



**REGOLAMENTO DIDATTICO DEL  
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN BIOINFORMATICS FOR COMPUTATIONAL GENOMICS**

Il presente Regolamento disciplina l'organizzazione e il funzionamento del corso di laurea magistrale interateneo in Bioinformatics and Computational Genomics, appartenente alla classe delle lauree LM-8 (Biotecnologie Industriali), attivato presso l'Università degli Studi di Milano ed il Politecnico di Milano.

In ottemperanza a quanto disposto dall'art. 11, comma 2, della legge 19 novembre 1990, n. 341, dall'art. 12 del D.M. 22 ottobre 2004, n. 270 e dal Regolamento didattico dell'Università degli Studi di Milano, il presente Regolamento specifica, nel rispetto della libertà di insegnamento e dei diritti doveri dei docenti e degli studenti, gli aspetti organizzativi e funzionali del corso di laurea magistrale in Bioinformatics and Computational Genomics in analogia con il relativo Ordinamento didattico, quale definito nel Regolamento didattico dell'Università degli Studi di Milano, nel rispetto della predetta classe di cui al D.M. 16 marzo 2007, alla quale il corso afferisce.

**Art. 1 - Obiettivi formativi specifici del corso di laurea e profili professionali di riferimento**

Il corso di laurea magistrale in "Bioinformatics and Computational Genomics" ha lo scopo di formare laureati magistrali con un'adeguata conoscenza delle basi molecolari dei sistemi biologici; della struttura e della funzione delle macromolecole biologiche e dei processi cellulari in cui esse intervengono; delle piattaforme tecnologiche e biotecnologiche di analisi genomica; degli strumenti di analisi bioinformatica e genomica; delle metodologie informatiche per la gestione e analisi di dati biomolecolari; delle modalità statistiche, ingegneristiche, e computazionali per l'analisi di dati biologici.

Si propone, quindi, un percorso formativo che comprenda attività finalizzate ad acquisire:

- (a) conoscenze approfondite sull'organizzazione dell'informazione del genoma e sui processi molecolari e cellulari alla base della regolazione genica;
- (b) conoscenze sulle metodologie sperimentali per lo studio comparato dei geni e delle loro funzioni in diverse specie modello, sia procariotiche che eucariotiche;
- (c) conoscenze sulle piattaforme tecnologiche utilizzate nella ricerca genomica moderna;
- (d) conoscenze sulle tecniche e i protocolli di analisi bioinformatica utilizzati in studi di genomica funzionale;
- (e) conoscenze sulle tecniche algoritmiche, matematiche e statistiche alla base dei metodi di analisi bioinformatica e genomica;
- (f) conoscenze sulle tecnologie di basi di dati per l'organizzazione dei dati prodotti;
- (g) conoscenze e tecniche di analisi e di modellistica nell'ambito della biologia dei sistemi per lo studio delle interazioni nei sistemi biologici complessi.

Il percorso prevede, inoltre, come momento qualificante della formazione e dell'acquisizione di competenze, una tesi sperimentale presso laboratori di ricerca universitari e/o altri laboratori di strutture pubbliche o private, sia nazionali che straniere, con la produzione di un elaborato finale in cui vengano riportati i risultati delle ricerche svolte.

Nel rispetto dei principi dell'armonizzazione europea, le competenze in uscita sviluppate dai laureati nel corso di Laurea Magistrale in Bioinformatics and Computational Genomics, in termini di risultati di apprendimento attesi, rispondono agli specifici requisiti individuati per la classe LM-8, Biotecnologie Industriali e sono qui di seguito riportati secondo il sistema dei Descrittori di Dublino:

**Conoscenza e comprensione (knowledge and understanding)**

I laureati magistrali in Bioinformatics and Computational Genomics devono possedere conoscenze generali tali da poter utilizzare un approccio multidisciplinare e computazionale alla soluzione di problemi complessi in campo biologico e biotecnologico. Pertanto, questo corso di

laurea mira a fornire conoscenze integrate negli ambiti delle discipline chimiche e delle discipline biologiche, che rappresentano competenze necessarie alla preparazione di un laureato magistrale della classe delle Biotecnologie Industriali. Il corso di laurea mira, in particolare, a fornire allo studente solide conoscenze interdisciplinari per lo sviluppo e l'applicazione di strumenti computazionali di analisi bioinformatica e genomica.

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

Un obiettivo fondamentale della laurea magistrale in Bioinformatics and Computational Genomics è formare laureati dotati di una forte capacità di applicare le conoscenze ricevute. Si intende raggiungere questo obiettivo sia tramite gli insegnamenti sia tramite la tesi sperimentale che costituirà la prova finale. Largo spazio verrà quindi dato agli aspetti di "problem solving" e a forme di didattica che coinvolgano direttamente lo studente, promuovendo e valutando la capacità di analisi e di scelta degli strumenti metodologici più appropriati al raggiungimento di un obiettivo. Le competenze acquisite dallo studente negli insegnamenti fondamentali saranno applicate nella progettazione e nello sviluppo di strumenti bioinformatici per lo studio della genomica, della trascrittomica, dell'epigenomica e della biologia dei sistemi.

Autonomia/capacità di giudizio (making judgements)

L'acquisizione di consapevole capacità di giudizio verrà favorita dalle modalità di insegnamento e dagli argomenti trattati nei vari insegnamenti, che faranno puntuale riferimento a problematiche e linee di ricerca recenti nelle diverse aree disciplinari, e che proporranno attività di "problem solving". Verrà incoraggiato l'utilizzo di materiale didattico complementare a libri di testo quali, per esempio, articoli di ricerca, in modo da stimolare gli studenti a non apprendere passivamente le nozioni impartite, ma a valutarle con spirito critico e autonomia di giudizio.

Abilità comunicative (communication skills)

Le abilità comunicative sono intese come l'acquisizione di conoscenze e strumenti per la comunicazione scientifica in lingua inglese; abilità informatiche per l'elaborazione, presentazione e discussione di dati sperimentali; la capacità di lavorare in modo autonomo, sapendo comunicare ad altri i risultati della propria ricerca in attività previste come journal club, seminari, ecc. Le attività formative per acquisire e verificare queste abilità sono previste dagli insegnamenti obbligatori e a scelta guidata dello studente, e nello svolgimento delle attività di laboratorio per la prova finale. In questo contesto si possono prevedere, a livello di gruppo, lettura e discussione di articoli scientifici o protocolli in inglese, elaborazione di dati sperimentali e presentazione dei risultati, stesura dell'elaborato finale in lingua inglese.

Capacità di apprendimento (learning skills)

Le capacità di apprendimento sono intese come lo sviluppo di adeguate capacità per l'acquisizione di nuove conoscenze, anche attraverso la ricerca e la lettura di articoli scientifici in lingua inglese, consultazioni bibliografiche, consultazione di banche dati e recupero di informazioni in rete. Le attività formative per acquisire e verificare queste capacità includono le attività di laboratorio per la prova finale, la lettura e discussione di articoli o protocolli in inglese, il recupero e l'elaborazione informatica di dati sperimentali.

Il corso di studio in Bioinformatics and Computational Genomics si propone di formare figure di elevata professionalità, in grado di coniugare adeguate e approfondite conoscenze scientifiche sulle basi biomolecolari delle scienze della vita con conoscenze specialistiche sulle tecnologie più avanzate di analisi bioinformatica e genomica. Particolare enfasi verrà data agli aspetti quantitativi e computazionali, focalizzati all'analisi, modellizzazione comprensione dei sistemi e dei fenomeni biologici. La finalità è formare, in un contesto multidisciplinare, professionisti culturalmente preparati ad affrontare le problematiche derivanti dalle moderne scienze biomolecolari di base e applicate nell'era post-genomica, e in grado di coniugare e integrare conoscenze biologiche, genetiche, informatiche, statistiche e ingegneristiche per fronteggiare le complesse domande degli ambiti di ricerca di base e applicata.

In particolare, il laureato in Bioinformatics and Computational Genomics avrà conoscenze approfondite e all'avanguardia su:

- biologia cellulare e molecolare, genetica, biochimica, organizzazione dell'informazione all'interno delle sequenze genomiche e come tale informazione viene trascritta e tradotta in un organismo vivente;
- pianificazione di analisi sperimentali basate sulle principali piattaforme tecnologiche di analisi genomica, trascrittomiche ed epigenomica utilizzate nella pratica biomolecolare moderna, e sulle diverse tipologie di dati che tali piattaforme producono;
- i molteplici approcci algoritmici, computazionali e statistici alla base dei metodi di organizzazione e analisi di dati genomici.

Sarà, quindi, in grado di:

- collaborare alla pianificazione di esperimenti e analisi genomiche su larga scala;
- interpretare i risultati ottenuti, estraendone il significato biologico;
- progettare autonomamente protocolli di analisi bioinformatica per l'analisi di diverse tipologie di dati sperimentali;
- svolgere attività di ricerca di base e applicata in gruppi di ricerca genomica;
- lavorare con ampia autonomia, anche assumendo responsabilità di progetti e strutture di ricerca.

Concorrono al funzionamento del corso il Dipartimento di Bioscienze dell'Università degli Studi di Milano (referente principale/responsabile), in Dipartimento di Informatica dell'Università degli Studi di Milano (associato) e la Scuola di Ingegneria Industriale e dell'Informazione del Politecnico di Milano (associato).

## **Art. 2 - Accesso**

Il corso di laurea magistrale in Bioinformatics for Computational Genomics è ad accesso programmato, ai sensi di quanto disposto dall'art. 2 della legge 2 agosto 1999, n. 264. Ciò al fine di poter garantire laboratori multimediali, didattica innovativa, utilizzo di postazioni informatiche con idonea assistenza d'aula. Il numero degli ammissibili è deliberato di anno in anno dagli organi accademici competenti, previa valutazione delle risorse strutturali, strumentali e di personale disponibili per il funzionamento del corso.

L'ammissione al corso è subordinata al superamento di una prova, che si svolgerà secondo modalità stabilite dal Collegio didattico, nel rispetto delle disposizioni di cui all'art. 4 della richiamata legge 264/1999.

Sono requisiti di accesso al corso di laurea magistrale in Bioinformatics for Computational Genomics:

- Avere conseguito la laurea in una delle classi di Biotecnologie (classe L-2), Scienze biologiche (classe L-13), Scienze e tecnologie agro-alimentari (classe L-26), o Scienze e tecnologie farmaceutiche (classe L-29), e l'aver acquisito, nell'ambito di una di queste lauree, conoscenze sufficienti (almeno 30 CFU) in discipline di base di area biologica (settori BIO/01-19), con almeno 18 CFU in Biochimica, Genetica e Biologia Molecolare (settori BIO/18, BIO/11, e BIO/10); oppure:

- Avere conseguito la laurea in una delle classi di Ingegneria dell'informazione (classe L-8), Scienze e tecnologie fisiche (classe L-30), Scienze e tecnologie informatiche (classe L-31), o Scienze matematiche (classe L-35), e l'aver acquisito, nell'ambito di una di queste lauree, conoscenze sufficienti (30 CFU) in discipline di base di area informatica, ingegneria dell'informazione, ingegneria biomedica, matematica e/o statistica (INF/01, ING-INF/05, ING-INF/06, MAT/01-09, e/o SECS-S/01), col almeno 6 CFU in Matematica (MAT/01-09) e almeno 12 CFU complessivi in uno o più dei seguenti settori scientifico disciplinari: Informatica (INF/01), Sistemi di elaborazione delle informazioni (ING-INF/05), Bioingegneria elettronica e informatica (ING-INF/06), Statistica (SECS-S/01).

Gli stessi criteri si applicano anche a coloro che sono in possesso di un titolo di studio di livello universitario, conseguito all'estero, giudicato idoneo dal Collegio didattico del corso di laurea, per il quale siano possibili l'identificazione dei settori scientifico disciplinari e il numero di crediti conseguiti in ciascun settore. Se l'identificazione non è possibile, si procederà alla valutazione della carriera da parte del Collegio didattico del corso di studio

Tutti i candidati devono possedere la certificazione della conoscenza della lingua Inglese, con livello minimo B2, che dovrà essere attestata da certificazione acquisita esternamente o tramite "placement test" interno.

Fatti salvi i requisiti minimi sopra esposti, la preparazione personale di ogni candidato (indipendentemente dalla nazionalità) sarà verificata secondo le modalità definite nel Manifesto degli Studi.

### **Art. 3 - Organizzazione del corso di laurea**

La durata normale del corso di laurea magistrale in Bionformatics and Computational Genomics è di due anni.

Il corso è strutturato in quattro semestri, durante i quali sono previste diverse tipologie di attività didattica per complessivi 120 crediti formativi, organizzati in lezioni frontali, laboratori, attività seminariali, tesi sperimentale di laurea. Un credito formativo (CFU) corrisponde ad un carico standard di 25 ore di attività per lo studente ed è così articolato:

- 8 ore di lezione teorica e 17 ore di rielaborazione personale;
- 16 ore di laboratorio o di esercitazione e 9 ore di rielaborazione personale;
- 25 ore di formazione di tesi e di attività formative relative alla preparazione della prova finale.

Il corso di laurea magistrale offre allo studente un percorso formativo per l'acquisizione delle conoscenze teorico-pratiche necessarie alla comprensione della struttura e funzione dei geni, e della loro espressione e regolazione, allo studio di sistemi biologici complessi, allo sviluppo e applicazione di strumenti di analisi genomica, trascrittomica e bioinformatica.

La lingua ufficiale del corso di laurea è l'Inglese.

Ogni studente dovrà acquisire 84 CFU in attività formative obbligatorie, 12 CFU in attività formative liberamente scelte, 21 CFU per tesi di laurea e prova finale, 3 CFU in altre attività (conoscenze linguistiche; attività di orientamento al mondo del lavoro). I 12 CFU di attività liberamente scelte possono essere acquisiti tramite insegnamenti di altri corsi di studio dell'Università degli Studi di Milano o del Politecnico di Milano, anche in lingua italiana, purché coerenti con il percorso formativo.

Il percorso formativo prevede per il primo semestre del primo anno due percorsi separati, costituiti ognuno da 2 insegnamenti, destinati agli studenti sulla base della Laurea triennale di provenienza:

- Percorso 1 (per studenti provenienti da Lauree delle classi L8, L30, L31, L35): Genetics, Cellular and Molecular Biology (12 CFU); Biochemistry (6 CFU).
- Percorso 2 (studenti provenienti da Lauree delle classi L2, L13, L26, L29, LM13): Programming and Data Bases (12 CFU); Statistics (6 CFU).

Al termine dei percorsi di allineamento, è prevista l'erogazione di insegnamenti obbligatori: due (Organic Chemistry; Structural Chemistry, 6 CFU ognuno) di area chimica; uno (Genomics and Transcriptomics, 12 CFU) che riguarda le principali discipline "omiche", gli aspetti biomolecolari che queste studiano, le tecnologie usate per la produzione dei relativi dati sperimentali e l'interpretazione biologica dei dati generati e dei risultati della loro analisi; tre (Scientific Programming; Biostatistics; Bioinformatics and Computational Biology, 6 CFU ognuno) trattano le modalità computazionali e statistiche per la gestione, elaborazione e analisi avanzata di tali dati e delle relative informazioni e conoscenze disponibili.

Il percorso formativo è seguito da 24 CFU obbligatori conseguibili tramite: due insegnamenti (Machine Learning; Systems Biology and Network Analysis, 6 CFU ognuno) che forniscono nozioni

computazionali avanzate per l'analisi integrata di dati e informazioni biomolecolari; un insegnamento (Advanced Genomics and Epigenomics, 12 CFU) che tratta ulteriori aspetti delle attuali discipline "omiche".

L'acquisizione da parte dello studente dei crediti stabiliti per ciascuna attività formativa è subordinata al superamento delle relative prove d'esame, che danno luogo a votazioni in trentesimi, ai sensi della normativa dell'Università degli Studi di Milano. Per i corsi al cui svolgimento concorrono più docenti, è individuato un docente che, in accordo con gli altri, presiede al coordinamento delle modalità di verifica del profitto e alle relative registrazioni.

Entro l'inizio del II anno lo studente presenta il piano degli studi, che prevede l'indicazione di insegnamenti a libera scelta dello studente per 12 CFU, scelti in piena libertà tra tutti gli insegnamenti attivati, proposti dall'Università degli Studi o dal Politecnico di Milano, purché coerenti con il progetto formativo.

Lo studente deve svolgere una tesi sperimentale che prevede la frequenza obbligatoria di un laboratorio di ricerca universitario e/o altro laboratorio o struttura pubblica o privata, nazionale o straniera, e la preparazione di un elaborato finale (tesi) scritto in lingua Inglese, relativo all'attività svolta, per un totale di almeno 21 CFU.

La tesi, elaborata in modo originale dallo studente sotto la guida di un relatore, deve presentare una particolare originalità di sviluppo, coerente con il suo ruolo formativo che completa il percorso di studio biennale individuale.

Sono previste anche altre attività come incontri seminariali con docenti o esperti esterni italiani o stranieri, stage presso laboratori di università straniere, oltre a quelle già in essere nell'ambito dei programmi coordinati a livello europeo e internazionale.

#### Art. 4 - Settori scientifico-disciplinari e relativi insegnamenti

Gli insegnamenti ufficiali del corso di Laurea Magistrale in Bioinformatics and Computational Genomics, definiti in relazione ai suoi obiettivi formativi, nell'ambito dei settori scientifico-disciplinari di pertinenza, sono i seguenti:

Insegnamenti Fondamentali	Settori Scientifico Disciplinari
Organic Chemistry	CHIM/06
Genomics and Transcriptomics	BIO/11
Structural Chemistry	CHIM/06 - ING-IND/34
Bioinformatics and Computational Biology	ING-INF/05
Scientific Programming	ING-INF/05
Biostatistics	SECS-S/01 - MAT/06
Systems Biology and Network Analysis	ING-INF/06
Machine Learning	ING-INF/05
Advanced Genomics and Epigenomics	BIO/18 - BIO/19
<b>Insegnamenti Percorso "allineamento" 1</b>	<b>Settori Scientifico Disciplinari</b>
Genetics, Cellular and Molecular Biology	BIO/11 - BIO/18 - BIO/13
Biochemistry	BIO/10
<b>Insegnamenti Percorso "allineamento" 2</b>	<b>Settori Scientifico Disciplinari</b>
Programming and Data Bases	ING-INF/05- INF/01

Statistics	SECS-S/01 - MAT/06
------------	--------------------

La struttura e l'articolazione specifica, gli obiettivi e i risultati di apprendimento di ciascun insegnamento e delle altre attività formative, con l'indicazione di ogni elemento utile per la relativa fruizione da parte degli studenti iscritti, sono specificati annualmente, tramite l'immissione nel gestionale w4, nel manifesto degli studi e nella guida ai corsi di studio predisposta dalle competenti strutture dipartimentali. In tale guida sono altresì riportati i programmi di ogni insegnamento.

### Art. 5 - Piano didattico

Il piano didattico, definito nella tabella che segue, indica tutte le attività formative previste per il conseguimento della laurea magistrale in Bioinformatics and Computational Genomics, specificando se sono di allineamento delle conoscenze iniziali, caratterizzanti, affini o integrative; inoltre, ne indica gli ambiti disciplinari previsti dall'ordinamento.

Insegnamenti Fondamentali	Tipologia di attività/ Discipline	SSD	CFU
Organic Chemistry	Caratterizzanti/Chimiche	CHIM/06	6
Genomics and Transcriptomics	Caratterizzanti/Biologiche	BIO/11	12
Structural Chemistry	Caratterizzanti/Chimiche	CHIM/06 - ING-IND/34	6
Bioinformatics and Computational Biology	Caratterizzanti/Per le competenze professionali	ING-INF/05	6
Scientific Programming	Caratterizzanti/Per le competenze professionali	ING-INF/05	6
Biostatistics	Caratterizzanti/Per le competenze professionali	SECS-S/01 - MAT/06	6
Systems Biology and Network Analysis	Affini o integrative	ING-INF/06	6
Machine Learning	Affini o integrative	ING-INF/05 - INF/01	6
Advanced Genomics and Epigenomics	Caratterizzanti/Biologiche	BIO/18 - BIO/19	12
Insegnamenti Percorso "allineamento" 1	Tipologia di attività/ Discipline	SSD	CFU
Genetics, Cellular and Molecular Biology	Caratterizzanti/Biologiche	BIO/11 - BIO/18 - BIO/13	12
Biochemistry	Caratterizzanti/Biologiche	BIO/10	6
Insegnamenti Percorso "allineamento" 2	Tipologia di attività/ Discipline	SSD	CFU
Programming and Data Bases	Caratterizzanti/Per le competenze professionali	ING-INF/05 - INF/01	12
Statistics	Caratterizzanti/Per le competenze professionali	SECS-S01 - MAT/06	6
Altre attività	Tipologia di attività/ Discipline	SSD	CFU
A scelta dello studente			12
Ulteriori conoscenze linguistiche			0/3
Tirocini formativi e di			0/3

orientamento			
Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro			0/3
Prova finale			21

L'elenco degli insegnamenti opzionali potrà essere aggiornato sulla base di specifiche esigenze che emergano, e verrà annualmente pubblicato nel Manifesto degli studi, previa approvazione del Collegio didattico.

Ciascun insegnamento/attività formativa è strutturato in modo da assolvere lo svolgimento degli obiettivi formativi ad esso assegnati di cui all'art. 1.

La struttura e l'articolazione di ciascun insegnamento e delle altre attività formative, come pure eventuali propedeuticità alle quali gli studenti sono tenuti, sono specificati annualmente nel Manifesto degli studi e nella guida ai corsi di studio.

L'acquisizione dei CFU relativi alla conoscenza della lingua Inglese, ai tirocini formativi e per l'inserimento nel mondo del lavoro è certificata con un giudizio di approvazione (Ap), ed è indispensabile per conseguire la laurea.

La Laurea Magistrale in Bioinformatics and Computational Genomics viene conseguita con il superamento di una prova finale, consistente nella presentazione e discussione di una tesi sperimentale svolta presso laboratori di ricerca universitari e/o altri laboratori o strutture pubbliche o private, nazionali o stranieri. La tesi, elaborata in modo originale dallo studente sotto la guida di un relatore, redatta in lingua inglese, deve presentare una particolare originalità di sviluppo, coerente con il suo ruolo formativo che completa il percorso di studio biennale individuale.

Le Commissioni preposte alla valutazione della prova finale esprimeranno un giudizio che terrà conto dell'intero percorso di studio dello studente e, in particolare, della coerenza tra obiettivi formativi e professionali della tesi e la maturità culturale, capacità espositiva e di elaborazione intellettuale dello studente.

Per il riconoscimento delle attività di stage svolte all'estero e dei relativi CFU, si applica quanto disposto dal Regolamento didattico dell'Università degli Studi di Milano.

Il numero di crediti individualmente riconoscibili, ai sensi dell'art. 5, comma 7, del DM 270/2004, per conoscenze e abilità professionali certificate, nonché per altre conoscenze e abilità maturate in attività formative di livello post-secondario alla cui progettazione e realizzazione abbiano concorso l'Università degli Studi di Milano o il Politecnico di Milano, è quantificato in un massimo di 12 CFU.

#### **Studenti impegnati a tempo parziale**

Per gli studenti che effettuano l'iscrizione a tempo parziale, le attività formative e i relativi CFU da conseguire annualmente saranno distribuiti secondo le modalità previste dal Regolamento per le iscrizioni a tempo parziale dell'Università degli Studi di Milano.

Le specifiche attività formative, di tutorato e di sostegno indirizzate a queste tipologie di studenti, saranno indicate nel Manifesto degli studi.

### **Art. 6 - Organizzazione della Assicurazione della Qualità**

In conformità al modello che Università degli Studi di Milano ha delineato ai fini della messa in opera del Sistema di Gestione della Qualità, viene costituito il Gruppo di Gestione AQ del corso di studio, composto da almeno un docente del Collegio didattico, denominato Referente AQ. In particolare, il Referente AQ è incaricato di guidare il sistema interno di qualità e di sovrintendere all'attuazione della policy della qualità definita dagli Organi di governo dell'Università degli Studi di Milano mediante l'adozione delle modalità procedurali all'uso determinate dal Presidio della Qualità, con cui si coordina. Oltre che con il Collegio didattico e

le strutture dipartimentali di riferimento, il Referente AQ si relaziona con la Commissione paritetica docenti-studenti competente per il corso di studio e con il Gruppo di Riesame guidato dal Presidente del corso di studio.