre malarica», un giorno il reverendo Edward Stone uscì per fare una passeggiata nella campagna inglese. Febricitante, prostrato, dolente ai muscoli e alle articolazioni, si imbatté in un salice. Anche se ignorava che l'estratto della corteccia di salice fosse già in uso tra alcuni antichi guaritori per ridurre le febbri, era al corrente della tradizione di utilizzare rimedi naturali per il trattamento di alcune malattie. Il salice gli ricordò gli estratti amari della corteccia di alcuni alberi sudamericani venduta (a caro prezzo) per trattare le febbri. Rimosse un po' di corteccia e la assaggiò, succhiandola, trovando che il suo sapore fosse proprio amaro, e si accorse che allievò davvero i suoi sintomi.

Successivamente raccolse circa mezzo chilogrammo di corteccia di salice e la ridusse in polvere, distribuendola poi a una cinquantina di persone che soffrivano di vari dolori; tutte riferirono di sentirsi meglio dopo averla assunta. Stone riassunse i risultati di questa sorta di «test clinico» in una lettera alla Royal Society, all'epoca l'istituto scientifico più prestigioso di Inghilterra. Stone aveva scoperto l'acido salicilico, alla base del medicinale più utilizzato al mondo. La sua lettera (che esiste tuttora) porta la data 25 aprile 1763.



La struttura chimica dell'acido salicilico (da *Salix*, ere dell'albero unemente noto ne salice) venne elata per i 70 anni

successivi, e presto i chimici riuscirono a sintetizzarlo in laboratorio. Sebbene il composto allievasse il dolore, la sua acidità irritava il sistema digerente. Intorno alla fine del diciannovesimo secolo, l'azienda chimica tedesca Bayer riuscì a sintetizzarne una forma parimenti efficace ma meno dannosa, l'acido acetilsalicilico, commercializzato poi con il nome di aspirina. La vendita di questo farmaco trasformò la Bayer in azienda farmaceutica di spicco a livello mondiale, una posizione che mantiene tutt'oggi.

Negli anni sessanta e negli anni settanta, l'uso dell'aspirina subì un calo a causa della disponibilità di altri farmaci analgesici. Ma in quegli stessi anni, alcuni studi clinici individuarono un nuovo utilizzo dell'aspirina: è anche un buon anticoagulante, e dunque serve per prevenire infarti e ictus causati da coaguli di sangue. Oggigiorno, infatti, molte persone assumono una bassa dose quotidiana di aspirina proprio per prevenire problemi di coagulazione.

Febbre, dolore alle articolazioni, mal di testa, coaguli di sangue: cos'hanno in comune tutti questi sintomi? Sono tutti mediati da acidi grassi noti come prostaglandine e da molecole da essi derivati. L'acido salicilico è in grado di inibire la sintesi della prostaglandina. Il meccanismo biochimico alla base del funzionamento dell'aspirina venne scoperto nel 1971. Come vedremo, la comprensione del suo meccanismo di base richiede la conoscenza delle funzioni delle proteine e degli enzimi, due argomenti protagonisti di questo capitolo.

**?** Qual è il funzionamento dei farmaci antinfiammatori come inibitori di enzimi?

### UN CASO DA VICINO

### I farmaci antinfiammatori come inibitori di enzimi

#### L'ESPERIMENTO

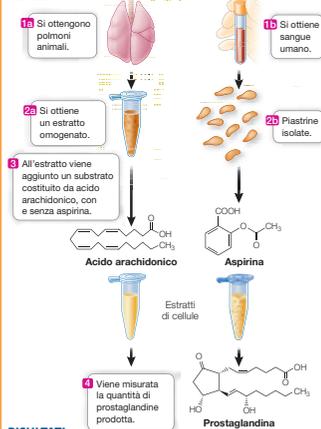
**Articoli originali:** Vane J.R. 1971. Inhibition of prostaglandin synthesis as a mechanism of action of aspirin-like drugs. *Nature* 231: 232-235. Smith J.B. and Wells A.L. 1971. Aspirin selectively inhibits prostaglandin production in human platelets. *Nature* 231: 235-238.

La storia in apertura del capitolo ha descritto come la corteccia di salice, elemento base di ciò che è poi diventato aspirina, fosse un rimedio vecchio di secoli per dolore e infiammazioni. Prima della fine del ventesimo secolo, si pensava che l'aspirina agisse direttamente sul sistema nervoso. Presso il Royal College of Surgeons inglese, un gruppo guidato da John Vane mostrò che l'aspirina agisce invece come inibitore della reazione enzimatica che produce prostaglandina (PG), un derivato di acido grasso molto importante nei fenomeni infiammatori.

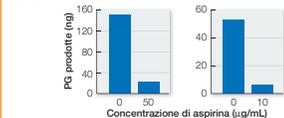
#### IPOTESI

L'aspirina agisce come farmaco antinfiammatorio inibendo un enzima che catalizza la sintesi delle prostaglandine.

#### METODO



#### RISULTATI



#### CONCLUSIONI

Sia nelle cellule animali sia nelle cellule umane, l'aspirina blocca la sintesi della molecola pro-infiammazione, la prostaglandina, negli esperimenti in provetta.

Per la scoperta del meccanismo attraverso il quale l'aspirina riduce il dolore, John Vane fu insignito del premio Nobel e nominato Cavaliere dalla regina Elisabetta II. Il punto fondamentale degli esperimenti condotti fu l'ipotesi che l'attività enzimatica e il suo meccanismo di funzionamento fossero gli stessi all'interno e all'esterno dell'organismo. In laboratorio, se dotato del suo substrato e delle stesse condizioni ambientali disponibili nel citoplasma, un enzima catalizzerà comunque i suoi prodotti tipici.

#### DOMANDE

- 1 Nel primo gruppo di esperimenti, il tessuto polmonare delle cavie viene frammentato per formare estratto omogenato. Il substrato, costituito da acido arachidonico, viene aggiunto all'estratto, e dopo 30 minuti si misura la quantità di prostaglandina (PG). I risultati sono mostrati in **Tabella A**. Riporta in un grafico la sintesi di PG in funzione della concentrazione di aspirina. Cosa ne concludi?
- 2 Un gruppo di esperimenti simili è stato condotto su piastrine umane (frammenti citoplasmatici derivanti da leucociti). Queste cellule, in certe condizioni ambientali, producono PG secondo lo stesso meccanismo enzimatico che avviene nei tessuti polmonari. I risultati sono mostrati in **Tabella B**. Cosa impariamo da questi risultati? Cosa possiamo dire sulla generalizzabilità della risposta alla domanda 1?
- 3 In un terzo gruppo di esperimenti, le piastrine sono state isolate da campioni di sangue di volontari umani ed è stata misurata la loro capacità di produrre PG (in assenza di aspirina). A queste persone è stata poi somministrata una dose clinicamente efficace di aspirina, con successivo prelievo di sangue, isolamento di piastrine e relativa misura di sintesi di PG (senza aggiunta di aspirina nelle provette). I risultati raccolti con tre volontari sono riportati in **Tabella C**. Questi dati confermano o confutano le tue risposte alle domande 1 e 2?

**Tabella A**

Concentrazione di aspirina (µg/mL)	Sintesi di PG (ng)
0	220
1	172
2	136
10	99
50	33
80	0

**Tabella B**

Concentrazione di aspirina (µg/mL)	Sintesi di PG (ng)
0	53
0,01	48
0,1	35
1	18
10	7

**Tabella C**

Individuo	Sintesi di prostaglandina (ng)	
	Prima della somministrazione di aspirina	Dopo la somministrazione di aspirina
1	160	16
2	108	5
3	103	20

## «L'esperimento» e «Lavorare con i dati»

Il capitolo riprende più volte la storia di apertura e la sua domanda finale: nella rubrica «**L'esperimento**» si descrive in dettaglio la ricerca originale alla base del caso, mentre «**Lavorare con i dati**» fornisce agli studenti l'opportunità di analizzare da sé i risultati della ricerca, grazie ai dati reali forniti. «**Lavorare con i dati**» include anche alcune domande finali con esercizi ulteriori, le cui risposte sono disponibili online.

Nel corso di ogni capitolo, l'insieme delle rubriche «Un caso da vicino» fornisce un filo conduttore efficace che stimola gli studenti fin dalla prima pagina (storia di apertura), attraversa il corpo interno del capitolo («L'esperimento», «Lavorare con i dati») e si conclude nell'ultima pagina con le «Prospettive future». Il riferimento a metodi sperimentali e analisi di dati reali fornisce agli studenti un collegamento fattivo tra ciò che hanno imparato nella teoria e il mondo biologico reale.

**UN CASO DA VICINO**

**I farmaci antinfiammatori come inibitori di enzimi**

Basta andare in farmacia, o guardare le pubblicità in televisione per capire che esistono tanti antidolorifici. Come l'aspirina, molti di questi hanno come bersaglio la via della prostaglandina per gli stati infiammatori. Le ricerche di John Vane e altri studi successivi hanno mostrato che l'aspirina inibisce irreversibilmente l'enzima COX (ciclossigenasi). Si è poi compreso però che esistono due forme di COX, note come COX-1 e COX-2, e diversi tipi di prostaglandine. COX-1 catalizza la produzione di prostaglandine che agiscono sulla coagulazione del sangue (da cui l'assunzione di aspirina per la prevenzione delle cardiopatie ischemiche) e sul mantenimento del rivestimento interno dello stomaco. COX-2 invece catalizza la produzione di prostaglandine che agiscono sugli stati infiammatori e sul dolore ad essi associato. L'aspirina inibisce entrambi i tipi COX-1 e COX-2 quindi non devono stupire le raccomandazioni alla cautela nell'assunzione di aspirina: può bloccare il dolore, ma anche causare problemi di stomaco e limitare la coagulazione in caso di ferite. La conoscenza dei limiti dell'aspirina ha portato a una ricerca di inibitori esclusivi di COX-2. La maggior parte di essi sono inibitori competitivi. Tutto ciò condiziona la dose da assumere del farmaco? Procuratevi una confezione e controllate la descrizione del suo funzionamento sul foglietto informativo.

**PROSPETTIVE FUTURE**

Grazie alla conoscenza dettagliata di come funziona il legame degli enzimi ai substrati, i biologi possono sfruttare i dati a disposizione per prevedere quali substrati possono legarsi a quali enzimi. Un elemento importante da considerare nel legame è la  $\Delta G$ : valori bassi indicano una probabilità alta di legame. Le attrazioni ioniche e le forze di van der Waals sono fattori che contribuiscono alla  $\Delta G$  di legame. Tali fattori sono importanti per il legame di proteine a molecole non substrato, compresi quelli tra altre proteine e RNA. In generale, sembra diventato evidente che nella cellula una proteina non è isolata, ma esiste legata a qualcos'altro; se la proteina è un enzima, il suo substrato sarà il partner preferito per il legame. La comprensione di tutte le possibili interazioni molecolari porterà a una conoscenza più profonda di quello che davvero succede a livello chimico all'interno della cellula.

## La risposta alla domanda di apertura e le «Prospettive future»

La domanda di apertura della rubrica «Un caso da vicino» – la storia che gli studenti hanno visto più volte ripresa – è riproposta e spiegata nel dettaglio come conclusione del capitolo. Le «Prospettive future» al termine della scheda esplorano nuove domande e opportunità di ricerca ispirate dal contenuto del capitolo, stimolando gli studenti a considerare in che modo ciò che hanno imparato nel testo potrà avere implicazioni su aspetti pratici della loro vita.

<p><b>Fosfato</b></p> $R-O-P(=O)(O^-)O^-$	<p><b>Fosfati organici</b></p> <p>3-Fosfoglicerato</p>	<p>Ha carica negativa. Conferisce carattere acido. Partecipa alle reazioni di condensazione con -OH. Se legato a un gruppo fosfato, l'idrolisi rilascia energia.</p>
<p><b>Sulfidrilico</b></p> $R-SH$	<p><b>Tioli</b></p> <p>Mercaptoetanolo</p>	<p>Cedendo H, due possono formare disolfuro che stabilizza la struttura di una proteina.</p>
<p><b>Metile</b></p>	<p><b>Alchile</b></p> <p>Alanina</p>	<p>Non polare. Impedisce le interazioni con molecole non polari e nei trasferimenti.</p>

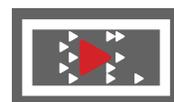
Le cellule usano l'energia fornita dall'idrolisi dell'ATP per alimentare reazioni endoergoniche (come la biosintesi di molecole complesse), per il trasporto attivo e per il movimento. Un altro esempio interessante dell'uso di ATP consiste nella conversione della sua energia chimica in energia luminosa.

$$\text{Adenina-ribosio-O-P(=O)(O^-)O^- + HO-P(=O)(O^-)O^- \rightarrow \text{ADP} + \text{P}_i$$

Media Clip 8.1 **Bioluminescenza in acqua profonda**  
**Bioluminescence in the Deep Sea**

## Link multimediali

Nel corso dei capitoli sono presenti i link «Attività», «Animazioni» e «Media Clip» che collegano gli studenti a spiegazioni animate, attività, simulazioni e video che riguardano contenuti del testo. Tutte queste risorse multimediali sono disponibili sul sito del libro e nell'ebook.



All'inizio di ciascun capitolo si trova questa

icona. Dopo aver scaricato la app **Guarda!**, inquadrando l'icona con lo smartphone, è possibile vedere le «Animazioni» e i «Media Clip» direttamente sul cellulare. Per motivi tecnici, le «Attività» non possono essere visualizzate in questo modo. L'applicazione è gratuita e si scarica da *AppStore* (per sistemi operativi *Apple*) e da *Google Play* (per sistemi operativi *Android*).



**Figura 3.1** Gruppi funzionali importanti per i sistemi viventi La figura evidenzia in giallo gli otto gruppi funzionali che si trovano più comunemente nelle molecole biologiche. «R» rappresenta un gruppo chimico di natura variabile.

Attività 3.1 **Gruppi funzionali**  
**Functional Groups**

Animazione 3.1 **Proteine, carboidrati e lipidi**  
**Proteins, Carbohydrates, and Lipids**

# Biologia è apprendimento attivo

Abbiamo sviluppato una serie di strumenti di apprendimento con la guida di un comitato di 19 esperti di educazione alla scienza e di pedagogia. Tali strumenti formano una fitta trama didattica che, come naturale risultato, favorisce un **apprendimento attivo**. Il primo aspetto di questo approccio è offerto dai «Concetti chiave» all'inizio di ogni paragrafo, che danno agli studenti una prima e forte idea di che cosa stanno per apprendere, ed è poi sottolineato alla fine di ogni paragrafo dalla rubrica «Hai imparato a».

## «Concetti chiave»

Ciascun capitolo è organizzato in paragrafi numerati. A inizio paragrafo, dopo una breve introduzione, le idee portanti del testo che segue sono sintetizzate in modo essenziale nei «**Concetti chiave**». Queste sintesi in testa al paragrafo guidano gli studenti alla lettura e li preparano ad applicare ciò che hanno appreso, in vista anche del «Ricapitoliamo» di fine paragrafo e della rubrica «I concetti in pratica» di fine capitolo, corredata da domande ed esercizi.

## «Ricapitoliamo» e «Hai imparato a...»

La rubrica «**Ricapitoliamo**» riassume brevemente ogni paragrafo e comprende sia un elenco di nuove abilità che dovrebbero essere state acquisite con lo studio, sotto il titolo «**Hai imparato a...**», sia alcune domande di stimolo al ragionamento complesso (le cui risposte sono disponibili online). Le nuove abilità nell'elenco «Hai imparato a...» sono allineate con i «Concetti chiave» di inizio paragrafo e danno modo agli studenti di capire se hanno metabolizzato i concetti espressi nel testo. Anche le domande e gli esercizi che seguono sono allineati con le nuove abilità acquisite e le rinforzano. La stretta coerenza reciproca di questi strumenti aiuta gli studenti a valutare se padroneggiano i concetti del paragrafo – e quindi se possono proseguire – oppure se è meglio che rivedano la parte.

## 21.4 | La filogenesi è la base per la classificazione biologica

Il sistema di classificazione biologica largamente in uso ai nostri giorni è derivato da quello sviluppato dal naturalista svedese Carlo Linneo a metà del 1700. Linneo sviluppò un sistema di **nomenclatura binomia** che permetteva agli scienziati di tutto il mondo di riferirsi in modo non ambiguo agli stessi organismi usando gli stessi nomi.

### Concetti chiave

- Soltanto i gruppi monofiletici sono considerati come unità tassonomiche appropriate.
- Le classificazioni sono usate per organizzare e denominare i gruppi di organismi nell'albero della vita.

### 21.4 RICAPITOLIAMO

I biologi organizzano e classificano gli esseri viventi identificando i gruppi monofiletici e dando loro un nome che disciplinano l'uso dei nomi scientifici, facendo sì che ogni specie e ogni taxon superiore alla specie possa essere identificato in modo non ambiguo.

#### Hai imparato a...

- Usare una filogenesi di un gruppo di organismi per ricostruirne la classificazione.
- Analizzare una classificazione e un albero filogenetico per identificare i gruppi monofiletici, polifiletici e parafiletici.

1 Considera la filogenesi e le tre possibili classificazioni qui elencate.

- Quale tra queste classificazioni contiene un gruppo parafiletico?
- Quale tra queste classificazioni contiene un gruppo polifiletico?
- Quale tra queste classificazioni è coerente con lo scopo di includere soltanto gruppi monofiletici?



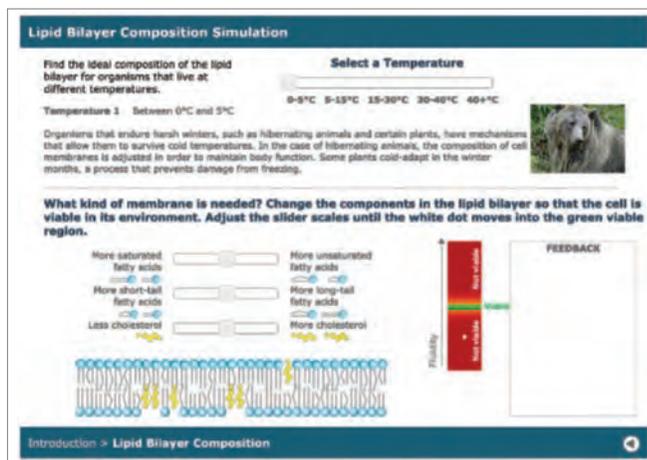
Linneo diede a ogni specie due nomi, l'uno identificativo della specie stessa e l'altro del gruppo di specie strettamente affini (il **genere**) a cui la specie appartiene. Un genere è un gruppo di specie strettamente imparentate tra loro. Facolta-

## Simulazioni

Quaranta **simulazioni** interattive danno l'opportunità allo studente di imparare in modo pratico, testando e rinforzando immediatamente ciò che sta studiando. I temi di questi esercizi comprendono per esempio:

- composizione del doppio strato fosfolipidico
- deriva genetica
- campi recettoriali visivi
- biogeografia insulare
- crescita di popolazione

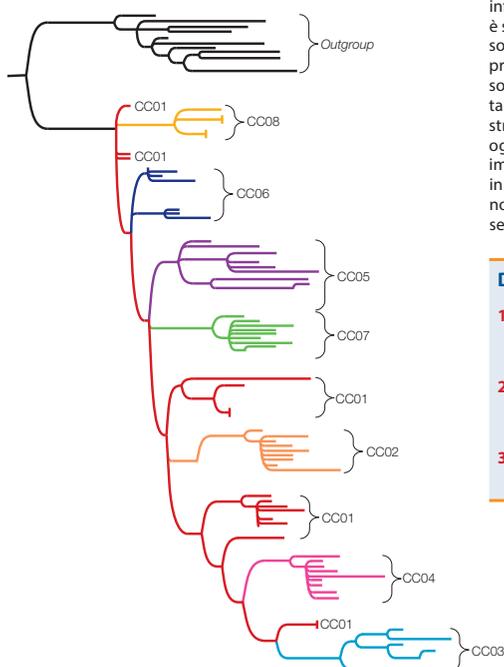
Le simulazioni interattive (in lingua inglese) si trovano tra le «Attività» presenti sul sito del libro e nell'ebook.



## I CONCETTI IN PRATICA

### Ripasso

- 21.1** Gli alberi filogenetici rappresentano le relazioni evolutive tra gli organismi viventi.
- 21.1** Le filogenie permettono ai biologi di confrontare tra loro organismi diversi e fare previsioni e deduzioni basate sulle somiglianze e le differenze dei caratteri.
- 21.3** I biologi usano gli alberi filogenetici per investigare sugli organismi viventi, ricercare esempi di evoluzione convergente e risalire alle condizioni ancestrali.



**Articolo originale:** Scaduto D.J., Brown J.M., Haaland W.C., Zwickl D.J., Hillis D.M. and Metzker M.L. 2010. Source identification in two criminal cases using phylogenetic analysis of HIV-1 DNA sequences. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 107: 21242-21247.

Gli alberi filogenetici sono utilizzati in tutti i campi della biologia, ma solo recentemente sono divenuti importanti nella pratica delle investigazioni forensi. Perché non vi siano influenze esterne, in questi casi i campioni vengono denominati con dei numeri e non associati ai nomi delle persone che si stanno investigando. Soltanto dopo le analisi anonime i risultati della corrispondenza tra campioni e persone possono essere rivelati.

Un caso criminale recente, in Texas, ha riguardato un imputato accusato di aver consapevolmente e intenzionalmente infettato diverse donne con il virus HIV. Per dimostrare l'accusa è stata quindi impiegata un'analisi filogenetica. In questo caso sono state isolate le sequenze derivate dall'HIV prelevato dalle presunte vittime e dall'imputato, insieme con le sequenze più somiglianti provenienti da un database del virus (l'*outgroup*); tali sequenze sono state quindi confrontate e usate per ricostruire un albero filogenetico dei virus. Nell'albero qui a fianco, ogni colore delle linee dei virus corrisponde ai singoli individui implicati nel caso, mentre i codici scritti sono quelli assegnati in anonimato. Tutti gli individui etichettati da CC01 a CC08 hanno avuto rapporti sessuali con l'imputato; nell'insieme rappresentano un *cluster* epidemico.

### Domande

- 1 Quale tra gli individui etichettati nell'albero filogenetico è coerente come fonte di infezione in questo cluster? E perché?
- 2 Perché questo albero filogenetico dimostra indubbiamente che nessun altro tra gli individui analizzati può essere la fonte dell'infezione?
- 3 Qual è lo scopo di aver incluso un *outgroup* al di fuori del cluster epidemico?

## «I concetti in pratica»

I capitoli si concludono con un esercizio articolato che sfida gli studenti a mettere in pratica le conoscenze e abilità appena acquisite. Questa rubrica, «**I concetti in pratica**», presenta la sintesi di una ricerca che riguarda gli argomenti del capitolo, seguita da **domande** che, come quelle del «Ricapitoliamo», sono allineate ad alcuni «Concetti chiave» scelti tra i diversi paragrafi. Questi concetti sono ripresi in testa alla rubrica, mentre le risposte alle domande finali sono disponibili online.

# Biologia è centrato sulle abilità

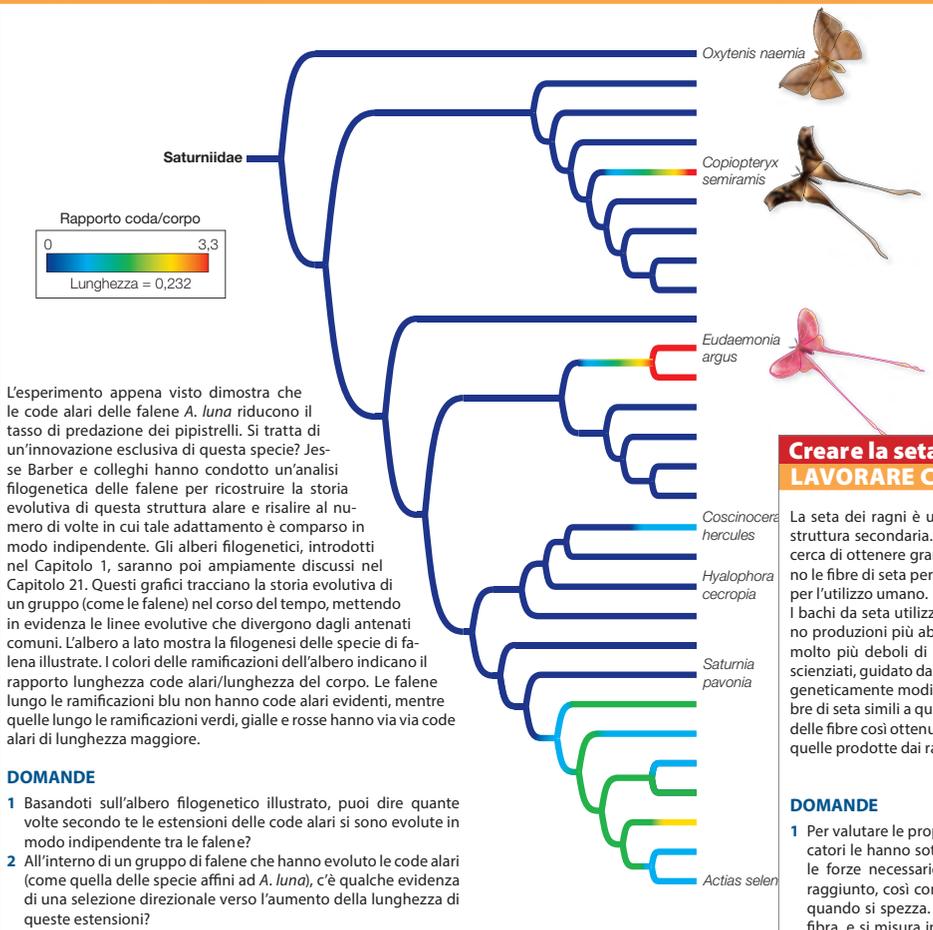
Tra i testi di biologia generale universitari, *Biologia* è quello più all'avanguardia per la ricchezza di analisi quantitative e di spunti per il ragionamento critico. Questa nuova edizione fornisce sia i materiali per esperienze ancora più attive e in prima persona, sia molti esercizi per migliorare la capacità di trattare i dati.

## «Lavorare con i dati»

Negli esercizi «Lavorare con i dati» gli studenti analizzano i risultati di un «Esperimento» scientifico originale, quindi sono invitati a rispondere a una serie di domande. Visto il riscontro straordinariamente positivo dei nostri studenti, ciascun capitolo del libro comprende almeno uno di questi esercizi.

### Lunghe code alari sono utili per evitare la predazione dei pipistrelli?

#### LAVORARE CON I DATI



### Creare la seta di ragno

#### LAVORARE CON I DATI

La seta dei ragni è un materiale molto resistente grazie alla sua struttura secondaria. Per i suoi utilizzi potenziali per gli umani, si cerca di ottenere grandi quantità di queste fibre. I ragni producono le fibre di seta per le loro ragnatele, ma in quantità insufficienti per l'utilizzo umano.

I bachi da seta utilizzati nella fabbricazione di tessuti raggiungono produzioni più abbondanti, ma le fibre da loro prodotte sono molto più deboli di quelle dei ragni. Un team internazionale di scienziati, guidato da Randy Lewis della University of Wyoming, ha geneticamente modificato dei bachi da seta per fargli produrre fibre di seta simili a quelle dei ragni in grandi quantità. Le proprietà delle fibre così ottenute sono poi state verificate e confrontate con quelle prodotte dai ragni.

#### DOMANDE

- 1 Per valutare le proprietà delle fibre di proteine in esame, i ricercatori le hanno sottoposte ad allungamento e hanno misurato le forze necessarie per spezzarle e l'allungamento massimo raggiunto, così come possiamo allungare un elastico e vedere quando si spezza. Lo stress è la forza richiesta per spezzare la fibra, e si misura in millipascal (mPa; 1 Pa è la forza in newton per unità di superficie in m<sup>2</sup>). Lo sforzo è invece la misura dell'allungamento della fibra (espresso come percentuale rispetto alla sua estensione originaria, a riposo). La **Tabella A** contiene un confronto tra i risultati ottenuti con la seta dei ragni e quelli ottenuti con la seta dei bachi geneticamente modificati. Le fibre di seta prodotte dai bachi sono simili a quelle dei ragni?
- 2 Quali sono gli spessori (diametri) riportati nei dati?
- 3 Quale test statistico si dovrebbe applicare per determinare se le proprietà misurate sono significativamente differenti (► Appendice B)?

## «I concetti in pratica»

Esplorando gli stessi tipi di problemi che tipicamente gli scienziati si trovano a investigare, gli esercizi proposti nella rubrica di fine capitolo «I concetti in pratica» permettono agli studenti sia di affinare il pensiero critico sia di migliorare le abilità di analisi dei dati, in un contesto di ricerca accattivante. Le risposte alle domande e agli esercizi di questa rubrica sono disponibili online.

### I CONCETTI IN PRATICA

---

**Ripasso**

**10.3** La fissazione del diossido di carbonio nella fotosintesi dipende dalla luce.

---

**Articolo originale:** Loach K. 1967. Shade tolerance in tree seedlings: I. Leaf photosynthesis and respiration in plants raised under artificial shade. *New Phytologist* 66: 607-621.

Alcune piante tollerano l'ombra, altre invece prosperano solo con la massima esposizione alla luce solare. Questa differenza fa nascere molte domande, perché tutte le piante utilizzano lo stesso processo fotosintetico di base. Cosa differenzia allora le piante che sopportano l'ombra da quelle che non la sopportano? Le piante hanno dei meccanismi di adattamento alle condizioni luminose sfavorevoli?

I ricercatori hanno indagato questi interrogativi studiando le piantine di due specie di alberi, una che tollera l'ombra (il faggio) e un'altra che invece non la tollera (il pando). Le piantine appena germogliate di queste due specie sono state piantate e poste in delle teche oscurate da tessuti coprenti che limitavano la quantità di luce solare incidente al 3%, o al 44%, del normale.

Dopo 5 settimane in queste condizioni, i ricercatori esposero una foglia, ancora attaccata, da ciascuna piantina al di fuori della teca. Queste foglie vennero esposte a differenti intensità luminose per alcuni minuti, mentre veniva misurata

		Clorofilla totale			
Specie	Tolleranza all'ombra	Intensità luminosa incidente (% della luce solare)	(mg/g peso foglia secca)	(mg/dm <sup>2</sup> foglia)	Area fogliare normalizzata (dm <sup>2</sup> /g)
Faggio	Alta	44	3,26	1,53	2,13
		3	7,02	2,82	2,49
Pando	Bassa	44	6,34	3,62	1,57
		3	8,23	4,38	1,88

### I CONCETTI IN PRATICA

---

**Ripasso**

**9.5** La sintesi e la scomposizione delle molecole nelle cellule sono collegate da vie metaboliche.

**9.5** Le vie metaboliche sono regolate dall'efficienza e l'adeguato funzionamento.

---

**Articoli originali:** Cahill Jr. G.F. 2006. Fuel metabolism in the brain. *Annual Review of Nutrition* 26: 1-22.  
 Exton J.H. and Park C.R. 1967. Control of gluconeogenesis. I. General features of gluconeogenesis in the rat. *Journal of Biological Chemistry* 242: 2622-2631.

Chi vuole perdere peso in fretta si butta sulle diete ipocaloriche che prevedono l'assunzione di pochi carboidrati e molte proteine. Ma quanto è efficace? Accade al corpo quando viene affamato? Studiare i meccanismi della fame e

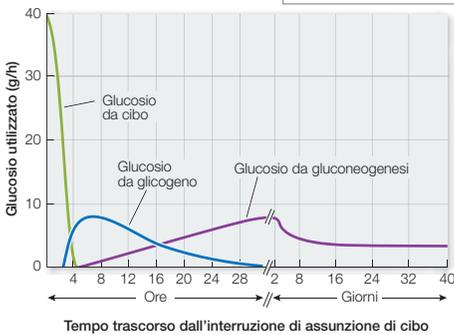


Figura A

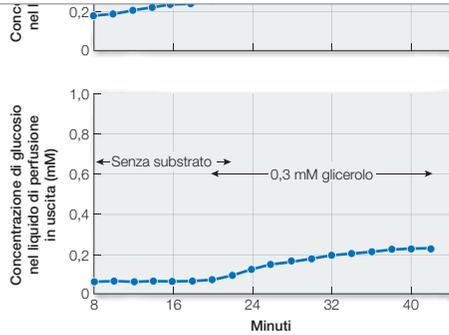
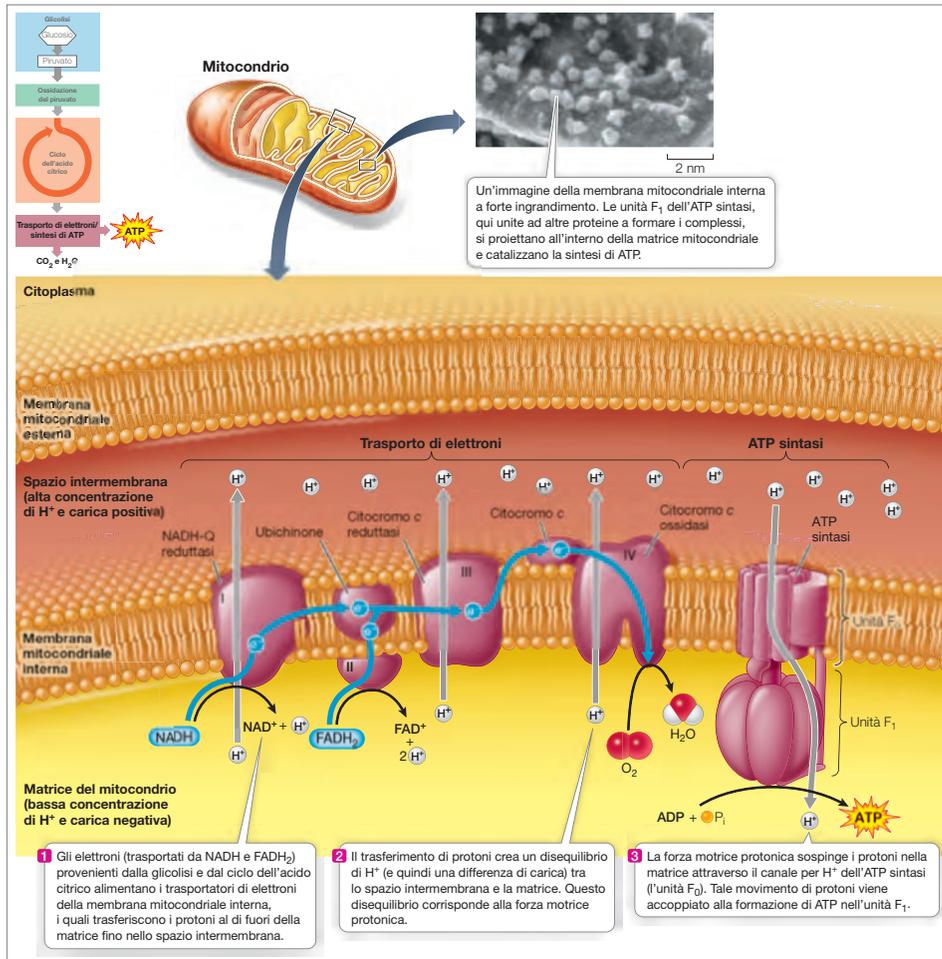


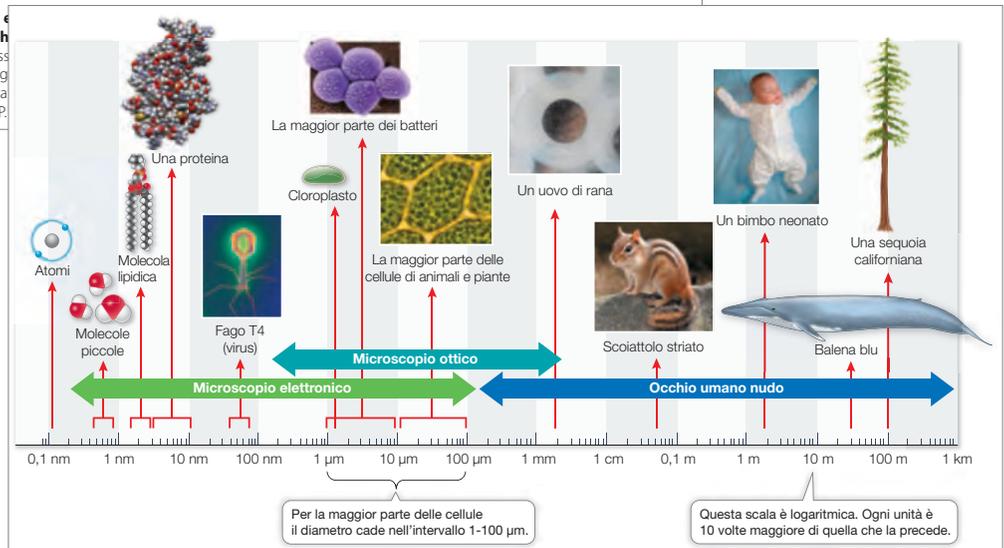
Figura B

# Biologia è visuale



In questa edizione di *Biologia*, la qualità artistica delle illustrazioni è particolarmente curata. Autori e disegnatori hanno esaminato ciascuna delle numerosissime figure che costellano il testo rifinendole per chiarezza, leggibilità e aspetto estetico. Inoltre, molte figure sono corredate da una domanda. Le risposte a queste domande, capitolo per capitolo, sono disponibili online.

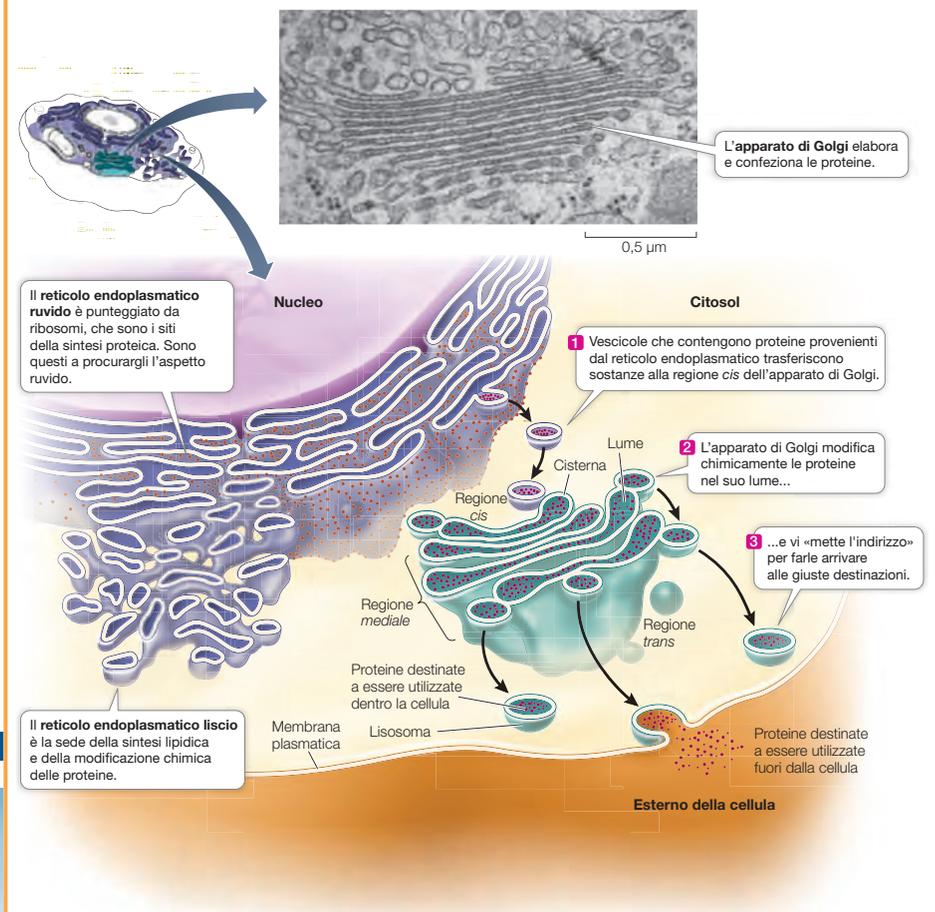
**Figura 9.8** La catena respiratoria e ATP tramite il meccanismo della chemiosmosi. Gli elettroni passano attraverso i complessi della catena respiratoria, i protoni vengono pompati dallo spazio intermembrana alla matrice e avviene la sintesi dell'ATP.



«Figure chiave»

Le «Figure chiave» sono appositamente progettate per visualizzare i concetti essenziali. Queste illustrazioni permettono di capire a colpo d'occhio che si sta affrontando un argomento fondamentale e che è richiesta la massima attenzione.

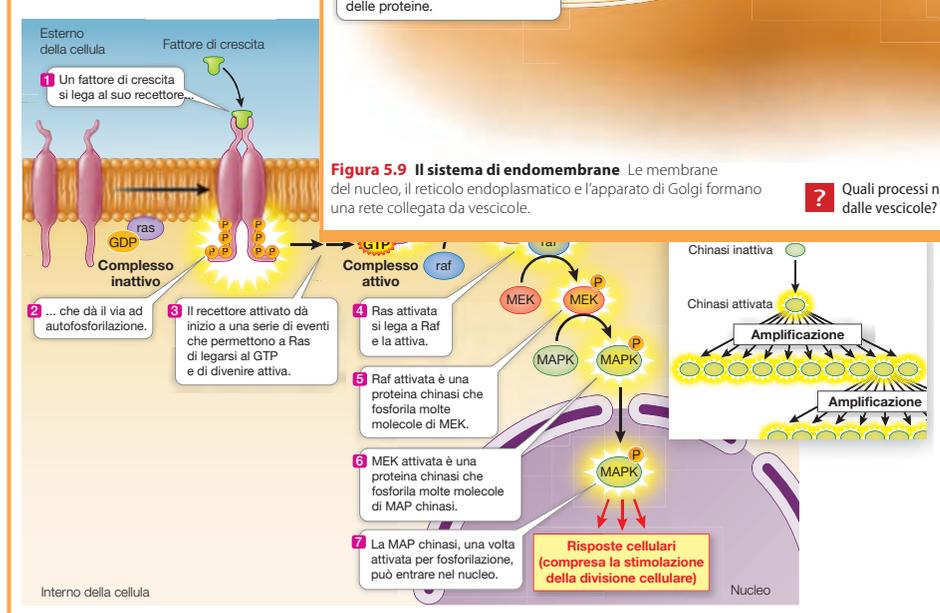
FIGURA CHIAVE



**Figura 5.9 Il sistema di endomembrane** Le membrane del nucleo, il reticolo endoplasmatico e l'apparato di Golgi formano una rete collegata da vescicole.

Quali processi nel sistema delle endomembrane sono mediati dalle vescicole?

FIGURA CHIAVE



**Figura 7.10 Una cascata proteinchinasi** In una cascata proteinchinasi si attivano una serie di proteine in sequenza.

Il sorafenib è un farmaco messo a punto per inibire Raf, molto attiva nei carcinomi renali; come funziona questo farmaco sulla cascata proteinchinasi?

Ogni figura chiave si chiude con una domanda di ragionamento che può accompagnare lo studente verso esplorazioni successive mentre lavora sul testo, un altro modo di incoraggiare ad apprendere in modo attivo. Anche le risposte a queste domande sono disponibili online.

# I volumi di *Biologia*

## VOLUME 1

### La cellula

#### PARTE PRIMA La scienza della vita e le sue basi chimiche

- 1 Lo studio della vita
- 2 Piccole molecole e chimica della vita
- 3 Le proteine, i carboidrati e i lipidi
- 4 Gli acidi nucleici e l'origine della vita

#### PARTE SECONDA La cellula

- 5 Le cellule: unità operative della vita
- 6 Le membrane cellulari
- 7 La comunicazione cellulare e la pluricellularità

#### PARTE TERZA Le cellule e l'energia

- 8 Energia, enzimi e metabolismo
- 9 I processi di estrazione dell'energia chimica
- 10 La fotosintesi: energia della luce solare

## VOLUME 2

### L'ereditarietà e il genoma

#### PARTE QUARTA I geni e l'ereditarietà

- 11 La divisione e il ciclo cellulare
- 12 Ereditarietà, geni e cromosomi
- 13 Il DNA e il suo ruolo nell'ereditarietà
- 14 Dal DNA alle proteine: l'espressione genica
- 15 Mutazioni geniche e medicina molecolare
- 16 La regolazione dell'espressione genica

#### PARTE QUINTA I genomi

- 17 I genomi
- 18 Il DNA ricombinante e le biotecnologie
- 19 Geni, sviluppo ed evoluzione

## VOLUME 3

### L'evoluzione e la biodiversità

#### PARTE SESTA I processi e le modalità dell'evoluzione

- 20 I meccanismi dell'evoluzione
- 21 Ricostruzione e utilizzo della filogenesi
- 22 La speciazione
- 23 Evoluzione di geni e di genomi
- 24 La storia della vita sulla Terra

#### PARTE SETTIMA L'evoluzione della diversità

- 25 Batteri, archei e virus
- 26 L'origine e la diversificazione degli eucarioti
- 27 Piante senza semi: dall'acqua alla terraferma
- 28 L'evoluzione delle piante a seme
- 29 Evoluzione e biodiversità dei funghi
- 30 Le origini degli animali e l'evoluzione dei piani corporei
- 31 Gli animali protostomi
- 32 Gli animali deuterostomi

## VOLUME 4

### La biologia delle piante

#### PARTE OTTAVA Le piante a fiore: forma e funzione

- 33 Il corpo delle piante
- 34 Il trasporto delle piante
- 35 La nutrizione delle piante
- 36 La regolazione della crescita delle piante
- 37 La riproduzione delle piante a fiore
- 38 Le risposte delle piante all'ambiente

## VOLUME 5

### La biologia degli animali

#### PARTE NONA Gli animali: forme e funzioni

- 39 Fisiologia, omeostasi e termoregolazione
- 40 Gli ormoni animali
- 41 Immunologia: i sistemi di difesa degli animali
- 42 La riproduzione negli animali
- 43 Lo sviluppo animale
- 44 Neuroni, glia e sistema nervoso
- 45 I sistemi sensoriali
- 46 Il sistema nervoso dei mammiferi: struttura e funzioni superiori
- 47 Il sistema muscolo-scheletrico
- 48 Gli scambi gassosi
- 49 Il sistema circolatorio
- 50 Nutrizione, digestione, assorbimento
- 51 Il bilancio idrosalino e l'escrezione dell'azoto
- 52 Il comportamento animale

## VOLUME 6

### L'ecologia

#### PARTE DECIMA L'ecologia

- 53 L'ambiente e la biogeografia
- 54 Ecologia delle popolazioni
- 55 Le interazioni tra le specie
- 56 Ecologia delle comunità
- 57 Gli ecosistemi
- 58 Biodiversità e biologia della conservazione

## VOLUME

### Elementi di biologia e genetica

#### PARTE PRIMA La scienza della vita e le sue basi chimiche

(Capitoli 1 - 4)

#### PARTE SECONDA La cellula (Capitoli 5 - 7)

#### PARTE TERZA Le cellule e l'energia (Capitoli 8 - 10)

#### PARTE QUARTA I geni e l'ereditarietà (Capitoli 11 - 16)

# Indice generale

## PARTE PRIMA

### La scienza della vita e le sue basi chimiche



#### UN CASO DA VICINO

##### Coralli in acque calde 1

##### ► Animazione 1.1

L'uso della metodologia scientifica 13  
*Using Scientific Methodology*

##### ► Attività 1.1

La gerarchia dell'organizzazione biologica 11  
*The Hierarchy of Biological Organization*

##### ► Media Clip 1.1

I lemuri saltellanti 10  
*Leaping Lemurs*

#### UN CASO DA VICINO

##### Coralli in acque calde 14

##### L'ESPERIMENTO 14

##### LAVORARE CON I DATI 15

## 1

### Lo studio della vita

#### 1.1 Gli organismi viventi condividono somiglianze e origine in comune 2

La vita è comparsa dalla materia inanimata attraverso l'evoluzione chimica 3

La struttura cellulare si è evoluta nell'antenato comune 3

La fotosintesi permette ad alcuni organismi di catturare energia dal Sole 5

L'informazione biologica è contenuta in un linguaggio genetico comune a tutti gli organismi 5

Le popolazioni di tutti gli organismi viventi si evolvono 7

I biologi ricostruiscono la genealogia evolutiva della vita 8

La specializzazione e la diversificazione cellulare sono alla base della vita pluricellulare 10

Gli organismi estraggono energia e materiali di partenza 10

Gli organismi viventi devono regolare il loro ambiente interno 10

Gli organismi viventi interagiscono 11

#### 1.2 I biologi studiano la vita attraverso gli esperimenti che mettono alla prova le ipotesi 12

Osservare e quantificare sono competenze importanti 12

I metodi scientifici combinano l'osservazione, la sperimentazione e la logica 13

Un buon esperimento deve poter contraddire le ipotesi 13

I metodi statistici sono strumenti scientifici fondamentali 15

In biologia le scoperte si possono generalizzare 16

Non tutte le forme di indagine sono scientifiche 16

#### 1.3 La comprensione della biologia è importante per la salute, il benessere e per le politiche di interesse pubblico 17

L'agricoltura moderna dipende dalla biologia 17

La biologia costituisce la base della medicina applicata 17

La biologia può indirizzare le politiche pubbliche 18

La biologia è fondamentale per comprendere gli ecosistemi 18

La biologia ci permette di capire, godere e apprezzare la biodiversità 19

#### IL CAPITOLO IN SINTESI 21

#### I concetti in pratica 22


**UN CASO DA VICINO**
**Sulle tracce dei dinosauri 23**

## ► Animazione 2.1

 Formazione del legame chimico **29**  
*Chemical Bond Formation*

## ► Attività 2.1

 Gli orbitali elettronici **28**  
*Electron Orbitals*

## ► Media Clip 2.1

 La canzone degli elementi **24**  
*The Elements Song*
**UN CASO DA VICINO**
**Determinazione della provenienza della carne nei Big Mac dall'analisi isotopica 26**
**L'ESPERIMENTO 26**
**LAVORARE CON I DATI 27**
**2**

## Piccole molecole e chimica della vita

### 2.1 La struttura atomica spiega le proprietà della materia 24

 Cosa sono gli atomi? **24**

 Un elemento è formato da atomi di un unico tipo **24**

 Ogni elemento ha un numero specifico di protoni **24**

 Il numero di neutroni differisce da un isotopo all'altro **25**

 Il comportamento degli elettroni determina i legami chimici e la loro geometria **27**

### 2.2 Gli atomi si legano fra loro per formare le molecole 29

 I legami covalenti consistono nella condivisione di coppie di elettroni **30**

 Le attrazioni ioniche sono di tipo elettrostatico **32**

 Si possono formare legami idrogeno fra molecole con legami covalenti polari o al loro interno **33**

 Le interazioni idrofobiche aggregano le molecole apolari **33**

 Le forze di van der Waals comportano contatti tra gli atomi **34**

### 2.3 I legami fra gli atomi si modificano nelle reazioni chimiche 34

### 2.4 L'acqua è fondamentale per la vita 36

 L'acqua ha una struttura speciale e delle proprietà particolari **36**

 Le reazioni tipiche della vita avvengono in soluzioni acquose **37**

 Le soluzioni acquose possono essere acide o basiche **38**

## IL CAPITOLO IN SINTESI 41

## I concetti in pratica 42

**PARTE PRIMA****La scienza della vita e le sue basi chimiche****UN CASO DA VICINO**

**La tessitura della tela 43**

▶ **Animazione 3.1**

Proteine, carboidrati e lipidi **44**

*Proteins, Carbohydrates, and Lipids*

▶ **Attività 3.1**

Gruppi funzionali **44**

*Functional Groups*

▶ **Attività 3.2**

Le caratteristiche degli amminoacidi **48**

*Features of Amino Acids*

▶ **Attività 3.3**

Forme del glucosio **57**

*Forms of Glucose*

▶ **Attività 3.4**

Simulazione della costruzione

di macromolecole **64**

*Macromolecule Building Simulation*

▶ **Media Clip 3.1**

Strutture proteiche in 3D **52**

*Protein Structures in 3D*

**UN CASO DA VICINO**

**Creare la seta di ragno 46**

**L'ESPERIMENTO 46**

**LAVORARE CON I DATI 46**

**L'ESPERIMENTO**

La struttura primaria determina la struttura terziaria **53**

**LAVORARE CON I DATI**

La struttura primaria determina la struttura terziaria **54**

**3****Le proteine, i carboidrati e i lipidi****3.1 Le macromolecole caratterizzano gli organismi viventi 44**

I gruppi funzionali determinano la struttura delle macromolecole **44**

La struttura delle macromolecole è in stretto rapporto con la loro funzione **45**

Le macromolecole per lo più si formano per condensazione e si degradano per idrolisi **47**

**3.2 La funzione di una proteina dipende dalla sua struttura tridimensionale 48**

I legami tra monomeri delle proteine formano le macromolecole **48**

I legami peptidici formano l'ossatura portante di una proteina **49**

La sequenza amminoacidica è la struttura primaria di una proteina **50**

La struttura secondaria di una proteina dipende dalla formazione di legami idrogeno **50**

La struttura terziaria di una proteina si forma tramite curvature e ripiegature **52**

La struttura quaternaria di una proteina consiste di subunità **53**

La forma e la chimica della superficie contribuiscono alla funzione delle proteine **53**

Le condizioni ambientali influenzano la struttura delle proteine **54**

La forma delle proteine può cambiare **55**

Gli chaperon molecolari aiutano le proteine ad assumere la propria conformazione specifica **56**

**3.3 Gli zuccheri semplici sono l'unità strutturale di base dei carboidrati 57**

I monosaccaridi sono zuccheri semplici **57**

I legami glicosidici uniscono i monosaccaridi tra loro **58**

I polisaccaridi accumulano energia e servono come materiali strutturali **58**

I carboidrati chimicamente modificati contengono gruppi funzionali aggiuntivi **59**

**3.4 I lipidi sono definiti in base alla loro solubilità, più che dalla loro struttura chimica 61**

I grassi e gli oli sono trigliceridi **62**

I fosfolipidi costituiscono le membrane biologiche **63**

Alcuni lipidi svolgono compiti di conversione energetica, regolazione e protezione **63**

**IL CAPITOLO IN SINTESI 65****I concetti in pratica 66**



#### UN CASO DA VICINO

##### Alla ricerca della vita 69

##### ► Animazione 4.1

Acidi nucleici 70  
*Nucleic Acids*

##### ► Animazione 4.2

L'esperimento di Pasteur 75  
*Pasteur's Experiment*

##### ► Animazione 4.3

Sintesi di molecole prebiotiche 77  
*Synthesis of Prebiotic Molecules*

##### ► Attività 4.1

Componenti costitutivi  
degli acidi nucleici 70  
*Nucleic Acid Building Blocks*

##### ► Attività 4.2

Struttura del DNA 72  
*DNA Structure*

##### ► Media Clip 4.1

Mattoncini di DNA dallo spazio 78  
*DNA Building Blocks from Space*

#### UN CASO DA VICINO

##### Riusciremo a trovare le tracce di vita su Marte? 79

##### L'ESPERIMENTO 79

##### LAVORARE CON I DATI 79

#### L'ESPERIMENTO

Prove contro la generazione spontanea  
della vita 76

#### L'ESPERIMENTO

Le molecole biologiche potrebbero essersi  
formate dagli elementi chimici presenti  
nell'atmosfera primordiale della Terra? 77

## 4

# Gli acidi nucleici e l'origine della vita

### 4.1 La struttura degli acidi nucleici determina le loro funzioni 70

Gli acidi nucleici sono macromolecole informative 70

L'appaiamento delle basi avviene sia nel DNA sia nell'RNA 71

Il DNA veicola le informazioni e si esprime attraverso l'RNA 72

La sequenza di basi del DNA rivela parentele evolutive 73

I nucleotidi svolgono altri ruoli importanti 74

### 4.2 Le molecole biologiche di piccole dimensioni hanno avuto origine sulla Terra primordiale 74

Gli organismi viventi non provengono ripetutamente dalla natura inanimata 75

La vita cominciò nell'acqua 75

Esperimenti di sintesi prebiotica simulano la Terra primordiale 76

La vita potrebbe essere venuta dallo spazio extraterrestre 78

### 4.3 Le macromolecole della vita hanno avuto origine da molecole più piccole 80

Le molecole complesse potrebbero essersi formate a partire da quelle più semplici  
sulla Terra primordiale 80

L'RNA potrebbe essere stato il primo catalizzatore biologico 80

### 4.4 Le cellule hanno avuto origine da unità costitutive molecolari 82

Esperimenti che indagano sull'origine delle cellule 82

Alcune cellule primitive hanno lasciato un'impronta fossile 83

## IL CAPITOLO IN SINTESI 84

## I concetti in pratica 85

## PARTE SECONDA

## La cellula



## UN CASO DA VICINO

**Protezione solare naturale 87**

## ► Animazione 5.1

L'apparato di Golgi **100**  
*The Golgi Apparatus*

## ► Attività 5.1

La vita in scala **88**  
*The Scale of Life*

## ► Attività 5.2

Conosci le tue tecniche **90**  
*Know Your Techniques*

## ► Attività 5.3

Un tour nelle cellule eucariotiche **94**  
*Eukaryotic Cell Tour*

## ► Attività 5.4

La digestione lisosomiale **101**  
*Lysosomal Digestion*

## ► Media Clip 5.1

La vita interna di una cellula **96**  
*The Inner Life of a Cell*

## UN CASO DA VICINO

**Alla scoperta di un nuovo organulo:  
il tannosoma 104**

**L'ESPERIMENTO 104**

**LAVORARE CON I DATI 105**

## L'ESPERIMENTO

Il ruolo dei microfilamenti nel movimento cellulare – dimostrazione di una relazione causa-effetto in biologia **110**

## LAVORARE CON I DATI

Il ruolo dei microfilamenti nel movimento cellulare – dimostrazione di una relazione causa-effetto in biologia **110**

## STRUMENTI DI RICERCA

Per osservare le cellule **90**

## STRUMENTI DI RICERCA

Il frazionamento cellulare **95**

## 5

## Le cellule: unità operative della vita

5.1 Le cellule sono le unità fondamentali della vita **88**

La dimensione delle cellule è limitata dal rapporto tra superficie e volume **88**

I microscopi rivelano le caratteristiche delle cellule **89**

La membrana plasmatica forma la superficie esterna di ogni cellula **89**

Le cellule si classificano come procariotiche o eucariotiche **91**

5.2 Le cellule procariotiche sono le cellule più semplici **92**

Quali sono le caratteristiche delle cellule procariotiche? **92**

Alcuni procarioti sono dotati di strutture specializzate **93**

5.3 Le cellule eucariotiche contengono organuli **94**

La compartimentazione è la chiave del funzionamento della cellula eucariotica **94**

Gli organuli possono essere studiati al microscopio o isolati per analizzarli chimicamente **94**

I ribosomi sono macchinari per la sintesi proteica **95**

Il nucleo contiene la maggior parte delle informazioni genetiche **95**

Il sistema di endomembrane è un gruppo di organuli collegati **98**

Alcuni organuli trasformano l'energia **101**

Esistono diversi altri organuli racchiusi da membrane **103**

Il citoscheletro è importante per la struttura della cellula e il suo movimento **105**

I biologi possono modificare sperimentalmente i sistemi viventi per stabilire rapporti causa-effetto **109**

5.4 Le strutture extracellulari ricoprono un ruolo importante **111**

Cos'è la parete cellulare vegetale? **111**

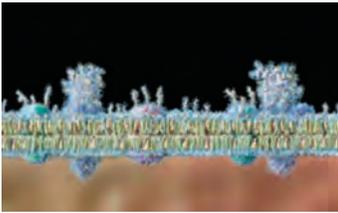
Negli animali la matrice extracellulare sostiene le funzioni dei tessuti **111**

5.5 Le cellule eucariotiche si sono evolute in vari passaggi **112**

Le membrane interne e l'involucro nucleare sono probabilmente derivati dalla membrana plasmatica **113**

Alcuni organuli si sono formati per endosimbiosi **113**

IL CAPITOLO IN SINTESI **114**I concetti in pratica **115**



#### UN CASO DA VICINO

##### Il sudore e le membrane 117

###### ► Animazione 6.1

Trasporto passivo 125  
*Passive Transport*

###### ► Animazione 6.2

Trasporto attivo 131  
*Active Transport*

###### ► Animazione 6.3

Endocitosi ed esocitosi 134  
*Endocytosis and Exocytosis*

###### ► Attività 6.1

Il modello a mosaico fluido 118  
*The Fluid Mosaic Model*

###### ► Attività 6.2

Simulazione della composizione  
del doppio strato lipidico 119  
*Lipid Bilayer Composition Simulation*

###### ► Attività 6.3

Giunzioni delle cellule animali 124  
*Animal Cell Junctions*

###### ► Attività 6.4

Simulazione del trasporto  
di membrana 129  
*Membrane Transport Simulation*

###### ► Media Clip 6.1

Un'ameba si alimenta per fagocitosi 134  
*An Amoeba Eats by Phagocytosis*

#### UN CASO DA VICINO

**Le acquaporine fanno aumentare  
la permeabilità della membrana  
all'acqua 131**

**L'ESPERIMENTO 130**

**LAVORARE CON I DATI 131**

#### STRUMENTI DI RICERCA

La tecnica del criodecappaggio mette  
in evidenza le proteine di membrana 120

#### L'ESPERIMENTO

La diffusione rapida delle proteine  
di membrana 121

## 6

# Le membrane cellulari

### 6.1 Le membrane biologiche sono doppi strati proteico-lipidici 118

I lipidi costituiscono il tessuto strutturale idrofobico della membrana 119

Le proteine di membrana hanno distribuzione asimmetrica 119

Le membrane sono in costante cambiamento 121

I carboidrati della membrana plasmatica fungono da siti di riconoscimento 121

### 6.2 La membrana cellulare è importante per l'adesione e il riconoscimento tra cellule 122

Il riconoscimento e l'adesione cellulare sono determinati da proteine e carboidrati  
della superficie cellulare 123

Tre tipi di giunzioni cellulari mettono in connessione cellule adiacenti 123

Le membrane cellulari aderiscono alla matrice extracellulare 124

### 6.3 Le sostanze possono attraversare le membrane grazie a processi passivi 125

La diffusione è un processo dovuto ai moti molecolari casuali che tende  
a uno stato di equilibrio 125

La diffusione semplice avviene attraverso il doppio strato fosfolipidico 126

L'osmosi è la diffusione dell'acqua attraverso le membrane 126

Le proteine canale possono coadiuvare la diffusione 128

Le proteine di trasporto coadiuvano la diffusione legandosi alle sostanze 129

### 6.4 I processi di trasporto attivi attraverso le membrane richiedono energia 130

Il trasporto attivo è direzionale 131

I sistemi di trasporto attivo si differenziano rispetto alla fonte di energia 132

### 6.5 Le molecole di grandi dimensioni entrano ed escono dalle cellule tramite vescicole 134

Le macromolecole e le particelle entrano nella cellula per endocitosi 134

L'endocitosi mediata da recettori è molto specifica 134

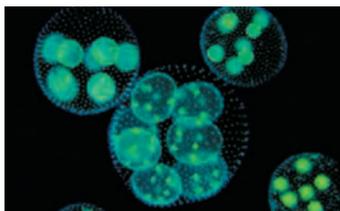
L'esocitosi trasferisce materiali fuori dalla cellula 135

#### IL CAPITOLO IN SINTESI 137

#### I concetti in pratica 138

## PARTE SECONDA

# La cellula



### UN CASO DA VICINO

**Segnali di attaccamento** 139

► **Animazione 7.1**

Una via di trasduzione del segnale 145  
*A Signal Transduction Pathway*

► **Animazione 7.2**

Trasduzione del segnale e tumori 146  
*Signal Transduction and Cancer*

► **Attività 7.1**

Sistemi di segnalazione cellulare 140  
*Chemical Signaling Systems*

► **Attività 7.2**

Simulazione di segnalazione  
e amplificazione cellulare 151  
*Cell Signaling and Amplification  
Simulation*

► **Attività 7.3**

Revisione dei concetti: la segnalazione  
nelle cellule 157  
*Concept Matching: Signaling in Cells*

► **Media Clip 7.1**

Aggregati di amebe sociali 155  
*Social Amoebas Aggregate on Cue*

### UN CASO DA VICINO

**Per gli esseri umani, l'ossitocina  
è il segnale della «fiducia»? 152**

**L'ESPERIMENTO 152**

**LAVORARE CON I DATI 153**

## 7

# La comunicazione cellulare e la pluricellularità

## 7.1 I segnali e la segnalazione condizionano la funzione cellulare 140

Le cellule ricevono vari tipi di segnali 140

Una via di trasduzione del segnale si compone di un segnale, di un recettore  
e delle relative risposte 141

## 7.2 I recettori si legano ai segnali per innescare una risposta cellulare 142

I recettori che riconoscono segnali chimici hanno siti di legame specifici 142

I recettori si possono classificare per posizione e funzione 143

I recettori intracellulari sono situati nel citoplasma o nel nucleo 145

## 7.3 La risposta a un segnale si diffonde nella cellula 146

La cellula amplifica la sua risposta al legame con il ligando 146

I secondi messaggeri possono amplificare i segnali tra i recettori e le molecole  
bersaglio 147

La trasduzione del segnale è strettamente regolata 150

## 7.4 In risposta ai segnali le cellule si modificano in vari modi 150

I canali ionici si aprono in risposta a segnali 150

L'attività degli enzimi cambia in risposta ai segnali 151

I segnali possono avviare la trascrizione del DNA 152

## 7.5 Le cellule adiacenti di un organismo pluricellulare possono comunicare direttamente 153

Come comunicano direttamente le cellule animali? 154

Le cellule vegetali comunicano tramite i plasmodesmi 154

Negli organismi attuali troviamo indizi sull'evoluzione delle interazioni tra cellule  
e sulla pluricellularità 154

## IL CAPITOLO IN SINTESI 157

### I concetti in pratica 158

## PARTE TERZA

## Le cellule e l'energia



## UN CASO DA VICINO

**Il funzionamento dell'aspirina 159**

## ▶ Animazione 8.1

Catalisi da enzima **175**  
*Enzyme Catalysis*

## ▶ Animazione 8.2

Regolazione allosterica degli enzimi **176**  
*Allosteric Regulation of Enzymes*

## ▶ Attività 8.1

L'ATP e le reazioni accoppiate **165**  
*ATP and Coupled Reactions*

## ▶ Attività 8.2

Variazioni di energia libera **169**  
*Free Energy Changes*

## ▶ Attività 8.3

Simulazione di un sistema **173**  
*System Simulation*

## ▶ Media Clip 8.1

Bioluminescenza in acqua profonde **165**  
*Bioluminescence in the Deep Sea*

## UN CASO DA VICINO

**I farmaci antinfiammatori  
come inibitori di enzimi 174**

**L'ESPERIMENTO 174**

**LAVORARE CON I DATI 174**

## 8

Energia, enzimi  
e metabolismo**8.1 I principi fisici alla base delle trasformazioni biologiche di energia 160**

Esistono due tipi principali di energia **160**

Esistono due tipi principali di metabolismo **160**

La prima legge della termodinamica: l'energia non si crea né si distrugge **161**

La seconda legge della termodinamica: il disordine tende ad aumentare **161**

Le reazioni chimiche liberano o assorbono energia **162**

Esiste una relazione tra equilibrio chimico ed energia libera **163**

**8.2 Il ruolo dell'ATP nell'energetica biochimica 164**

L'idrolisi di ATP libera energia **164**

L'ATP accoppia le reazioni endoergoniche a quelle esoergoniche **165**

**8.3 Gli enzimi accelerano le trasformazioni biochimiche 166**

Per accelerare una reazione bisogna superare una barriera energetica **167**

Gli enzimi hanno siti attivi dove si legano a reagenti specifici **168**

Gli enzimi abbassano la barriera energetica ma non influenzano l'equilibrio **169**

**8.4 Gli enzimi aggregano substrati innescando reazioni 169**

Gli enzimi sono capaci di orientare i substrati **170**

Gli enzimi sono capaci di indurre tensione nel substrato **170**

Gli enzimi possono aggiungere temporaneamente dei gruppi chimici ai substrati **170**

La struttura molecolare determina la funzione enzimatica **170**

Non tutti gli enzimi sono proteine **171**

Alcuni enzimi richiedono altre molecole per funzionare **171**

La concentrazione del substrato influenza la velocità di reazione **172**

**8.5 Le attività enzimatiche possono essere regolate 172**

Gli enzimi possono essere regolati tramite inibitori **173**

Gli enzimi allosterici sono controllati tramite variazioni di forma **176**

Molte vie metaboliche sono regolate per effetto allosterico **177**

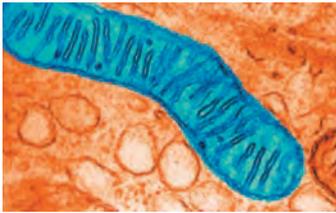
Molti enzimi sono regolati tramite fosforilazione reversibile **177**

Gli enzimi sono influenzati dall'ambiente **177**

**IL CAPITOLO IN SINTESI 179****I concetti in pratica 180**

## PARTE TERZA

## Le cellule e l'energia



## UN CASO DA VICINO

Una questione di peso 183

## ► Animazione 9.1

Il trasporto di elettroni e la sintesi di ATP 192

*Electron Transport and ATP Synthesis*

## ► Animazione 9.2

Due esperimenti che dimostrano il meccanismo della chemiosmosi 193

*Two Experiments Demonstrate the Chemiosmotic Mechanism*

## ► Attività 9.1

Glicolisi e fermentazione 186

*Glycolysis and Fermentation*

## ► Attività 9.2

Vie energetiche nelle cellule 187

*Energy Pathways in Cells*

## ► Attività 9.3

Il ciclo dell'acido citrico 189

*The Citric Acid Cycle*

## ► Attività 9.4

La catena respiratoria 191

*Respiratory Chain*

## ► Attività 9.5

Simulazione del trasporto di elettroni 192

*Electron Transport Simulation*

## ► Attività 9.6

Livelli energetici 198

*Energy Levels*

## ► Attività 9.7

Regolazione delle vie energetiche 200

*Regulation of Energy Pathways*

## ► Media Clip 9.1

L'ATP sintasi in movimento 195

*ATP Synthase in Motion*

## UN CASO DA VICINO

Mitocondri, genetica, obesità 194

**L'ESPERIMENTO** 194

**LAVORARE CON I DATI** 194

## L'ESPERIMENTO

Dimostrazione sperimentale del meccanismo chemiosmotico 193

## 9

## I processi di estrazione dell'energia chimica

## 9.1 Le cellule ricavano energia chimica dall'ossidazione del glucosio 184

Come fanno le cellule a ottenere energia dal glucosio? 184

Le reazioni redox trasferiscono elettroni ed energia 185

Il coenzima NAD<sup>+</sup> è un trasportatore di elettroni fondamentale per le reazioni redox 185

Una panoramica: come ricavare energia dal glucosio 186

## 9.2 In presenza di ossigeno, il glucosio viene totalmente ossidato 187

Nella glicolisi, il glucosio si ossida parzialmente e si libera una parte dell'energia 187

L'ossidazione del piruvato collega la glicolisi con il ciclo dell'acido citrico 188

Il ciclo dell'acido citrico completa l'ossidazione del glucosio formando CO<sub>2</sub> 189

L'ossidazione del piruvato e il ciclo dell'acido citrico sono regolati dalla concentrazione delle sostanze di partenza 189

## 9.3 La fosforilazione ossidativa forma ATP 190

Quali sono i passaggi della fosforilazione ossidativa? 190

La catena respiratoria trasferisce elettroni e protoni, liberando energia 190

L'ATP si forma dalla chemiosmosi 191

Dimostrazione sperimentale della chemiosmosi 192

Alcuni microrganismi usano accettori di elettroni diversi da O<sub>2</sub> 195

## 9.4 In assenza di ossigeno, parte dell'energia viene ricavata dal glucosio 196

La respirazione cellulare produce energia in quantità molto maggiore rispetto alla fermentazione 197

L'impermeabilità dei mitocondri a NADH riduce la produzione di ATP 197

## 9.5 Le vie metaboliche sono correlate e regolate 198

Il catabolismo e l'anabolismo sono collegati 198

Il catabolismo e l'anabolismo sono integrati 199

Le vie metaboliche sono dei sistemi regolati 200

## IL CAPITOLO IN SINTESI 202

## I concetti in pratica 203

**UN CASO DA VICINO****Il sistema FACE 205**

## ▶ Animazione 10.1

Origine dell'ossigeno prodotto dalla fotosintesi **207**

*The Source of the Oxygen Produced by Photosynthesis*

## ▶ Animazione 10.2

Fotofosforilazione **213**  
*Photophosphorylation*

## ▶ Animazione 10.3

Mappare il percorso di CO<sub>2</sub> **215**  
*Tracing the Pathway of CO<sub>2</sub>*

## ▶ Attività 10.1

Il ciclo di Calvin **216**  
*The Calvin Cycle*

## ▶ Attività 10.2

Morfologia delle foglie nelle piante C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub> **219**  
*C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> Leaf Anatomy*

## ▶ Media Clip 10.1

Cloroplasti da vicino **218**  
*Chloroplasts in Close-Up*

**UN CASO DA VICINO**

**Qual è la chimica della fotosintesi, e come verrà modificata dall'aumento di CO<sub>2</sub> atmosferico? 207**

**L'ESPERIMENTO 207**

**LAVORARE CON I DATI 207**

**L'ESPERIMENTO**

Mappare il percorso di CO<sub>2</sub> **214**

**LAVORARE CON I DATI**

Mappare il percorso di CO<sub>2</sub> **215**

**10****La fotosintesi: energia dalla luce solare****10.1 La fotosintesi utilizza la luce per produrre carboidrati 206**

La fotosintesi comprende luce e scambi gassosi **206**

Esperimenti con gli isotopi mostrano che nella fotosintesi ossigenica O<sub>2</sub> proviene da H<sub>2</sub>O **206**

La fotosintesi segue due percorsi **208**

**10.2 La fotosintesi trasforma l'energia luminosa in energia chimica 209**

L'energia luminosa viene assorbita dalla clorofilla e da altri pigmenti **209**

L'assorbimento della luce produce cambiamenti fotochimici **211**

La riduzione porta alla formazione di ATP e NADPH **211**

L'ATP prodotto con la fotofosforilazione si ottiene per chemiosmosi **212**

**10.3 L'energia chimica catturata nella fotosintesi viene sfruttata per la sintesi dei carboidrati 214**

Come furono scoperte le tappe della sintesi di carboidrati? **214**

Il ciclo di Calvin è composto da tre processi **215**

La luce stimola il ciclo di Calvin **217**

**10.4 Le piante hanno adattato la fotosintesi alle condizioni ambientali 217**

In che modo alcune piante aggirano i limiti della fissazione di CO<sub>2</sub>? **218**

La fotorespirazione avviene nelle piante C<sub>3</sub> ma non nelle C<sub>4</sub> **219**

Anche le piante CAM usano la PEP carbossilasi **220**

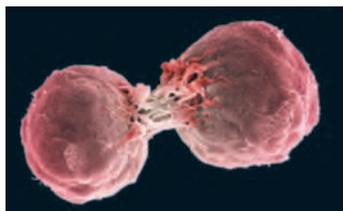
**10.5 La fotosintesi è una parte integrante del metabolismo vegetale 221**

La fotosintesi interagisce con altre vie metaboliche **221**

**IL CAPITOLO IN SINTESI 223****I concetti in pratica 224**

## PARTE QUARTA

## I geni e l'ereditarietà



## UN CASO DA VICINO

**Cellule immortali** 227

## ▶ Animazione 11.1

Mitosi 235

*Mitosis*

## ▶ Animazione 11.2

Meiosi 241

*Meiosis*

## ▶ Attività 11.1

Immagini della mitosi 236

*Images of Mitosis*

## ▶ Attività 11.2

Il fuso mitotico 237

*The Mitotic Spindle*

## ▶ Attività 11.3

Cicli di riproduzione sessuata 240

*Sexual Life Cycle*

## ▶ Attività 11.4

Simulazione della meiosi 241

*Meiosis Simulation*

## ▶ Attività 11.5

Immagini della meiosi 243

*Images of Meiosis*

## ▶ Media Clip 11.1

Mitosi: dal vivo e da vicino 238

*Mitosis: Live and Up Close*

## UN CASO DA VICINO

**Cosa controlla la riproduzione delle cellule cancerose?** 231

**L'ESPERIMENTO** 231

**LAVORARE CON I DATI** 231

## L'ESPERIMENTO

C'è bisogno di tanti eventi per innescare il ciclo cellulare canceroso? 251

## 11

## La divisione e il ciclo cellulare

## 11.1 Tutte le cellule derivano da altre cellule 228

I procarioti si dividono per scissione binaria 228

La cellula eucariotica si divide per mitosi, seguita dalla citodieresi 229

## 11.2 Il ciclo di divisione delle cellule eucariotiche è regolato 230

Specifici segnali interni regolano gli eventi del ciclo cellulare 231

I fattori di crescita possono stimolare le cellule a dividersi 233

## 11.3 Le cellule eucariotiche si dividono per mitosi 234

I centrosomi determinano il piano di divisione cellulare 235

Il fuso comincia a formarsi durante la profase 236

La separazione e i movimenti dei cromosomi sono processi altamente organizzati 236

La citodieresi è la divisione del citoplasma 238

## 11.4 Il ruolo della divisione cellulare nel ciclo di riproduzione sessuata è importante 239

I cicli di riproduzione sessuata producono cellule aploidi e diploidi 240

## 11.5 La meiosi porta alla formazione dei gameti 241

La divisione meiotica riduce il numero cromosomico 241

Uno scambio tra i cromatidi durante la meiosi I genera diversità genetica 241

Durante la meiosi i cromosomi si separano per assortimento indipendente 243

Gli errori nella meiosi portano ad anomalie nella struttura e nel numero dei cromosomi 246

Il numero, la forma e la dimensione dei cromosomi metafasici costituiscono il cariotipo 246

I poliploidi hanno più di due set completi di cromosomi 247

## 11.6 Negli organismi viventi la morte delle cellule è importante 248

La morte programmata delle cellule rimuove le cellule che non sono più di beneficio per l'organismo 248

## 11.7 Una divisione cellulare non regolata può produrre il cancro 249

Le cellule tumorali sono diverse dalle cellule normali 249

Le cellule tumorali perdono il controllo del ciclo cellulare e dell'apoptosi 250

La cura del cancro ha come bersaglio il ciclo cellulare 251

## IL CAPITOLO IN SINTESI 253

## I concetti in pratica 254



### UN CASO DA VICINO

**Quali sono le regole dell'ereditarietà?** 257

► **Animazione 12.1**

Assortimento indipendente degli alleli **265**  
*Independent Assortment of Alleles*

► **Animazione 12.2**

Alleli che non assortiscono in modo indipendente **273**  
*Alleles That Do Not Assort Independently*

► **Attività 12.1**

Omozigote o eterozigote? **263**  
*Homozygous or Heterozygous?*

► **Attività 12.2**

Simulazione dell'analisi di alberi genealogici **266**  
*Pedigree Analysis Simulation*

► **Attività 12.3**

Revisione dei concetti: eredità, geni e cromosomi **283**  
*Concept Matching: Inheritance, Genes and Chromosomes*

► **Media Clip 12.1**

Le scoperte di Mendel **264**  
*Mendel's Discoveries*

### UN CASO DA VICINO

**Gli esperimenti monoibridi di Mendel** 260

**L'ESPERIMENTO** 260

**LAVORARE CON I DATI** 260

### L'ESPERIMENTO

Omozigote o eterozigote? **263**

### L'ESPERIMENTO

Alcuni alleli non assortiscono indipendentemente **274**

### LAVORARE CON I DATI

Alcuni alleli non assortiscono indipendentemente **274**

## 12

# Ereditarietà, geni e cromosomi

### 12.1 L'ereditarietà genetica segue le leggi mendeliane 258

Mendel usò il metodo scientifico per testare le sue ipotesi **258**

I primi esperimenti di Mendel hanno riguardato incroci monoibridi **259**

La prima legge di Mendel afferma che le due copie del gene segregano **261**

Mendel verificò le sue ipotesi facendo dei reincroci (*test cross*) **262**

La seconda legge di Mendel afferma che le copie di geni diversi assortiscono indipendentemente **263**

Il calcolo delle probabilità può essere usato per prevedere l'ereditarietà **264**

Le leggi di Mendel possono essere osservate negli alberi genealogici umani **265**

### 12.2 Gli alleli producono fenotipi multipli 267

I nuovi alleli si formano a causa delle mutazioni **267**

Molti geni hanno alleli multipli **268**

La dominanza non è sempre completa **268**

Nella codominanza, vengono espressi entrambi gli alleli in un locus **268**

Alcuni alleli hanno effetti fenotipici multipli **270**

### 12.3 I geni interagiscono per produrre un fenotipo 270

Il vigore degli ibridi è il risultato di nuove combinazioni e interazioni geniche **270**

L'ambiente influenza l'azione del gene **271**

Molti fenotipi complessi sono determinati da geni multipli e dall'ambiente **272**

### 12.4 I geni sono trasmessi sui cromosomi 273

I geni sullo stesso cromosoma sono associati **273**

I geni possono essere scambiati tra i cromatidi e mappati **273**

L'associazione genica viene evidenziata da studi sui cromosomi sessuali **275**

### 12.5 Alcuni geni eucariotici si trovano fuori dal nucleo 279

### 12.6 I procarioti trasmettono i geni per coniugazione 280

I batteri si scambiano geni tramite la coniugazione **280**

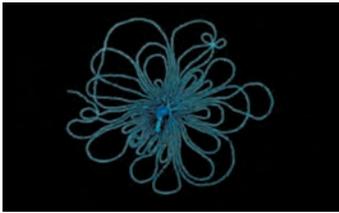
La coniugazione batterica è controllata da plasmidi **281**

## IL CAPITOLO IN SINTESI 282

### I concetti in pratica 283

## PARTE QUARTA

## I geni e l'ereditarietà



## UN CASO DA VICINO

Mirare alla duplicazione del DNA nelle terapie contro il cancro 285

## ► Animazione 13.1

L'esperimento Hershey-Chase 289  
*The Hershey-Chase Experiment*

## ► Animazione 13.2

Replicazione e polimerizzazione del DNA 294

*DNA Replication and Polymerization*

## ► Animazione 13.3

L'esperimento di Meselson e Stahl 294  
*The Meselson-Stahl Experiment*

## ► Animazione 13.4

La sintesi del filamento di guida e del filamento ritardato 299  
*Leading and Lagging Strand Synthesis*

## ► Attività 13.1

Il complesso di replicazione 299  
*The Replication Complex*

## ► Attività 13.2

Simulazione della reazione a catena della polimerasi 304  
*Polymerase Chain Reaction Simulation*

## ► Media Clip 13.1

La scoperta della doppia elica 292  
*Discovery of the Double Helix*

## UN CASO DA VICINO

L'esperimento di Meselson e Stahl 296

L'ESPERIMENTO 296

LAVORARE CON I DATI 297

## L'ESPERIMENTO

La trasformazione genetica 286

## L'ESPERIMENTO

La trasformazione genetica da DNA 287

## L'ESPERIMENTO

L'esperimento Hershey-Chase 289

## 13

## Il DNA e il suo ruolo nell'ereditarietà

## 13.1 Esperimenti hanno rivelato la funzione del DNA come materiale genetico 286

Prove circostanziali indicano che il materiale genetico è il DNA 286

Il DNA di un tipo di batterio trasforma geneticamente un altro tipo 287

Esperimenti di infezione virale confermarono che il DNA è il materiale genetico 288

Anche le cellule eucariotiche possono essere trasformate geneticamente dal DNA 289

## 13.2 La struttura del DNA è adeguata alla sua funzione 290

In che modo Watson e Crick dedussero la struttura del DNA? 290

Quattro caratteristiche chiave per definire la struttura del DNA 291

La struttura a doppia elica del DNA è essenziale per la sua funzione 292

## 13.3 Il DNA attua una replicazione semiconservativa 293

Un elegante esperimento ha dimostrato che la replicazione del DNA è semiconservativa 294

Ci sono due fasi nella replicazione del DNA 295

Le DNA polimerasi aggiungono nucleotidi alla catena in crescita 295

Molte altre proteine coadiuvano la polimerizzazione del DNA 298

I due filamenti di DNA crescono in maniera diversa nella forcella di replicazione 298

I telomeri non vengono replicati completamente e si accorciano a ogni ciclo di replicazione 301

## 13.4 Gli errori nel DNA possono essere corretti 302

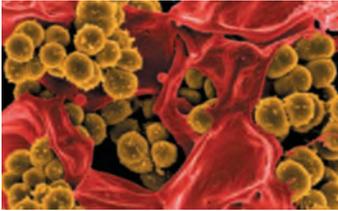
Meccanismi di riparazione preservano il DNA 302

## 13.5 La reazione a catena della polimerasi amplifica il DNA 303

La reazione a catena della polimerasi produce copie multiple di una sequenza di DNA 304

## IL CAPITOLO IN SINTESI 306

## I concetti in pratica 307



#### UN CASO DA VICINO

**Sfruttare il codice genetico per combattere i superbatteri 309**

► **Animazione 14.1**

La trascrizione **316**  
*Transcription*

► **Animazione 14.2**

La decifrazione del codice genetico **317**  
*Deciphering the Genetic Code*

► **Animazione 14.3**

Splicing dell'RNA **322**  
*RNA Splicing*

► **Animazione 14.4**

Traduzione **323**  
*Translation*

► **Attività 14.1**

Espressione genica negli eucarioti **313**  
*Eucaryotic Gene Expression*

► **Attività 14.2**

Il codice genetico **317**  
*The Genetic Code*

► **Media Clip 14.1**

Sintesi delle proteine: un'epica a livello cellulare **314**  
*Protein Synthesis: An Epic on a Cellular Level*

#### UN CASO DA VICINO

**L'esperimento di Meselson e Stahl 319**

**L'ESPERIMENTO 318**

**LAVORARE CON I DATI 319**

#### L'ESPERIMENTO

Un gene, un enzima **311**

#### LAVORARE CON I DATI

Un gene, un enzima **312**

#### L'ESPERIMENTO

L'identificazione della sequenza segnale **330**

## 14

# Dal DNA alle proteine: l'espressione genica

### 14.1 I geni codificano proteine 310

Osservazioni sull'uomo permisero di proporre che siano i geni a determinare gli enzimi **310**

Esperimenti sulla muffa del pane dimostrano che i geni determinano gli enzimi **310**

Un gene determina un polipeptide **312**

### 14.2 L'informazione passa dai geni alle proteine 313

Tre tipi di RNA hanno un ruolo nel flusso di informazione dal DNA alle proteine **313**

In alcuni casi, l'RNA determina la sequenza del DNA **314**

### 14.3 L'informazione contenuta nel DNA viene trascritta per produrre RNA 314

Le RNA polimerasi condividono caratteristiche comuni **315**

La trascrizione avviene in tre fasi **315**

L'informazione per la sintesi proteica risiede in un codice genetico **317**

### 14.4 La trascrizione del pre-mRNA eucariotico avviene prima della traduzione 319

Sequenze non codificanti, dette introni, compaiono spesso tra i geni nei cromosomi eucariotici **321**

Il processamento del pre-mRNA prepara la trascrizione dell'mRNA per la traduzione **321**

### 14.5 L'informazione contenuta nell'mRNA viene tradotta in proteine 323

Gli RNA transfer portano amminoacidi specifici e si legano a specifici codoni **323**

Ogni tRNA è legato specificamente a un amminoacido **324**

Il ribosoma è il banco da lavoro della traduzione **325**

La traduzione avviene in tre fasi **325**

La formazione di polisomi aumenta la velocità di sintesi proteica **327**

### 14.6 I polipeptidi possono essere modificati per il trasporto durante o dopo la traduzione 329

In che modo le proteine vengono dirette alle loro destinazioni cellulari? **329**

Mitocondri e cloroplasti producono alcune delle loro proteine e ne importano altre **330**

Molte proteine vengono modificate dopo la traduzione **330**

## IL CAPITOLO IN SINTESI 332

### I concetti in pratica 333

**PARTE QUARTA****I geni e l'ereditarietà****UN CASO DA VICINO**

L'effetto «Angelina Jolie» 335

► **Animazione 15.1**Elettroforesi su gel 348  
*Gel Electrophoresis*► **Animazione 15.2**Test del DNA 354  
*DNA Testing*► **Attività 15.1**Simulazione di mutazioni e funzioni 336  
*Mutations and Function Simulation*► **Attività 15.2**Simulazione di mutazioni puntiformi 336  
*Point Mutations Simulation*► **Attività 15.3**Taglio allele-specifico 349  
*Allele-Specific Cleavage*► **Media Clip 15.1**Cellule falciformi: deformate da una mutazione 338  
*Sickle Cells: Deformed by a Mutation***UN CASO DA VICINO**Come venne identificato il gene *BRCA1*? 353**L'ESPERIMENTO** 352**LAVORARE CON I DATI** 353**STRUMENTI DI RICERCA**

La separazione di frammenti di DNA con l'elettroforesi su gel 348

**STRUMENTI DI RICERCA**

Test del DNA con ibridazione oligonucleotidica allele-specifica 354

**L'ESPERIMENTO**

Terapia genica 357

**15****Mutazioni geniche e medicina molecolare****15.1 Le mutazioni sono cambiamenti ereditabili nel DNA** 336

Le mutazioni hanno effetti fenotipici diversi 336

Le mutazioni puntiformi sono dei cambiamenti di singoli nucleotidi 337

Mutazioni in regioni non codificanti 338

Le mutazioni cromosomiche sono cambiamenti su larga scala del materiale genetico 338

I retrovirus e i trasposoni possono causare mutazioni con perdita di funzione o duplicazioni 339

Le mutazioni possono essere spontanee o indotte 339

I mutageni possono essere naturali o artificiali 341

Alcune paia di basi sono più vulnerabili di altre alla mutazione 341

Le mutazioni hanno sia costi sia benefici 342

**15.2 Negli esseri umani, alcune mutazioni possono provocare malattie** 343

Le mutazioni che producono malattie possono rendere le proteine disfunzionali 343

Le mutazioni che causano malattie possono interessare qualsiasi numero di coppie di basi 344

L'espansione di triplette ripetute dimostra la fragilità di alcuni geni umani 345

Il cancro spesso implica mutazioni somatiche 345

La maggior parte delle malattie è causata da geni multipli e dall'ambiente 346

**15.3 Le mutazioni possono essere rilevate e analizzate** 347

Gli enzimi di restrizione tagliano il DNA in sequenze specifiche 347

L'elettroforesi su gel separa i frammenti di DNA 348

Il DNA *fingerprinting* combina la PCR, l'analisi di restrizione e l'elettroforesi 349

L'analisi del DNA può essere usata per identificare mutazioni che producono malattie 350

I marcatori genetici possono essere usati per identificare i geni che causano patologie 350

**15.4 Lo screening genetico viene usato per diagnosticare malattie** 352

Lo screening può essere condotto esaminando il fenotipo 353

Il test del DNA è il modo più accurato per evidenziare geni anormali 354

L'ibridazione oligonucleotidica allele-specifica può individuare le mutazioni 355

**15.5 Le malattie genetiche possono essere trattate** 355

Le malattie genetiche possono essere trattate modificando il fenotipo 355

La terapia genica offre la speranza di trattamenti specifici 356

**IL CAPITOLO IN SINTESI** 358**I concetti in pratica** 359



#### UN CASO DA VICINO

**Espressione genica e comportamento 361**

► Animazione 16.1  
L'operone *lac* 364  
*The lac Operon*

► Animazione 16.2  
L'operone *trp* 365  
*The trp Operon*

► Animazione 16.3  
Inizio della trascrizione 368  
*Initiation of Transcription*

► Attività 16.1  
Punti di controllo dell'espressione genica negli eucarioti 367  
*Eucaryotic Gene Expression Control Points*

► Attività 16.2  
Revisione dei concetti: l'espressione genica 383  
*Concept Matching: Gene Expression*

#### UN CASO DA VICINO

**Espressione genica e comportamento 377**

**L'ESPERIMENTO 377**

**LAVORARE CON I DATI 377**

## 16

# La regolazione dell'espressione genica

### 16.1 L'espressione genica nei procarioti è regolata negli operoni 362

La regolazione della trascrizione genica risparmia energia 362

Gli operoni sono unità di regolazione della trascrizione nei procarioti 364

L'interazione operatore-repressore controlla la trascrizione degli operoni *lac* e *trp* 364

La sintesi proteica può essere controllata aumentando l'efficienza del promotore 365

L'RNA polimerasi può essere indirizzata verso una specifica classe di promotori 366

### 16.2 L'espressione genica negli eucarioti è regolata da fattori di trascrizione 367

Fattori di trascrizione generali agiscono nei promotori eucariotici 368

Proteine specifiche sono in grado di riconoscere e legare una sequenza di DNA e di regolare la trascrizione 369

Il legame con il DNA richiede interazioni specifiche DNA-proteine 369

L'espressione dei fattori di trascrizione è alla base del differenziamento cellulare 370

L'espressione di gruppi di geni può essere regolata in maniera coordinata dai fattori di trascrizione 370

### 16.3 I virus regolano la loro espressione genica durante il ciclo riproduttivo 371

I virus vanno incontro a due tipi di cicli riproduttivi 371

I virus eucariotici possono avere cicli vitali complessi 372

La regolazione genica dell'HIV avviene durante la trascrizione nella fase di allungamento 372

### 16.4 I cambiamenti epigenetici regolano l'espressione genica 374

La metilazione del DNA avviene nei promotori e silenzia la trascrizione 375

Modificazioni delle proteine istoniche influiscono sulla trascrizione 375

I cambiamenti epigenetici possono essere indotti dall'ambiente 376

Cambiamenti cromosomici globali implicano una metilazione del DNA 376

### 16.5 L'espressione genica degli eucarioti può essere regolata dopo la trascrizione 379

mRNA diversi possono essere sintetizzati dallo stesso gene per mezzo dello *splicing* alternativo dell'RNA 379

I piccoli RNA sono regolatori importanti dell'espressione genica 379

La traduzione dell'mRNA può essere regolata da proteine e ribointerruttori 380

#### IL CAPITOLO IN SINTESI 382

#### I concetti in pratica 383

■ **Fonti delle illustrazioni A1**

■ **Indice analitico A3**

Scarica **GUARDA!**  
e inquadra qui  
per vedere  
le animazioni e i video  
di questo capitolo



## Lo studio della vita

Gli scienziati sono impegnati nello studio delle conseguenze dei cambiamenti climatici sui coralli.

### ► UN CASO DA VICINO

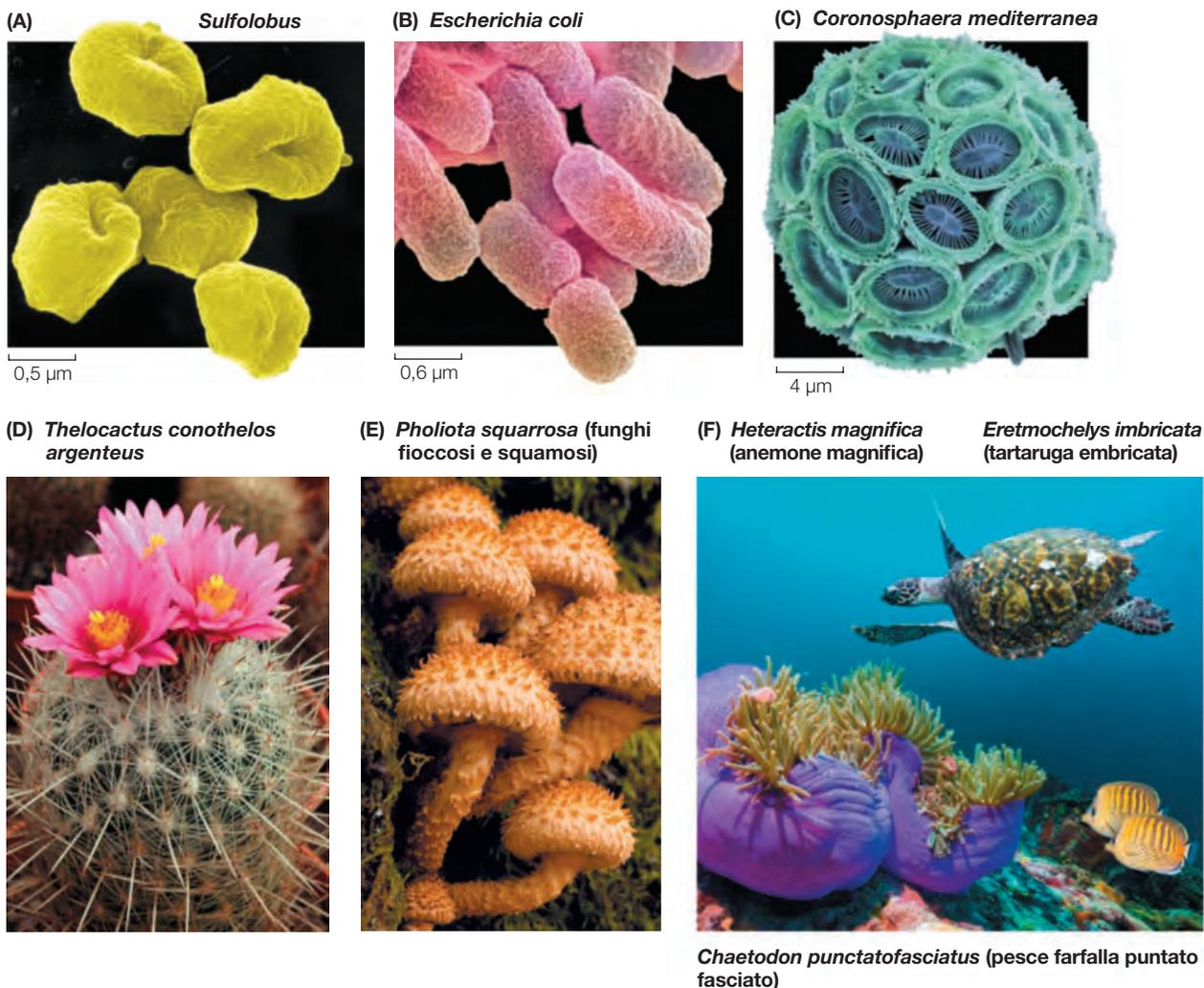
#### Coralli in acque calde

Le barriere coralline rinforzano l'enorme varietà della vita nei mari: forniscono fauna ittica e protezione a circa un miliardo di persone, e costituiscono una meravigliosa fonte di bellezza naturale. Ma purtroppo le barriere coralline rischiano l'estinzione: negli ultimi vent'anni, circa la metà dei coralli delle barriere coralline è stata distrutta dall'aumento delle temperature marine e da altri fattori. Le alte temperature, infatti, perturbano un aspetto affascinante della biologia dei coralli. I coralli sono animali, eppure la maggior parte di essi ospitano alghe che crescono all'interno delle loro cellule, conosciute come dinoflagellati. Questi organismi sfruttano l'energia solare per produrre carboidrati; i coralli li ospitano e da essi ricevono nutrimento. Quando le alte temperature compromettono i dinoflagellati, i coralli li espellono, in un processo noto come sbiancamento. A quel punto, senza l'apporto nutritivo dei dinoflagellati, i coralli muoiono, a meno di accogliere altri dinoflagellati che si dimostrino più resistenti alle alte temperature.

La comprensione degli effetti del calore sui coralli fu la motivazione che spinse la dottoranda Rachel Bay e i suoi colleghi a lavorare con il professor Steve Palumbi dell'istituto di ricerca Hopkins Marine Station della Stanford University. Mentre studiavano i coralli in alcune piccole vasche collocate al di qua della barriera nelle Samoa Americane, osservarono che durante i periodi di bassa marea alcune vasche raggiungevano temperature più alte rispetto alle altre vasche. I ricercatori spiegavano il fenomeno ipotizzando che i coralli delle vasche più calde avessero sviluppato dei meccanismi per resistere allo sbiancamento. Per verificare questa loro interpretazione, i ricercatori spostarono i coralli in laboratorio, li sottoposero

a variazioni di temperatura e riuscirono a dimostrare che i coralli che provenivano dalle vasche più calde erano effettivamente più resistenti allo sbiancamento. Inoltre, i ricercatori reimpiantarono i coralli in natura, in ambienti a differenti temperature. Il risultato di questi esperimenti fu che Rachel e i suoi colleghi proposero due diversi scenari come origine delle diverse capacità dei coralli di resistere allo stress da calore. Il primo scenario afferma che i coralli nelle vasche più calde potrebbero possedere delle caratteristiche genetiche che contribuiscono alla resistenza al calore; il secondo afferma che i singoli coralli potrebbero invece condividere lo stesso patrimonio genetico, ma essere capaci di adattarsi all'ambiente tramite la variazione dei livelli di espressione di specifici geni. Una maggiore conoscenza dei meccanismi di stress da calore, e di resistenza al calore, potrebbe portare alla messa a punto di nuove strategie per limitare la perdita dei coralli dovuta ai cambiamenti ambientali.

**?** Come utilizzare gli esperimenti sullo stress da calore dei coralli per prevedere la risposta dei coralli al riscaldamento globale?



**Figura 1.1 I molteplici volti della vita** I processi evolutivi hanno condotto all'esistenza dei milioni di organismi diversi che vivono sulla Terra oggi. Gli Archei procariotici (A) e i Batteri (B), descritti nel Capitolo 25, sono organismi unicellulari. (C) Come spiegato nel Capitolo 26, molti protisti sono unicellulari ma le loro strutture cellulari sono più complesse di quelle dei procarioti. Questo protista ha fabbricato delle «placche» di carbonato di calcio che circondano e proteggono la sua unica cellula. (D-F) La maggior parte della vita visibile sulla Terra è pluricellulare. I Capitoli 27 e 28 trattano delle piante verdi (D). Gli altri grandi gruppi di organismi pluricellulari sono i funghi (E), di cui si parlerà nel Capitolo 29, e gli animali (F), trattati nei Capitoli 30-32.

## 1.1 | Gli organismi viventi condividono somiglianze e origine in comune

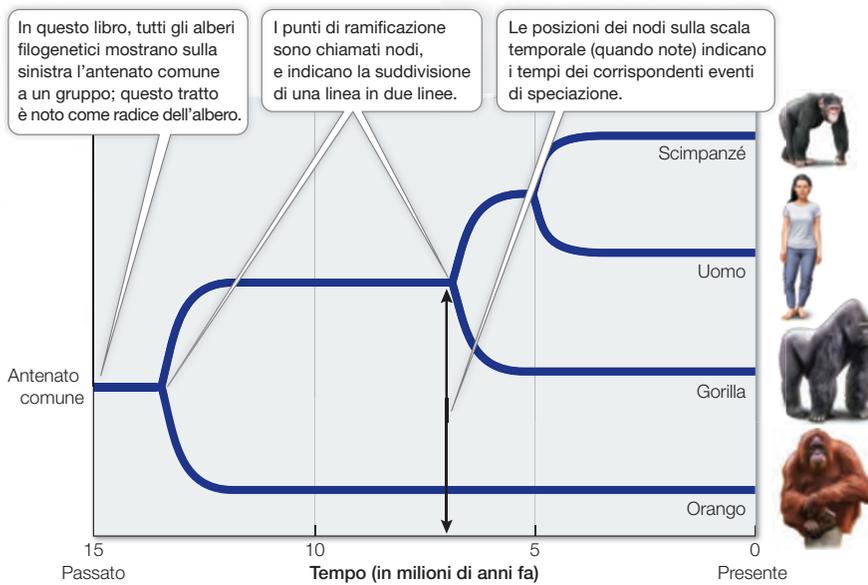
Intuitivamente sappiamo tutti cosa sia la vita, ma provare a definirla non è affatto facile. Se ci guardiamo attorno, riusciamo a capire cosa sia vivente e cosa non lo sia, ma quali sono le differenze essenziali? Chiamiamo organismi le cose viventi. E queste, a differenza di quelle non viventi, si auto-sostengono e si rinnovano. La perdita dell'abilità di sostentamento e rinnovo significa la perdita della vita, e gli organismi che muoiono entrano a far parte dei non viventi. La **biologia** è lo studio scientifico degli organismi, sia ancora in vita sia dopo la morte (per esempio, comprende lo studio dei fossili), con l'obiettivo di scoprire e comprendere la diversità e i processi complessi che formano la vita.

### Concetti chiave

- Alcune caratteristiche fondamentali sono condivise da tutte le forme viventi.
- Gli organismi viventi hanno influenzato la storia del pianeta Terra.
- Le popolazioni biologiche cambiano nel tempo.

La vita sul nostro pianeta è piuttosto diversificata (Figura 1.1), eppure tutte le sue varie forme presentano caratteristiche comuni. Quali caratteristiche hanno gli organismi che ci permettono di distinguerli dal mondo dei non viventi? La maggior parte degli organismi:

- sono costituiti da un insieme di componenti chimici, tra cui alcuni carboidrati, acidi grassi, acidi nucleici e amminoacidi;
- sono costituiti da cellule;

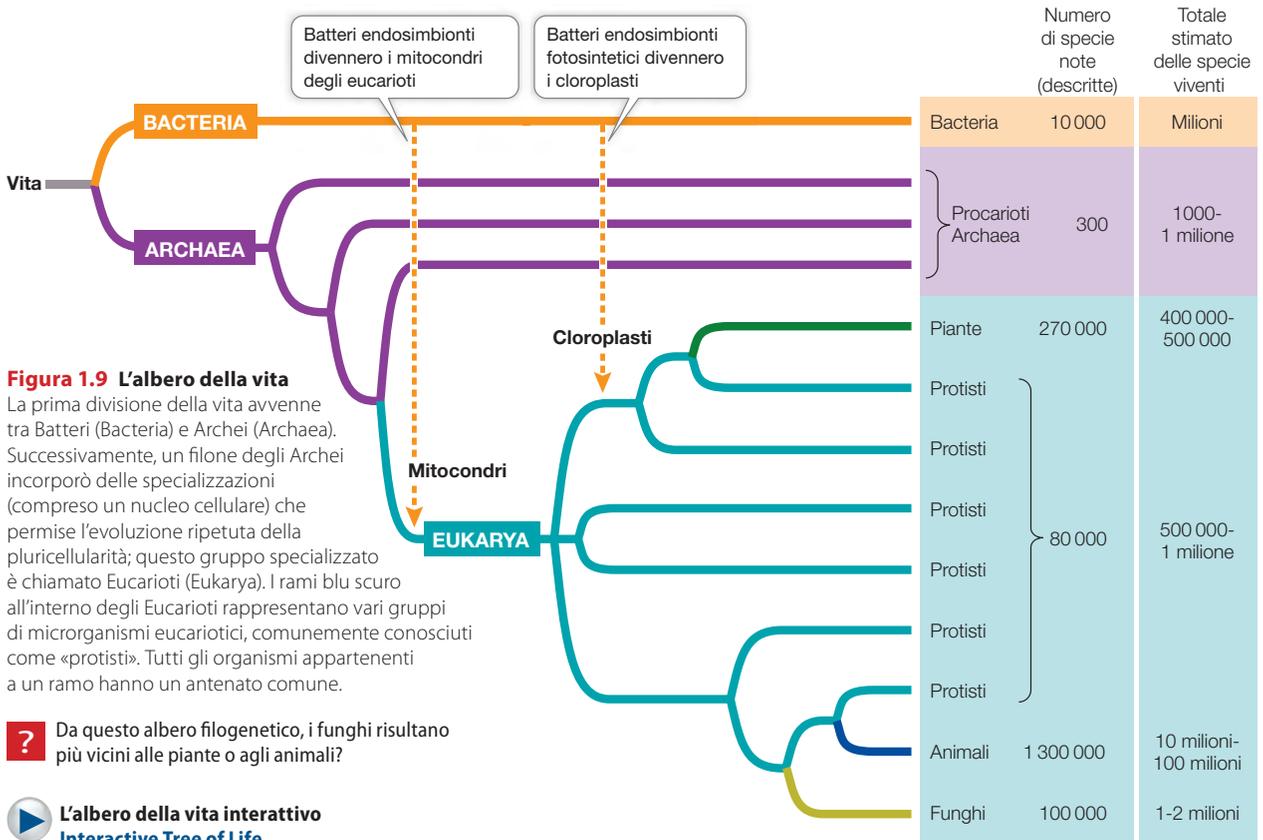


vicini nel genere *Homo* sono gli uomini di Neandertal, *Homo neanderthalensis*. Si noti che di solito i due termini della nomenclatura binaria vengono scritti in corsivo, e solo il primo di essi con l'iniziale in maiuscolo.

Gran parte della biologia si basa sui confronti tra le specie e questi sono utili proprio perché siamo in grado di collocare le specie l'una rispetto all'altra nel contesto dell'evoluzione. Questa nostra capacità si è molto accresciuta negli ultimi decenni grazie alla possibilità del sequenziamento genico. Il sequenziamento del genoma e altre tecniche molecolari hanno permesso infatti ai biologi di arricchire le conoscenze

sull'evoluzione basate sulle testimonianze fossili con una cospicua serie di prove molecolari. Il risultato è che stiamo procedendo con la compilazione di alberi filogenetici che documentano e schematizzano i rapporti evolutivi all'interno di una genealogia complessiva della vita, le cui principali categorie sono rappresentate nella **Figura 1.9** e saranno descritte in dettaglio nella Parte VII. (L'albero è ingrandito nell'Appendice A disponibile sul sito web del libro e si può esplorare anche interattivamente.)

volte in passato. I biologi danno a ognuna di esse un nome scientifico distintivo formato da due nomi latinizzati (**nomenclatura binomia**). Il primo nome indica il **genere** della specie, cioè il gruppo di specie che condividono un antenato comune recente. Il secondo è il nome della specie all'interno dello stesso genere. Per esempio, il nome scientifico della specie umana è *Homo sapiens*: *Homo* è il nostro genere, *sapiens* la nostra specie. *Homo* in latino significa «uomo» e *sapiens* sta per «saggio» o «razionale». I nostri parenti più



**Figura 1.9 L'albero della vita**  
La prima divisione della vita avvenne tra Batteri (Bacteria) e Archei (Archaea). Successivamente, un filone degli Archei incorporò delle specializzazioni (compreso un nucleo cellulare) che permise l'evoluzione ripetuta della pluricellularità; questo gruppo specializzato è chiamato Eucarioti (Eukarya). I rami blu scuro all'interno degli Eucarioti rappresentano vari gruppi di microrganismi eucariotici, comunemente conosciuti come «protisti». Tutti gli organismi appartenenti a un ramo hanno un antenato comune.

**?** Da questo albero filogenetico, i funghi risultano più vicini alle piante o agli animali?

**L'albero della vita interattivo**  
Interactive Tree of Life

## ► UN CASO DA VICINO L'ESPERIMENTO

**Articolo originale:** Palumbi S.R., Barshis D.J., Taylor-Knowles N. and Bay R.A. 2014. Mechanisms of reef corals resistance to future climate change. *Science* 344: 895-898.

Rachel Bay e colleghi realizzarono un esperimento controllato: spostarono alcuni coralli da vasche calde e fredde marine all'interno del loro laboratorio, sottoponendoli poi a cicli di stress da calore che simulavano le condizioni che si verificavano nelle vasche calde in laguna. La misura finale consisteva nella valutazione dello sbiancamento, cioè l'espulsione dei simbionti fotosintetici (i dinoflagellati) dal corpo dei coralli.

### IPOTESI

Lo stress da calore causa sbiancamento, ma i coralli provenienti dalle vasche calde sono meno sensibili allo sbiancamento in condizioni di calore rispetto a quelli provenienti dalle vasche fredde.

### METODO

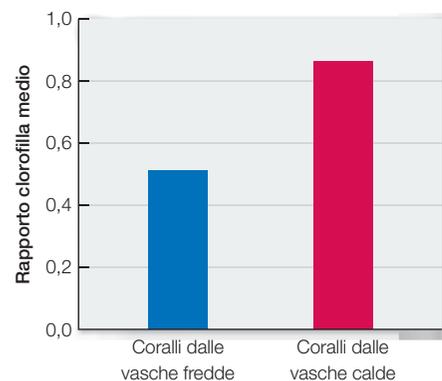
- 1 Trapiantare i coralli dalle vasche calde e fredde negli acquari del laboratorio a una temperatura controllata.
- 2 Sottoporre i coralli dell'esperimento a stress da calore (che sarà la condizione sperimentale) simulando il ciclo giornaliero delle variazioni di temperatura che si verificano nelle vasche calde in laguna.
- 3 Misurare lo sbiancamento dei coralli (che sarà la variabile dipendente) come rapporto tra la clorofilla (cioè il pigmento foto-



sintetico dei simbionti) nei coralli esposti a stress da calore e la clorofilla di quelli non sottoposti a stress da calore. Un rapporto minore di 1 indica un maggior sbiancamento nei coralli sottoposti a stress da calore rispetto a quelli non sottoposti a stress (coralli di controllo).

### RISULTATI

I coralli di entrambe le provenienze mostrarono un maggiore sbiancamento sotto stress da calore rispetto a quelli di controllo, ma quelli provenienti dalle vasche fredde mostrarono livelli medi di sbiancamento più alti di quelli dei coralli provenienti dalle vasche calde. (Sta al lettore calcolare la significatività statistica di questa differenza nell'esercizio sull'analisi dei dati.)



### CONCLUSIONI

I coralli provenienti dalle vasche calde mostrarono di risentire meno dello stress da calore rispetto a quelli provenienti dalle vasche fredde, anche se entrambe le popolazioni mostrarono un incremento dello sbiancamento per stress da calore. La differenza tra le due popolazioni può essere spiegata da un adattamento genetico al calore nelle popolazioni provenienti dalle vasche calde, oppure da un'acclimatazione fisiologica di alcuni coralli, oppure da una combinazione di entrambi i fenomeni.

- 2 Negli **esperimenti comparativi** si mettono a confronto dati raccolti da popolazioni diverse che differiscono sotto vari e sconosciuti aspetti.

Rachel Bay e colleghi condussero entrambi i tipi di esperimenti, con l'obiettivo di rivelare le differenze genetiche tra le popolazioni dei coralli così come la loro capacità di acclimatarsi agli ambienti con differenti temperature.

In un esperimento controllato, sulla base dell'ipotesi di partenza si prevede che un certo fattore critico, detto variabile, abbia un effetto sul fenomeno che stiamo studiando. Si escogita un metodo per modificare artificialmente *soltanto quella variabile* in un gruppo chiamato «sperimentale» e si confrontano i dati ottenuti con quelli provenienti da un gruppo «di controllo», che non subisce alcuna modifica della variabile.

Se si osserva la differenza prevista, allora si applicano dei test statistici per quantificare la probabilità che la differenza sia stata prodotta dalla modificazione intenzionale (e non sia dovuta invece al caso).

**UN CASO DA VICINO: Coralli in acque calde** descrive un esperimento controllato che esamina l'effetto della vasca di origine sulla risposta dei coralli allo stress da calore, condotto da Rachel Bay e da altri membri del laboratorio del professor Palumbi. Un buon esperimento controllato non è facile da progettare perché le variabili biologiche sono così intercorrelate che può essere difficile alterarne una sola. In questo esperimento, la variabile controllata era da quale vasca, calda o fredda, provenissero i coralli. Questi venivano poi sottoposti agli stessi stress termici e le loro risposte misurate nel grado di sbiancamento. Il gruppo di controllo era costituito dai coralli che non venivano esposti allo stress termico.

Un esperimento comparativo parte dalla previsione che, data l'ipotesi, si riscontrerà una differenza tra gruppi o campioni diversi. A differenza di un esperimento controllato, in uno comparativo non riusciamo a controllare tutte le variabili. Si tratta semplicemente di raccogliere e confrontare dei dati provenienti da gruppi campione diversi. Rachel e colleghi hanno condotto un esperimento comparativo in aggiunta all'esperimento controllato descritto a inizio capi-

## Coralli in acque calde

### LAVORARE CON I DATI

Il grafico a barre della sezione RISULTATI illustra che per entrambe le popolazioni di coralli i livelli di sbiancamento sono aumentati in risposta allo stress da calore rispetto ai coralli di controllo. Mostra anche che quelli provenienti dalle vasche fredde hanno risentito maggiormente dello stress da calore. Ma come facciamo a determinare se queste differenze sono maggiori delle fluttuazioni casuali sia all'interno delle singole popolazioni sia nel rapporto tra di esse? Per far questo si usano alcuni semplici test in grado di dirci se le differenze misurate sono significative (non lo sarebbero se fossero dovute a fluttuazioni statistiche).

Rapporto clorofilla medio	Coralli dalle vasche fredde	Coralli dalle vasche calde
0,0	0	0
0,1	0	0
0,2	1	0
0,3	1	0
0,4	4	0
0,5	7	0
0,6	1	0
0,7	1	1
0,8	2	3
0,9	0	3
1,0	0	1

#### DOMANDE

- 1 Costruisci un grafico a barre con i dati della tabella, disponendo sull'asse  $x$  i rapporti della clorofilla, e sull'asse  $y$  il numero di coralli che hanno esibito quel particolare rapporto.
- 2 Cominciamo cercando di capire se c'è un effetto significativo in entrambe le popolazioni dovuto a stress da calore. Come primo scenario, consideriamo che non ci siano effetti in nessuna delle due popolazioni e chiamiamola ipotesi nulla ( $H_0$ ). Utilizziamo metodi statistici per decidere se possiamo scartare l'ipotesi nulla e concludere quindi che un effetto da stress di calore c'è. Se

l'ipotesi nulla è vera, allora dovremmo aspettarci che qualsiasi differenza tra i livelli di clorofilla tra popolazioni sperimentali e popolazioni di controllo sia dovuta a fluttuazioni casuali, e così dovremmo osservare che i rapporti tra la clorofilla maggiori di 1 siano frequenti tanto quanto quelli minori di 1. In altre parole, la distribuzione attesa dei valori  $<1$  e  $>1$  dovrebbe essere simile alla frequenza di «testa» o «croce» negli eventi di lancio di una moneta. Consideriamo per primi i coralli provenienti dalle vasche fredde. Sono 17 esemplari e tutti mostrano un rapporto  $<1$ . La probabilità che si verifichi una casistica del genere è uguale a quella che casualmente si verificano 17 «testa» in 17 lanci di una moneta non truccata (per «non truccata» intendiamo una moneta per cui la probabilità che esca «testa» in un lancio sia semplicemente 0,5). Con questo criterio, calcola quale sarebbe la probabilità dell'ipotesi nulla ( $H_0$ : nessuno effetto dovuto a stress da calore sullo sbiancamento) per ciascuna delle due popolazioni.

- 3 Vediamo ora se c'è una differenza significativa tra i livelli di sbiancamento tra i coralli di diversa provenienza. In questo caso la nostra ipotesi nulla consiste nell'aver livelli uguali di sbiancamento in entrambi i gruppi. Se l'ipotesi nulla fosse vera, allora dovremmo aspettarci (in media) la stessa distribuzione dei rapporti della clorofilla negli esemplari dei due gruppi. Dalla sezione RISULTATI dell'esperimento, leggiamo che il rapporto medio della clorofilla per gli esemplari provenienti dalle vasche fredde è di 0,5, mentre quello degli esemplari provenienti dalle vasche calde è di 0,85. Ci aspetteremmo una differenza del genere se le distribuzioni dei due tipi di esemplari fossero prodotte dalla stessa distribuzione nascosta di valori? Per capirlo, scrivi ciascuno dei 25 rapporti osservati sulla clorofilla (da entrambi i gruppi) su una scheda diversa. Ora mescola per bene queste schede in modo che l'ordine sia del tutto casuale, e poi dividile in due gruppi, uno dello stesso numero degli esemplari provenienti dalle vasche fredde (17) e uno dello stesso numero di quelli provenienti dalle vasche calde (8). Calcola i rapporti medi in questi esemplari così randomizzati. Ripeti la procedura descritta oppure aggiungili a quelli dei tuoi compagni di corso. Quanto spesso riesci ad osservare una differenza grande tanto quanto quella dei risultati sperimentali (0,85 e 0,5, o comunque una differenza di 0,35)?
- 4 Cosa ti indicano questi risultati sulla possibile risposta delle popolazioni di coralli dei differenti ambienti al riscaldamento globale?

tolò: hanno analizzato e confrontato il corredo genetico dei coralli provenienti dalle vasche calde e da quelle fredde.

#### ■ I metodi statistici sono strumenti scientifici fondamentali

Che si conducano esperimenti controllati o comparativi, alla fine del processo bisogna stabilire se vi sono differenze significative tra i campioni, individui, gruppi o popolazioni che sono stati oggetto di studio. Come valutiamo se una differenza che abbiamo misurato è un elemento abbastanza probante da dimostrare che l'ipotesi di partenza è verificata o smentita? In altre parole, come facciamo a concludere in modo imparziale e obiettivo che la differenza misurata è significativa?

La significatività si può misurare con metodi statistici. In qualsiasi insieme di misurazioni è presente una certa variabilità casuale. I test statistici calcolano la probabilità che le differenze osservate in un esperimento siano dovute a variabilità casuale; i risultati dei test statistici sono quindi delle probabi-

lità. Un test statistico parte da una **ipotesi nulla**, ovvero dalla premessa che qualsiasi differenza osservata sia semplicemente il prodotto di variazioni casuali che si verificano quando si estraggono dalla stessa popolazione due campioni di numero limitato. Quando si raccolgono delle osservazioni di natura quantitativa, o dati, a questi dati si applicano i metodi statistici per calcolare la probabilità che l'ipotesi nulla sia corretta.

Più precisamente, i metodi statistici ci dicono qual è la probabilità di ottenere gli stessi risultati per caso, assumendo che l'ipotesi nulla sia vera. *Dobbiamo escludere, per quanto possibile, l'eventualità che le differenze che emergono dai dati siano il risultato di variazioni casuali nei campioni esaminati.* Generalmente gli scienziati concludono che le differenze che misurano sono significative quando i test statistici mostrano che la probabilità di errore (cioè la probabilità che una differenza della stessa portata di quella misurata possa verificarsi per caso) è inferiore o uguale al 5%. Per alcuni problemi si possono stabilire dei livelli di significatività più stringenti per rigettare l'ipotesi nulla, a seconda delle conseguenze che accettare l'ipotesi nulla comporterebbe. Nell'analizzare i dati



**Figura 1.17 Scoprire la vita sulla Terra** Questi biologi stanno raccogliendo degli insetti sui rami alti di un abete rosso nella Carmanah Valley di Vancouver, in Canada. I biologi stimano che le specie a oggi conosciute non rappresentino che una piccola percentuale di tutte quelle che abitano la Terra. Per colmare questo vuoto di conoscenza, per documentare e capire la biodiversità sulla Terra, i biologi di tutto il mondo stanno mettendo in opera delle tecniche di campionamento completo e si servono dei nuovi strumenti della genetica.

fonte inesauribile di nuove domande e opportunità per nuovi studi ed esperimenti. Le nuove scoperte e l'accrescimento del sapere generano domande che nessuno prima immaginava di porsi. La scienza è una ricerca senza fine.

La biodiversità arricchisce le nostre vite anche al di là dell'ambito scientifico. C'è chi osserva infaticabilmente gli

uccelli, chi ama il giardinaggio, chi cerca specie particolari da pescare o da cacciare. Ad alcuni piace osservare o collezionare farfalle, raccogliere funghi o altri tipi di piante o animali. In molte parti del mondo la comparsa delle fioriture spontanee primaverili attira folle di spettatori; milioni di persone amano fare passeggiate e campeggiare in aree naturali ricche di specie diverse. Imparare la biologia migliora enormemente la nostra capacità di apprezzare il mondo che ci circonda.

### 1.3 RICAPITOLIAMO

La biologia ci dà informazioni sulla struttura degli organismi viventi che ci circondano, sui processi che svolgono e sulle loro interazioni. Il sapere biologico consente di prendere decisioni informate sulla produzione di cibo e di energia, sulla salute e sull'ambiente; la biologia risponde anche al desiderio umano di comprendere il mondo e ci aiuta ad apprezzare il pianeta su cui viviamo nella sua varietà.

#### Hai imparato a...

- Spiegare l'importanza della biologia nella vita quotidiana.
- Applicare le conoscenze biologiche per rispondere a domande che riguardano la vita di tutti i giorni.

- 1 Proponi un esempio del modo in cui la biologia moderna viene applicata all'agricoltura.
- 2 Descrivi un esempio in cui un problema biologico è direttamente legato al cambiamento climatico globale.
- 3 Perché alcuni antibiotici per il trattamento delle malattie batteriche sono meno efficaci oggi di quando sono stati introdotti per la prima volta?

In questo capitolo abbiamo tracciato alcune linee guida per proseguire nella lettura; riflettere sui principi qui esposti può aiutarti a chiarire e a cogliere il senso delle descrizioni dettagliate contenute nelle pagine che seguono.

## ► UN CASO DA VICINO

### ? Come utilizzare gli esperimenti sullo stress da calore dei coralli per prevedere la risposta dei coralli al riscaldamento globale?

Come possiamo mettere a frutto studi come quello condotto da Rachel e colleghi? Un modo è quello di sfruttare le informazioni ricavate per costruire delle previsioni. Come descritto nel capitolo, ci sono molte prove del riscaldamento del clima terrestre come conseguenza dell'innalzamento dei livelli di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera. Riusciranno i coralli a sopravvivere al riscaldamento globale, o perderanno tutti i loro dinoflagellati fotosintetici e moriranno? Gli esperimenti e le osservazioni del team di Rachel indicano che le temperature più alte portano a un aumento dello sbiancamento, ma anche che può verificarsi una acclimatazione sul breve termine da parte di alcuni coralli. Se il riscaldamento globale venisse rallentato a sufficienza, i processi di evoluzione più a lungo termine potrebbero allora entrare in azione sui coralli sopravvissuti che presentano gli adattamenti genetici capaci di migliorare la loro tolleranza alle acque calde. Questo processo di selezione si tradurrebbe in cambiamenti genetici delle popolazioni, permettendo così a un numero maggiore di coralli di sopravvivere. Fino a che punto l'acclimatazione e l'adattamento potranno garantire la sopravvivenza dei coralli dipende da molti fattori: la vita media dei singoli coralli, l'andamento del riscaldamento globale e la disponibilità di altri dinoflagellati resistenti al calore.

La ricerca iniziale condotta dal team di Rachel è un primo passo, comunque fondamentale, nella previsione della risposta futura da parte dei coralli al riscaldamento globale.

#### PROSPETTIVE FUTURE

Come spiegato, i coralli nella ricerca di Rachel possiedono certe specie di dinoflagellati che crescono nelle loro cellule. I coralli forniscono ai dinoflagellati un ambiente adatto alla loro crescita, e i dinoflagellati producono nutrimento per i coralli: una relazione mutualistica nota come **simbiosi**. Il fenomeno dello sbiancamento in risposta alle alte temperature implica una disfunzione dei dinoflagellati, che successivamente porta alla loro espulsione da parte dei coralli. La comprensione della tolleranza termica dei coralli richiede quindi una comprensione più approfondita dei cambiamenti genetici e dell'acclimatazione dei dinoflagellati simbiotici. Altri studi hanno mostrato che alcuni coralli contengono vari tipi di dinoflagellati, e che questi cambiano parecchio quando i coralli incontrano temperature più alte, contribuendo così alla loro tolleranza termica. Ci sono molte specie e tipi di dinoflagellati, ma di solito i coralli si associano solo con alcuni tipi specifici. La ricerca futura potrebbe dedicarsi alla tolleranza termica dei dinoflagellati per individuare i geni che danno loro maggiore resistenza. Inoltre, si potrebbero trovare dei modi per trasferire questi geni in altri tipi di dinoflagellati, oppure per innestare sui coralli in pericolo d'estinzione i tipi di dinoflagellati simbiotici maggiormente tolleranti alle temperature più alte.

# 1 IL CAPITOLO IN SINTESI

## 1.1 Gli organismi viventi condividono somiglianze e origine in comune

- La **biologia** è lo studio scientifico degli organismi, comprese le loro caratteristiche, l'evoluzione, le funzioni e le interazioni.
- Tutti gli organismi viventi sono imparentati fra loro per comune discendenza. La presenza di caratteristiche costanti in tutti gli organismi viventi sostiene l'ipotesi dell'esistenza di un antenato comune. Queste caratteristiche includono: un comune set di unità chimiche costitutive, un codice genetico pressoché universale, sequenze simili all'interno dei geni fondamentali e somiglianze nella struttura e nella funzionalità cellulari.
- Le cellule si sono evolute ai primordi della storia della vita. La **specializzazione cellulare** ha permesso lo sviluppo di organismi pluricellulari più grandi e più vari. ► **Figura 1.2**
- La **fotosintesi** ha permesso di catturare energia direttamente dal Sole e con il tempo ha cambiato l'atmosfera della Terra.
- Le istruzioni per il funzionamento della cellula sono contenute nel suo **genoma**, che consiste in molecole di **DNA**, a loro volta costituite da sequenze di **nucleotidi**. Determinati segmenti di DNA chiamati **geni** contengono le informazioni necessarie alla cellula per fabbricare le **proteine**, attraverso le operazioni di trascrizione e traduzione. ► **Figura 1.6**
- L'**evoluzione**, cioè il cambiamento nel tempo del corredo genetico delle **popolazioni** biologiche, costituisce un principio fondamentale della vita. Le popolazioni si evolvono attraverso molti processi diversi, tra cui la **selezione naturale**, responsabile della diversità degli **adattamenti** osservabili negli organismi.
- I biologi si servono dei fossili, delle somiglianze e delle differenze anatomiche e del confronto molecolare tra i genomi per ricostruire la storia della vita. La vita si divide in due grandi filoni: **Batteri** e **Archei**. Una parte degli Archei si è specializzata in **Eucarioti**, che comprendono tutti gli organismi multicellulari. ► **Figura 1.9**
- Lo studio della vita si applica ai diversi livelli di organizzazione secondo una gerarchia biologica. Le cellule specializzate degli organismi pluricellulari si organizzano in **tessuti**, **organi** e **sistemi di organi**.
- Gli organismi viventi, sia unicellulari sia pluricellulari, devono regolare il loro ambiente interno per mantenere l'**omeostasi**, cioè lo spettro di condizioni fisiche necessarie per la sopravvivenza e per le loro funzioni fisiologiche.
- I singoli organismi formano delle **popolazioni** e interagiscono con altri individui della stessa o di altre specie. Le

popolazioni che vivono e interagiscono in un'area definita costituiscono una **comunità**; le comunità, insieme al loro ambiente abiotico (non vivente), formano un **ecosistema**.

► **Figura 1.10, Attività 1.1**

## 1.2 I biologi studiano la vita attraverso gli esperimenti che mettono alla prova le ipotesi

- I metodi scientifici per lo studio della natura combinano l'osservazione, la raccolta di informazioni (**dati**), la sperimentazione e la logica. Molte indagini scientifiche prevedono cinque passaggi: effettuare osservazioni, porre domande, formulare ipotesi, fare previsioni e verificare le previsioni. ► **Figura 1.12**
- Per **ipotesi** si intende una risposta provvisoria alle domande. Sulla base dell'ipotesi si fanno delle previsioni che vengono messe alla prova attraverso altre osservazioni e attraverso due tipi di **esperimenti**: **comparativi** e **controllati**. ► **UN CASO DA VICINO: Coralli in acque calde, Animazione 1.1**
- I dati quantitativi sono fondamentali nella valutazione delle ipotesi. Ai dati quantitativi vengono applicati dei metodi statistici per stabilire se le differenze osservate possano essere dovute al caso oppure no. Questi metodi partono dall'**ipotesi nulla** che non vi siano differenze con le fluttuazioni casuali. ► **Appendice B**
- Le conoscenze biologiche ottenute da un **sistema modello** possono essere generalizzate ad altre specie.

## 1.3 La comprensione della biologia è importante per la salute, il benessere e per le politiche di interesse pubblico

- L'applicazione delle conoscenze biologiche è responsabile di un aumento considerevole della produzione agricola.
- La comprensione e la cura delle malattie umane richiede l'integrazione di una vasta gamma di principi biologici, dalla biologia molecolare alla biologia cellulare, dalla fisiologia all'evoluzione e all'ecologia.
- I biologi vengono spesso chiamati a consigliare gli enti governativi riguardo alla soluzione di problemi importanti che presentano aspetti biologici.
- La biologia diventa sempre più importante per capire come gli organismi interagiscono tra loro in un mondo in rapido cambiamento.
- La biologia ci permette di capire e apprezzare la diversità dell'universo vivente ed esserne grati.

## I CONCETTI IN PRATICA

### Ripasso

- 1.1 Gli organismi viventi hanno influenzato la storia sul pianeta Terra.
- 1.1 Tutte le cose viventi condividono caratteristiche fondamentali
- 1.1 Le popolazioni biologiche cambiano nel tempo.
- 1.2 I metodi scientifici producono conoscenza biologica.
- 1.3 La biologia contribuisce a molti aspetti della società.

**Articolo originale:** Lindsey H.A., Gallie J., Taylor S. and Kerr B. 2013. Evolutionary rescue from extinction is contingent on a lower rate of environmental change. *Nature* 494: 463-467.

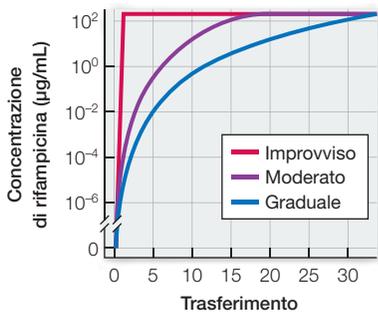
La metà degli antibiotici che vengono assunti potrebbero rivelarsi erroneamente prescritti o del tutto inutili. Gli antibiotici vengono somministrati anche agli animali da macello per prevenirne le malattie. Un uso eccessivo generalizzato di questi farmaci ha contribuito a un aumento significativo dei patogeni resistenti ai farmaci. Se foste voi gli allevatori di animali da macello, quali indicazioni potreste cercare per capire se è meglio somministrare loro periodicamente dosi basse di antibiotici,

oppure aspettare che compaiano dei sintomi per poi somministrare dosi più consistenti?

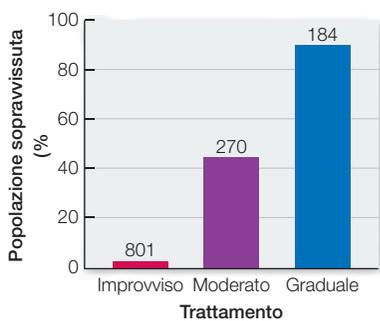
I ricercatori hanno condotto un trasferimento di 1255 popolazioni del batterio *Escherichia coli* in un ambiente in cui le concentrazioni dell'antibiotico rifampicina venivano aumentate nel tempo. Ciascuna popolazione veniva inizialmente ospitata in un mezzo liquido senza aggiunta di alcun antibiotico, e solo alla fine in uno con concentrazione di rifampicina massima.

Durante il trasferimento, le popolazioni erano sottoposte a uno di tre trattamenti. Le popolazioni etichettate come «Sudden» (improvviso) venivano esposte alla massima concentrazione possibile di rifampicina immediatamente dopo il primo trasferimento, e continuavano a ricevere la massima concentrazione a ogni trasferimento successivo. Le popolazioni etichettate come «Moderate» (moderato) venivano esposte a concentrazioni moderatamente aumentate di rifampicina, con il raggiungimento della concentrazione massima a metà della sequenza di trasferimenti. Le popolazioni etichettate come «Gradual» (graduale) venivano esposte a un aumento di rifampicina più graduale, con il raggiungimento della concentrazione massima solo alla fine dei trasferimenti.

La **Figura A** riassume le tre condizioni di trattamento e la **Figura B** mostra la percentuale delle popolazioni in ciascun trattamento che sono sopravvissute all'esperimento. Il numero in cima su ciascuna colonna mostra quante delle iniziali 1255 popolazioni erano state sottoposte a ciascun tipo di trattamento.



**Figura A Metodi.**



**Figura B Risultati.**

### Domande

- 1 Cosa mostrano i risultati di questo studio sugli effetti dei cambiamenti ambientali improvvisi rispetto a quelli graduali? Spiega come questi risultati sono utili per spiegare le estinzioni e gli adattamenti delle popolazioni agli ambienti che cambiano.
- 2 In che modo questo studio modella gli eventi che hanno plasmato la storia della vita sulla Terra?
- 3 Spiega cosa ci autorizza a dedurre che risultati simili si osserverebbero anche negli studi sulle popolazioni di piante, insetti o animali in un ambiente che cambia.
- 4 Individua se questo studio è di tipo comparativo o controllato. Progetta un esperimento dell'altro tipo di studio che provi le ipotesi secondo cui gli organismi possono sviluppare gli adattamenti a cambiamenti esterni. Spiega il tuo ragionamento.
- 5 Ipotizza che una organizzazione di ricerca abbia richiesto dei fondi per un progetto a lungo termine per sviluppare una linea continua di nuovi antibiotici per i prossimi cinquant'anni. Quell'organizzazione potrebbe sfruttare i risultati di questo studio per sostenere la richiesta di fondi? Spiega perché.

David Sadava, David M. Hillis, H. Craig Heller, Sally Hacker

# Elementi di biologia e genetica

Quinta edizione italiana condotta sulla undicesima edizione americana

La biologia è in continua evoluzione: nuove ipotesi si traducono in nuove conoscenze, ma anche in nuovi spunti di ricerca e nuovi strumenti di insegnamento, e questo rende l'esigenza di restare aggiornati più urgente rispetto ad altre discipline.

La quinta edizione italiana di *Elementi di biologia e genetica* raccoglie il patrimonio di informazioni, strumenti e prospettive accumulato negli ultimi anni e lo organizza partendo dall'idea che la biologia sia prima di tutto un sistema: quale che sia il livello di organizzazione che si vuole indagare, dalle molecole agli ecosistemi, i sistemi biologici sono interconnessi e complessi, e serve un approccio integrato. Questa constatazione legata allo studio della disciplina riflette il fatto che la popolazione umana è connessa in modo imprescindibile con le altre forme viventi.

Questo libro porta lo studente a vedere la biologia come qualcosa che lo riguarda e che riguarda il suo futuro (anche di scienziato) e lo sprona, attraverso l'apprendimento attivo, a partecipare al processo di scoperta, ad acquisire abilità di gestione e interpretazione dei dati, a formarsi un pensiero critico e propositivo. Il metodo degli autori, incentrato su esempi reali e vivaci e su ricerche in corso, stimola lo studente alla scoperta attiva e lo fa attraverso rubriche che hanno una stretta coerenza reciproca.

- *Un caso da vicino*: una storia reale e una domanda, ad apertura di capitolo, con spunti di lavoro scaturiti da

ricerche recenti; la risposta dettagliata alla domanda si trova a fine capitolo.

- *L'esperimento*: la descrizione della ricerca che sta alla base di *Un caso da vicino*.
- *Lavorare con i dati*: una proposta di lavoro sui dati reali dell'*esperimento*, nella quale lo studente è invitato ad analizzare i risultati da sé e a rispondere ad alcune domande.
- *Prospettive future*: nuove domande e opportunità di ricerca, sempre in rapporto a *Un caso da vicino*, a fine capitolo.
- *Concetti chiave*: sintesi di idee portanti all'inizio di ogni paragrafo.
- *Ricapitoliamo*: riassunto del paragrafo, con un elenco di abilità (*Hai imparato a...*) che lo studente deve aver acquisito, oltre a domande ed esercizi, in rapporto esplicito con i *concetti chiave*.
- *I concetti in pratica*: sintesi di una ricerca reale che verte intorno ad alcuni *concetti chiave* del capitolo, con una serie di domande.

Infine, anche i contenuti multimediali sono stati pensati nell'ottica di un approccio integrato. Nel testo sono richiamate infatti *Attività*, *Animazioni* e *Media Clip* che sono disponibili sul sito e nell'ebook. *Animazioni* e *Media Clip* sono inoltre visualizzabili sullo smartphone scaricando l'App **Guarda!**

**David Sadava** è professore di Biologia presso The Claremont Colleges, Claremont, California.

**David M. Hillis** è direttore del Center for Computational Biology and Bioinformatics presso la University of Texas, Austin, Texas.

**H. Craig Heller** è professore di Scienze biologiche e Biologia umana presso la Stanford University, Stanford, California.

**Sally Hacker** è professoressa di Ecologia presso la Oregon State University, Corvallis, Oregon.

## Le risorse multimediali



[online.universita.zanichelli.it/sadava-elementi5e](http://online.universita.zanichelli.it/sadava-elementi5e)

A questo indirizzo sono disponibili le risorse multimediali di complemento al libro. Per accedere alle risorse protette è necessario registrarsi su **my.zanichelli.it** inserendo la chiave di attivazione personale contenuta nel libro.

## Libro con ebook



Chi acquista il libro può scaricare gratuitamente l'**ebook**, seguendo le istruzioni presenti nel sito. L'ebook si legge con l'applicazione *Booktab Z*, che si scarica gratis da App Store (sistemi operativi Apple) o da Google Play (sistemi operativi Android).

SADAVA\*HILLIS\*ELEM BIO GENET 5E LUM

ISBN 978-88-08-82065-5



9 788808 820655

0 1 2 3 4 5 6 7 8 (60H)