

Connessioni

Alla scoperta della genomica della
biodiversità



**Biodiversity
Genomics
Europe**

BiodiversityGenomics.eu



Co-funded by
the European Union



**UK Research
and Innovation**



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Citazione e riutilizzo del seguente materiale

“Conneessioni - Alla scoperta della genomica della biodiversità” è pubblicato sotto licenza Creative Commons Attribuzione Internazionale 4.0 (CC BY 4.0). Per i dettagli relativi alla licenza, visitare il sito: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>. È possibile condividere il documento solo nella sua forma attuale.

Contatti: media@erga-biodiversity.eu / info@iboleurope.org

© 2025 Biodiversity Genomics Europe.

Biodiversity Genomics Europe (sovvenzione n. 101059492) è un progetto finanziato da Horizon Europe nell'ambito della call 'Biodiversity, Circular Economy and Environment' REA.B.3); cofinanziato dalla Segreteria di Stato svizzera per la formazione, la ricerca e l'innovazione (SERI) con i numeri di contratto 22.00173 e 24.00054; e dall'UK Research and Innovation (UKRI) nell'ambito del programma Horizon Europe Guarantee Scheme del Dipartimento per gli affari, l'energia e la strategia industriale.

Ringraziamenti

Autori:

Christian de Guttery - Concettualizzazione, Scrittura - Preparazione della bozza originale, Scrittura - Revisione e modifica

Kasia Fantoni - Concettualizzazione, Scrittura - Revisione e modifica

Chiara Bortoluzzi - Concettualizzazione, Scrittura - Revisione e modifica

Luísa Marins - Concettualizzazione, Scrittura - Revisione e modifica, Design grafico

Siamo grati al progetto BGE e alle comunità di ERGA e iBOL Europe.

Introduzione

Se senti parlare di “genomica della biodiversità”, cosa ti viene in mente?

Probabilmente è facile pensare a qualcosa di lontano e complesso: magari a una disciplina confinata ai laboratori, o a lunghi articoli scientifici che solo gli esperti sono in grado di capire. Questo libriccino nasce per aiutarti a conoscere la ‘genomica della biodiversità’ e ad associarla a visi familiari e a luoghi che frequenti ogni giorno. Potresti, ad esempio, collegare questo termine ad una pozzanghera in un parco cittadino che in estate si colora di verde; o ad una spiaggia frequentata da famiglie; o ad un tratto di foresta dietro la tua scuola; o ad un prato al confine del tuo villaggio; o, ancora, al viso di tutte quelle persone che si prendono cura della natura che ci circonda: dalle guardie forestali, agli allevatori, agli insegnanti, e agli studenti. In ciascun capitolo di questo libriccino abbiamo cercato di creare un’immagine precisa: la vita sulla Terra è come un’enorme libreria, e ogni organismo che la compone è un libro scritto in un linguaggio preciso, quello del DNA. A volte è sufficiente scansionare un piccolo codice a barre per capire quale libro abbiamo tra le mani, e quindi quale specie stiamo osservando o studiando. Altre volte, invece, è necessario leggere l’intero libro, dalla prima all’ultima pagina, con l’aiuto di una mappa di riferimento che ci permetta di comprenderne il contenuto e, quindi, come una specie cresce, sopravvive e reagisce ai cambiamenti nel mondo che la circonda. Questi due modi di leggere lo stesso libro ci aiutano a capire con quali organismi viventi condividiamo il pianeta, come vivono e quali azioni siano più appropriate per proteggerli.

Ti sembra difficile? Non preoccuparti! In ciascun capitolo troverai una serie di domande pensate apposta per invitarti a riflettere, immaginare e collegare le idee emerse dalla lettura alla tua vita quotidiana. Alcune di queste domande sono pensate per i lettori più giovani, altre per adolescenti, mentre altre ancora per adulti curiosi. Alla fine di questo libriccino troverai anche una serie di giochi, come un cruciverba, un puzzle e un bingo sulla biodiversità, che ti aiuteranno ad esplorare i diversi temi trattati nei vari capitoli in modo divertente e coinvolgente.

Introduzione

Gli insegnanti possono utilizzare queste pagine come materiale per le lezioni in classe, oppure come punto di partenza per progetti scolastici più ampi, come ad esempio la pianificazione di un *bioblitz* a scuola, o invitare un ricercatore per tenere una lezione. Le famiglie potranno leggere i vari capitoli prima di una passeggiata nella natura per incontrare dal vivo quello che hanno scoperto durante la lettura. Gli studenti potranno usare questo libriccino per i propri progetti e presentazioni, oppure semplicemente per saziare la propria curiosità su come funziona il mondo che ci circonda. Ma soprattutto, speriamo che queste pagine dimostrino che la genomica riguarda non solo le macchine e i dati, ma soprattutto le decisioni che prendiamo e la dedizione che mettiamo in ciò che facciamo: come condividiamo le spiagge con i pesci che popolano il mare, come conviviamo con le piante, come gestiamo le foreste e come ci rapportiamo agli animali selvatici e alle comunità che vivono a stretto contatto con loro.

Divertiti in questo cammino!

– Christian, Kasia, Chiara and Luísa

Indice dei contenuti



1

Che cos'è la genomica della biodiversità?



2

Uno sguardo ad iBOL Europe ed ERGA



3

Cosa unisce iBOL Europe ed ERGA?



4

Rispettando le regole del DNA



5

I punti caldi della biodiversità e come studiarli



6

La scienza partecipativa: la scienza ha bisogno di te!



7

Bioinformatica: comporre il libro della vita



8

Come le comunità usano la genomica per prendere le decisioni migliori



[Giochi sulla Genomica della Biodiversità](#)
(in English)

1. Che cos'è la genomica della biodiversità?

eERGA

iBOL EUROPE

Conneessioni

Photo by Damocean from Getty Images

Che cos'è la genomica della biodiversità?

La parola **biodiversità** si usa comunemente per descrivere la varietà delle forme di vita che popolano il pianeta Terra: comprende piante, animali, funghi e persino batteri invisibili all'occhio nudo. Si potrebbe pensare che questa parola sia in uso da molto tempo, ma in realtà il termine fu coniato per la prima volta nel 1985. Nel 1992, i leader mondiali si riunirono in Brasile in occasione del *Vertice della Terra* ("Earth Summit" in inglese), una delle più importanti conferenze delle Nazioni Unite.

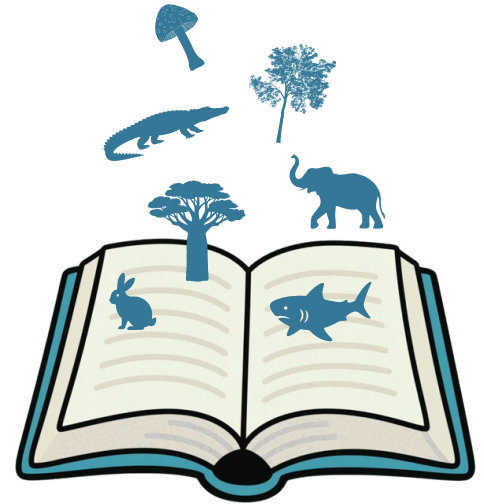


Fotografia di Christian de Guttry.



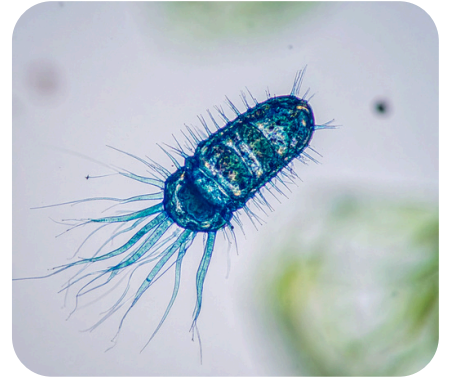
In quell'occasione, centocinquanta paesi si impegnarono a fare il possibile per proteggere la biodiversità e utilizzarla in modo equo e responsabile. L'insieme di queste promesse è noto come Convenzione sulla Diversità Biologica o, più brevemente, CBD.

Ti sei mai chiesto che cosa rende ciascun organismo vivente unico? **La risposta sta nel DNA.** Possiamo paragonare il DNA ad un enorme libro, ricco di istruzioni dettagliate che descrivono come ogni essere vivente deve svilupparsi e funzionare. La **genomica** è quella disciplina che studia il DNA di ogni organismo vivente.



A volte è sufficiente leggere una sola parte di questo libro gigantesco per capire che libro è: ad esempio, le informazioni relative al titolo o al nome dell'autore. Possiamo paragonare la lettura di questa parte del libro alla lettura di un **codice a barre** che, nella genetica, corrisponde ad una piccola frazione del DNA. Questo codice a barre è sufficiente per identificare la specie che stiamo osservando, che si tratti, per esempio, di una pianta, di un animale o di un fungo. L'approccio del codice a barre è estremamente semplice, rapido ed economico, ma non può raccontare l'intera storia raccolta nel libro. Per farlo, è necessario leggere ogni singola pagina del libro del DNA. La raccolta completa di tutte le pagine che compongono questo libro si chiama **genoma di riferimento**. Gli scienziati studiano questo genoma di riferimento per capire come un organismo cresce, evolve, sopravvive, si sviluppa e si adatta ai cambiamenti climatici.

Il genoma è composto da parti che funzionano come i capitoli di un libro: i geni. Alcuni di questi capitoli forniscono istruzioni precise e dettagliate all'organismo su cosa fare, mentre altri, pur non contendo vere e proprie istruzioni, sono comunque fondamentali per comprendere in modo indiretto come l'organismo funziona. Questa visione completa del **libro della vita** ci aiuta a scoprire nuove specie, a proteggere quelle in via di estinzione e a capire come prenderci cura di tutte quelle affascinanti creature con cui condividiamo il pianeta.



Tutti gli organismi viventi che abitano questo pianeta sono legate le une alle altre da un filo comune chiamato DNA. Fotografie di pixabay, David Fenton e TrueCreatives

Stimolo per una riflessione



Immagina di avere tra le mani il libro di una specie vivente: cosa potresti imparare leggendone solo il riassunto? E cosa impareresti invece leggendone tutto il contenuto, pagina per pagina?

2. Uno sguardo ad iBOL Europe ed ERGA

 ERGA

 iBOL EUROPE

Connections

Photo by Andrey

Uno sguardo ad iBOL Europe ed ERGA

ERGA - IBOL EUROPE CONNESSIONI

Nel capitolo precedente abbiamo visto che il DNA è come un manuale d'istruzioni responsabile dell'unicità di ogni organismo vivente, sia esso una pianta, un animale, un fungo o un microbo. In questo capitolo parleremo di due comunità scientifiche che studiano in modi diversi questo manuale d'istruzioni. L'obiettivo? Studiare il DNA per proteggere l'incredibile varietà della vita sulla Terra.



Un esemplare di farfalla pavone.
Fotografia di manfredxy

**DNA
Barcoding**


iBOL EUROPE

**Reference
Genomes**


ERGA
EUROPEAN REFERENCE GENOME ATLAS

La prima comunità si chiama **iBOL Europe**, dove “iBOL” deriva dall’inglese ‘International Barcode of Life’, una comunità globale con sede in Canada ma diffusa in tutti i continenti. Gli scienziati di iBOL Europe studiano il DNA tramite l’identificazione del codice a barre. Per capire che cosa sia un codice a barre, immagina di trovarti in un supermercato: qui vedrai che ogni prodotto ha un codice a barre da scansionare alle casse per capire subito di che prodotto si tratta. Il codice a barre del DNA delle specie (in inglese **DNA barcoding**) funziona allo stesso modo! Si tratta di un piccolo segmento di DNA in grado di dirci a quale specie appartiene l’organismo che stiamo studiando. Questo metodo è estremamente veloce ed efficace per identificare animali, piante o qualsiasi altro organismo vivente. Con oltre cinquecento membri, iBOL Europe sta cercando di catalogare gli organismi viventi tramite il codice a barre. In questo modo, la comunità può ottenere informazioni su dove gli organismi vivono, dove si spostano e quando compaiono nuove specie.



DNA Barcoding

The use of short DNA segments to identify species accurately allows us to:

-  Detect & monitor biodiversity
-  Understand ecosystem dynamics
-  Discover new species




[Clicca qui per saperne di più su iBOL](#)


La seconda comunità si chiama ERGA, il cui acronimo deriva dall'inglese 'European Reference Genome Atlas'. Mentre iBOL Europe si occupa solo di alcune pagine del manuale d'istruzioni (il DNA), gli scienziati che lavorano all'interno della comunità ERGA vogliono invece leggere ogni singola pagina, dall'inizio alla fine! Mettendo assieme tutte queste pagine in un libro completo chiamato **genoma di riferimento**, la comunità ERGA ci permette di avere accesso a molte più informazioni su ciascuna specie: ad esempio, come essa sopravvive, come si adatta ai cambiamenti climatici e quali azioni possono aiutarci a proteggerla! ERGA fa anche parte di un progetto globale che mira a leggere i libri completi di tutte le specie presenti sul pianeta Terra. Questo progetto globale si chiama Earth BioGenome Project.

Reference Genomes

The complete genomic "blueprint" of a species provides the basis to study its:



- Evolutionary history
- Genes and their functions
- Adaptative potential





Clicca qui per saperne di più sull'EBP

Sebbene iBOL Europe ed ERGA svolgano attività diverse – la lettura del codice a barre rispetto alla lettura del genoma di riferimento – entrambe condividono lo stesso importante obiettivo: aiutarci a capire e proteggere la biodiversità. Ecco perché le due comunità hanno unito le forze, dando origine all’ambizioso progetto europeo Biodiversity Genomics Europe (BGE).

Nel prossimo capitolo vi mostreremo come i codici a barre e i genomi di riferimento possono aiutarci a proteggere l’intera libreria del nostro pianeta. Speriamo che questo secondo capitolo della nostra avventura nel mondo del DNA vi sia piaciuto e non vediamo l’ora di condividere presto altre emozionanti scoperte!

Vuoi saperne di più su come le nuove tecnologie aumentano le nostre conoscenze sulla biodiversità?

Ascolta questo episodio del podcast Genomic Connections!



Stimolo per una riflessione



Immagina di avere a disposizione due metodi per conoscere una creatura misteriosa. Un metodo è quello di scansionare un codice a barre che ne rivela subito il nome. L'altro è quello di leggere il suo intero libro, imparando tutto su come vive, cresce e sopravvive. Se provassi entrambi i metodi, quali differenze pensi di scoprire? Perché, secondo te, gli scienziati hanno bisogno sia del codice a barre sia del libro completo per proteggere la biodiversità?

3. Cosa unisce iBOL Europe ed ERGA?

 ERGA

 iBOL EUROPE

Connessioni

Photo by
kodachrome25 from Getty Images Signature

Cosa unisce iBOL Europe ed ERGA?

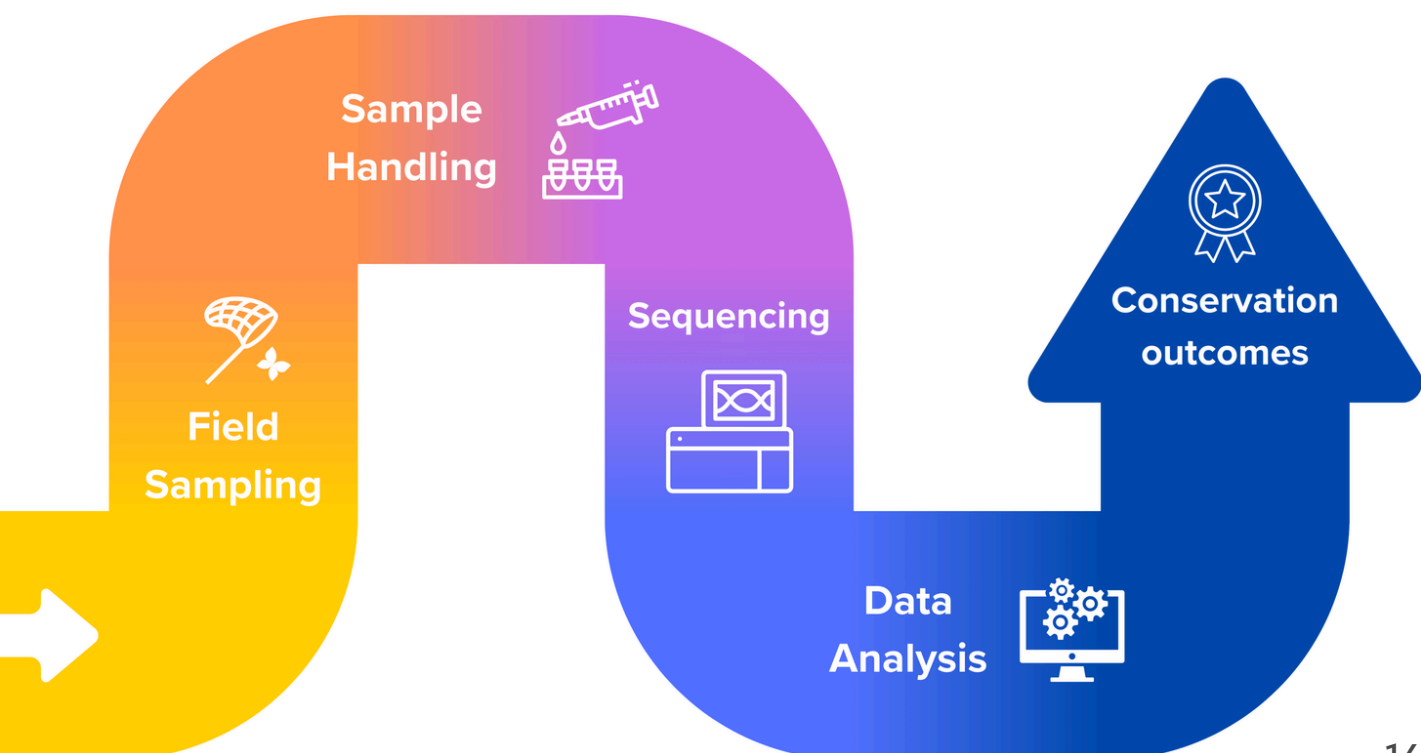
Nel capitolo precedente abbiamo introdotto due concetti molto importanti: il **codice a barre** e il **genoma di riferimento**. Come abbiamo visto, questi due concetti si riferiscono a due tecniche di lettura del DNA, diverse ma complementari, che la comunità di iBOL Europe ed ERGA utilizzano per studiare, rispettivamente, la biodiversità europea. In questo capitolo esploreremo assieme il lavoro che queste due comunità stanno portando avanti, passo dopo passo.

Intraprendere un'avventura

Il lavoro di entrambe le comunità inizia con una spedizione in quei luoghi o habitat naturali in cui vivono le specie europee che si vogliono studiare. In poche parole, se vuoi studiare qualcosa, devi prima andare a cercarla!



Un esemplare di lince iberica.
Fotografia di Noemi Navarro.



Per capire quali animali o piante sono presenti in un determinato luogo, iBOL Europe può, ad esempio, raccogliere un campione d'acqua da uno stagno o installare delle trappole speciali per catturare gli insetti, al fine di raccogliere minuscoli frammenti di DNA nell'ambiente. Anche ERGA raccoglie campioni, ma rispetto a iBOL Europe deve prestare molta attenzione al modo in cui i campioni vengono raccolti: foglie intere, piccoli frammenti di funghi o altri tessuti devono essere congelati immediatamente per evitare che il DNA si degradi. Questo passaggio è fondamentale per poter ottenere DNA in quantità e qualità sufficienti da poter essere letto (o *sequenziato*) e utilizzato per generare un genoma di riferimento di alta qualità. Insomma, un po' come mettere il cibo nel congelatore per evitare che vada a male.



Dalle vette delle Alpi alle zone umide di Biebrza in Polonia, il campionamento delle specie per il sequenziamento del DNA è una vera e propria spedizione! Ma non è solo un'avventura: il campionamento richiede una cura particolare nel modo in cui i campioni sono preservati. Ecco perché i ricercatori utilizzano metodi di conservazione speciali, come il piccolo serbatoio di azoto liquido nella foto a sinistra per trasportare in sicurezza i loro preziosi campioni. Fotografia di Brad Carlson e Szczepan Skibicki.

La magia ha inizio

Una volta che i campioni sono trasferiti ad un laboratorio genetico, il passaggio successivo comune ad entrambe le comunità è l'estrazione del DNA. Immagina il DNA come un grande libro di cucina, in cui ogni capitolo contiene una ricetta, e l'RNA come l'insieme degli ingredienti necessari per preparare un piatto delizioso.



Leggere il DNA

Una volta che il DNA è stato estratto e purificato, si può iniziare la sua lettura o, come si dice in termini scientifici, il suo *sequenziamento* grazie all'aiuto di macchine speciali che ci permettono di leggerlo dalla A alla Z. iBOL Europe si concentra sulla lettura di una breve porzione di DNA, i cosiddetti codici a barre. Invece, ERGA utilizza una combinazione di diverse tecniche di sequenziamento in grado di leggere i milioni di lettere che formano il DNA di un organismo.



L'immagine raffigura le macchine per il sequenziamento del DNA che si trovano nei centri di sequenziaggio. Sia le macchine che i centri di sequenziaggio sono componenti essenziali di qualsiasi infrastruttura dedicata al sequenziamento del genoma delle specie che compongono la biodiversità nell'ambito di iniziative nazionali o internazionali, come il progetto Biodiversity Genomics Europe. Fotografia: David Levene/ Wellcome Sanger Institute.

Vuoi saperne di più su come i campioni vengono preservati fino al momento del loro sequenziamento?

Ascolta questo episodio del podcast Genomic Connections!



Assembliamo il puzzle!

Una volta sequenziato il DNA, dobbiamo ricercare una serie di informazioni. L'intelligenza artificiale (IA) e l'apprendimento automatico (**machine learning**, spesso abbreviato come ML) possono aiutare i ricercatori nell'individuare schemi ricorrenti in questa enorme quantità di dati. Per iBOL Europe, la domanda principale è: quali specie stiamo studiando? Per ERGA, invece, la domanda principale è: come è organizzato il DNA di ciascun organismo e cosa può dirci sulla sua capacità di sopravvivere ed evolversi?

Aiutare la natura

Alla fine, entrambe le comunità utilizzano i risultati delle analisi del DNA per conoscere e proteggere la biodiversità. Se, ad esempio, una determinata specie scompare all'improvviso dal luogo in cui era solita vivere, i dati relativi al suo codice a barre possono aiutarci a capire cosa possiamo fare per conservarla. I dati prodotti da ERGA, invece, possono chiarire come una specie sia in grado di adattarsi ai cambiamenti climatici, informazioni fondamentali per sviluppare piani di 'salvataggio genetico'. Grazie alla condivisione di dati e conoscenze, queste due comunità si aiutano a vicenda e, al contempo, contribuiscono a proteggere il pianeta!

Fotografia di faunusld da Getty Images



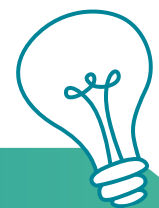
Come abbiamo visto, nonostante le comunità di iBOL Europe e di ERGA osservino il DNA attraverso lenti differenti, i passaggi necessari per generare il codice a barre e il genoma di riferimento sono molto simili. Inoltre, entrambe le comunità condividono lo stesso obiettivo: quello di fornirci una visione più chiara delle meravigliose specie che abitano la Terra così da proteggerle in futuro.

Nei prossimi capitoli scoprirai come la scienza, la tecnologia e il lavoro di squadra siano elementi necessari nello studio della genomica della biodiversità!



Uno degli obiettivi principali della genomica della biodiversità è quello di aiutarci a proteggere la ricca biodiversità che si trova su questo pianeta. Fotografia di mmac72 da Getty Images.

Stimolo per una riflessione



Due squadre stanno esplorando una foresta. Una squadra raccoglie tracce di DNA utilizzando una rete per insetti per capire quali specie abitano la foresta. L'altra squadra, invece, congela foglie o piccoli frammenti di un fungo. Se potessi far parte di entrambe le squadre, quali differenze noteresti nel modo in cui viene fatto il campionamento e la lettura del DNA? Perché sia il codice a barre che il genoma di riferimento sono strumenti importanti per aiutare gli scienziati a proteggere la natura?

4. Rispettando le regole del DNA

ERGA



Connessioni

Photo by Ryhor Bruyeu (Grisha Bruev) from Grisha Bruev

Rispettando le regole del DNA

Finora abbiamo discusso di come, da una parte, l'utilizzo del codice a barre ci dica quale libro abbiamo in mano, mentre, dall'altra, il genoma di riferimento ci permette di leggere ogni pagina dello stesso libro. Ma chi è il proprietario del libro e chi ha il diritto di leggerlo gratuitamente? Un accordo internazionale ed un concetto che ci aiutano a rispettare le regole quando si lavora nell'ambito della genomica della biodiversità.



Un esemplare di Arnica. Fotografia di Mantonature.

1 Il Protocollo di Nagoya per la condivisione della ricchezza

Nel 2010, diverse nazioni aderirono ad un accordo internazionale: il Protocollo di Nagoya. Questo protocollo dice che *'prima di utilizzare le piante, gli animali o i microbi di una nazione per scopi di ricerca, bisogna innanzitutto chiedere il permesso, poi bisogna chiarire le ragioni del loro utilizzo, e infine bisogna condividere i benefici che derivano dall'utilizzo scientifico di questi organismi'*. Come esempio concreto, prova a pensare al noleggio di un fumetto raro: prima di noleggiarlo devi chiedere il permesso, e se guadagnassi soldi vendendo una copia, dovresti condividere il profitto con la persona da cui hai noleggiato il fumetto. Il Protocollo di Nagoya mira a prevenire un atteggiamento neocoloniale da parte degli scienziati e a garantire che le comunità locali e anche gli indigeni beneficino della ricerca.



2 DSI, i frammenti del puzzle digitale

Ai giorni nostri, la maggior parte delle informazioni contenute nel DNA è salvata in documenti digitali che prendono il nome di “Informazioni sulle Sequenze Digitali”, propriamente dette in inglese ‘Digital Sequence Information’ o DSI. Chiunque può accedere e scaricare questi documenti digitali. Proprio in conseguenza di ciò, diverse nazioni stanno ora discutendo del modo in cui condividere i benefici derivanti da questi documenti digitali, proprio come già avviene per i campioni. Un nuovo piano d’azione dovrebbe essere implementato nel corso dei prossimi anni. Ma, indipendentemente dal piano d’azione, l’obiettivo è semplice: avere una scienza rispettosa delle regole e aperta a tutti.

Digital Sequence Information

Any digital information that comes from genetic resources.

Vuoi saperne di più sul mondo della DSI e sugli accordi internazionali che la regolano?

Ascolta l’episodio del podcast Genomic Connections!



Perché i codici a barre e i genomi sono importanti?

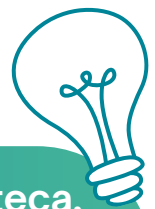
Nei capitoli precedenti abbiamo visto come il codice a barre ci dice quale specie stiamo studiando, mentre il genoma di riferimento ci permette di studiare il passato, presente e futuro di una specie. Entrambi i metodi fanno affidamento sull'esistenza di un organismo esistente in natura che dev'essere campionato e registrato online, ed entrambi producono informazioni digitali (o DSI) che finiscono disponibili online. Per rispettare le regole, dobbiamo proteggere non solo le specie campionate, ma anche le persone che vivono vicino ad esse, e condividere con loro i risultati della nostra ricerca.

Un messaggio importante tutti gli scienziati

Compilare moduli di autorizzazione e permessi per il campionamento è sicuramente una cosa molto più noiosa che scalare montagne alla ricerca di campioni o analizzare dati al computer. Ma questi moduli sono estremamente importanti: come una stretta di mano con cui comunichiamo la nostra intenzione di condividere qualunque cosa derivi dall'utilizzo di questi campioni. È proprio la condivisione di informazioni e dati che rende la scienza una disciplina più forte, più aperta e pronta a risolvere i problemi del futuro.



Stimolo per una riflessione



Immagina di prendere in prestito un libro da una biblioteca, con l'idea che ti prenderai cura di esso e che condividerai qualunque cosa straordinaria che ne otterrai. Perché ritieni che questa condivisione sia importante? Cosa potrebbe accadere se la libreria non avesse alcuna regola sull'uso del libro?

5. I punti caldi della biodiversità e come studiarli

ERGA



Connessioni

Photo by trabantos from Getty Images

Che cos'è un punto caldo?

Immagina una piccola zona geografica caratterizzata da un numero straordinario di piante ed animali che non si trovano in nessun altro luogo. Poi, immagina la stessa zona geografica, ma questa volta come se fosse in grave pericolo a causa, per esempio, dei cambiamenti climatici. Questa zona geografica è un esempio di **punto caldo**. I punti caldi sono eccezionalmente ricchi di biodiversità, il che li rende territori unici a livello globale, ma anche estremamente vulnerabili, tanto da essere inclusi in tutte le principali liste globali dedicate alla conservazione della natura.

L'Europa è ricca di punti caldi. Grazie al partenariato con il Centro Nazionale della Ricerca spagnolo (CSIC), il progetto Biodiversity Genomics Europe (BGE) ha potuto selezionare e condurre una spedizione speciale in sei punti caldi di sei paesi diversi. L'obiettivo? Campionare e sequenziare il DNA di alcune specie endemiche di questi luoghi, per condividerlo con la società, la scienza e la conservazione.



I balcani e il Mediterraneo sono esempi di punti caldi in Europa per la loro elevata biodiversità



Che cos'è un BioBlitz? ⚡



BIOBLITZ NELL'ISOLA DI MADEIRA, PORTOGALLO

Per ottenere il DNA delle specie che abitano un punto caldo, gli scienziati che lavorano in BGE hanno organizzato bioblitz. Un **bioblitz** è una spedizione della durata di un giorno, durante la quale esperti e cittadini volontari lavorano assieme nello stesso team. Ogni partecipante ha il compito di esplorare la natura alla ricerca di specie per ottenere due tipi di test genetici: il codice a barre, che ci dice chi abita nel punto caldo in quel preciso momento, e il genoma di riferimento, che ci dice come le specie sopravvivono, si adattano o soffrono. Entrambi test genetici aiutano le comunità locali, i gestori dei parchi naturali, e gli scienziati a mantenere questi punti caldi vivi e prosperi in Europa.



All'interno di Biodiversity Genomics Europe (BGE), sono stati organizzati sei bioblitz in altrettanti punti caldi europei al fine di campionare le specie che li abitano per ottenere il codice a barre e per la produzione di genomi di riferimento

Per saperne di più sul codice a barre e i genomi di riferimento, [clicca qui](#)

Croazia

I genomi nell'oscurità - campionare in un punto caldo nascosto

Ricercatore responsabile della spedizione

Martina Pavlek, Istituto Ruder Boskovic.



Le grotte carsiche delle Alpi Dinariche, in Croazia, nascondono uno dei mondi sotterranei più ricchi al mondo. Questa ricchezza ha persino dato origine ad una disciplina scientifica che si occupa proprio dello studio della biodiversità delle grotte. In queste grotte, la vita ha progredito in condizioni di oscurità ininterrotta e di temperatura costante, al punto che persino un piccolo aumento della temperatura potrebbe avere effetti catastrofici. Peggio ancora, le creature che abitano queste grotte non possono in alcun modo abbandonare le loro casette sotterranee. Infatti, non c'è alcuna possibilità di risalita quando si vive sotto terra! La peculiarità e la fragilità di questi ambienti ci spingono a studiare il DNA delle creature che ci vivono, per proteggerle prima che sia troppo tardi!

Did You Know?

Finora, più di novecento specie sono state identificate nelle grotte delle Alpi Dinariche, con oltre centocinquanta nuove specie scoperte solo in Croazia dal 2002. **Siamo solo all'inizio!**



Chi ha partecipato?



Bio-speleologi



Personale del parco naturale



Insegnanti



Studenti universitari



Studenti delle scuole superiori



Studenti delle scuole elementari

Cos'è successo?

Un primo bioblitz si è tenuto nell'aprile del 2024 presso le grotte del Parco Nazionale di Mljet, mentre un secondo si è tenuto nell'ottobre del 2024 presso le grotte di Cerovac, nel Parco Naturale di Velebit. In entrambi i bioblitz, biospeleologi, personale del parco naturale, studenti e bambini hanno unito le forze imparando a riconoscere coleotteri e anfipodi, a etichettare i campioni e a conservarli per le analisi genomiche di laboratorio. Nel corso di due fine settimana, i partecipanti sono riusciti a campionare più di quaranta specie per l'identificazione del codice a barre e la produzione del genoma di riferimento.

Perché è così importante?

Il personale dei parchi naturali ora sa come congelare i campioni; gli studenti hanno potuto osservare, per la prima volta, gli animali ciechi che vivono in queste grotte, ed entrambi i parchi naturali hanno deciso di promuovere un evento annuale chiamato 'Settimana sulla biospeleologia'. I campioni di DNA inviati ai laboratori permetteranno agli scienziati di capire quali specie siano ad alto rischio di estinzione e quindi cosa possiamo fare per salvarle.

Per saperne di più sul concetto di genomica della biodiversità, clicca qui



Galleria fotografica

Fotografie di Martina Pavlek, Iva Cupic, Jana Bedek, Tln Rozman, Alen Kirin, Nikolina Kuharic



Stimolo per una riflessione



Ora che sai che cos'è un bioblitz, prova a pensare a come ne organizzeresti uno nel tuo paese. Quali misure prenderesti, quali persone coinvolgeresti, in quale area ti concentreresti, e quali specie campioneresti?

6. La scienza partecipativa: la scienza ha bisogno di te!



ERGA



Connessioni

Photo by olganiekrasova

La scienza ha bisogno di te!

Lo sapevi che anche tu potresti essere uno scienziato? Nell'ultimo capitolo abbiamo parlato dei punti caldi della biodiversità e dei bioblitz. In questo capitolo parleremo della scienza dei cittadini, o *scienza partecipativa*, termine che indica l'aiuto che i cittadini offrono alla ricerca scientifica. Se hai mai contato gli uccelli nel tuo giardino, scattato una foto di un coleottero per condividerla online o aiutato a pulire le spiagge, beh, congratulazioni: partecipi anche tu alla scienza cittadina! Esploriamo assieme che cosa significa questo termine e perché anche i più grandi progetti sulla biodiversità hanno bisogno di persone come te.



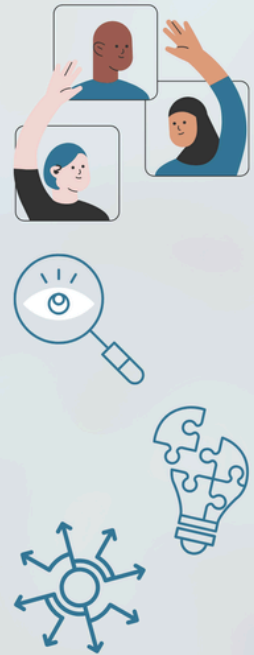
Cosa significa 'scienza cittadina'?

Il termine può sembrare troppo formale, ma in realtà è molto semplice: la scienza cittadina è una forma di scienza portata avanti da chiunque. Questo termine è diventato popolare solamente una decina di anni fa, ma l'idea in realtà esiste da molto tempo. Un esempio è l'Audubon Christmas Bird Count che avviene ogni anno dal 1900, nel quale volontari in tutti gli Stati Uniti contano gli uccelli durante l'inverno; questo è un esempio classico di scienza cittadina in azione. Nel 2014, il dizionario di Oxford ha definito così la scienza cittadina: 'è quell'attività in cui cittadini lavorano assieme a scienziati a fini di ricerca'. Un partecipante alla scienza cittadina è semplicemente una persona che non è uno scienziato per professione, ma che contribuisce alla ricerca scientifica in quanto volontario. In questo contesto, il termine 'cittadino' non ha nulla a che vedere con la politica o il passaporto, in quanto indica qualunque individuo.

Molte persone, quando vengono a contatto con il termine di ‘scienza cittadina’, si immaginano volontari che fanno trekking nella natura selvaggia campionando organismi nel suolo o nei ruscelli. Alcuni volontari fanno proprio questo: raccolgono un campione di acqua alla ricerca di tracce di DNA o installano delle trappole per insetti sulle vette delle montagne. Ma queste attività sono solo una parte della storia. La scienza cittadina può essere portata avanti in qualsiasi luogo da chiunque. La si può fare in un appartamento in città, in una classe scolastica o anche nel tuo computer a casa. Ad esempio, puoi aiutare gli esperti di botanica a segnare i momenti di fioritura delle piante, o puoi aiutare giocando ad un gioco online che mappa l'attività dei neuroni nel cervello, o ancora puoi nuotare nelle profondità del mare per raccogliere campioni d'acqua alla scoperta di tracce di DNA che aiutano gli scienziati ad individuare specie invasive. Senza di voi, perlustrare così tanto terreno (e acqua!) sarebbe impossibile.

Who are citizen scientists?

- Members of the public from all walks of life who voluntarily contribute to scientific research.
- Collaborators at any stage of the scientific project lifecycle.
- Individuals driven by curiosity, passion for nature, community interest, or the desire to make a difference by helping scientists answer questions.
- Partners who expand the reach of research to locations unreachable by professional scientists.



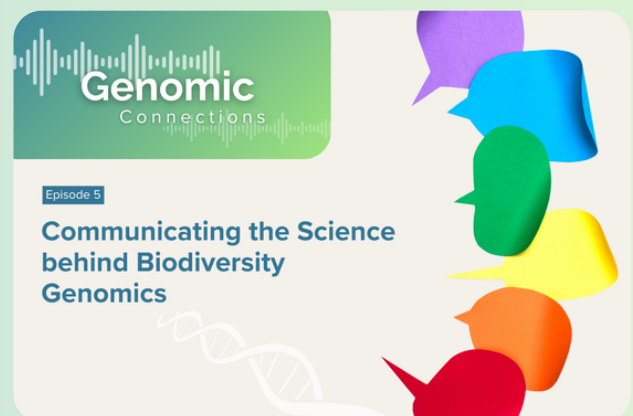
Ma grazie all'aiuto di migliaia di volontari, diventa possibile leggere una pagina o un intero capitolo del libro che è il DNA. La genomica della biodiversità ha bisogno di volontari! Nel progetto Biodiversity Genomics Europe, i cittadini hanno partecipato a spedizioni e giorni dedicati al lavoro in laboratorio. Alcuni di questi cittadini erano appassionati di insetti ed hanno quindi contribuito alla creazione di molti codici a barre attraverso il campionamento e l'identificazione delle diverse specie. Altri ancora erano speleologi appassionatissimi di campionare organismi viventi nelle grotte. La scienza cittadina rende la scienza un'attività personale e sicuramente più appassionante. Quando partecipi, non stai solo inviando dati, ma puoi far parte di una scoperta straordinaria!

Come diventare un volontario? Partecipare alla scienza partecipativa può essere un'attività molto soddisfacente. Ad esempio, potresti essere la prima persona a scoprire una nuova popolazione di una specie rara di farfalla, o potresti ancora aiutare a scoprire, attraverso i dati raccolti, che quella che in passato era una specie comune di rana è ora in via di estinzione. Inoltre, cittadini e scienziati imparano cose nuove assieme. Come fare in modo che questo accada? La prima cosa da fare è unirsi a una spedizione di campionamento organizzata da ricercatori che lavorano vicino a te. In questi casi, i cittadini imparano nuove competenze (ad esempio, come identificare le specie o come tenere tra le mani campioni di DNA) mentre gli scienziati apprendono dai cittadini e ricevono un aiuto. In questo modo la scienza smette di essere qualcosa di distante e relegato al laboratorio e si trasforma in un'avventura per la comunità. Molte di queste cose le puoi fare anche tu da solo con il tuo telefono, ad esempio caricare una foto della biodiversità che ti circonda su applicazioni specializzate come ObsIdentify, iNaturalist e MerlinID. Gli esperti valuteranno le immagini per assegnarle ad una specie specifica.



Vuoi saperne di più su come gli scienziati riescono a diffondere le loro conoscenze e il loro lavoro con i cittadini?

Ascolta l'episodio del podcast Genomic Connections sulla comunicazione scientifica!



Il più grande messaggio è che la scienza ha bisogno di te. Proteggere e comprendere la biodiversità attraverso il DNA è una missione importante in cui ciascuno di noi può avere un ruolo. Non devi essere un esperto per cambiare le cose. Ogni uccello che conti, ogni campione che raccogli e ogni foto che condividi aiutano ad aggiungere un pezzetto a quel puzzle che è la vita sulla Terra. Quindi la prossima volta che hai notizie di un progetto di scienza cittadina, partecipa! Solo unendo le forze possiamo scoprire più specie, nel minor tempo possibile, lavorando assieme per preservare la biodiversità di questo pianeta.

Continua a leggere per scoprire altre avventure sul nostro canale. Chissà, forse parleremo di una scoperta fatta da un cittadino come te!



Stimolo per una riflessione



Un parco nazionale vicino alla tua città sta cambiando rapidamente e gli scienziati non riescono a documentare in tempo reale tutto ciò che vorrebbero. Per accelerare questo processo, gli scienziati decidono di contattare i cittadini di quella città per aiutarli nel loro lavoro di documentazione. Secondo te, perché le osservazioni, le fotografie e i campioni di DNA raccolti dai cittadini possono aiutare gli scienziati a capire meglio cosa sta cambiando nel parco? Come convinceresti gli scienziati a riproporre questa attività di scienza cittadina?

7. Bioinformatica: comporre il libro della vita

ERGA



Connessioni

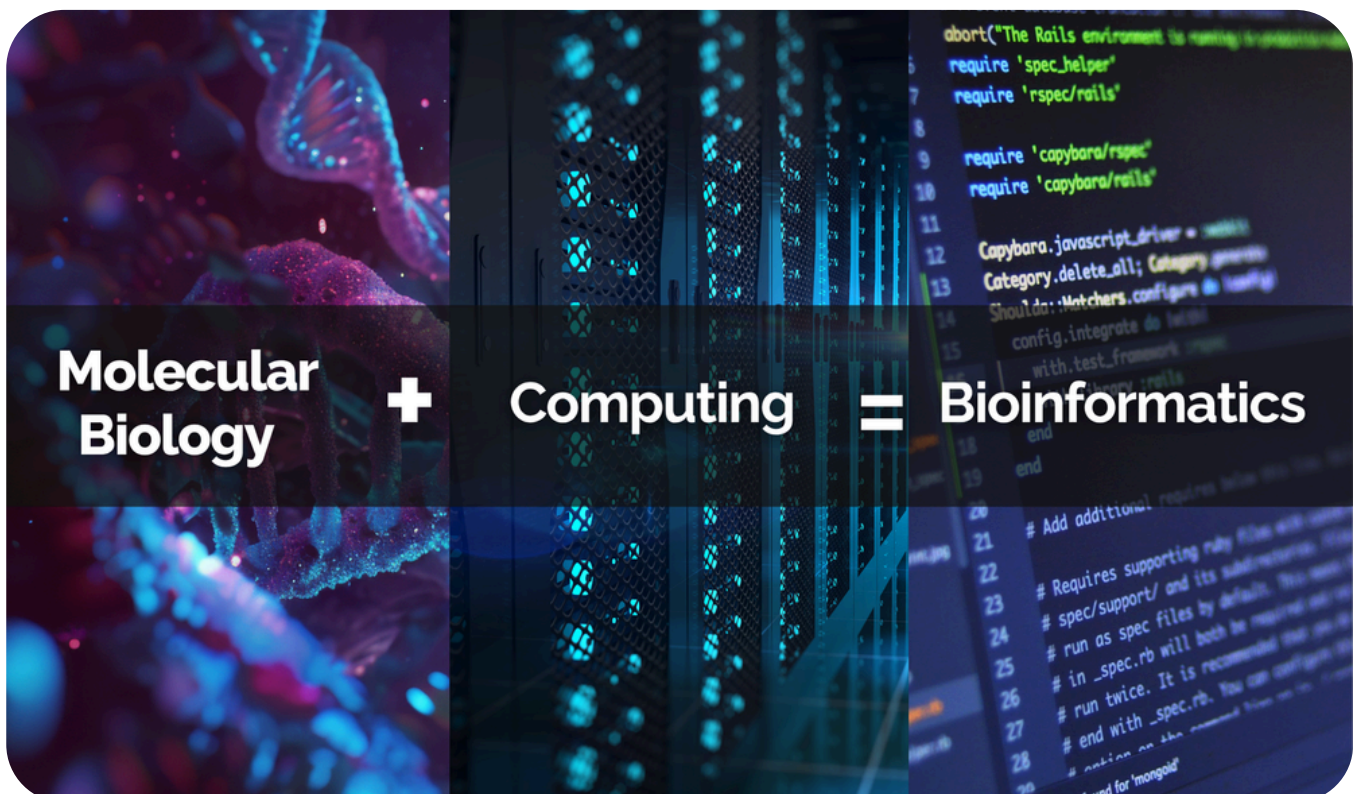
Photo by StockSnap from pixabay and abdul jabbar from Arc.Jabbar

Bioinformatica: comporre il libro della vita

Finora abbiamo detto che il DNA è come un libro. Mentre il codice a barre ci aiuta a capire di quale libro si tratta, il genome di riferimento ci consente di leggere ciascuna pagina in modo approfondito. Ma qui sta il trucco! Nel momento in cui il computer riceve la sequenza di DNA, questo libro è già stato tagliuzzato in milioni di frammenti! Questo è dovuto al procedimento di utilizzazione delle macchine per sequenziare il DNA. La **bioinformatica** è quella disciplina che utilizza i computer per rimettere assieme i frammenti di DNA, aiutandoci a leggere la storia raccontata in questo libro.



Bioinformatica

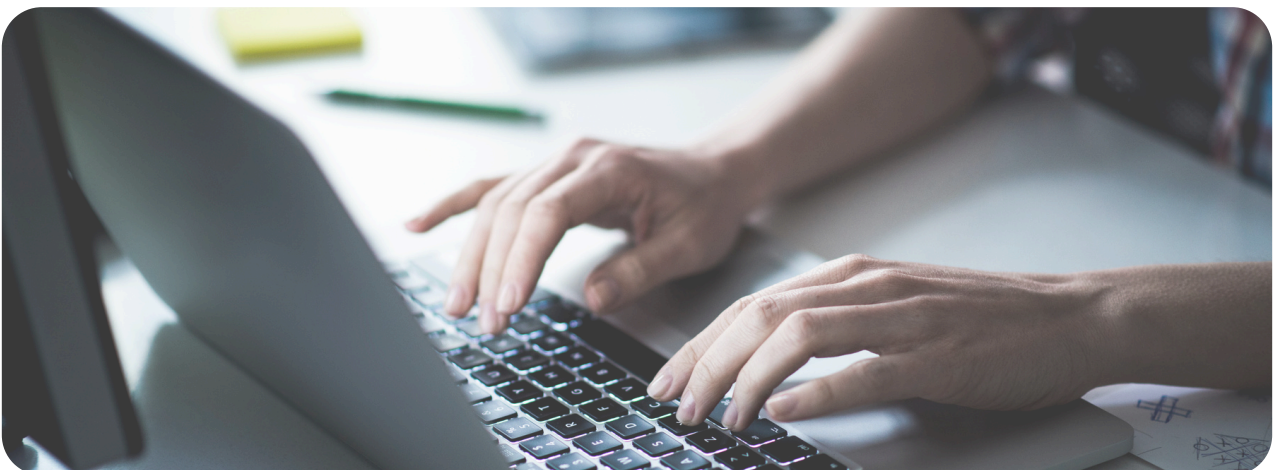


Immagina di aver inserito il tuo libro preferito in un tritatore in grado di sminuzzarlo in milioni di coriandoli. Nel caso del codice a barre, possiamo fare affidamento su un breve paragrafo per riconoscere il titolo del libro: un procedimento rapido ed efficiente per monitorare le specie. Nel caso del genoma di riferimento, quello che vogliamo è ricomporre il libro per intero, con tutti i suoi capitoli e numeri di pagina. Ricomporre questo libro è complicatissimo e richiede molto tempo, come assemblare un puzzle da milioni di pezzi! Il computer ci può aiutare attraverso la ricerca di sovrapposizioni e di motivi ricorrenti, utilizzando delle tracce per ricomporre il libro.



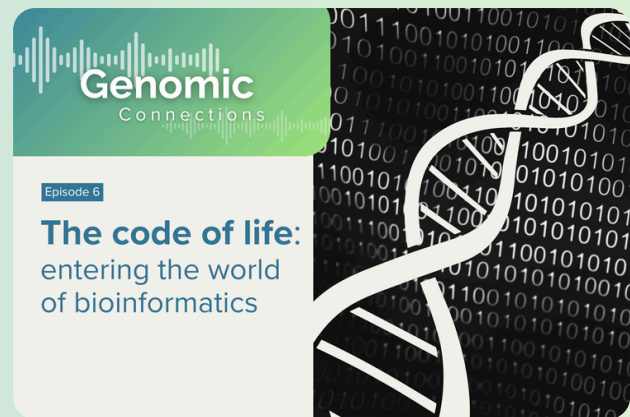
Un database di dati di genomica è utile solo quando è ben organizzato come una libreria. Fotografia di khouwes da Getty Images Signature.

La bioinformatica è nata quando i biologi hanno unito le forze con gli informatici. Nei primi anni, gli scienziati scrivevano codici di programmazione per allineare piccoli frammenti di DNA e identificare frammenti comuni. Tuttavia, con il progresso delle tecnologie di sequenziamento che hanno reso l'analisi del DNA sempre più rapida ed economica, il numero di frammenti da analizzare è cresciuto enormemente nel tempo. Oggi, gli scienziati utilizzano procedure fatte di molti passaggi – che in inglese si chiamano **pipeline** – che permettono di ottimizzare, riprodurre e condividere con altri scienziati analisi complesse e ripetitive. Un esempio efficace è la condivisione di una ricetta per la preparazione di una torta con molti amici: ciascuno deve essere in grado di prepararla nel proprio forno esattamente allo stesso modo.

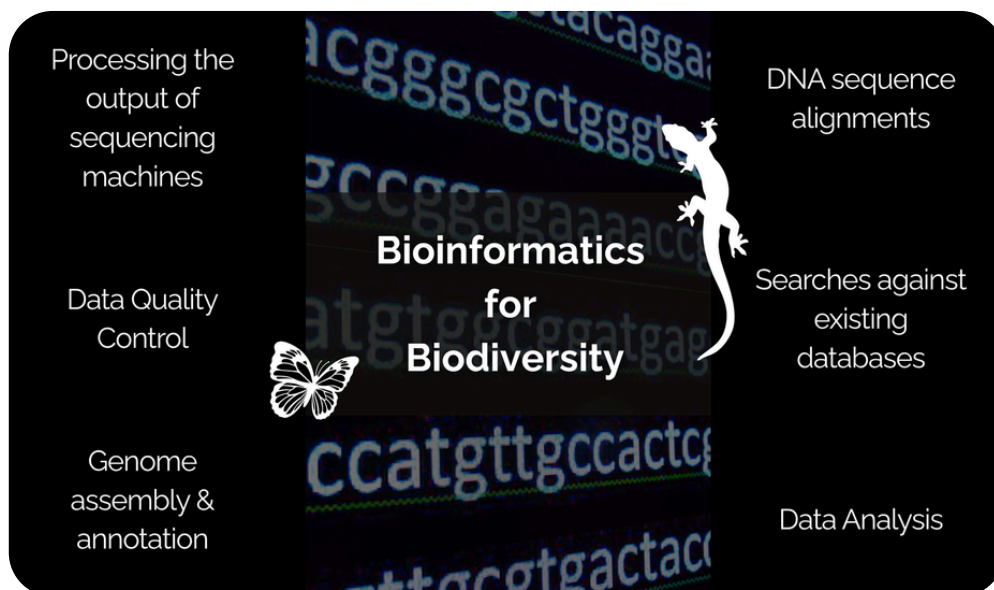


Vuoi saperne di più
sull'affascinante mondo della
bioinformatica?

**Guarda l'episodio
dedicato di Genomic
Connections!**



I bioinformatici lavorano con documenti dai nomi strani, con computer che si “lamentano” al primo errore di battitura, e spesso anche con appunti disordinati a cui bisogna dare un senso. Ma, nonostante tutto ciò, quando l’immagine finale compare sullo schermo, il sudore versato nei mesi precedenti per riuscire a rispondere a domande come ‘cosa possiamo fare per aiutare questa specie a sopravvivere?’ scompare lasciando il posto alla soddisfazione!



Esempi di passaggi comuni che i bioinformatici impiegano nelle loro analisi di dati di genomica.

Nel contesto di iBOL Europe, un’analisi bioinformatica è efficace quando i codici a barre sono di alta qualità e consentono di identificare le specie. Per ERGA, invece, un’analisi bioinformatica è efficace quando i genomi di riferimento sono di altissima qualità e in grado di spiegare come una specie sopravvive, si adatta ed evolve. Inoltre, queste conoscenze possono essere utilizzate per guidare in modo informato le strategie di protezione e conservazione della biodiversità.

La bioinformatica ha la capacità di trasformare milioni di frammenti di DNA in risposte concrete e utili per la tutela della biodiversità. La bioinformatica è come una sorta di investigatore che aiuta scienziati, gestori di parchi e comunità locali ad osservare il mondo naturale con maggiore chiarezza. Nel prossimo capitolo vi mostreremo come queste risposte vengono utilizzate per prendere delle decisioni - dal monitoraggio della natura alle azioni pratiche di conservazione - affinché la storia che vi abbiamo raccontato finora possa avere un lieto fine per la natura.



Fotografie di Jill Wellington, David Fenton, James Wheeler.

Stimolo per una riflessione



Immagina di essere un investigatore alle prese con un caso molto difficile: il libro preferito di tua sorella è stato tagliuzzato in migliaia di pezzetti. Tua sorella vuole che le venga restituito esattamente com'era prima di questo "omicidio" letterario, e il tempo, purtroppo, sta per scadere! Quale metodo useresti per ricomporre il libro e risolvere il caso nel minor tempo possibile? Ricordati: tua sorella vuole tutti i pezzetti assemblati, né uno di più né uno di meno.

8. Come le comunità usano la genomica per prendere le decisioni migliori

 ERGA


iBOL EUROPE

Connessioni

Photo by Abdul Jabbar from Arc.Jabbar.

Usare la genomica per prendere le decisioni migliori



Spesso ci viene chiesto quali siano i vantaggi del lavoro sul DNA al di fuori del laboratorio. La risposta breve è questa: questo tipo di lavoro aiuta le persone a prendere decisioni migliori riguardo ai luoghi e alle specie a cui tengono. Torniamo alla nostra metafora del libro: il codice a barre ci dice quale libro abbiamo in mano, mentre il genoma di riferimento ci consente di leggere ogni pagina di quello stesso libro. Il vero impatto inizia quando queste pagine guidano pescatori, agricoltori, funzionari sanitari, guardie forestali e consigli comunali.

Facciamo alcuni esempi...

Una città costiera vuole sapere se aggiungere sabbia a una spiaggia danneggerà un piccolo pesce che vive in quei luoghi. Il codice a barre ci conferma la presenza del pesce prima e dopo l'operazione. Il genoma di riferimento ci aiuta a dimostrare come le popolazioni di questa specie di pesce si interagiscono le une con le altre lungo la costa e quali spiagge fungono da centri di riproduzione. Gli ingegneri possono quindi modificare il piano e i tempi relativi all'aggiunta di sabbia. Il consiglio comunale può stabilire regole semplici per il monitoraggio dell'attività sulla spiaggia. In questo modo, sia il turismo che la fauna selvatica traggono entrambi vantaggio.





I pescatori si chiedono come la scienza possa proteggere i posti di lavoro e le riserve ittiche. Il DNA dei pesci catturati mostra dove finisce una riserva e dove ne inizia un'altra. Le norme sulle catture e sulle stagioni possono quindi allinearsi alla natura, invece di basarsi su supposizioni ed idee. In questo modo, cresce la fiducia in ciò che viene catturato e venduto e in ciò che il mare può offrire senza causare danni irreversibili.

I funzionari sanitari sono preoccupati per le zanzare e le malattie da esse trasmesse. Il codice a barre permette di distinguere specie simili tra loro. Il genoma di riferimento è fondamentale per spiegare quali specie pungono le persone e dove si riproducono. I team locali possono quindi utilizzare semplici kit di test per monitorare i cambiamenti e individuare i primi segnali di resistenza agli spray ed agli insetticidi. In questo modo è possibile concentrare gli interventi nei luoghi appropriati e più vulnerabili alla trasmissione di malattie.



Vuoi saperne di più sui numerosi usi della genomica della biodiversità?

Ascolta l'episodio del podcast Genomic Connections!

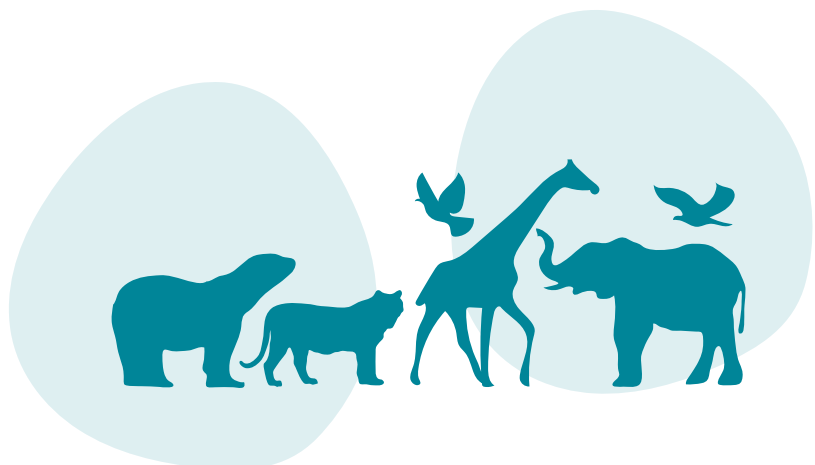


Gli agricoltori e i gestori della natura devono prendere decisioni in merito ai corridoi faunistici e alla reintroduzione delle specie. Un piccolo mammifero isolato da un canale di drenaggio mostra nel suo DNA che i suoi spostamenti si sono interrotti. La soluzione pratica che possiamo proporre dalle analisi del DNA è quella di ripristinare porzioni di habitat e ricollegare le aree prima che la popolazione diminuisca.



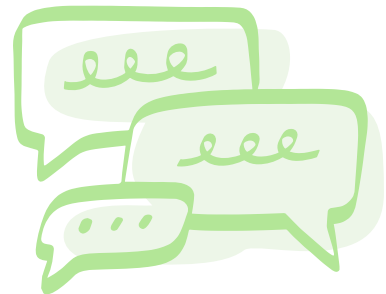
Giardinieri, banche dei semi e funzionari preposti alla protezione delle coste desiderano che le loro piante prosperino. Le analisi del DNA mostrano se una pianta si diffonde tramite cloni o semi, quanto è ampio il pool genetico e quali varianti resistono al calore, al gelo, al sale o alla siccità. Questo guida la scelta dei semi e la cura dell'habitat e supporta il monitoraggio che va oltre i confini, i musei e gli erbari. Le piante che mantengono stabile una costa possono quindi essere gestite a lungo termine, non solo fino alla prossima tempesta.

Gli zoo, gli acquari e i centri di recupero vogliono che il loro lavoro sia efficace. I genomi di riferimento aiutano a scegliere gli animali migliori per avviare un nuovo programma di riproduzione che eviti la consanguineità e a decidere quali animali utilizzare per la biobanca.



Cosa hanno in comune tutte queste storie?

Tutte queste storie hanno in comune un modo di lavorare che coinvolge i portatori di interesse (gli **stakeholder**) sin dall'inizio. I dati arrivano in una fase successiva, insieme agli strumenti di formazione e di divulgazione scientifica che rispondono alle esigenze locali. È così che le pagine del DNA diventano politiche. I benefici si percepiscono al di là del laboratorio, sotto forma di prodotti ittici più sicuri, un controllo più intelligente delle malattie, regole eque per le spiagge e le foreste e comunità in grado di fornire prove concrete di quando è necessario fare.



Stimolo per una riflessione



In un parco cittadino si trova uno stagno che all'improvviso sembra infestato da alghe che sono pericolose per i pesciolini che lì vi nuotano. Assumiamo che tu voglia salvare questo piccolo ecosistema. Cosa faresti? Useresti il codice a barre, il genoma di riferimento o entrambi? Una volta che hai salvato lo stagno, cosa faresti per convincere gli altri cittadini su quello che hai scoperto?




















Bingo sulla biodiversità in Europa



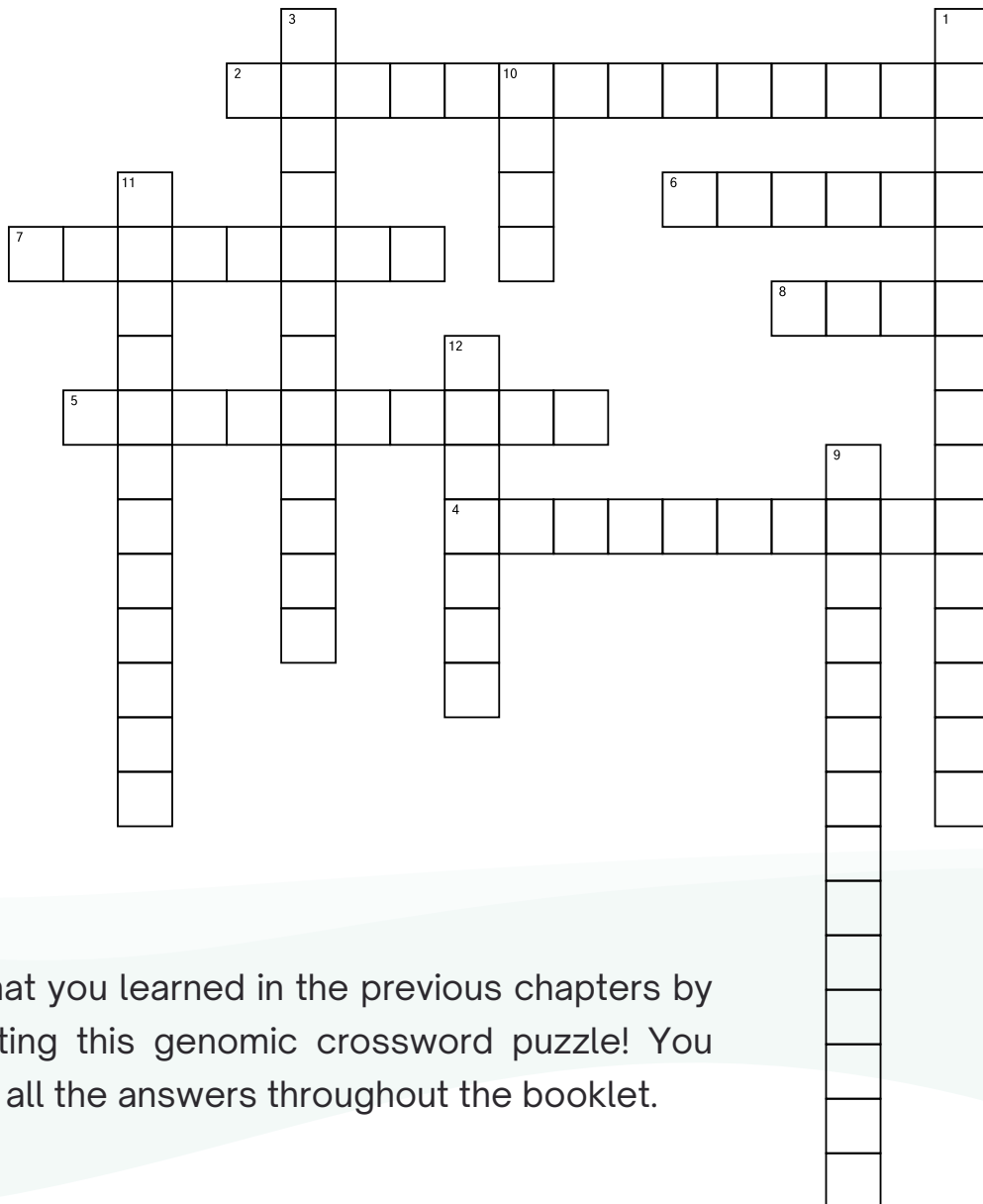
Stampa e porta con te questa pagina durante la tua prossima camminata, spedizione o vacanza. Ogni quadratino raffigura un organismo che svolge un ruolo importante negli ecosistemi europei, dai pollinatori e dagli organismi del suolo alle foreste e agli uccelli delle zone umide, fino alla vita marina. Segna con una X gli organismi che hai osservato di persona. Poi da un'occhiata a quelli che non hai ancora visto e chiediti dove potresti incontrarli.

Dove potresti incontrare le specie raffigurate nel bingo? Al margine di una foresta, in una costa rocciosa, in una zona umida, o in un sentiero di montagna? Usa questa pagina per pianificare la tua prossima escursione e, al ritorno, verifica cosa sei riuscito a compilare e cosa no.

[Clicca qui per scaricare la versione stampabile del bingo!](#)

 Salamandra	 Farfalla pollinatrice	 Bombo su un fiore	 Coccinella	 Verme nel suolo	 Lumaca
 Quercia in un parco	 Pino in una foresta	 Prato fiorito	 Arbusto con bacche	 Libellula	 Rana o rospo
 Cozza o vongola	 Banco di pesci	 Uccello predatore	 Pipistrello al crepuscolo	 Albero vecchio con cavità	 Tronco caduto con funghi
 Tappeto di muschio	 Erba delle dune vicino al mare	 Letto di alghe o alghe marine	 Fuore alpino di montagna	 Uccello di palude	 Impronte di un predatore

Cruciverba sulla genomica



Test what you learned in the previous chapters by completing this genomic crossword puzzle! You will find all the answers throughout the booklet.

Down:

1. The complete version of the DNA book that scientists use as reference.
3. The variety of life on Earth, from huge trees and animals to tiny bacteria and fungi.
9. Computer-based methods that put tiny pieces of DNA back together.
10. The acronym of the European Reference Genome Atlas.
11. A short piece of DNA used to identify which species we are looking at.
12. An area of the world with especially high biodiversity.

Across:

2. An activity where non-scientists work with scientists to do research.
4. The type of machines that allow us to read the genetic code.
5. The place where DNA collected in the wild is extracted and analysed.
6. The giant instruction book that contains all the genetic information of an organism.
7. The study of an organism's DNA.
8. A part of the DNA book that works like a chapter, telling the body what to do.

Word search

From the field to the lab, biodiversity genomics researchers rely on a wide range of specialized equipment. Solve the puzzle to help this scientist find all the items on his list:



Field items

- ☐ Binoculars
- ☐ GPS device
- ☐ Permits
- ☐ Net

Lab items

- ☐ Pipette
- ☐ Lab Coat
- ☐ Tweezers
- ☐ Gloves
- ☐ Laptop



W	S	B	G	P	S	D	E	V	I	C	E	X	L
B	L	B	T	Q	S	I	P	R	J	S	K	K	S
U	P	Z	W	M	L	R	L	R	E	N	J	N	J
H	F	S	E	N	E	T	K	V	C	P	U	B	X
A	W	T	E	T	A	R	O	W	T	W	I	C	H
Q	M	I	Z	V	F	L	Z	O	P	N	P	L	O
J	O	M	E	T	G	P	E	P	O	R	O	A	A
C	G	R	R	C	A	C	F	C	I	X	T	O	F
N	N	E	S	D	E	O	U	Z	P	W	P	M	N
S	L	P	J	J	Y	L	C	R	Q	Z	A	F	D
C	V	M	F	K	A	M	L	B	V	L	L	E	V
J	R	R	V	R	J	Q	C	Q	A	P	Y	V	H
X	B	B	S	A	G	R	V	G	H	L	E	Q	F
V	S	I	E	T	T	E	P	I	P	G	K	U	H

Connessioni

Istruzioni

Raggruppa le parole qua sotto in quattro gruppi da quattro, trovando il filo nascosto che le collega tra loro!

Scansiona il QR o [clicca qui](#) per giocare a questo gioco online!



Cittadini

iBOL

Pipette

Aziende

CBD

Scienziati

Sequenziame
nto

Dati

ERGA

Computer

BGE

Estrazione

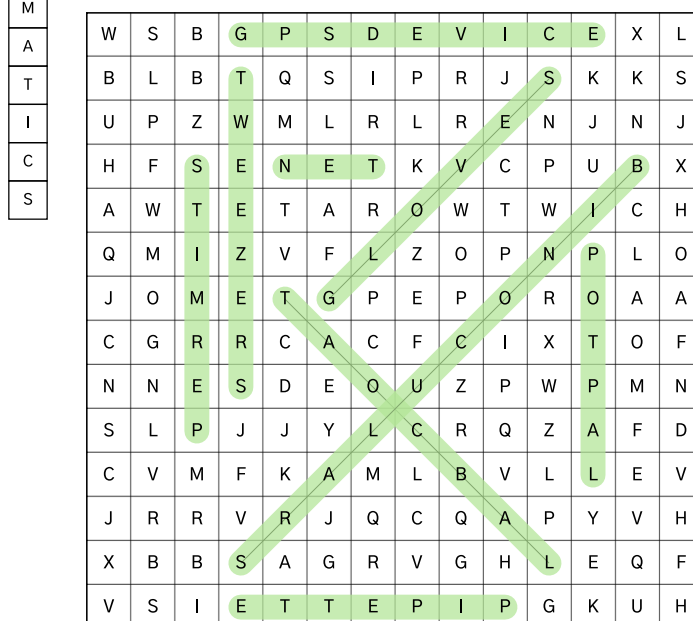
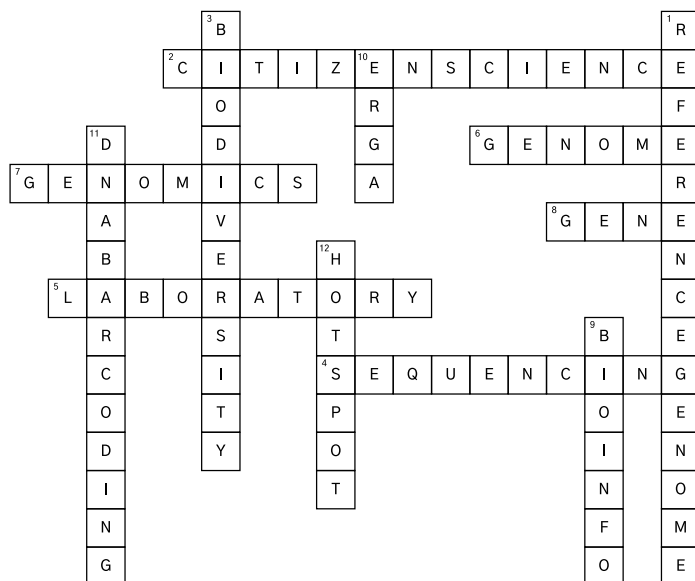
Politici

Retini

Applicazione

Raccolta

Solutions



Connections

Categoria gialla – **Fasi del lavoro nella genomica della biodiversità:**
Raccolta, Estrazione, Sequenziamento, Applicabilità

Categoria verde - **Portatori di interesse:** Cittadini, Politici, Scienziati, Aziende

Categoria azzurra – **Acronimi Ricorrenti:** ERGA, iBOL, BGE, CBD

Categoria viola – **Strumenti:** Pipette, Retini, Dati, Computer