

# Indice generale

<b>1</b>	<b>Lo studio della vita</b>	
<b>UN CASO DA VICINO</b>		
	Coralli in acque calde	1
<b>1.1</b>	<b>Gli organismi viventi condividono somiglianze e origine in comune</b>	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
<b>1.2</b>	<b>I biologi studiano la vita attraverso gli esperimenti che mettono alla prova le ipotesi</b>	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
<b>UN CASO DA VICINO</b>		
	Coralli in acque calde	14
	<b>L'ESPERIMENTO</b>	14
	<b>LAVORARE CON I DATI</b>	15
	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
<b>1.3</b>	<b>La comprensione della biologia è importante per la salute, il benessere e per le politiche di interesse pubblico</b>	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
	<b>IL CAPITOLO IN SINTESI</b>	21
	<b>I concetti in pratica</b>	22
<b>2</b>	<b>Piccole molecole e chimica della vita</b>	
<b>UN CASO DA VICINO</b>		
	Sulle tracce dei dinosauri	23
<b>2.1</b>	<b>La struttura atomica spiega le proprietà della materia</b>	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
<b>UN CASO DA VICINO</b>		
	<b>Determinazione della provenienza della carne nei Big Mac dall'analisi isotopica</b>	26
	<b>L'ESPERIMENTO</b>	26
	<b>LAVORARE CON I DATI</b>	27
	Il comportamento degli elettroni determina i legami chimici e la loro geometria	27
<b>2.2</b>	<b>Gli atomi si legano fra loro per formare le molecole</b>	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
<b>2.3</b>	<b>I legami fra gli atomi si modificano nelle reazioni chimiche</b>	34
<b>2.4</b>	<b>L'acqua è fondamentale per la vita</b>	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

**IL CAPITOLO IN SINTESI**

**I concetti in pratica**

**3 Le proteine, i carboidrati e i lipidi**

**UN CASO DA VICINO**

La tessitura della tela 43

**3.1 Le macromolecole caratterizzano gli organismi viventi**

I gruppi funzionali determinano la struttura delle macromolecole

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

**UN CASO DA VICINO**

Creare la seta di ragno

**L'ESPERIMENTO**

**LAVORARE CON I DATI**

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

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

I legami tra monomeri delle proteine formano le macromolecole

I legami peptidici formano l'ossatura portante di una proteina

La sequenza amminoacidica è la struttura primaria di una proteina

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

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

La struttura quaternaria di una proteina consiste di subunità

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

**L'ESPERIMENTO**

La struttura primaria determina la struttura terziaria

**LAVORARE CON I DATI**

La struttura primaria determina la struttura terziaria

Le condizioni ambientali influenzano la struttura delle proteine

La forma delle proteine può cambiare

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

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

I monosaccaridi sono zuccheri semplici

I legami glicosidici uniscono i monosaccaridi tra loro

38	I polisaccaridi accumulano energia e servono come materiali strutturali	58
41		
42	I carboidrati chimicamente modificati contengono gruppi funzionali aggiuntivi	59
	<b>3.4 I lipidi sono definiti in base alla loro solubilità, più che dalla loro struttura chimica</b>	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
	<b>IL CAPITOLO IN SINTESI</b>	65
	<b>I concetti in pratica</b>	66

**4 Gli acidi nucleici e l'origine della vita**

**UN CASO DA VICINO**

Alla ricerca della vita 69

**4.1 La struttura degli acidi nucleici determina le loro funzioni**

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**

Gli organismi viventi non provengono ripetutamente dalla natura inanimata 75

La vita cominciò nell'acqua 75

**L'ESPERIMENTO**

Prove contro la generazione spontanea della vita 76

Esperimenti di sintesi prebiotica simulano la Terra primordiale 76

**L'ESPERIMENTO**

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

La vita potrebbe essere venuta dallo spazio extraterrestre 78

**UN CASO DA VICINO**

Riusciremo a trovare le tracce di vita su Marte? 79

**L'ESPERIMENTO**

**LAVORARE CON I DATI**

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

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
<b>IL CAPITOLO IN SINTESI</b>	84
<b>I concetti in pratica</b>	85

## **5** Le cellule: unità operative della vita

<b>UN CASO DA VICINO</b>	
Protezione solare naturale	87
<b>5.1 Le cellule sono le unità fondamentali della vita</b>	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
<b>STRUMENTI DI RICERCA</b>	
Per osservare le cellule	90
Le cellule si classificano come procariotiche o eucariotiche	91
<b>5.2 Le cellule procariotiche sono le cellule più semplici</b>	92
Quali sono le caratteristiche delle cellule procariotiche?	92
Alcuni procarioti sono dotati di strutture specializzate	93
<b>5.3 Le cellule eucariotiche contengono organuli</b>	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
<b>STRUMENTI DI RICERCA</b>	
Il frazionamento cellulare	95
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
<b>UN CASO DA VICINO</b>	
Alla scoperta di un nuovo organulo: il tannosoma	104
<b>L'ESPERIMENTO</b>	104
<b>LAVORARE CON I DATI</b>	105
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
<b>L'ESPERIMENTO</b>	
Il ruolo dei microfilamenti nel movimento cellulare – dimostrazione di una relazione causa-effetto in biologia	110

<b>LAVORARE CON I DATI</b>	
Il ruolo dei microfilamenti nel movimento cellulare – dimostrazione di una relazione causa-effetto in biologia	110
<b>5.4 Le strutture extracellulari ricoprono un ruolo importante</b>	111
Cos'è la parete cellulare vegetale?	111
Negli animali la matrice extracellulare sostiene le funzioni dei tessuti	111
<b>5.5 Le cellule eucariotiche si sono evolute in vari passaggi</b>	112
Le membrane interne e l'involucro nucleare sono probabilmente derivati dalla membrana plasmatica	113
Alcuni organuli si sono formati per endosimbiosi	113
<b>IL CAPITOLO IN SINTESI</b>	114
<b>I concetti in pratica</b>	115

## **6** Le membrane cellulari

<b>UN CASO DA VICINO</b>	
Il sudore e le membrane	117
<b>6.1 Le membrane biologiche sono doppi strati proteico-lipidici</b>	118
I lipidi costituiscono il tessuto strutturale idrofobico della membrana	119
Le proteine di membrana hanno distribuzione asimmetrica	119
<b>STRUMENTI DI RICERCA</b>	
La tecnica del criodecappaggio mette in evidenza le proteine di membrana	120
<b>L'ESPERIMENTO</b>	
La diffusione rapida delle proteine di membrana	121
Le membrane sono in costante cambiamento	121
I carboidrati della membrana plasmatica fungono da siti di riconoscimento	121
<b>6.2 La membrana cellulare è importante per l'adesione e il riconoscimento tra cellule</b>	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
<b>6.3 Le sostanze possono attraversare le membrane grazie a processi passivi</b>	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**

#### UN CASO DA VICINO

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

L'ESPERIMENTO **130**

LAVORARE CON I DATI **131**

### 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**

## 7

### La comunicazione cellulare e la pluricellularità

#### UN CASO DA VICINO

Segnali di attaccamento **139**

### 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**

#### UN CASO DA VICINO

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

L'ESPERIMENTO **152**

LAVORARE CON I DATI **153**

### 7.5 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**

## 8

### Energia, enzimi e metabolismo

#### UN CASO DA VICINO

Il funzionamento dell'aspirina **159**

### 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
<b>8.5 Le attività enzimatiche possono essere regolate</b>	172
Gli enzimi possono essere regolati tramite inibitori	173
<b>UN CASO DA VICINO</b>	
<b>I farmaci antinfiammatori come inibitori di enzimi</b>	174
<b>L'ESPERIMENTO</b>	174
<b>LAVORARE CON I DATI</b>	174
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
<b>IL CAPITOLO IN SINTESI</b>	179
<b>I concetti in pratica</b>	180

## 9 I processi di estrazione dell'energia chimica

<b>UN CASO DA VICINO</b>	
Una questione di peso	183
<b>9.1 Le cellule ricavano energia chimica dall'ossidazione del glucosio</b>	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
<b>9.2 In presenza di ossigeno, il glucosio viene totalmente ossidato</b>	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
<b>9.3 La fosforilazione ossidativa forma ATP</b>	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
<b>L'ESPERIMENTO</b>	
Dimostrazione sperimentale del meccanismo chemiosmotico	193

<b>UN CASO DA VICINO</b>	
<b>Mitocondri, genetica, obesità</b>	194
<b>L'ESPERIMENTO</b>	194
<b>LAVORARE CON I DATI</b>	194
Alcuni microrganismi usano accettori di elettroni diversi da O <sub>2</sub>	195
<b>9.4 In assenza di ossigeno, parte dell'energia viene ricavata dal glucosio</b>	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
<b>9.5 Le vie metaboliche sono correlate e regolate</b>	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
<b>IL CAPITOLO IN SINTESI</b>	202
<b>I concetti in pratica</b>	203

## 10 La fotosintesi: energia dalla luce solare

<b>UN CASO DA VICINO</b>	
Il sistema FACE	205
<b>10.1 La fotosintesi utilizza la luce per produrre carboidrati</b>	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
<b>UN CASO DA VICINO</b>	
<b>Qual è la chimica della fotosintesi, e come verrà modificata dall'aumento di CO<sub>2</sub> atmosferico?</b>	207
<b>L'ESPERIMENTO</b>	207
<b>LAVORARE CON I DATI</b>	207
La fotosintesi segue due percorsi	208
<b>10.2 La fotosintesi trasforma l'energia luminosa in energia chimica</b>	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
<b>10.3 L'energia chimica catturata nella fotosintesi viene sfruttata per la sintesi dei carboidrati</b>	214
Come furono scoperte le tappe della sintesi di carboidrati?	214

**L'ESPERIMENTO**Mappare il percorso di CO<sub>2</sub> 214**LAVORARE CON I DATI**Mappare il percorso di CO<sub>2</sub> 215

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** 217In che modo alcune piante aggirano i limiti della fissazione di CO<sub>2</sub>? 218

La fotorespirazione avviene nelle piante C3 ma non nelle C4 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

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**11 La divisione e il ciclo cellulare****UN CASO DA VICINO****Cellule immortali** 227**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 i cromosomi si separano per assortimento indipendente 243

**12 Ereditarietà, geni e cromosomi****UN CASO DA VICINO****Quali sono le regole dell'ereditarietà?** 257**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

**UN CASO DA VICINO****Gli esperimenti monoibridi di Mendel** 260**L'ESPERIMENTO** 260**LAVORARE CON I DATI** 260

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**L'ESPERIMENTO**

Omozigote o eterozigote? 263

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'ESPERIMENTO**

Alcuni alleli non assortiscono indipendentemente **274**

**LAVORARE CON I DATI**

Alcuni alleli non assortiscono indipendentemente **274**

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**

## **13** Il DNA e il suo ruolo nell'ereditarietà

**UN CASO DA VICINO**

Mirare alla duplicazione del DNA nelle terapie contro il cancro **285**

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

Prove circostanziali indicano che il materiale genetico è il DNA **286**

**L'ESPERIMENTO**

La trasformazione genetica **286**

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

**L'ESPERIMENTO**

La trasformazione genetica da DNA **287**

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

**L'ESPERIMENTO**

L'esperimento Hershey-Chase **289**

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**

**UN CASO DA VICINO**

**L'esperimento di Meselson e Stahl** **296**

**L'ESPERIMENTO** **296**

**LAVORARE CON I DATI** **297**

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**

## **14** Dal DNA alle proteine: l'espressione genica

**UN CASO DA VICINO**

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

**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**

**L'ESPERIMENTO**

Un gene, un enzima **311**

**LAVORARE CON I DATI**

Un gene, un enzima **312**

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	Le mutazioni puntiformi sono dei cambiamenti di singoli nucleotidi	337
<b>14.3 L'informazione contenuta nel DNA viene trascritta per produrre RNA</b>	314	Mutazioni in regioni non codificanti	338
Le RNA polimerasi condividono caratteristiche comuni	315	Le mutazioni cromosomiche sono cambiamenti su larga scala del materiale genetico	338
La trascrizione avviene in tre fasi	315	I retrovirus e i trasposoni possono causare mutazioni con perdita di funzione o duplicazioni	339
L'informazione per la sintesi proteica risiede in un codice genetico	317	Le mutazioni possono essere spontanee o indotte	339
<b>UN CASO DA VICINO</b>		I mutageni possono essere naturali o artificiali	341
<b>L'esperimento di Meselson e Stahl</b>	319	Alcune paia di basi sono più vulnerabili di altre alla mutazione	341
<b>L'ESPERIMENTO</b>	318	Le mutazioni hanno sia costi sia benefici	342
<b>LAVORARE CON I DATI</b>	319	<b>15.2 Negli esseri umani, alcune mutazioni possono provocare malattie</b>	343
<b>14.4 La trascrizione del pre-mRNA eucariotico avviene prima della traduzione</b>	319	Le mutazioni che producono malattie possono rendere le proteine disfunzionali	343
Sequenze non codificanti, dette introni, compaiono spesso tra i geni nei cromosomi eucariotici	321	Le mutazioni che causano malattie possono interessare qualsiasi numero di coppie di basi	344
Il processamento del pre-mRNA prepara la trascrizione dell'mRNA per la traduzione	321	L'espansione di triplette ripetute dimostra la fragilità di alcuni geni umani	345
<b>14.5 L'informazione contenuta nell'mRNA viene tradotta in proteine</b>	323	Il cancro spesso implica mutazioni somatiche	345
Gli RNA transfer portano amminoacidi specifici e si legano a specifici codoni	323	La maggior parte delle malattie è causata da geni multipli e dall'ambiente	346
Ogni tRNA è legato specificamente a un amminoacido	324	<b>15.3 Le mutazioni possono essere rilevate e analizzate</b>	347
Il ribosoma è il banco da lavoro della traduzione	325	Gli enzimi di restrizione tagliano il DNA in sequenze specifiche	347
La traduzione avviene in tre fasi	325	L'elettroforesi su gel separa i frammenti di DNA	348
La formazione di polisomi aumenta la velocità di sintesi proteica	327	<b>STRUMENTI DI RICERCA</b>	
<b>14.6 I polipeptidi possono essere modificati per il trasporto durante o dopo la traduzione</b>	329	La separazione di frammenti di DNA con l'elettroforesi su gel	348
In che modo le proteine vengono dirette alle loro destinazioni cellulari?	329	Il DNA <i>fingerprinting</i> combina la PCR, l'analisi di restrizione e l'elettroforesi	349
<b>L'ESPERIMENTO</b>		L'analisi del DNA può essere usata per identificare mutazioni che producono malattie	350
L'identificazione della sequenza segnale	330	I marcatori genetici possono essere usati per identificare i geni che causano patologie	350
Mitocondri e cloroplasti producono alcune delle loro proteine e ne importano altre	330	<b>UN CASO DA VICINO</b>	
Molte proteine vengono modificate dopo la traduzione	330	<b>Come venne identificato il gene BRCA1?</b>	353
<b>IL CAPITOLO IN SINTESI</b>	332	<b>L'ESPERIMENTO</b>	352
<b>I concetti in pratica</b>	333	<b>LAVORARE CON I DATI</b>	353
		<b>15.4 Lo screening genetico viene usato per diagnosticare malattie</b>	352
		Lo screening può essere condotto esaminando il fenotipo	353
		<b>STRUMENTI DI RICERCA</b>	
		Test del DNA con ibridazione oligonucleotidica allele-specifica	354
		Il test del DNA è il modo più accurato per evidenziare geni anormali	354
		L'ibridazione oligonucleotidica allele-specifica può individuare le mutazioni	355
		<b>15.5 Le malattie genetiche possono essere trattate</b>	355
		Le malattie genetiche possono essere trattate modificando il fenotipo	355

## 15 Mutazioni geniche e medicina molecolare

### UN CASO DA VICINO

L'effetto «Angelina Jolie» 335

**15.1 Le mutazioni sono cambiamenti ereditabili nel DNA** 336

Le mutazioni hanno effetti fenotipici diversi 336

La terapia genica offre la speranza di trattamenti specifici **356**

#### **L'ESPERIMENTO**

Terapia genica **357**

**IL CAPITOLO IN SINTESI** **358**

**I concetti in pratica** **359**

## **16** La regolazione dell'espressione genica

### **UN CASO DA VICINO**

**Espressione genica e comportamento** **361**

**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 regolarne 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**

### **UN CASO DA VICINO**

**Espressione genica e comportamento** **377**

**L'ESPERIMENTO** **377**

**LAVORARE CON I DATI** **377**

**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**

## **17** I genomi

### **UN CASO DA VICINO**

**Il Progetto Genoma del Cane** **385**

**17.1 È possibile sequenziare velocemente i genomi** **386**

La sequenza di basi di un piccolo frammento di DNA può essere determinata velocemente **386**

Le sequenze genomiche forniscono diversi tipi di informazioni **388**

### **UN CASO DA VICINO**

**Analisi comparativa del genoma della tigre** **389**

**L'ESPERIMENTO** **389**

**LAVORARE CON I DATI** **389**

I genomi procariotici sono compatti **390**

**17.2 I genomi procariotici presentano caratteristiche peculiari** **390**

Il sequenziamento dei genomi dei procarioti e dei virus può dare potenziali benefici **391**

La metagenomica permette di descrivere nuovi organismi ed ecosistemi **391**

Alcune sequenze di DNA si possono muovere nel genoma **392**

Determinare quali geni sono necessari per la vita cellulare porterà alla vita artificiale? **393**

### **L'ESPERIMENTO**

L'impiego della mutagenesi da trasposoni per determinare il genoma minimo **393**

**17.3 I genomi eucariotici contengono molti tipi di sequenze** **394**

Gli organismi modello hanno rivelato molte delle caratteristiche del genoma eucariotico **395**

Gli eucarioti hanno famiglie geniche **397**

I genomi degli eucarioti contengono molte sequenze ripetute	398
<b>17.4 Il genoma rivela la biologia umana</b>	400
La genomica comparativa ha rivelato l'evoluzione del genoma umano	400
La genomica umana produce potenziali benefici per la medicina	401
<b>17.5 La proteomica e la metabolomica ci forniscono informazioni ulteriori rispetto al genoma</b>	403
Il proteoma è tutto l'insieme delle proteine in una cellula, in un tessuto, in un organismo in un certo momento	403
La metabolomica è lo studio del fenotipo chimico	404
<b>IL CAPITOLO IN SINTESI</b>	405
<b>I concetti in pratica</b>	406

## 18 Il DNA ricombinante e le biotecnologie

### UN CASO DA VICINO

Quando la tecnologia genetica incontra la medicina	407
--	-----

<b>18.1 DNA di origine diversa forma DNA ricombinante</b>	408
---	-----

### L'ESPERIMENTO

Il DNA ricombinante	408
---------------------	-----

<b>18.2 Ci sono vari modi per inserire nuovi geni in una cellula</b>	410
--	-----

Geni marcatori selezionabili sono utilizzati per identificare cellule ospiti che contengono DNA ricombinante	410
--	-----

I geni possono essere inseriti in cellule procariotiche o eucariotiche	410
--	-----

Il DNA inserito viene solitamente integrato nel cromosoma ospite	410
--	-----

I geni reporter permettono di selezionare o identificare le cellule ospiti che contengono il DNA ricombinante	411
---	-----

### STRUMENTI DI RICERCA

La selezione del DNA ricombinante	412
-----------------------------------	-----

<b>18.3 Qualsiasi sequenza di DNA può essere usata per il clonaggio</b>	413
---	-----

Il DNA per il clonaggio può provenire da una libreria	413
---	-----

### STRUMENTI DI RICERCA

La costruzione di librerie genomiche	414
--------------------------------------	-----

Il cDNA è prodotto dai trascritti di mRNA	414
---	-----

Il DNA sintetico può essere prodotto dalla PCR o con reazioni di chimica organica	414
---	-----

<b>18.4 Molteplici strumenti sono usati per modificare il DNA e studiare la sua funzione</b>	415
--	-----

L'espressione genica può essere modulata dalla tecnologia che agisce sul DNA	415
--	-----

Mutazioni nel DNA possono essere create in laboratorio	416
--	-----

I geni possono essere inattivati e alterati dalla tecnologia CRISPR	416
---	-----

### STRUMENTI DI RICERCA

Inattivare o mutare un gene tramite CRISPR	416
--	-----

L'RNA complementare può prevenire l'espressione di geni specifici	417
---	-----

I microarray a DNA rivelano i pattern di espressione dell'RNA	418
---	-----

<b>18.5 Il DNA può essere manipolato a beneficio umano</b>	419
--	-----

Le cellule possono essere trasformate in fabbriche della proteina che vogliamo	419
--	-----

Le biotecnologie per la produzione di proteine utili in medicina	419
--	-----

La manipolazione del DNA sta cambiando l'agricoltura	420
--	-----

### UN CASO DA VICINO

Produzione di TPA	421
-------------------	-----

L'ESPERIMENTO	421
---------------	-----

LAVORARE CON I DATI	421
---------------------	-----

La biologia sintetica può creare fabbriche viventi per nuovi prodotti	424
---	-----

Le biotecnologie suscitano allarme nell'opinione pubblica	424
---	-----

<b>IL CAPITOLO IN SINTESI</b>	425
-------------------------------	-----

<b>I concetti in pratica</b>	426
------------------------------	-----

## 19 Geni, sviluppo ed evoluzione

### UN CASO DA VICINO

Terapia con cellule staminali	429
-------------------------------	-----

<b>19.1 Sono quattro i processi principali dello sviluppo: determinazione, differenziazione, morfogenesi, crescita</b>	430
--	-----

Lo sviluppo implica processi distinti ma sovrapposti	430
--	-----

I possibili destini delle cellule diventano progressivamente più limitati durante lo sviluppo	431
---	-----

### L'ESPERIMENTO

La clonazione di una pianta	432
-----------------------------	-----

La differenziazione cellulare a volte è reversibile	432
---	-----

Totipotenza dei nuclei negli animali	432
--------------------------------------	-----

### STRUMENTI DI RICERCA

La clonazione di un mammifero	433
-------------------------------	-----

### UN CASO DA VICINO

Terapia con cellule staminali	434
-------------------------------	-----

L'ESPERIMENTO	434
---------------	-----

LAVORARE CON I DATI	434
---------------------	-----

Le cellule staminali multipotenti si differenziano in risposta a segnali ambientali	435
---	-----

Le cellule staminali pluripotenti possono essere ottenute in due modi	435
---	-----

<b>19.2 Le differenze nell'espressione genica determinano il destino di una cellula e la sua differenziazione</b>	<b>437</b>
La segregazione citoplasmatica può determinare la polarità e il destino cellulare	437
Induttori che passano da una cellula all'altra possono determinare il destino cellulare	438
La trascrizione genica differenziale è il tratto caratteristico della differenziazione cellulare	439
<b>19.3 L'espressione genica determina la morfogenesi e la formazione del pattern</b>	<b>440</b>
I gradienti morfogenetici forniscono informazioni di posizione	440
L'espressione dei geni che codificano per i fattori di trascrizione determina la differenziazione degli organi nelle piante	441
Una cascata di fattori di trascrizione stabilisce la segmentazione del corpo nel moscerino della frutta	442
<b>19.4 Cambiamenti nell'espressione genica sono alla base dell'evoluzione dello sviluppo</b>	<b>446</b>
Che cos'è l'evo-devo?	446
I geni dello sviluppo di organismi lontanamente imparentati sono simili tra loro	446
Gli interruttori genetici governano come viene usato il <i>toolkit</i> genetico	447
La modularità consente le differenze nei pattern di espressione genica	448
<b>19.5 Cambiamenti nei geni dello sviluppo condizionano l'evoluzione</b>	<b>451</b>
Mutazioni nei geni per lo sviluppo possono produrre grandi cambiamenti morfologici	451
Geni dello sviluppo conservati possono portare a evoluzione parallela	452
<b>IL CAPITOLO IN SINTESI</b>	<b>453</b>
<b>I concetti in pratica</b>	<b>454</b>

## **20** I meccanismi dell'evoluzione

<b>UN CASO DA VICINO</b>	
<b>Una corsa agli armamenti evolutiva tra pipistrelli e falene</b>	<b>455</b>
<b>20.1 Fatti e teoria in materia di evoluzione</b>	<b>456</b>
Darwin e Wallace hanno introdotto l'idea di evoluzione per selezione naturale	456
<b>20.2 I meccanismi del cambiamento evolutivo</b>	<b>458</b>
La mutazione genera variabilità genetica	459
La selezione agisce sulla variabilità genetica producendo nuovi fenotipi	460
La selezione aumenta la frequenza delle mutazioni vantaggiose nelle popolazioni	461

<b>UN CASO DA VICINO</b>	
<b>Lunghe code alari sono utili per evitare la predazione dei pipistrelli?</b>	<b>462</b>
<b>L'ESPERIMENTO</b>	<b>462</b>
<b>LAVORARE CON I DATI</b>	<b>463</b>
Il flusso genico può modificare le frequenze alleliche	462
La deriva genetica può provocare grandi cambiamenti in una popolazione di piccole dimensioni	462
L'accoppiamento non casuale può modificare le frequenze genotipiche o alleliche	464
<b>L'ESPERIMENTO</b>	
Selezione sessuale in azione	465
<b>20.3 L'evoluzione si misura con i cambiamenti delle frequenze alleliche</b>	<b>466</b>
<b>STRUMENTI DI RICERCA</b>	
Calcolo delle frequenze alleliche e genotipiche	466
Si ha evoluzione a meno che non si verifichino alcune condizioni restrittive	467
Gli scostamenti dall'equilibrio di Hardy-Weinberg sono un indizio che l'evoluzione sta avvenendo	468
<b>20.4 La selezione può essere stabilizzante, direzionale o divergente</b>	<b>468</b>
La selezione stabilizzante riduce la variabilità nelle popolazioni	469
La selezione direzionale favorisce un estremo della variabilità in una popolazione	470
La selezione divergente favorisce le varianti opposte in una popolazione	470
<b>20.5 Nelle popolazioni la variabilità genetica è mantenuta da diversi fattori</b>	<b>471</b>
Nelle popolazioni si accumulano le mutazioni neutrali	471
La ricombinazione sessuale aumenta il numero dei genotipi possibili	472
La selezione dipendente dalla frequenza mantiene la variabilità genetica nelle popolazioni	472
Il vantaggio dell'eterozigote mantiene i loci polimorfici	473
La variabilità genetica all'interno delle specie viene mantenuta in popolazioni geograficamente distinte	473
<b>L'ESPERIMENTO</b>	
Un vantaggio riproduttivo per gli eterozigoti	474
<b>LAVORARE CON I DATI</b>	
Un vantaggio riproduttivo per gli eterozigoti	474
<b>20.6 Quali sono i limiti del cambiamento evolutivo?</b>	<b>475</b>
I processi di sviluppo pongono limiti all'evoluzione	476
I rapporti costi-benefici vincolano l'evoluzione	476
Gli effetti a breve e a lungo termine dell'evoluzione possono essere differenti	477
<b>IL CAPITOLO IN SINTESI</b>	<b>478</b>
<b>I concetti in pratica</b>	<b>479</b>

## 21 Ricostruzione e utilizzo della filogenesi

### UN CASO DA VICINO

Usare la filogenesi per migliorare uno strumento genetico 481

**21.1 Tutte le forme di vita sono collegate tra loro attraverso la storia evolutiva** 482

Gli alberi filogenetici sono la base della biologia comparata 483

I tratti derivati forniscono l'evidenza delle relazioni evolutive 484

**21.2 La filogenesi può essere ricostruita partendo dai caratteri degli organismi** 485

La parsimonia fornisce la spiegazione più semplice per un inquadramento filogenetico dei dati 487

La filogenesi viene ricostruita sulla base di molte fonti di dati 487

I modelli matematici aumentano la nostra capacità di ricostruire la filogenesi 489

L'accuratezza dei metodi filogenetici può essere verificata 489

### UN CASO DA VICINO

L'accuratezza di un'analisi filogenetica 490

L'ESPERIMENTO 490

LAVORARE CON I DATI 491

**21.3 La filogenesi rende la biologia una scienza comparativa e predittiva** 491

Gli alberi filogenetici possono essere usati per ricostruire il passato 491

La filogenesi permette di capire l'evoluzione dei caratteri complessi 492

La filogenesi può rivelare fenomeni di convergenza evolutiva 493

È possibile ricostruire gli stati ancestrali 493

Gli orologi molecolari aiutano a datare gli eventi evolutivi 494

**21.4 La filogenesi è la base per la classificazione biologica** 496

La storia evolutiva è la base per la moderna classificazione biologica 497

Diversi codici di nomenclatura biologica disciplinano l'uso dei nomi scientifici 497

**IL CAPITOLO IN SINTESI** 499

**I concetti in pratica** 500

## 22 La speciazione

### UN CASO DA VICINO

Un caso di speciazione rapida nei ciclidi del lago Malawi 501

**22.1 Le specie sono linee isolate riproduttivamente nell'albero della vita** 502

Possiamo riconoscere molte specie dal loro aspetto 502

L'isolamento riproduttivo è il fattore chiave 502

La nozione di specie come linea evolutiva offre una visione a lungo termine 503

I diversi concetti di specie non si escludono a vicenda 503

**22.2 La speciazione è una conseguenza naturale della suddivisione delle popolazioni** 504

L'incompatibilità tra geni può produrre isolamento riproduttivo 504

L'isolamento riproduttivo si sviluppa all'aumentare della divergenza genetica 505

**22.3 La speciazione può avvenire per isolamento geografico o in simpatria** 506

Le barriere fisiche danno luogo alla speciazione allopatrica 506

La speciazione simpatica avviene in assenza di barriere fisiche 508

**22.4 L'isolamento riproduttivo è rinforzato quando specie separate entrano in contatto** 510

I meccanismi di isolamento prezigotico impediscono l'ibridazione 510

I meccanismi postzigotici di isolamento determinano una selezione contro la formazione di ibridi 512

### UN CASO DA VICINO

**Il colore dei fiori rinforza una barriera riproduttiva nel genere *Phlox*** 513

L'ESPERIMENTO 513

LAVORARE CON I DATI 513

Se l'isolamento riproduttivo è incompleto si possono formare zone ibride 514

**22.5 Il tasso di speciazione è molto variabile tra gli organismi viventi** 515

Diversi fattori ecologici e comportamentali influenzano i tassi di speciazione 515

Una speciazione rapida può portare a una radiazione adattativa 516

**IL CAPITOLO IN SINTESI** 518

**I concetti in pratica** 519

## 23 Evoluzione di geni e di genomi

### UN CASO DA VICINO

La teoria dell'evoluzione aiuta a progettare vaccini antinfluenzali migliori 521

**23.1 Le sequenze del DNA registrano l'evoluzione dei geni** 522

L'evoluzione dei genomi è all'origine della diversità biologica 522

I geni e le proteine vengono confrontati attraverso l'allineamento delle sequenze 523

I modelli di evoluzione delle sequenze sono utilizzati per calcolare la divergenza evolutiva 523

**STRUMENTI DI RICERCA**

Allineamento di sequenze amminoacidiche **523**  
 Studi sperimentali esaminano in modo diretto l'evoluzione molecolare **524**

**23.2 I genomi rivelano i processi evolutivi neutrali e selettivi** **525**

Gran parte dell'evoluzione molecolare è neutrale **525**  
 Gli effetti della selezione positiva e della selezione purificante possono essere rilevati nel genoma **528**

**L'ESPERIMENTO**

Evoluzione molecolare convergente **528**

**LAVORARE CON I DATI**

Evoluzione molecolare convergente **529**  
 Anche le dimensioni del genoma sono soggette a evoluzione **530**

**23.3 Il trasferimento genico laterale e la duplicazione genica generano cambiamenti significativi** **532**

Il trasferimento genico laterale può permettere di acquisire nuove funzioni **532**  
 La maggior parte delle nuove funzioni insorge a seguito di duplicazione genica **533**  
 Alcune famiglie di geni evolvono per evoluzione concertata **535**

**23.4 L'evoluzione molecolare ha molte applicazioni pratiche** **536**

Le sequenze molecolari vengono utilizzate per determinare la storia evolutiva dei geni **536**  
 L'evoluzione dei geni viene utilizzata per studiare le funzioni delle proteine **537**

**UN CASO DA VICINO**

**Perché la pandemia di influenza del 1918-1919 fu così grave?** **538**  
**L'ESPERIMENTO** **538**  
**LAVORARE CON I DATI** **538**

È possibile produrre nuove molecole mediante evoluzione *in vitro* **539**

La conoscenza dell'evoluzione molecolare viene utilizzata per combattere le malattie **540**

**IL CAPITOLO IN SINTESI** **541**  
**I concetti in pratica** **542**

Gli scienziati hanno usato diversi metodi per costruire una scala dei tempi geologici **546**

**24.2 I cambiamenti dell'ambiente fisico terrestre hanno influenzato la storia della vita** **547**

I continenti e i climi sono cambiati nel corso del tempo geologico **547**  
 Il clima della Terra ha oscillato tra condizioni calde e fredde **549**  
 In alcuni casi i vulcani hanno cambiato fortemente la storia della vita **549**  
 Eventi extraterrestri hanno innescato cambiamenti sulla Terra **550**  
 Le concentrazioni di ossigeno nell'atmosfera terrestre sono cambiate nel tempo **550**  
 Le estinzioni avvengono continuamente, ma le estinzioni di massa si verificano per improvvisi e massivi cambiamenti ambientali **552**

**UN CASO DA VICINO**

**Una relazione tra concentrazione di ossigeno atmosferico e taglia degli insetti** **553**

**L'ESPERIMENTO** **553**  
**LAVORARE CON I DATI** **553**

**L'ESPERIMENTO**

Quali fattori influenzano l'estinzione delle piccole popolazioni? **554**

**LAVORARE CON I DATI**

Quali fattori influenzano l'estinzione delle piccole popolazioni? **554**

**24.3 Gli eventi principali dell'evoluzione biologica possono essere rilevati dai fossili** **555**

Diversi processi contribuiscono a determinare la scarsità dei fossili **555**  
 Le forme di vita del Precambriano erano piccole e acquatiche **556**  
 La vita si espanse rapidamente durante il periodo Cambriano **556**  
 Molti gruppi di organismi comparsi durante il periodo Cambriano si sono diversificati successivamente **557**  
 Durante il Mesozoico è aumentata la differenziazione geografica **561**

I biota moderni si sono evoluti nel corso del Cenozoico **561**

L'albero della vita è utilizzato per ricostruire gli eventi evolutivi **562**

**IL CAPITOLO IN SINTESI** **563**  
**I concetti in pratica** **564**

**24 La storia della vita sulla Terra**

**UN CASO DA VICINO**

Quando insetti giganti incrociavano i cieli terrestri **543**

**24.1 Gli eventi della storia della Terra possono essere datati** **544**

I radioisotopi forniscono un modo per datare i fossili e le rocce **544**

I metodi radiometrici di datazione sono stati ampliati e perfezionati **546**

**25 Batteri, archei e virus**

**UN CASO DA VICINO**

Luce dai batteri sulla superficie marina **565**

**25.1 Batteri e archei rappresentano i due rami principali dell'albero della vita** **566**

I due domini dei procarioti differiscono tra loro in modo significativo **567**

Le piccole dimensioni dei procarioti hanno ostacolato lo studio dei loro rapporti filogenetici **567**

Le sequenze nucleotidiche dei procarioti rivelano i loro rapporti evolutivi **569**

Il trasferimento genico laterale può portare ad alberi genici discordanti **569**

La stragrande maggioranza delle specie procariotiche non è stata ancora studiata **570**

## **25.2 La diversità dei procarioti riflette le antiche origini della vita**

Due linee di batteri di antica divergenza vivono a temperature decisamente estreme **571**

Gli attinobatteri comprendono i principali batteri patogeni, ma sono anche fonti di antibiotici **572**

I cianobatteri sono stati i primi organismi fotosintetici **573**

Le spirochete si muovono per mezzo di filamenti assiali **574**

Le clamidie sono parassiti estremamente piccoli **574**

I proteobatteri costituiscono un gruppo vasto e molto diversificato **575**

### **L'ESPERIMENTO**

Qual è la temperatura più alta compatibile con la vita? **576**

La distinzione tra *Archaea* e *Bacteria* è stata possibile grazie all'analisi delle sequenze genetiche **576**

### **LAVORARE CON I DATI**

Qual è la temperatura più alta compatibile con la vita? **576**

La maggior parte degli archei procariotici vive in luoghi caldi e acidi **577**

## **25.3 Le comunità ecologiche dipendono dai procarioti**

Molti procarioti formano comunità complesse **579**

I microbiomi sono fondamentali per la salute di molti eucarioti **579**

### **UN CASO DA VICINO**

**Come comunicano tra di loro i batteri?** **580**

**L'ESPERIMENTO** **580**

Una piccola minoranza di batteri è patogena **581**

I procarioti possiedono una straordinaria varietà di vie metaboliche **583**

I procarioti svolgono un ruolo importante nella circolazione degli elementi **584**

## **25.4 I virus si sono evoluti molte volte indipendentemente**

Molti virus a RNA rappresentano probabilmente componenti genomiche fuoriuscite da cellule **585**

Alcuni virus a DNA potrebbero essersi evoluti da organismi cellulari ridotti **587**

I virus possono essere usati per combattere le infezioni batteriche **587**

## **IL CAPITOLO IN SINTESI**

### **I concetti in pratica**

# **26 L'origine e la diversificazione degli eucarioti**

### **UN CASO DA VICINO**

**Prevedere le maree rosse tossiche** **593**

## **26.1 Gli eucarioti hanno acquisito caratteristiche sia dagli archei sia dai batteri**

La cellula eucariotica si è evoluta in diverse tappe **594**

I cloroplasti sono stati trasferiti più volte da un eucariote all'altro **596**

## **26.2 Le linee evolutive principali degli eucarioti si sono diversificate nel Precambriano**

Gli alveolati possiedono alveoli al di sotto della loro membrana plasmatica **598**

### **L'ESPERIMENTO**

Il ruolo dei vacuoli nella digestione dei ciliati **600**

Gli stramenopili possiedono di regola due flagelli di lunghezza diversa **600**

I rizari sono tipicamente provvisti di pseudopodi lunghi e sottili **602**

Gli escavati hanno iniziato a diversificarsi circa 1,5 miliardi di anni fa **602**

Gli amebozoi si muovono per mezzo di pseudopodi lobati **604**

## **26.3 I protisti si riproducono per via sessuata e asessuata**

Alcuni protisti si riproducono in modo asessuato oppure hanno scambi sessuali indipendenti dalla riproduzione **607**

Alcuni cicli biologici dei protisti sono caratterizzati da alternanza di generazioni **607**

## **26.4 I protisti sono componenti cruciali per molti ecosistemi**

Il fitoplancton è costituito da produttori primari **609**

Alcuni eucarioti microbici sono letali **609**

Alcuni eucarioti microbici sono endosimbionti **609**

L'umanità dipende dai residui di antichi protisti marini **610**

### **UN CASO DA VICINO**

**I coralli sono in grado di ripristinare i loro dinoflagellati endosimbionti persi per lo sbiancamento?** **611**

**L'ESPERIMENTO** **611**

**LAVORARE CON I DATI** **611**

## **IL CAPITOLO IN SINTESI**

### **I concetti in pratica**

## 27 Le origini degli animali e l'evoluzione dei piani corporei

### UN CASO DA VICINO

In un acquario, la scoperta di un misterioso animale 615

#### 27.1 Alcuni caratteri degli animali si sono evoluti diverse volte 616

Il carattere monofiletico degli animali è testimoniato da sequenze geniche e dalla morfologia 618

### L'ESPERIMENTO

Che cosa induce i coanoflagellati a formare colonie pluricellulari? 619

Un piccolo numero di schemi di sviluppo è alla base delle differenze fra i principali gruppi animali 619

#### 27.2 Gli animali si sono diversificati a partire dai piani corporei 621

La maggior parte degli animali è caratterizzata da simmetria corporea 621

La struttura della cavità corporea influisce sul movimento 622

La segmentazione del corpo migliora il controllo dei movimenti 623

Le appendici corporee possono svolgere numerose funzioni 623

Il sistema nervoso coordina il movimento e permette di elaborare i dati sensoriali 624

#### 27.3 Gli animali si muovono e si alimentano in modi molto diversi 624

I filtratori catturano piccole prede 624

Gli erbivori si nutrono di piante 625

I predatori e gli onnivori catturano e si nutrono della preda 625

I parassiti vivono all'interno di altri organismi o su di essi 626

I detritivori si nutrono dei resti di altri organismi 626

#### 27.4 I cicli vitali degli animali dipendono dallo stile di vita 626

Molti cicli biologici degli animali includono stadi specializzati 626

La maggior parte dei cicli biologici degli animali include almeno una fase di dispersione 627

I cicli biologici dei parassiti facilitano la dispersione e superano le difese dell'ospite 627

Alcuni animali formano colonie di individui geneticamente identici, fisiologicamente integrati 628

Nessun ciclo biologico può ottimizzare tutte le «prestazioni» 629

#### 27.5 Nell'albero evolutivo degli animali la diversificazione ha origini molto antiche 630

Gli ctenofori sono il gruppo fratello di tutti gli altri animali 630

Le spugne sono animali con un'organizzazione corporea semplice 631

### UN CASO DA VICINO

Ricostruire la filogenesi degli animali partendo dai geni che codificano per le proteine 632

L'ESPERIMENTO 632

LAVORARE CON I DATI 632

I placozoi sono abbondanti ma difficili da osservare 633

Gli cnidari sono predatori specializzati 633

Alcuni piccoli gruppi di animali parassiti sono forse i parenti più stretti dei bilateri 637

### IL CAPITOLO IN SINTESI 638

I concetti in pratica 639

## 28 Gli animali protostomi

### UN CASO DA VICINO

Esplorare la diversità della vita sulla Terra 641

#### 28.1 I protostomi comprendono oltre la metà di tutte le specie animali descritte 642

Nei lofotrocozoi si sono evoluti i lofofori e le larve trocofore, gli uni e le altre ciliati 642

Gli ecdisozoi rinnovano periodicamente la cuticola 634

Lo sviluppo delle sagitte conserva alcune caratteristiche ancestrali 635

#### 28.2 Molti lofotrocozoi hanno strutture ciliate per alimentarsi o diversi stadi vitali 636

La maggior parte dei briozoi e degli endoprocti vive in colonie 636

Vermi piatti, rotiferi e gastrotrichi sono gruppi affini strutturalmente diversi 636

I nemertini hanno una lunga proboscide protrusibile 638

Brachiopodi e foronidei usano il lofoforo per filtrare il cibo dall'acqua 639

Gli anellidi hanno il corpo segmentato 650

I molluschi hanno subito una clamorosa radiazione evolutiva 652

#### 28.3 Gli ecdisozoi si accrescono mutando periodicamente il rivestimento corporeo 655

Diversi gruppi di ecdisozoi marini includono relativamente poche specie 655

I nematodi e i loro parenti sono abbondanti e diversificati 656

#### 28.4 Gli artropodi sono il gruppo animale più abbondante e diversificato 657

I parenti prossimi degli artropodi possiedono appendici carnose e non articolate 658

Le appendici articolate apparvero con i trilobiti 658

I chelicerati hanno appendici boccali appuntite, non adatte alla masticazione 659

Mandibole e antenne caratterizzano i rimanenti gruppi di artropodi 659

Più della metà di tutte le specie di specie viventi descritte appartiene agli insetti	661
<b>UN CASO DA VICINO</b>	
Quante specie ci restano ancora da scoprire?	662
<b>L'ESPERIMENTO</b>	662
<b>LAVORARE CON I DATI</b>	662
Uno sguardo d'insieme sull'evoluzione dei protostomi	665
<b>IL CAPITOLO IN SINTESI</b>	666
<b>I concetti in pratica</b>	667

## 29 Gli animali deuterostomi

<b>UN CASO DA VICINO</b>	
È nato prima l'uovo o la gallina?	663
<b>29.1 I deuterostomi comprendono echinodermi, emicordati e cordati</b>	670
I deuterostomi condividono modelli di sviluppo primitivi	670
Ci sono tre cladi principali di deuterostomi	670
I fossili forniscono informazioni sugli antenati dei deuterostomi	670
<b>29.2 Echinodermi ed emicordati sono confinati agli ambienti marini</b>	671
Gli echinodermi hanno caratteristiche strutturali uniche	672
Gli emicordati sono deuterostomi marini vermiformi	674
<b>29.3 I cordati hanno un cordone nervoso dorsale e una notocorda</b>	674
La maggior parte dei cefalocordati e dei tunicati è sedentaria allo stato adulto	675
Nei vertebrati, una nuova struttura dorsale di supporto sostituisce la notocorda	675
Le relazioni filogenetiche degli agnati sono incerte	677
Le mascelle e i denti hanno migliorato l'efficienza dell'alimentazione	678
Le pinne e la vescica natatoria hanno migliorato la stabilità e il controllo nella locomozione	679
<b>29.4 La vita sulla terraferma ha contribuito alla diversificazione dei vertebrati</b>	681
Le appendici articolate hanno favorito il supporto del corpo e la locomozione sulla terraferma	681
La maggior parte degli anfibi è legata agli ambienti umidi per la riproduzione	682
Gli amnioti hanno colonizzato gli ambienti asciutti	684
<b>UN CASO DA VICINO</b>	
Le uova dotate di guscio si sono «ri-evolute» nelle diverse linee dei rettili vivipari?	685
<b>L'ESPERIMENTO</b>	685
<b>LAVORARE CON I DATI</b>	685
I rettili si sono adattati a vivere in molti habitat	686

Coccodrilli e uccelli hanno un antenato in comune con i dinosauri	687
Le penne hanno permesso agli uccelli di volare	688
La radiazione evolutiva dei mammiferi è cominciata dopo l'estinzione dei dinosauri non-uccelli	690
<b>29.5 Gli esseri umani si sono evoluti dalla linea dei primati</b>	694
Due linee principali di primati si sono separate nel tardo Cretaceo	694
La locomozione bipede si è evoluta negli antenati dell'uomo	694
Il cervello umano è diventato più grande, mentre le mascelle sono diventate più piccole	696
Gli esseri umani hanno sviluppato un linguaggio e una cultura complessi	698
<b>IL CAPITOLO IN SINTESI</b>	699
<b>I concetti in pratica</b>	700

## 30 Fisiologia, omeostasi e termoregolazione

<b>UN CASO DA VICINO</b>	
Il calore impone limiti alle prestazioni fisiche	701
<b>30.1 Gli animali sono costituiti da organi composti da quattro tipi fondamentali di tessuto</b>	702
Come si potrebbe «costruire» un organismo animale?	702
Aumentare di dimensioni: i vantaggi e le sfide da vincere	702
Ci sono quattro tipi di tessuti fondamentali	705
Gli organi sono formati da più tessuti	705
<b>30.2 I sistemi fisiologici mantengono l'omeostasi dell'ambiente interno</b>	706
L'ambiente interno è il fluido extracellulare che soddisfa le necessità di tutte le cellule del corpo	706
I sistemi fisiologici vengono regolati per mantenere l'omeostasi	706
<b>30.3 I processi biologici sono sensibili alla temperatura</b>	707
La temperatura ambiente influisce sui sistemi viventi	708
Il $Q_{10}$ è una misura della sensibilità alla temperatura	708
Gli animali possono acclimatarsi alle temperature stagionali	709
Piccole variazioni della temperatura possono avere importanti effetti fisiologici	709
<b>30.4 La temperatura corporea dipende dall'equilibrio tra calore in ingresso e calore in uscita dal corpo</b>	710
Gli animali possono essere classificati secondo il tipo di termoregolazione	710
Gli endotermi producono quantità notevoli di calore metabolico	711

Gli ectotermi e gli endotermi rispondono in maniera differente ai cambiamenti della temperatura ambientale	712
I bilanci energetici riflettono adattamenti mirati per regolare la temperatura corporea	713
Sia gli ectotermi sia gli endotermi controllano il flusso ematico verso la cute	713
Alcuni pesci conservano il calore metabolico	714
Alcuni ectotermi regolano la produzione di calore metabolico	715
<b>30.5 La temperatura corporea è regolata grazie ad adattamenti per la produzione e per la dissipazione del calore</b>	716
I tassi metabolici basali sono correlati con le dimensioni corporee	716
Gli endotermi rispondono al freddo con la produzione di calore e si adattano al freddo riducendo le perdite di calore	717
L'evaporazione dell'acqua può dissipare il calore, ma ha un costo	718
Il termostato dei mammiferi usa informazioni di feedback	718
Alcuni animali conservano energia abbassando il termostato	720
<b>IL CAPITOLO IN SINTESI</b>	722
<b>I concetti in pratica</b>	722

## **31** **Gli ormoni animali**

<b>UN CASO DA VICINO</b>	
<b>L'ormone dell'attività fisica</b>	725
<b>31.1 Gli ormoni circolano nel corpo e influiscono su cellule bersaglio</b>	726
La segnalazione endocrina può agire localmente o a distanza	726
Gli ormoni possono essere suddivisi in tre gruppi di sostanze chimiche	727
L'azione ormonale è mediata da recettori posti sulla superficie o all'interno delle cellule bersaglio	728
L'azione ormonale dipende dalla natura della cellula bersaglio e dai suoi recettori	728
La struttura ormonale è conservata attraverso l'evoluzione, ma le sue funzioni cambiano	729
<b>31.2 Il sistema endocrino e il sistema nervoso lavorano insieme</b>	730
L'ipofisi rappresenta l'interfaccia tra il sistema nervoso e il sistema endocrino	731
L'adenoipofisi è controllata da neurormoni ipotalamici	732
La secrezione ormonale è regolata da circuiti di <i>feedback</i> negativo	732
Gli ormoni influenzano il sistema nervoso	732
<b>31.3 Gli ormoni giocano ruoli importanti nello sviluppo</b>	732

<b>UN CASO DA VICINO</b>	
<b>In che modo l'irisina potrebbe mediare gli effetti positivi dell'attività fisica sulle funzioni cognitive?</b>	734
<b>L'ESPERIMENTO</b>	734
<b>LAVORARE CON I DATI</b>	734
Lo sviluppo degli insetti può essere soggetto a metamorfosi completa o incompleta	735
Gli esperimenti iniziali compiuti sugli insetti hanno chiarito molti aspetti dei sistemi di segnalazione ormonale	735
Negli artropodi la muta e la maturazione sono regolate da tre ormoni	736
Gli steroidi sessuali controllano lo sviluppo sessuale	737
<b>31.4 Gli ormoni regolano il metabolismo e l'ambiente interno</b>	738
La tiroide secreta tiroxina, ormone che stimola numerosi processi	739
Tre ormoni regolano le concentrazioni di calcio nel sangue	740
Il PTH abbassa i livelli di fosfato nel sangue	741
L'insulina e il glucagone regolano le concentrazioni ematiche di glucosio	742
La ghiandola surrenale ha una doppia natura	742
<b>L'ESPERIMENTO</b>	
Effetti dell'attività fisica sul metabolismo del glucosio	743
<b>LAVORARE CON I DATI</b>	
Effetti dell'attività fisica sul metabolismo del glucosio	744
Molte sostanze chimiche possono svolgere la funzione di ormoni	746
L'epifisi, o ghiandole pineale, secreta melatonina secondo un ritmo giornaliero	746
<b>IL CAPITOLO IN SINTESI</b>	747
<b>I concetti in pratica</b>	747

## **32** **La riproduzione negli animali**

<b>UN CASO DA VICINO</b>	
<b>Non c'è tempo da perdere</b>	749
<b>32.1 La riproduzione asessuata è efficiente ma limita la variabilità genetica</b>	750
La riproduzione asessuata limita la diversità genetica	750
La gemmazione e la rigenerazione producono nuovi individui mediante mitosi	750
La partenogenesi corrisponde allo sviluppo di uova non fecondate	751
<b>32.2 La riproduzione sessuata prevede l'unione di due gameti aploidi</b>	752
La gametogenesi produce cellule uovo e spermatozoi	753
La fecondazione è l'unione dello spermatozoo e della cellula uovo	754

Il rilascio dei gameti e l'accoppiamento favoriscono la fecondazione	757	La fecondazione prepara la fase di determinazione	778
Alcuni individui possono svolgere sia la funzione maschile sia quella femminile	758	<b>33.2 La mitosi suddivide l'embrione precoce</b>	780
L'evoluzione dei sistemi riproduttivi dei vertebrati è avvenuta parallelamente alla conquista della terraferma	759	La segmentazione produce un embrione pluricellulare	780
Gli animali con fecondazione interna si distinguono in base alla sede in cui si sviluppa l'embrione	759	Nei mammiferi la segmentazione è particolare	780
<b>32.3 Gli organi sessuali maschili producono e liberano spermatozoi</b>	760	Il destino dei blastomeri dipende dal citoplasma che ricevono durante la segmentazione	782
Lo sperma è il prodotto del sistema riproduttivo maschile	760	Le cellule germinali riproduttive sono determinate precocemente durante la segmentazione	783
Il pene e lo scroto sono i genitali maschili esterni	762	<b>33.3 La gastrulazione genera strati tissutali multipli</b>	784
La funzione sessuale maschile è controllata da ormoni	763	Nel riccio di mare l'invaginazione del polo vegetativo inizia la gastrulazione	785
<b>32.4 Ii organi sessuali femminili producono le uova e nutrono gli embrioni</b>	764	Nella rana la gastrulazione inizia in corrispondenza della semiluna grigia	786
Gli organi sessuali femminili producono cellule uovo, accolgono gli spermatozoi e nutrono l'embrione	764	Negli anfibii il labbro dorsale del blastoporo organizza la formazione dell'embrione	786
Il ciclo ovarico produce una cellula uovo matura	765	<b>L'ESPERIMENTO</b>	
Il ciclo uterino prepara l'ambiente per la cellula uovo fecondata	767	Il labbro dorsale induce l'organizzazione dell'embrione	788
Il ciclo ovarico e quello uterino sono coordinati e controllati da ormoni	767	L'azione dell'organizzatore è basata su fattori di trascrizione e su fattori di crescita	788
I recettori per l'FSH selezionano il follicolo che giungerà all'ovulazione	767	L'organizzatore modifica la propria attività quando migra dal labbro dorsale	789
Durante la gravidanza un ruolo determinante spetta agli ormoni prodotti dalle membrane extraembrionali	767	La quantità di tuorlo influisce sulle modalità della gastrulazione	789
L'allattamento al seno ritarda la ripresa del ciclo ovarico	768	La gastrulazione nei mammiferi è simile a quella degli uccelli	789
Il parto è indotto da stimoli ormonali e meccanici	768	In che modo si altera la simmetria bilaterale?	790
<b>UN CASO DA VICINO</b>		<b>UN CASO DA VICINO</b>	
Il controllo della diapausa nel wallaby tammar	769	La direzione del flusso nodale influenza lo sviluppo dell'asimmetria destra-sinistra dell'embrione di topo?	791
<b>L'ESPERIMENTO</b>	769	<b>L'ESPERIMENTO</b>	791
<b>LAVORARE CON I DATI</b>	769	<b>LAVORARE CON I DATI</b>	791
In molte specie la riproduzione ha cadenza stagionale	770	<b>33.4 Gli organi e gli apparati si sviluppano dai tre foglietti germinativi</b>	792
<b>32.5 La fertilità può essere controllata</b>	770	L'organizzatore dirige gli stadi dell'organogenesi	792
Vi sono numerosi metodi per il controllo volontario delle nascite	771	Nello sviluppo dei vertebrati la segmentazione corporea è una caratteristica precoce	793
Le tecnologie riproduttive contribuiscono a risolvere problemi di infertilità	771	I geni Hox controllano lo sviluppo lungo l'asse antero-posteriore	794
<b>IL CAPITOLO IN SINTESI</b>	774	<b>33.5 Le membrane extraembrionali nutrono l'embrione degli uccelli e dei mammiferi in via di sviluppo</b>	795
<b>I concetti in pratica</b>	775	Gli uccelli hanno quattro membrane extraembrionali	795
		Nei mammiferi le membrane extraembrionali formano la placenta	795
		Lo sviluppo degli organi inizia durante il primo trimestre	796
		<b>IL CAPITOLO IN SINTESI</b>	798
		<b>I concetti in pratica</b>	799

## 33 Lo sviluppo animale

### UN CASO DA VICINO

Andare per il verso giusto... 777

**33.1 La fecondazione attiva lo sviluppo** 778

Lo spermatozoo e la cellula uovo contribuiscono in maniera differente alla formazione dello zigote 778

## 34 Il comportamento animale

### UN CASO DA VICINO

L'istinto di apprendere 801

### 34.1 L'etologia ha posto le basi della moderna biologia del comportamento 802

I riflessi condizionati costituiscono un meccanismo comportamentale semplice 802

Gli etologi hanno focalizzato l'attenzione sul comportamento degli animali nel loro ambiente naturale 802

Gli etologi hanno investigato le cause del comportamento 803

### 34.2 Il comportamento può essere determinato geneticamente 804

Mutazioni di singoli geni possono alterare i fenotipi comportamentali 805

Esperimenti di *knockout* rivelano il ruolo svolto da specifici geni 805

I comportamenti possono essere controllati da cascate geniche 806

### 34.3 Il comportamento può essere studiato in relazione allo sviluppo 807

Gli ormoni possono determinare il potenziale comportamentale e il momento in cui i comportamenti si manifestano 807

Alcuni comportamenti possono essere acquisiti soltanto in determinati periodi 807

L'apprendimento del canto negli uccelli coinvolge la genetica, l'*imprinting* e l'espressione temporale degli ormoni 809

La collocazione nel tempo e l'espressione del canto degli uccelli sono sotto controllo ormonale 809

### UN CASO DA VICINO

La pratica rende perfetti 810

L'ESPERIMENTO 810

LAVORARE CON I DATI 811

### 34.4 Il comportamento è plasmato dalle pressioni selettive 811

Gli animali devono compiere scelte 811

I comportamenti hanno costi e benefici 811

Il comportamento territoriale determina costi significativi 812

#### L'ESPERIMENTO

I costi per la difesa del territorio 812

L'analisi dei costi e dei benefici può essere applicata al comportamento di foraggiamento 813

### 34.5 Il comportamento può essere studiato sulla base dei suoi meccanismi 814

I ritmi biologici coordinano il comportamento con cicli ambientali 815

Gli animali si devono orientare nel proprio ambiente 817

Gli animali utilizzano modalità multiple per comunicare 819

#### L'ESPERIMENTO

La bussola solare a orario compensato 819

Comunicazione in modalità multisensoriali 821

### 34.6 Le interazioni sociali influenzano l'evoluzione del comportamento 822

I sistemi di accoppiamento massimizzano la *fitness* di entrambi gli individui coinvolti 822

La fitness non include soltanto la propria prole 823

L'eusocialità è il risultato estremo della selezione di parentela 824

La vita in gruppo ha costi e benefici 825

I concetti della sociobiologia possono essere applicati all'uomo? 826

IL CAPITOLO IN SINTESI 827

I concetti in pratica 828

Fonti delle illustrazioni 831

Indice analitico 835