

<b>Università</b>	Università degli Studi di TRENTO
<b>Classe</b>	LM-8 R - Biotecnologie industriali
<b>Nome del corso in italiano</b>	Biologia Quantitativa e Computazionale <i>modifica di: <a href="#">Biologia Quantitativa e Computazionale (1369184)</a></i>
<b>Nome del corso in inglese</b>	Quantitative and Computational Biology
<b>Lingua in cui si tiene il corso</b>	inglese
<b>Codice interno all'ateneo del corso</b>	0525H
<b>Data di approvazione della struttura didattica</b>	21/10/2024
<b>Data di approvazione del senato accademico/consiglio di amministrazione</b>	27/11/2024
<b>Data della consultazione con le organizzazioni rappresentative a livello locale della produzione, servizi, professioni</b>	11/11/2015 -
<b>Data del parere favorevole del Comitato regionale di Coordinamento</b>	23/11/2015
<b>Modalità di svolgimento</b>	a. Corso di studio convenzionale
<b>Eventuale indirizzo internet del corso di laurea</b>	<a href="https://international.unitn.it/mqcb">https://international.unitn.it/mqcb</a>
<b>Dipartimento di riferimento ai fini amministrativi</b>	Dipartimento di Biologia Cellulare, Computazionale e Integrata - Department of Cellular, Computational and Integrative Biology - CIBIO
<b>Altri dipartimenti</b>	Fisica Ingegneria e Scienza dell'Informazione Matematica
<b>EX facoltà di riferimento ai fini amministrativi</b>	
<b>Massimo numero di crediti riconoscibili</b>	24 - max 24 CFU, da DM 931 del 4 luglio 2024

### **Obiettivi formativi qualificanti della classe: LM-8 R Biotecnologie industriali**

#### a) Obiettivi culturali della classe

I corsi della classe hanno l'obiettivo di formare laureate e laureati specialisti nel campo delle biotecnologie industriali, con approfondite conoscenze interdisciplinari e in grado di inserirsi nel mondo del lavoro in posizioni di responsabilità. In particolare le laureate e i laureati nei corsi della classe devono:- avere padronanza del metodo scientifico sperimentale applicato a sistemi biologici;

- possedere una profonda conoscenza delle basi molecolari e cellulari dei sistemi biologici, ed essere capaci di usare tali conoscenze per lo sviluppo e il miglioramento di processi biotecnologici con un approccio interdisciplinare;
- possedere solide conoscenze sugli aspetti chimici, strutturali e funzionali delle macromolecole biologiche e dei processi cellulari nei quali esse intervengono;
- possedere conoscenze di chimica, fisica e competenze computazionali e matematico-statistiche per la comprensione e la modellazione dei sistemi cellulari e molecolari e delle loro applicazioni;
- possedere un'avanzata conoscenza di strumenti e tecniche analitiche tradizionali e biotecnologiche e della loro applicazione;
- avere padronanza delle metodologie bio-informatiche anche ai fini dell'organizzazione, costruzione e accesso a banche dati di genomica, proteomica e metabolomica;
- possedere conoscenze sulla produzione mediante processi biotecnologici di piccole molecole, proteine e altre macromolecole (ad esempio: enzimi, proteine ricombinanti, metaboliti, acidi nucleici, vaccini) e sulle relative tecniche di purificazione, analisi e validazione;
- avere conoscenze dei sistemi biologici complessi e capacità di sviluppare modelli descrittivi e predittivi dei relativi fenomeni chimici, fisici, chimico-fisici e biologici al fine di progettare, condurre e migliorare processi di produzione e servizi;
- possedere le conoscenze teoriche e operative sulle piattaforme tecnologiche specifiche delle biotecnologie per ideare, progettare e gestire processi industriali di natura biotecnologica per la produzione di molecole, materiali ed energia;
- avere conoscenza degli aspetti fondamentali dei processi operativi che seguono la produzione industriale di prodotti biotecnologici, inclusi la loro formulazione, lo smaltimento e l'eventuale riciclo o riutilizzo;
- conoscere gli effetti dei prodotti e dei processi biotecnologici sull'ambiente, saperne prevenire gli effetti nocivi nonché saper progettare e gestire processi di risanamento ambientale mediante approcci biotecnologici;
- saper gestire l'integrazione dei processi della bioindustria con altri processi produttivi nell'ottica dell'economia circolare e sostenibilità industriale e ambientale incluso lo sviluppo di approcci biotecnologici per la riconversione di fonti carboniose e chiusura del ciclo del carbonio;
- avere adeguate conoscenze nelle culture di contesto, con particolare riferimento ai temi della bioetica, della certificazione di prodotti e processi biotecnologici, della sicurezza nel settore biotecnologico, della valorizzazione della proprietà intellettuale, dell'economia e della gestione aziendale, della sociologia e della comunicazione;
- essere capaci di ideare, pianificare, progettare e gestire sistemi, processi e servizi complessi e innovativi nel campo delle biotecnologie.

#### b) Contenuti disciplinari indispensabili per tutti i corsi della classe

I corsi della classe comprendono in ogni caso attività finalizzate all'acquisizione di:- conoscenze delle discipline chimiche e biologiche per la comprensione della struttura e funzione dei sistemi biologici, con particolare attenzione alle logiche molecolari e informazionali, dal livello cellulare a quello degli organismi;

- conoscenze delle tecniche fondamentali nei vari campi delle biotecnologie industriali, con particolare attenzione agli approcci multidisciplinari che le connotano e agli sviluppi industriali;
- conoscenze teoriche e pratiche per progettare, condurre e migliorare processi di produzione e servizi basati sull'utilizzo di sistemi biologici, dalla scala di laboratorio a quella pilota e industriale;
- competenze avanzate in uno o più specifici settori delle biotecnologie industriali.

#### c) Competenze trasversali non disciplinari indispensabili per tutti i corsi della classe

Le laureate e i laureati della classe devono essere in grado di:- saper comunicare efficacemente, in forma scritta e orale, con particolare riferimento al lessico proprio delle discipline scientifiche;

- operare in gruppi interdisciplinari e dialogare efficacemente con esperti di specifici settori applicativi, comprendendo le necessità degli ambiti in cui si troveranno a operare e suggerendo soluzioni efficaci;
- essere in grado di operare in contesti aziendali e professionali;
- mantenersi aggiornati sugli sviluppi delle scienze e tecnologie;
- utilizzare con competenza i principali strumenti informatici e digitali e della comunicazione telematica;
- prevedere e gestire le implicazioni delle proprie attività in termini di sostenibilità ambientale;
- lavorare con ampia autonomia, anche assumendo responsabilità scientifiche e organizzative di progetti e strutture e di analizzare e risolvere problemi complessi.

#### d) Possibili sbocchi occupazionali e professionali dei corsi della classe

Le laureate e i laureati della classe potranno trovare occupazione, come lavoratori dipendenti o liberi professionisti, con ruoli di elevata responsabilità nelle aziende, in enti pubblici e privati, società di servizi e di consulenza negli ambiti di: ricerca, sviluppo e innovazione di prodotti e processi biotecnologici; gestione di strutture produttive in tutti i campi della bioindustria; gestione di servizi connessi con le biotecnologie industriali, come nei laboratori di analisi di certificazione e di controllo biologico, nei servizi di monitoraggio ambientale e nelle strutture del servizio sanitario nazionale; promozione, sviluppo e trasferimento tecnologico dell'innovazione scientifica; controllo, sorveglianza, marketing di prodotti delle biotecnologie; formazione culturale e divulgazione scientifica.

e) Livello di conoscenza di lingue straniere in uscita dai corsi della classe

Oltre l'italiano, le laureate e i laureati nei corsi della classe devono essere in grado di utilizzare fluentemente almeno una lingua straniera, in forma scritta e orale, con riferimento anche ai lessici disciplinari.

f) Conoscenze e competenze richieste per l'accesso a tutti i corsi della classe

Padronanza di nozioni e strumenti di base delle scienze matematiche, chimiche, fisiche e biologiche e conoscenze fondamentali nelle discipline propedeutiche a quelle caratterizzanti della presente classe.

g) Caratteristiche della prova finale per tutti i corsi della classe

La prova finale comprende la preparazione e presentazione di una tesi relativa ad una significativa attività di ricerca, con carattere di originalità, che dimostri la padronanza degli argomenti nonché capacità di operare in modo autonomo e di comunicare e analizzare criticamente i risultati ottenuti.

h) Attività pratiche e/o laboratoriali previste per tutti i corsi della classe

I corsi della classe devono prevedere attività di laboratorio dedicate alla conoscenza di metodiche sperimentali, alla acquisizione, elaborazione e interpretazione dei dati e all'uso delle tecnologie.

i) Tirocini previsti per tutti i corsi della classe

I corsi della classe prevedono tirocini formativi, in Italia o all'estero, presso enti o istituti di ricerca, università, fondazioni, aziende e/o amministrazioni pubbliche, anche nel quadro di accordi internazionali.

### **Sintesi della relazione tecnica del nucleo di valutazione**

a) Requisiti di docenza:

Dopo la richiesta di informazioni integrative da parte del Nucleo di Valutazione ed in base a quanto verificato i requisiti di docenza sono rispettati.

b) Limiti alla parcellizzazione delle attività didattiche e alla diversificazione dei corsi di studio:

Nessuna parcellizzazione perché per nessuna attività didattica sono previsti meno di 6 crediti.

c) Requisiti strutturali

La nuova LM non creerà nessun problema di aule e "laboratori non specialistici" come indicato negli allegati forniti al Nucleo di Valutazione.

Conclusioni:

Il corso in "Quantitative Computational Biology" è descritto in modo abbastanza chiaro anche se presenta alcune criticità come evidenziato nell'analisi. Le parti interessate sono state sentite e i verbali sono stati inviati il 13 novembre 2015.

Comunque il Nucleo di Valutazione si riserva di effettuare successive verifiche nel momento che verrà completato l'elenco dei docenti ai quali verranno affidati tutti gli insegnamenti del corso di studio.

### **Sintesi della consultazione con le organizzazioni rappresentative a livello locale della produzione, servizi, professioni**

In data 11 novembre 2015 si è svolto l'incontro di consultazione con le organizzazioni rappresentative a livello locale della produzione, servizi e professioni relativamente alla proposta di attivazione della Laurea Magistrale interdepartimentale in Quantitative and Computational Biology.

All'incontro hanno partecipato i seguenti Enti:

- Euregio, nella persona del Responsabile della Segreteria Generale;
- Azienda Provinciale per i Servizi Sanitari, nella persona del Primario di Anatomia Patologica dell'Ospedale Santa Chiara (Trento);
- Confindustria, nella persona del Responsabile Area Lavoro e Formazione;
- Trentino Sviluppo, nella persona del Responsabile Marketing and International Business;
- Ordine dei Biologi, nella persona del Consigliere Tesoriere;
- Trento Institute for Fundamental Physics Applications, nella persona del Direttore.

I seguenti Enti hanno risposto alla consultazione tramite questionario elettronico:

- Sandoz Industrial Products
- Azienda Provinciale per i Servizi Sanitari
- Aptuit
- Associazione Nazionale dei Biotecnologi Italiani

La consultazione inizia con una presentazione del progetto del Corso di Studio soffermandosi in particolar modo:

- sulle modalità con cui si sono verificate le esigenze del mercato attuale locale e globale;
- sulle competenze che si intendono fornire ai laureati, in funzione dei profili professionali in uscita;
- sui requisiti di ammissione che consentiranno l'accesso al Corso di Studio anche a laureati provenienti da classi di laurea diverse dalle biotecnologie;
- sulla unicità del percorso di studi a livello italiano.

Dalla consultazione diretta e dall'analisi delle risposte ai questionari inviati alle Organizzazioni Rappresentative è emersa un'ampia soddisfazione in merito alla proposta di attivazione di una nuova laurea magistrale in Quantitative and Computational Biology. È stata ampiamente apprezzata la volontà di istituire un percorso di studio interdisciplinare e attualmente non ancora offerto in Italia, considerando le richieste del mercato non solo locale ma soprattutto globale.

È emerso che il percorso di studi sarà di nicchia e creerà delle figure professionali molto richieste dal mercato. Particolare apprezzamento per l'iniziativa è stato espresso dal settore sanitario (APSS) che ritiene che le figure professionali che si prevede di formare corrispondano esattamente alla richiesta del mercato in questo ambito. È risultano particolarmente interessante per le rappresentanze di Confindustria l'approccio "solving-oriented" dato al percorso di studi, in quanto è esattamente ciò che le aziende chiedono ai laureati. Da parte di Trentino Sviluppo si è manifestata la disponibilità di collaborazione volta a preparare un ambiente ricettivo per finanziare eventuali start-up in questo ambito, come avviene attualmente per alcune eccellenze esistenti sul territorio (es. protonterapia). L'unica perplessità emersa riguarda il rischio di obsolescenza di profili professionali molto specializzati, rischio tipico delle categorie di nicchia.

Le future consultazioni con le organizzazioni rappresentative avverranno con cadenza annuale tramite un workshop nel quale gli Enti, studenti e personale docente potranno confrontarsi.

### **Obiettivi formativi specifici del corso e descrizione del percorso formativo**

Le figure professionali che verranno formate saranno in grado di comprendere la biologia dei fenomeni considerati, la complessità dei modelli matematici e informatici, l'approccio analitico per la rappresentazione dei fenomeni fisici. Le competenze vengono acquisite nelle seguenti aree disciplinari: area delle biotecnologie, area informatica, area fisico-matematica.

Gli obiettivi specifici dell'area biotecnologica sono: fornire competenze avanzate sul metabolismo cellulare e come esso possa essere manipolato tramite approcci di ingegneria genetica e metabolica applicabili sia a sistemi microbici che a cellule di mammiferi, fornire competenze per la generazione, l'analisi,

la rappresentazione e l'interpretazione di dati "-omics" (essenzialmente di genomica e trascrittomica), fornire competenze per l'utilizzo di complesse apparecchiature sperimentali e relativi software.

Gli obiettivi specifici dell'area informatica sono: introdurre gli studenti alla risoluzione computazionale di problemi, fornire le basi pratiche della programmazione scientifica, fornire le conoscenze di base sulle reti biologiche e le competenze per manipolarle integrandole con dati, fornire competenze e conoscenze per modellare e simulare la dinamica dei sistemi biologici, fornire conoscenze sugli algoritmi specifici per le applicazioni bioinformatiche, competenze per il progetto e implementazione di risorse bioinformatiche, fornire conoscenze e competenze su machine learning e nozioni pratiche e teoriche sulle specifiche applicazioni di data mining per dati biologici.

Gli obiettivi specifici dell'area matematico-fisica sono: introdurre nozioni fondamentali dell'inferenza statistica basata sulla verosimiglianza, fornire conoscenze per la costruzione e l'utilizzo di modelli statistici per l'analisi di dati univariati e multivariati, con particolare riferimento a dati biomolecolari, e di modelli dinamici di tipo deterministico o stocastico per la descrizione di fenomeni biologici e biochimici, fornire competenze per costruire simulazioni numeriche al computer e per riconoscere potenzialità e limiti nell'uso dei modelli, fornire competenze sulle equazioni fondamentali della meccanica quantistica e i principali elementi della fenomenologia della fisica atomica e molecolare, introdurre i metodi di approssimazione per la descrizione teorica della fisica dei sistemi a molti corpi, acquisire competenze per valutare criticamente i limiti dei modelli molecolari, fornire nozioni relative a fondamenti e applicazioni della meccanica statistica dei sistemi biomolecolari e le tecniche numeriche per lo studio delle loro proprietà termodinamiche e cinetiche.

A fine di raggiungere questo obiettivi formativi specifici, il percorso formativo è stato strutturato in tre fasi:

- nel primo semestre, studenti provenienti da lauree triennali diverse (scienze biologiche, biotecnologie, informatica, matematica, fisica, chimica, etc) seguiranno corsi diversi per uniformare il loro background ("bridge courses");

- nel secondo e terzo semestre gli studenti seguono un blocco di corsi in comune ("core courses") nei quali si provvederà tuttavia a tenere conto del background e delle affinità di ogni studente. Verrà favorito l'apprendimento sotto forma progettuale, con attività di studio in gruppo con componenti provenienti da lauree diverse;

- il quarto semestre verrà interamente dedicato alla preparazione della tesi di laurea, con un sistema di rotazione presso i gruppi di ricerca di ciascuna delle strutture coinvolte. La parte finale del percorso è fondamentale per verificare che gli studenti abbiano acquisito la capacità di dialogare e collaborare attivamente con persone di discipline diverse e abbiano acquisito la capacità di operare praticamente su importanti moli di dati biologici.

### **Descrizione sintetica delle attività affini e integrative**

Le attività affini e integrative del corso di studio arricchiscono il percorso formativo degli studenti, offrendo almeno 18 crediti in insegnamenti che consolidano competenze trasversali e completano le conoscenze delle discipline caratterizzanti. Questi insegnamenti possono comprendere una vasta gamma di aree. Insegnamenti nelle aree di biochimica e biologia molecolare forniscono solide basi aggiuntive sui processi biochimici e genetici cellulari, oltre alla loro analisi mediante approcci bioinformatici, mentre gli insegnamenti nell'area della biologia applicata e della microbiologia ampliano le possibilità di applicazione pratica in ambiti come la salute e il controllo microbiologico. Insegnamenti nelle aree di chimica generale, inorganica e organica, a loro volta, integrano conoscenze nella comprensione delle reazioni chimiche di composti sia inorganici che organici, essenziali per le scienze della vita. Ambiti come la bioingegneria industriale, la statistica medica e l'informatica arricchiscono la preparazione tecnica degli studenti, fornendo competenze avanzate nell'analisi dei dati, nelle applicazioni biomediche e nell'impiego di metodi di intelligenza artificiale. Insegnamenti nell'ambito delle telecomunicazioni e dei sistemi di elaborazione delle informazioni estendono la formazione nel campo dei sistemi informativi e della gestione delle comunicazioni di dati. Discipline nelle aree della fisica sperimentale, fisica teorica, fisica della materia e fisica applicata integrano competenze essenziali per l'analisi dei fenomeni fisici e biofisici e per la modellazione e simulazione di strutture e complessi molecolari. Infine, insegnamenti nelle aree matematiche, come l'analisi matematica e la probabilità e statistica, approfondiscono strumenti e approcci indispensabili per implementare modelli di regressione e classificazione e per modellare, simulare e analizzare sistemi biologici complessi. Questa struttura didattica è progettata per sviluppare un profilo interdisciplinare completo e articolato, promuovendo una visione integrata delle conoscenze scientifiche e preparando gli studenti ad affrontare con efficacia le sfide della biologia quantitativa e computazionale.

### **Risultati di apprendimento attesi, espressi tramite i Descrittori europei del titolo di studio (DM 16/03/2007, art. 3, comma 7).**

#### **Conoscenza e capacità di comprensione (knowledge and understanding)**

I laureati magistrali in Quantitative & Computational Biology hanno acquisito una buona preparazione in biologia generale e molecolare, integrata con competenze di base nelle discipline fisico-chimiche e biochimiche, nonché in biomatematica e in bioinformatica. Queste competenze sono funzionali alla formulazione e comprensione di modelli matematici e fisici di sistemi biologici e alla relativa soluzione numerica su computer o facilities per calcolo parallelo o distribuito, nonché allo sviluppo di strumenti informatici per l'analisi automatizzata di grandi moli di dati. Tali competenze integrano, estendono e rafforzano le competenze acquisite dagli studenti nelle lauree di primo livello nei loro rispettivi settori di provenienza.

In particolare, studenti in possesso di una laurea di primo livello in matematica, fisica, informatica e chimica hanno integrato la propria formazione di base con competenze in:

- struttura e funzionamento dei sistemi biologici, sulla base delle logiche molecolari e informazionali;
- struttura e funzione delle macromolecole biologiche e dei processi cellulari nei quali intervengono;
- struttura e biologia di base delle cellule procariotiche ed eucariotiche.

Gli studenti provenienti da lauree di primo livello in biologia o biotecnologia avranno completato la propria formazione con:

- elementi di fisica e chimica statistica dei sistemi biomolecolari;
- strumenti bioinformatici e di modellistica molecolare applicati alla genomica, progettazione di biofarmaci ed altre molecole di interesse biotecnologico.

I laureati magistrali in Quantitative and Computational Biology sanno utilizzare le conoscenze ottenute per comprendere le applicazioni avanzate in bioinformatica, biomatematica e biofisica al fine di permettere l'elaborazione di idee originali applicate in un contesto di ricerca o industriale, con particolare riguardo agli aspetti innovativi delle biotecnologie quali drug discovery, drug design, cell therapy, etc. Le esercitazioni che integrano gli insegnamenti hanno un ruolo importante nel conseguimento di queste capacità. Gli studenti, inoltre, estenderanno e approfondiranno le conoscenze così acquisite con il lavoro di tesi. L'apprendimento e le capacità di comprensione delle discipline insegnate saranno valutati individualmente attraverso prove di esame scritte e/o orali e per alcuni corsi o argomenti, anche sotto forma di attività progettuale. La tesi fornisce un'ulteriore opportunità di verifica della comprensione dei temi trattati.

#### **Capacità di applicare conoscenza e comprensione (applying knowledge and understanding)**

Il corso di Laurea magistrale in Quantitative and Computational Biology prevede che una parte significativa del percorso formativo sia dedicata all'attività di ricerca da svolgersi presso gruppi interdisciplinari di ricerca, incardinati in laboratori pubblici o privati.

Al termine di tale periodo i laureati magistrali avranno acquisito la capacità di interagire con ricercatori provenienti da diversa formazione in aree affini alla propria per l'applicazione di tecniche e processi di identificazione e caratterizzazione di bersagli biologici, progettazione di molecole bioattive mediante metodiche computazionali; applicazione di metodologie bioinformatiche ai fini dell'organizzazione e dell'accesso a banche dati; validazione di processi laboratoristici, produttivi e di controllo qualità tramite simulazioni al computer; sviluppo di modelli matematici per l'evoluzione temporale di specifici descrittori di sistemi biologici.

I laureati magistrali, attraverso l'applicazione di tecniche e modelli avanzati per lo studio di problemi scientifici in ambito biologico, saranno entrati in possesso di un metodo di lavoro trasferibile ad altri contesti specifici e sapranno organizzare la propria attività anche in funzione dei tempi di attuazione e dei costi corrispondenti. La capacità di applicazione sarà stimolata durante le attività pratiche in aula informatica, le stesse saranno svolte sotto la guida di docenti specializzati in diversi campi della ricerca, attraverso un approccio di problem solving durante le lezioni e soprattutto durante il lavoro di tesi. La capacità di applicare le conoscenze acquisite sarà valutata mediante prove scritte e/o orali, attività progettuale e, nel corso della preparazione della tesi di ricerca, mediante la discussione con il tutor delle strategie da seguire.

#### **Autonomia di giudizio (making judgements)**

I laureati magistrali in Quantitative and Computational Biology hanno sviluppato senso critico e capacità di osservazione al fine di poter operare con un buon grado di autonomia in un ambito di ricerca interdisciplinare in ambito biomolecolare e biomedico, sia a livello accademico che industriale. In

particolare, i laureati magistrali possiedono la capacità di individuare ed impostare in autonomia gli approcci metodologici più idonei ed efficaci per il raggiungimento degli obiettivi e sono in grado di valutare le potenzialità ed i limiti di impiego delle tecniche e dei modelli appresi. Tali obiettivi saranno maggiormente raggiunti nel periodo dedicato all'attività di ricerca effettuata dallo studente nel corso della preparazione della tesi, sotto la guida di un docente tutor, per l'acquisizione dei crediti relativi alla prova finale. Le modalità di verifica saranno costituite dalla valutazione in itinere dell'attività di ricerca da parte del tutor e dalla formulazione di un giudizio finale.

### **Abilità comunicative (communication skills)**

I laureati magistrali in Quantitative and Computational Biology hanno acquisito elevate competenze linguistiche e strumenti informatici per la gestione e la comunicazione di informazioni e dati di natura biologica e bioinformatica. I laureati magistrali sono in grado di comunicare efficacemente le conoscenze innovative acquisite e le loro implicazioni in un contesto di collaborazione con interlocutori con una preparazione scientifica specifica in una o più delle discipline che sono comprese nel piano di studi. In aggiunta, sono in grado di comunicare con interlocutori non specialisti, ad esempio amministratori di aziende biotecnologiche, di ospedali e di agenzie pubbliche e private.

Questo obiettivo sarà raggiunto grazie alla interdisciplinarietà degli insegnamenti e verrà verificata nelle prove di esame e nella discussione e presentazione della tesi di laurea, quale elemento che concorre al giudizio complessivo.

### **Capacità di apprendimento (learning skills)**

I laureati magistrali in Quantitative and Computational Biology hanno sviluppato le capacità di apprendimento necessarie per approfondire tematiche complesse nel campo di competenza, per mettere a punto tecniche innovative nel campo delle biotecnologie, della biofisica, della biomatematica e della bioinformatica, per proseguire autonomamente in studi superiori (master di secondo livello, specializzazione, dottorato di ricerca).

Il corso sviluppa, attraverso diverse metodologie didattiche, quali tutoraggio personale, journal club, relazioni sul lavoro svolto, presentazioni orali di risultati scientifici tra pari, lavoro progettuale in gruppi di ricerca, le capacità di condurre un lavoro autonomo, di collaborare in un lavoro di gruppo anche interdisciplinare e di sviluppare un approccio critico alla ricerca.

### **Conoscenze richieste per l'accesso (DM 270/04, art 6, comma 1 e 2)**

Possono accedere al corso di laurea magistrale in Quantitative and Computational Biology coloro che sono in possesso di un titolo di Laurea di primo livello appartenente alle seguenti discipline e relative classi del D.M. 270/04 (tra parentesi le classi corrispondenti del precedente D.M. 509/99).

- Biotecnologie – L-2 (1)
- Ingegneria dell'Informazione – L-8 (9)
- Scienze biologiche – L-13 (12)
- Scienze e tecnologie agro-alimentari – L-26 (20)
- Scienze e tecnologie chimiche – L-27 (21)
- Scienze e tecnologie farmaceutiche – L-29 (24)
- Scienze e tecnologie fisiche – L-30 (25)
- Scienze e tecnologie informatiche – L-31 (26)
- Scienze matematiche – L-35 (32)

Possono altresì accedere coloro i quali sono in possesso di un altro titolo di studio conseguito all'estero e riconosciuto idoneo in base alla normativa vigente, purché abbiano acquisito i requisiti curriculari di base definiti secondo le modalità stabilite nel Regolamento Didattico del Corso di Laurea Magistrale. Considerando che la lingua in cui si terrà il Corso di Laurea Magistrale in Quantitative and Computational Biology è l'inglese, è prevista obbligatoriamente la conoscenza della stessa ad un livello adeguato alla comprensione degli insegnamenti definiti dal Regolamento Didattico. Il Regolamento Didattico del corso di studio definirà, altresì, i tempi e le modalità di verifica della personale preparazione degli studenti.

### **Caratteristiche della prova finale (DM 270/04, art 11, comma 3-d)**

1. Per essere ammessi alla prova finale occorre avere conseguito tutti i crediti previsti nelle altre attività formative del piano degli studi.
2. La prova finale consiste nella stesura di una tesi ed un esame finale. Il lavoro di tesi ha come obiettivo di portare lo studente a diretto contatto con un argomento di frontiera di ricerca o di ricerca e sviluppo in Biologia Quantitativa e Computazionale e fornisce l'opportunità allo studente di contribuire personalmente all'avanzamento del settore. In generale la prova finale ha lo scopo di verificare la maturità scientifica raggiunta al termine del corso di laurea magistrale.

<b>Sbocchi occupazionali e professionali previsti per i laureati</b>
<p><b>Biotechnologo</b></p> <p><b>funzione in un contesto di lavoro:</b>            Utilizza tecniche sperimentali basate su processi cellulari e molecolari.            Applica le procedure di laboratorio ed individua i punti critici in presenza di problemi di qualità dei dati.            Utilizza e gestisce apparecchiature sperimentali e sistemi software dedicati al loro funzionamento.            Gestisce gli aspetti informatici legati all'uso delle macchine per la generazione di dati sperimentali.            Analizza i dati sperimentali grezzi e li converte in diversi formati.            Utilizza e valuta software per l'analisi dei dati sperimentali.            Interagisce efficacemente sia con il personale di laboratorio che con gli analisti per integrare i flussi di lavoro.</p> <p><b>competenze associate alla funzione:</b>            Ha competenza professionale:            - nell'applicare le conoscenze biologiche appropriate;            - e abilità nell'uso di tecniche, strumenti e capacità necessari per la pratica della biologia computazionale e quantitativa;            - nel comprendere dettagliatamente il processo di scoperta scientifica e il ruolo della bioinformatica.            - nella biologia cellulare e molecolare e nelle tecnologie di ingegneria genetica;            - nella comprensione delle tecnologie di generazione dei dati biologici.</p> <p>Ha competenza pratica:            - nell'applicare le conoscenze fisiche appropriate;            - nell'applicare i metodi statistici per la ricerca nel contesto della biologia molecolare, genomica, medica e nella genetica delle popolazioni.</p> <p>E' consapevole delle problematiche inerenti:            - l'applicazione delle conoscenze computazionali appropriate            - l'applicazione delle conoscenze matematiche e statistiche appropriate            - l'analisi di un problema e l'identificazione e definizione dei requisiti computazionali appropriati alla sua soluzione            - la valutazione della rispondenza di un sistema, processo, componente o programma a specifiche richieste in ambito scientifico.</p> <p><b>sbocchi occupazionali:</b>            Industria farmaceutica o biotecnologica, istituti di ricerca o in ambito ospedaliero. In particolare: laboratori di analisi privati e pubblici, laboratori di ricerca privati e pubblici.</p>
<p><b>Bioinformatico</b></p> <p><b>funzione in un contesto di lavoro:</b>            Identifica, progetta e sviluppa in modo professionale software bioinformatico e strumenti computazionali per dati biologici.            Adatta, implementa, applica e mantiene risorse bioinformatiche come basi di dati e software di analisi.            Gestisce database complessi.            Progetta, sviluppa, mantiene e popola risorse semantiche.            Progetta, sviluppa e mantiene risorse web.            Cura e mantiene il contenuto delle risorse bioinformatiche.            Integra dati eterogenei.            E' in grado di produrre soluzioni computazionali distribuite su cluster o cloud.            Costruisce e mantiene workflow e pipeline di analisi da dati biomolecolari grezzi.</p> <p><b>competenze associate alla funzione:</b>            Ha competenza di tipo professionale:            - nell'applicare le conoscenze computazionali appropriate;            - nell'analizzare un problema e identificare e definire i requisiti computazionali appropriati alla sua soluzione;            - nel progettare e implementare un sistema, processo, componente o programma che risponda a specifiche richieste in ambito scientifico;            - nel valutare se un sistema, processo, componente o programma risponde a specifiche richieste in ambito scientifico;            - nell'applicare i fondamenti matematici, i principi algoritmici, la teoria informatica per modellare e progettare sistemi basati sul computer in modo da dimostrare comprensione dei compromessi implicati da scelte progettuali;            - nell'applicare principi di progettazione e sviluppo per la costruzione di software di varia complessità;            - nella biologia cellulare e molecolare.</p> <p>Ha competenza pratica:            - nell'applicare le conoscenze biologiche appropriate</p> <p>E' consapevole delle problematiche inerenti:            - la comprensione dettagliata del processo di scoperta scientifica e il ruolo della bioinformatica;            - l'applicazione delle conoscenze matematiche e statistiche appropriate;            - l'applicazione delle conoscenze fisiche appropriate;            - l'abilità di usare tecniche, strumenti e capacità necessari per la pratica della biologia computazionale e quantitativa;            - la conoscenza delle tecnologie di ingegneria genetica;            - la comprensione delle tecniche di generazione dei dati biologici.</p> <p><b>sbocchi occupazionali:</b>            Industria farmaceutica o biotecnologica, istituti di ricerca o in ambito ospedaliero. In particolare: laboratori di analisi privati e pubblici, laboratori di ricerca privati e pubblici.</p>
<p><b>Biologo computazionale</b></p> <p><b>funzione in un contesto di lavoro:</b>            Sviluppa metodi di analisi di dati generati su larga scala, come dati genomici e proteomici.            Sviluppa modelli d'interazione di molecole e applica tecniche di dinamica molecolare.            Utilizza, testa e valida algoritmi e risorse informatiche per risolvere problemi biologici o per generare nuove ipotesi.            Identifica, sviluppa e testa metodi computazionali per la scoperta di molecole attive e lo sviluppo di farmaci.            Progetta esperimenti in silico per testare ipotesi data-driven e ne interpreta i risultati.            Definisce le procedure e le pipeline di analisi e le integra con le attività di laboratori sperimentali.            Interpreta i dati biologici integrando conoscenza di pathways, ontologie, e letteratura scientifica.</p> <p><b>competenze associate alla funzione:</b>            Ha competenza di tipo professionale:            - nell'applicare le conoscenze biologiche appropriate;            - nell'applicare le conoscenze matematiche e statistiche appropriate;</p>

- nell'applicare le conoscenze fisiche appropriate;
- nell'analizzare un problema e identificare e definire i requisiti computazionali appropriati alla sua soluzione;
- nel valutare se un sistema, processo, componente o programma risponde a specifiche richieste in ambito scientifico;
- e abilità nell'utilizzo di tecniche, strumenti e capacità necessari per la pratica della biologia computazionale e quantitativa;
- nel comprendere dettagliatamente il processo di scoperta scientifica e il ruolo della bioinformatica;
- nella conoscenza della biologia cellulare e molecolare.

Ha competenza pratica:

- nell'applicare i metodi statistici per la ricerca nel contesto della biologia molecolare, genomica, medica e nella genetica delle popolazioni;
- nell'applicare le tecnologie di ingegneria genetica;
- nel comprendere le tecniche di generazione dei dati biologici.

E' consapevole delle problematiche inerenti:

- l'applicazione delle conoscenze computazionali appropriate.

#### **sbocchi occupazionali:**

Industria farmaceutica o biotecnologica, istituti di ricerca o in ambito ospedaliero. In particolare: laboratori di analisi privati e pubblici, laboratori di ricerca privati e pubblici.

#### **Analista di dati e sistemi biologici**

##### **funzione in un contesto di lavoro:**

Conosce e applica le tecniche di biostatistica, verificando la correttezza delle assunzioni nei casi di studio in fase di disegno sperimentale e di analisi dei dati.

Pianifica e conduce analisi statistiche avanzate di dati clinici e molecolari.

Programma, valida, mantiene e documenta programmi statistici.

Utilizza tecniche di data mining e machine learning.

Cura dati e li colloca in sistemi integrati per la rappresentazione della conoscenza biologica.

E' in grado di raccogliere, combinare, analizzare dati biologici complessi e ad alta dimensionalità.

Simula sistemi biologici in silico, confrontandone i risultati con dati e letteratura.

Inferisce ed analizza reti biologiche.

Analizza dati biologici complessi provenienti da misure dell'intera cellula.

##### **competenze associate alla funzione:**

Ha competenze di tipo professionale:

- nell'applicare le conoscenze biologiche appropriate;
- nell'applicare le conoscenze matematiche e statistiche appropriate;
- nell'analizzare un problema e identificare e definire i requisiti computazionali appropriati alla sua soluzione;
- nel valutare se un sistema, processo, componente o programma risponde a specifiche richieste in ambito scientifico;
- nell'usare tecniche, strumenti e capacità necessari per la pratica della biologia computazionale e quantitativa;
- nell'applicare i fondamenti matematici, i principi algoritmici, la teoria informatica per modellare e progettare sistemi basati sul computer in modo da dimostrare comprensione dei compromessi implicati da scelte progettuali;
- nell'applicare metodi statistici per la ricerca nel contesto della biologia molecolare, genomica, medica e nella genetica delle popolazioni.
- nella conoscenza della biologia generale.

Ha competenza pratica:

- nell'applicazione delle conoscenze fisiche appropriate.
- nella comprensione dettagliata del processo di scoperta scientifica e del ruolo della bioinformatica.

E' consapevole delle problematiche inerenti:

- l'applicazione delle conoscenze computazionali appropriate;
- la conoscenza approfondita di almeno un ambito biologico;
- la conoscenza delle tecnologie di ingegneria genetica;
- la comprensione delle tecniche di generazione dei dati biologici.

#### **sbocchi occupazionali:**

Industria farmaceutica o biotecnologica, accademia, istituti di ricerca o in ambito ospedaliero. In particolare: laboratori di analisi privati e pubblici, laboratori di ricerca privati e pubblici.

#### **Il corso prepara alla professione di (codifiche ISTAT)**

- Biologi e professioni assimilate - (2.3.1.1.1)
- Ricercatori e tecnici laureati nelle scienze biologiche - (2.6.2.2.1)
- Biotecnologi - (2.3.1.1.4)
- Ricercatori e tecnici laureati nelle scienze chimiche e farmaceutiche - (2.6.2.1.3)
- Biofisici - (2.3.1.1.3)

**Il rettore dichiara che nella stesura dei regolamenti didattici dei corsi di studio il presente corso ed i suoi eventuali curricula differiranno di almeno 30 crediti dagli altri corsi e curriculum della medesima classe, ai sensi del DM 16/3/2007, art. 1 c.2.**

**Attività caratterizzanti**

ambito disciplinare	settore	CFU		minimo da D.M. per l'ambito
		min	max	
Discipline chimiche e chimico-industriali	CHIM/01 Chimica analitica CHIM/02 Chimica fisica CHIM/03 Chimica generale ed inorganica CHIM/04 Chimica industriale CHIM/06 Chimica organica CHIM/08 Chimica farmaceutica CHIM/11 Chimica e biotecnologia delle fermentazioni ING-IND/34 Bioingegneria industriale	12	24	10
Discipline biologiche	BIO/06 Anatomia comparata e citologia BIO/09 Fisiologia BIO/10 Biochimica BIO/11 Biologia molecolare BIO/13 Biologia applicata BIO/14 Farmacologia BIO/18 Genetica BIO/19 Microbiologia	12	24	10
Discipline tecnico scientifiche, giuridiche, economiche e di contesto	FIS/01 Fisica sperimentale FIS/02 Fisica teorica modelli e metodi matematici FIS/03 Fisica della materia INF/01 Informatica ING-INF/05 Sistemi di elaborazione delle informazioni IUS/01 Diritto privato IUS/04 Diritto commerciale MAT/05 Analisi matematica MAT/06 Probabilità e statistica matematica MAT/07 Fisica matematica SECS-P/06 Economia applicata SECS-P/07 Economia aziendale SECS-S/01 Statistica SECS-S/02 Statistica per la ricerca sperimentale e tecnologica	24	48	6
<b>Minimo di crediti riservati dall'ateneo minimo da D.M. 40:</b>		-		

<b>Totale Attività Caratterizzanti</b>	48 - 96
--	---------

**Attività affini**

ambito: Attività formative affini o integrative	CFU	
intervallo di crediti da assegnarsi complessivamente all'attività ( <b>minimo da D.M. 12</b> )	18	36

<b>Totale Attività Affini</b>	18 - 36
-------------------------------	---------

**Altre attività**

ambito disciplinare	CFU min	CFU max	
A scelta dello studente	8	15	
Per la prova finale	15	24	
Ulteriori attività formative (art. 10, comma 5, lettera d)	Ulteriori conoscenze linguistiche	0	3
	Abilità informatiche e telematiche	0	3
	Tirocini formativi e di orientamento	0	6
	Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro	0	6
Minimo di crediti riservati dall'ateneo alle Attività art. 10, comma 5 lett. d		3	
Per stages e tirocini presso imprese, enti pubblici o privati, ordini professionali	0	6	

<b>Totale Altre Attività</b>	26 - 63
------------------------------	---------

**Riepilogo CFU**

<b>CFU totali per il conseguimento del titolo</b>	<b>120</b>
<b>Range CFU totali del corso</b>	92 - 195

**Note attività affini (o Motivazioni dell'inserimento nelle attività affini di settori previsti dalla classe).**

**Note relative alle altre attività**

**Note relative alle attività caratterizzanti**

RAD chiuso il 27/11/2024