

<b>Università</b>	Università degli Studi di MILANO
<b>Classe</b>	LM-8 R - Biotecnologie industriali
<b>Nome del corso in italiano</b>	Molecular biotechnology and Bioinformatics - Biotecnologie molecolari e bioinformatica <i>modifica di: Molecular biotechnology and Bioinformatics - Biotecnologie molecolari e bioinformatica (1370962)</i>
<b>Nome del corso in inglese</b>	Molecular biotechnology and Bioinformatics
<b>Lingua in cui si tiene il corso</b>	inglese
<b>Codice interno all'ateneo del corso</b>	FBS-0
<b>Data di approvazione della struttura didattica</b>	21/11/2024
<b>Data di approvazione del senato accademico/consiglio di amministrazione</b>	10/12/2024
<b>Data della consultazione con le organizzazioni rappresentative a livello locale della produzione, servizi, professioni</b>	28/10/2008 - 25/03/2024
<b>Data del parere favorevole del Comitato regionale di Coordinamento</b>	
<b>Modalità di svolgimento</b>	a. Corso di studio convenzionale
<b>Eventuale indirizzo internet del corso di laurea</b>	<a href="https://mbb.cdl.unimi.it/en">https://mbb.cdl.unimi.it/en</a>
<b>Dipartimento di riferimento ai fini amministrativi</b>	Bioscienze
<b>Altri dipartimenti</b>	Chimica
<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
<b>Corsi della medesima classe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bioinformatics for Computational Genomics</li> <li>• Quantitative biology</li> </ul>

### **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**

Il Corso di Laurea Magistrale in Biotecnologie Molecolari e Bioinformatica nasce dall'accorpamento del corso in Biotecnologie per l'industria e per l'ambiente e del Corso in Genomica funzionale e bioinformatica attivi nel 2008/2009 e rispecchia gli obiettivi di razionalizzazione e qualificazione dell'offerta formativa di cui al D.M. n. 3 luglio 2007, n. 362 (linee generali d'indirizzo della programmazione delle Università per il triennio 2007-2009).

Il Nucleo apprezza che il corso si inserisce, come già evidenziato dalle parti sociali, in un contesto lavorativo che necessita dei laureati in Biotecnologie Molecolari e Bioinformatica specialisti nell'ambito delle fonti rinnovabili del monitoraggio e del risanamento ambientale. Ambiti professionali con prospettive di sviluppo crescente.

Per tutte le considerazioni sopraesposte il Nucleo esprime parere favorevole alla proposta.

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

Quando è stata presentata la proposta formativa della laurea magistrale in Biotecnologie molecolari e bioinformatica, della classe LM-8 Biotecnologie industriali, nella consultazione, era stata riscontrata piena coerenza tra il percorso formativo della laurea magistrale in Biotecnologie molecolari e bioinformatica e la necessità del mercato del lavoro di un biotecnologo con competenze avanzate per lo sviluppo di nuovi prodotti e processi ecocompatibili di interesse per le industrie chimica, farmaceutica, agroalimentare, per l'ottenimento di energia da fonti rinnovabili, per la messa a punto di processi per il monitoraggio e il biorisanamento ambientale con gli strumenti avanzati della biologia, chimica, fisica, e bioinformatica, per l'acquisizione delle conoscenze teorico pratiche necessarie alla comprensione della funzione di geni e proteine e della loro interazione in sistemi biologici complessi, con gli strumenti avanzati della genomica, trascrittomiche, proteomica, metabolica e della bioinformatica.

Come revisione della precedente laurea magistrale in Biotecnologie molecolari e bioinformatica riformata in lingua inglese in Molecular biotechnology and bioinformatics si è proceduto ad una estesa consultazione delle Parti Sociali e degli Stakeholders (in data 13/11/2015), sia regionali che nazionali, con un riscontro positivo. Le opinioni e le aspettative degli Stakeholders hanno contribuito a definire in modo più preciso gli indirizzi del nuovo Corso di Studio, che ha le finalità, tra l'altro, di fornire una preparazione che consenta ai Laureati di entrare nel mondo del lavoro, in particolare in laboratori di ricerca e sviluppo nell'ambito sia di enti pubblici e privati sia di industrie chimiche, farmaceutiche, alimentari e biotecnologiche in genere.

Nel primo anno di attivazione del Corso di Studio (2016/2017) non si è ritenuto di dover procedere con iniziative di consultazione delle Parti Sociali, rimandando tale processo di valutazione e analisi all'anno 2018, cioè quello corrispondente al licenziamento della prima coorte di laureati magistrali. In data 29/03/2018 si è svolto un incontro con le Parti Sociali promosso dalla Facoltà di Scienze e Tecnologie con l'intento di presentare i corsi di laurea attivi ed i relativi impatti occupazionali. Erano presenti rappresentanti di Assolombarda Confindustria, dell'Ordine dei chimici e dei biologi, di ENI, IBM, e Naicons.

In data 15/03/2019 si è svolto un secondo incontro con le Parti Sociali e gli Stakeholders in cui si sono affrontati più nello specifico i dettagli circa l'attualità dell'offerta formativa fornita da Molecular biotechnology and bioinformatics, sia in termini di contenuti che in termini di modalità di erogazione. Oltre alle Parti Sociali che già appartenevano al nucleo presente fin dalle prime consultazioni (ANBI, Assolombarda, Naicons) si è ritenuto utile consultare anche realtà legate ad istituti di ricerca esterni all'Università (CNR) ed alle scuole superiori. È stata inoltre invitata alle consultazioni anche una rappresentativa di studenti sia in corso che già laureati, al fine di comprendere e discutere se le aspettative didattiche e di orientamento in uscita abbiano trovato riscontri positivi. Da questa consultazione più specifica è emersa una generale adeguatezza del corso in termini sia di contenuti ed inquadramento nel settore lavorativo delle biotecnologie, che in termini di didattica. Dall'incontro con le Parti Sociali del 2019 sono anche emersi spunti di miglioramento per il futuro che includono: (1) l'attivazione di insegnamenti o cicli di seminari sugli aspetti più squisitamente economici legati a tematiche biotecnologiche; (2) una particolare attenzione agli insegnamenti a supporto della figura professionale del 'data scientist'; (3) la creazione di un elenco di 'alumni' del Corso di Studio che tenga traccia del loro percorso lavorativo e offra ai laureati di Molecular biotechnology and bioinformatics un modo per restare in contatto tra di loro e con i docenti del Corso di Studio anche attraverso applicazioni social orientate alle professioni.

A causa dell'emergenza COVID19, l'incontro con le Parti Sociali del marzo 2020 si è svolto in modalità telematica ed ha interessato, per la prima volta, il neo-definito 'Comitato di indirizzo' del CdS istituito il 12 novembre 2019.

Tutti i membri del Comitato di indirizzo partecipanti all'incontro hanno manifestato soddisfazione per le misure migliorative attuate dal Corso di Studio, in particolare per la ristrutturazione e l'aggiornamento dell'insegnamento di Patenting e technology transfer e per la possibilità offerta agli studenti di approfondire aspetti di trattamento dei 'big data' scegliendo come insegnamenti liberi quelli proposti dalla nuova LM Bioinformatics for computational genomics, erogata dall'Università di Milano insieme al Politecnico di Milano. Il Comitato di indirizzo ha inoltre suggerito di perseverare nella linea intrapresa dal Corso di Studi consistente nel promuovere le iniziative Erasmus, sviluppare le 'soft-skill', intensificare l'attività di orientamento in ingresso ed in uscita e continuare a confrontarsi con i partner industriali.

Durante l'incontro telematico di marzo 2023 il Comitato di Indirizzo ha apprezzato l'implementazione da parte del Corso di Studio dei suggerimenti migliorativi forniti nel 2022 (nel corso degli incontri avvenuti in modalità telematica nel marzo 2021 e 2022) tra cui la proposta come insegnamento a scelta di "Programming in Python" offerto dal CdS Quantitative Biology e la nuova modalità di insegnamento del corso di "Patenting and technology transfer". Considerando il carattere internazionale del Corso di Studi e coerentemente con quanto richiesto da ANVUR, sono stati invitati alla riunione e verranno inclusi nel Comitato di indirizzo alcuni stakeholders internazionali, in particolare un esponente dello YEEN ed un patent engineer di una azienda privata francese. La qualità e l'interesse dell'insegnamento "Patenting and technology transfer" è stata riconosciuta da UNIMI mediante il suo inserimento nella lista degli insegnamenti messi a disposizione degli studenti nell'ambito del progetto di Ateneo legato allo sviluppo ed implementazione delle "competenze trasversali". È stato inoltre preparato un questionario per monitorare il gradimento del corso da parte dei neolaureati, il raggiungimento delle loro aspettative rispetto a quando si erano iscritti al corso e la loro posizione lavorativa attuale. Il questionario, pubblicizzato utilizzando la mailing list degli Alumni del CdS, è disponibile online per la compilazione in forma anonima.

In data 25 marzo 2024 il Comitato di Indirizzo ha manifestato una generale soddisfazione per le misure attuate dal CdS, in corrispondenza con quanto suggerito nell'incontro dell'anno precedente. Per il futuro si suggerisce di considerare una riorganizzazione parziale dell'offerta formativa "a scelta guidata" a disposizione degli studenti al fine di consentire un'ulteriore specializzazione delle competenze in base alla scelta dei singoli studenti. Inoltre, è stato

suggerito un affinamento delle modalità di valutazione dell'ammissione al corso di laurea, al fine di garantire una selezione coerente degli studenti con preparazione accademica idonea a beneficiare pienamente del corso.

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

Il corso di laurea magistrale in Molecular Biotechnology and Bioinformatics ha lo scopo di formare laureati magistrali con una solida e diversificata preparazione culturale nelle discipline che caratterizzano la classe LM-8 e con la capacità di integrarsi in modo adeguato nell'ambito, inerentemente multidisciplinare, della biotecnologia moderna. La laureata e il laureato magistrale saranno in grado di lavorare autonomamente, anche assumendo ruoli di responsabilità in progetti e strutture, in ambiti come la ricerca e sviluppo, l'innovazione, la gestione, il monitoraggio e il controllo, legati al mondo dell'industria e dei servizi biotecnologici sia nel settore pubblico che privato. La laureata e il laureato magistrale avranno inoltre acquisito gli strumenti per proseguire nella formazione avanzata con il dottorato di ricerca o master di II livello. Lo svolgimento del CdS in lingua inglese supporta la preparazione dei laureati per il mercato del lavoro e i contesti di ricerca pubblici e privati internazionali aprendo contemporaneamente il CdS a studentesse e studenti stranieri.

La laurea magistrale in Molecular Biotechnology and Bioinformatics mira a formare professionisti capaci di applicare in modo critico il metodo scientifico sperimentale ai sistemi biologici, dotati di una solida conoscenza delle basi fisiche, chimiche, strutturali, molecolari e cellulari dei sistemi biologici; competenti nell'uso di strumenti, tecniche analitiche, e nelle metodologie bioinformatiche per l'analisi e l'integrazione di dati di genomica, proteomica e metabolomica; e capaci di utilizzare queste conoscenze per lo sviluppo, il miglioramento e la diffusione di processi, servizi e applicazioni biotecnologiche con un approccio interdisciplinare. Questo percorso formativo si fonda su una combinazione di discipline caratterizzanti chimiche, biologiche e tecnico scientifiche rilevanti per le biotecnologie industriali che ben la differenziano rispetto alle altre lauree magistrali della Classe LM-8 di questo ateneo. Attività affini e integrative offrono la possibilità di focalizzare il percorso di studi su ambiti specifici come le biotecnologie microbiche, animali e vegetali. Durante il primo anno si acquisiranno solide competenze teoriche e pratiche attraverso insegnamenti obbligatori nell'ambito della biologia molecolare, della genomica funzionale e dei metodi bioinformatici necessari all'analisi dei dati prodotti dalle moderne tecnologie sperimentali; dei processi metabolici e cellulari; dell'ottimizzazione dei processi di fermentazione e biotrasformazione per la produzione industriale, di enzimologia e delle metodologie per il disegno e lo sviluppo di molecole biologicamente attive tramite l'identificazione di potenziali bersagli molecolari; dei principi e metodi sottostanti la modifica di resa di sostanze di rilevanza industriale o ambientale da piante. Gli studenti potranno anche selezionare (eventualmente anche durante il primo semestre del secondo anno) insegnamenti affini e integrativi che coprono argomenti complementari come: le tecnologie di imaging, le nanotecnologie, la modellizzazione sperimentale e computazionale di strutture ed interazioni macromolecolari, il miglioramento e breeding vegetale, l'analisi e gestione di dati di sequenziamento nucleotidico di massa, gli approcci biotecnologici nell'ambito del controllo di malattie parassitarie, elementi di trasferimento tecnologico e di aspetti di valorizzazione e protezione della proprietà intellettuale. Infine, gli studenti potranno selezionare insegnamenti a scelta libera coerenti con il progetto formativo del CdS. Molti insegnamenti prevedono l'utilizzo di metodi di apprendimento complementari alla lezione frontale quali le esercitazioni di laboratorio, i seminari, le discussioni interattive e i "journal clubs".

Nel secondo anno, larga parte dell'impegno didattico degli studenti sarà focalizzato sulle attività relative alla tesi sperimentale, svolto presso laboratori di ricerca universitari e/o altri laboratori o strutture pubbliche o private sia nazionali che internazionali. Questo consentirà loro di mettere alla prova le conoscenze acquisite, aumentare la padronanza del metodo scientifico di indagine e acquisire ulteriori competenze nelle più moderne metodologie analitiche, tecniche e strumentali applicate a problemi biotecnologici. Lo studente avrà anche modo di acquisire ulteriori competenze nell'analisi, l'elaborazione e la presentazione di dati scientifici in ambito biotecnologico.

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

Le attività affini e integrative si riferiscono in parte a settori scientifico-disciplinari non specificati nella classe, in parte a settori già previsti per attività caratterizzanti, ma con riferimento a specifiche discipline di approfondimento culturale e acquisizione di strumenti metodologici, ben differenziate da quelle indicate come caratterizzanti. Nell'ambito delle discipline chimiche sono da considerare fra le attività affini e integrative gli insegnamenti che prevedono lo studio delle nanotecnologie con applicazioni biomedicali. Nell'ambito delle discipline biologiche sono da considerare fra le attività affini e integrative gli insegnamenti che prevedono lo studio della modellizzazione sperimentale e computazionale di strutture ed interazioni macromolecolari, il miglioramento e breeding vegetale, i metodi per disegnare o migliorare processi biotecnologici in ambito vegetale. Nell'ambito delle discipline tecnico scientifiche sono da considerare fra le attività affini e integrative gli insegnamenti che prevedono lo studio del miglioramento e breeding vegetale, della modellistica computazionale per la struttura delle biomolecole, del bioimaging, l'analisi e gestione di dati di sequenziamento nucleotidico di massa, elementi di trasferimento tecnologico e di aspetti di valorizzazione e protezione della proprietà intellettuale. Ulteriori insegnamenti da considerare fra le attività affini e integrative riguardano lo studio degli approcci biotecnologici nell'ambito del controllo di malattie parassitarie e della gestione dei brevetti e del trasferimento tecnologico in ambito biotecnologico.

### **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)**

Al termine del percorso di studi saranno acquisite conoscenza e capacità di comprensione relative agli ambiti delle biotecnologie molecolari e della bioinformatica fondate sulla rigorosa padronanza del metodo scientifico sperimentale applicato ai sistemi biologici. In particolare:

- gli studenti conosceranno le proprietà chimico-fisiche delle macromolecole e le logiche molecolari alla base dei processi biologici a livello cellulare, la relazione tra struttura, funzione e dinamica delle molecole biologiche, comprendendo anche le tecniche per caratterizzarne le proprietà funzionali (in particolare degli enzimi) e utilizzare tali conoscenze per la produzione di proteine modificate e per lo sviluppo di composti biologicamente attivi;
- conosceranno le principali metodologie omiche per la caratterizzazione delle macromolecole informazionali e delle loro funzioni e i metodi di analisi bioinformatica applicabili ai dati da esse prodotti, comprendendone le loro applicazioni nei diversi ambiti delle biotecnologie, acquisendo anche conoscenza dei fondamenti di programmazione in linguaggio R e la comprensione di come applicare questa conoscenza ai fine della gestione, analisi ed interpretazione di dati omici;
- conosceranno i principi dei meccanismi molecolari e genomici alla base delle funzioni cellulari e le tecniche per la caratterizzazione funzionale dei geni, dei loro prodotti, e delle loro interazioni comprendendo l'applicabilità di queste conoscenze allo sviluppo di approcci terapeutici;
- conosceranno e saranno in grado di comprendere gli approcci biotecnologici per lo sviluppo e la gestione, anche in ambito industriale, di prodotti, processi, tecnologie e servizi innovativi utili all'uomo attraverso l'impiego di enzimi, microrganismi e piante.

Queste competenze disciplinari, nucleo fondante del corso di studi, sono conseguite dagli studenti tramite le attività didattiche previste dagli insegnamenti obbligatori e a scelta, in particolare lezioni frontali supportate da attività complementari quali esercitazioni pratiche, seminari, journal club, presentazioni di studenti, discussioni interattive. I contenuti degli insegnamenti obbligatori sono approfonditi, complementati, e integrati nei loro vari aspetti tramite gli insegnamenti a scelta, caratterizzati da una forte interdisciplinarietà e varietà di argomenti, consentendo agli studenti di approfondire e ulteriormente sviluppare quelle competenze che ritengono più utili al loro percorso di formazione e coerenti con i loro interessi. L'acquisizione delle competenze viene verificata tramite le prove d'esame di profitto previste per ciascun insegnamento e la prova finale.

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

Un obiettivo fondamentale della laurea magistrale in Molecular Biotechnology and Bioinformatics è fornire ai laureati una piena capacità di applicare le conoscenze ricevute. Al termine del percorso di studi saranno acquisite le seguenti capacità:

- analisi e interpretazione dei dati prodotti dalle metodologie per la caratterizzazione strutturale delle macromolecole biologiche con particolare riferimento alle tecnologie di cristallografia a raggi X e microscopia elettronica e agli approcci simulativi e di enzimologia molecolare per lo studio della dinamica in diverse condizioni sperimentali ai fini delle applicazioni di ingegneria proteica e del disegno razionale di nuovi farmaci e biomolecole;
- indagine di sistemi biologici mediante tecniche avanzate di microscopia, spettroscopia, e nanotecnologie applicate alla diagnostica e allo studio delle interazioni molecolari tramite biosensori;
- utilizzo di approcci e strumenti bioinformatici per la gestione, analisi e interpretazione di dati Next Generation Sequencing applicati allo studio di genomica, trascrittomica, ed epigenomica;
- interpretazione dei dati ottenuti da tecniche sperimentali di biologia e microbiologia molecolari e cellulari per la caratterizzazione genomica e trascrittomica, della regolazione genica post-trascrizionale, del silenziamento genico e dell'ingegneria genetica a fini applicativi biomedici, delle biotecnologie vegetali e del controllo delle patologie veicolate da parassiti;

- utilizzo di microorganismi in contesti industriali attraverso l'ottimizzazione dei flussi metabolici per la produzione di metaboliti di interesse, e loro uso per biocatalisi e biotrasformazioni; includendo nozioni sugli aspetti relativi alla proprietà intellettuale, ed economico gestionali;  
- identificazione e utilizzo di marcatori molecolari associati a caratteri di interesse agrario e conoscenza delle strategie di incrocio per migliorare e selezionare varietà vegetali di interesse biotecnologico; includendo nozioni sugli aspetti relativi alla proprietà intellettuale, ed economico gestionali;  
- utilizzo di tecniche di ingegneria genetica e metabolica a piante ed alghe per la produzione di composti e precursori chimici di alto valore industriale ed ambientale; includendo nozioni sugli aspetti relativi alla proprietà intellettuale, ed economico gestionali.

Queste competenze sono maturate sia tramite le attività di didattica frontale degli insegnamenti obbligatori e a scelta, supportate da esercitazioni pratiche, seminari, presentazioni degli studenti, journal club, sia durante il tirocinio. Viene curato in modo particolare il coinvolgimento attivo dello studente al fine di promuoverne le capacità di analisi e di scelta degli strumenti metodologici più appropriati al raggiungimento di un obiettivo. I contenuti degli insegnamenti opzionali integrano e complementano quelli degli insegnamenti obbligatori, consentendo agli studenti di approfondire e ulteriormente sviluppare quelle competenze che ritengono più utili al loro percorso di formazione e coerenti con i loro interessi. L'acquisizione delle competenze è verificata tramite le prove d'esame di profitto previste per ciascun insegnamento, l'attività di tirocinio, e con la prova finale.

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

L'acquisizione di consapevole autonomia di giudizio da parte dello studente 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 pubblicazioni scientifiche, in modo da stimolare gli studenti a non apprendere acriticamente le nozioni impartite, ma a valutarle con spirito critico ed autonomia di giudizio. Un momento particolarmente importante sarà quello del tirocinio e prova finale, dove lo studente avrà modo di applicare le conoscenze acquisite su un progetto di ricerca. Qui lo studente avrà modo di fare valutazioni autonome e discutere criticamente lo sviluppo di un progetto di ricerca, lavorare sull'interpretazione e rielaborazione di dati, rielaborare criticamente dati di letteratura.

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

Il corso di laurea promuoverà l'acquisizione di adeguate conoscenze e strumenti per la comunicazione scientifica, abilità informatiche, elaborazione, presentazione e discussione di dati sperimentali, capacità di lavorare in modo autonomo, sapendo comunicare ad altri i risultati della propria ricerca grazie alle attività previste all'interno dei corsi di insegnamento, quali, a titolo di esempio, come journal club, seminari e presentazioni. Le attività formative per acquisire e verificare questa abilità sono quelle previste nell'ambito dei diversi insegnamenti e nello svolgimento delle attività di laboratorio per la prova finale. L'utilizzo della lingua inglese come lingua veicolare del corso di laurea favorirà la capacità del laureato magistrale di comunicare i propri risultati anche in contesti internazionali, quali ad esempio congressi scientifici, reports periodici in aziende e enti di ricerca, stesura di proposte di ricerca complete di business plan. La conclusione della prova finale consisterà nell'esposizione in inglese del progetto svolto e dei risultati ottenuti ad un'audience competente ma non necessariamente esperta del progetto specifico. Questa occasione è uno stimolo per lo studente di rielaborare e comunicare in maniera efficace il lavoro svolto durante il tirocinio e la prova finale.

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

Lo sviluppo di adeguate capacità per l'acquisizione di nuove conoscenze verranno ottenute con modalità di lezione frontale, studio di testi, esercitazioni di laboratorio, e attraverso la ricerca e la lettura di articoli scientifici, consultazioni bibliografiche, consultazione di banche dati e di siti internet. Le modalità di verifica dell'apprendimento saranno, in aggiunta ad esami scritti e orali tesi a determinare, oltre all'assimilazione di conoscenze, anche la capacità di discussione e di rielaborazione di articoli scientifici, la produzione di testi scritti in cui vengano valutate capacità di problem solving. Una parte importante dell'acquisizione delle capacità di apprendimento si concentrerà sul lavoro di tesi sperimentale in laboratorio e nell'elaborazione critica dei risultati ottenuti, in cui è richiesta allo studente la piena acquisizione delle capacità di apprendimento previste.

### **Conoscenze richieste per l'accesso**

#### **(DM 270/04, art 6, comma 1 e 2)**

Possono accedere al corso di laurea magistrale in Molecular Biotechnology and Bioinformatics i laureati della classe L-2 Biotecnologie e della corrispondente classe relativa al D.M. 509/99.

Possono altresì accedervi:

- I laureati di altre classi di laurea che abbiano conseguito almeno 60 CFU nelle discipline biologiche di base e caratterizzanti della classe L-2 (BIO/01-19) di cui almeno 36 CFU nei settori della biochimica (BIO/10), biologia molecolare (BIO/11), genetica (BIO/18) e microbiologia (BIO/19); almeno 10 CFU nelle discipline matematiche, fisiche, informatiche e statistiche di base della classe L-2 (FIS/01-08, INF/01, ING-INF/05-06, MAT/01-09, MED/01, SECS-S/01-02); almeno 10 CFU nelle discipline chimiche di base della classe L-2 (CHIM/01-03, CHIM/06);  
- coloro che siano in possesso di un titolo di studio di livello universitario conseguito all'estero, riconosciuto idoneo in base alla normativa vigente, per il quale siano possibili l'identificazione dei SSD degli insegnamenti ed il numero di CFU ad essi associati, e che questi soddisfino i criteri specificati al punto precedente. In caso di SSD ed i CFU conseguiti non siano facilmente identificabili, si procederà alla valutazione dei requisiti curriculari tramite un'analisi complessiva della carriera accademica dello studente da parte del Collegio didattico del Corso di studio.

Per tutti i candidati l'adeguata preparazione personale e la conoscenza della lingua inglese, di livello pari a B2, costituiscono requisiti per l'ammissione e saranno verificate con le modalità previste dal Regolamento didattico del corso.

### **Caratteristiche della prova finale**

#### **(DM 270/04, art 11, comma 3-d)**

La laurea magistrale in Molecular Biotechnology and Bioinformatics si consegue con il superamento di una prova finale, consistente nella discussione di una tesi sperimentale svolta presso laboratori di ricerca universitari e/o altri laboratori o strutture pubbliche o private sia nazionali che stranieri. La tesi, elaborata in modo originale dallo studente sotto la guida di un relatore, redatta in lingua inglese, deve presentare i risultati di una ricerca originale, coerente con il suo ruolo formativo che completa il percorso di studio biennale individuale. In particolare, le attività relative alla tesi sperimentale comprendono un totale di 37 CFU, di cui 7 CFU di tirocinio propedeutico, funzionale all'acquisizione di competenze metodologiche di base, e 30 CFU acquisiti con il completamento del tirocinio e il superamento della prova finale. Le Commissioni preposte alla valutazione della prova finale esprimeranno un giudizio che tenga conto dell'intero percorso di studio dello studente ed in particolare della coerenza tra obiettivi formativi e professionali, la sua maturità culturale, la sua capacità espositiva e di elaborazione intellettuale.

### **Motivi dell'istituzione di più corsi nella classe**

L'Università degli Studi di Milano attualmente offre nella classe LM-8 Biotecnologie Industriali tre lauree magistrali: "Molecular Biotechnology and Bioinformatics" (MBB), "Bioinformatics for Computational Genomics" (BCG), "Quantitative Biology" (QB). Le tre lauree magistrali si sviluppano e si focalizzano su aspetti diversi delle biotecnologie moderne, risultando altamente differenziate.

MBB: Prepara studentesse e studenti con background nelle discipline caratterizzanti delle biotecnologie ad applicare le approfondite conoscenze di carattere chimico/fisico/molecolare per lo sviluppo, il miglioramento e la diffusione di processi, servizi e applicazioni biotecnologiche con un approccio interdisciplinare. Il corso pone particolare attenzione all'utilizzo dei più moderni approcci di bioinformatica e a diversi ambiti di applicazione industriale (uomo, piante, microorganismi).

BCG: istituito in collaborazione con il Politecnico di Milano, è stato concepito per offrire anche a studenti provenienti da lauree triennali in Informatica, Ingegneria, Matematica o Fisica un percorso formativo in ambito bioinformatico e genomico effettivamente inter- e multi-disciplinare, focalizzato

sull'applicazione ai dati prodotti nei diversi ambiti della genomica, trascrittomico, epigenomica, e biologia dei sistemi di metodologie informatiche, ingegneristiche, statistiche, e sullo sviluppo ex-novo di nuove metodologie e protocolli di analisi. BCG si differenzia in quanto prevede tra i corsi fondamentali approfondimenti sulle tecniche algoritmiche e informatiche alla base degli strumenti di gestione e analisi dei dati, e la loro applicazione alle analisi genomiche.

QB: prepara studenti e studentesse con una formazione biologica-biotecnologica ad affrontare lo studio dei viventi con metodi e approcci sperimentali quantitativi. Il CdS fornisce un solido background teorico di tematiche fisiche, chimiche e matematiche ed illustra con un approccio "hands on", le loro applicazioni nella realizzazione di esperimenti e nell'analisi dei dati ottenuti. Il corso si propone l'obiettivo di preparare studenti ad affrontare lo studio degli organismi viventi con approcci sperimentali e quantitativi differenti da quelli bioinformatici e genomici, focalizzandosi su differenti tecniche di analisi fisiche, chimiche e matematiche.

<b>Sbocchi occupazionali e professionali previsti per i laureati</b>
<b>Biotechnologo molecolare</b>
<p><b>funzione in un contesto di lavoro:</b></p> <p>Il laureato magistrale in Molecular Biotechnology and Bioinformatics opera le seguenti funzioni proprie di un biotechnologo molecolare:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ricerca di base e applicata in ambito biologico, biomedico e biotechnologico;</li> <li>- sviluppo di metodologie e protocolli per l'indagine scientifica in ambito biologico, biomedico, e biotechnologico;</li> <li>- messa a punto di processi produttivi biotechnologici;</li> <li>- controllo qualità di prodotti e servizi biotechnologici;</li> <li>- utilizzo e supervisione di attrezzature scientifiche;</li> <li>- certificazione e sviluppo della normativa in campo biotechnologico;</li> <li>- attività connesse al trasferimento tecnologico e brevettazione di prodotti e servizi biotechnologici;</li> <li>- altre funzioni in cui sia richiesto un approccio multidisciplinare a problematiche biologico-molecolari</li> </ul> <p><b>competenze associate alla funzione:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- padronanza del metodo scientifico e delle principali metodologie di ricerca in ambito biologico e biotechnologico</li> <li>- familiarità con le principali tecnologie high-throughput per la generazione di dati biologici da DNA, RNA, proteine, imaging.</li> <li>- conoscenza e comprensione dei meccanismi molecolari biologici e delle tecnologie per la loro interrogazione</li> <li>- capacità di applicare le conoscenze biologiche e biomolecolari allo sviluppo di processi, servizi, e prodotti biotechnologici</li> <li>- capacità di operare in team multidisciplinari</li> </ul> <p><b>sbocchi occupazionali:</b></p> <p>Enti di ricerca e sviluppo pubblici e privati, industrie chimiche, farmaceutiche, agro-alimentari, biotechnologiche, centri di servizio pubblici e privati per le biotechnologie sia nazionali che internazionali.</p>
<b>Specialista in bioinformatica</b>
<p><b>funzione in un contesto di lavoro:</b></p> <p>Il laureato magistrale in Molecular Biotechnology and Bioinformatics opera le seguenti funzioni proprie di uno specialista in bioinformatica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- supporto bioinformatico alla ricerca di base e applicata in ambito biologico, biomedico e biotechnologico;</li> <li>- sviluppo di algoritmi e software scientifico per l'analisi di dati in ambito biologico, biomedico, e biotechnologico;</li> <li>- costruzione, gestione e mantenimento di banche dati biologiche e data repository;</li> <li>- data curator (curatore di dati) in ambito biologico, biomedico, e biotechnologico;</li> <li>- altre funzioni in cui sia richiesto un approccio bioinformatico a problematiche biologico-molecolari</li> </ul> <p><b>competenze associate alla funzione:</b></p> <p>Progettazione, sviluppo e costruzione di banche dati di tipo genomico, trascrittomico, proteomico e metabolomico; progettazione e sviluppo di nuovi metodi di interrogazione e analisi di banche dati biologiche; analisi avanzate di dati estratti da banche dati biologiche.</p> <p><b>sbocchi occupazionali:</b></p> <p>Enti di ricerca e sviluppo pubblici e privati per le applicazioni della bioinformatica, industrie chimiche, farmaceutiche, agro-alimentari, biotechnologiche, centri di servizio pubblici e privati per le biotechnologie ambientali.</p>
<b>Il corso prepara alla professione di (codifiche ISTAT)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biochimici - (2.3.1.1.2)</li> <li>• Biotechnologi - (2.3.1.1.4.)</li> <li>• Biologi e professioni assimilate - (2.3.1.1.1.)</li> <li>• Biofisici - (2.3.1.1.3.)</li> </ul>

<p><b>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.</b></p>
--

**Attività caratterizzanti**

ambito disciplinare	settore	CFU		minimo da D.M. per l'ambito
		min	max	
Discipline chimiche e chimico-industriali	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 CHIM/12 Chimica dell'ambiente e dei beni culturali	12	12	10
Discipline biologiche	BIO/06 Anatomia comparata e citologia BIO/07 Ecologia BIO/09 Fisiologia BIO/10 Biochimica BIO/11 Biologia molecolare BIO/14 Farmacologia BIO/18 Genetica BIO/19 Microbiologia	32	32	10
Discipline tecnico scientifiche, giuridiche, economiche e di contesto	AGR/01 Economia ed estimo rurale FIS/01 Fisica sperimentale FIS/03 Fisica della materia INF/01 Informatica IUS/01 Diritto privato IUS/04 Diritto commerciale MAT/05 Analisi matematica MAT/06 Probabilità e statistica matematica MAT/08 Analisi numerica SECS-S/01 Statistica	6	6	6
<b>Minimo di crediti riservati dall'ateneo minimo da D.M. 40:</b>		-		

<b>Totale Attività Caratterizzanti</b>	50 - 50
--	---------

**Attività affini**

ambito disciplinare	CFU		minimo da D.M. per l'ambito
	min	max	
Attività formative affini o integrative	18	18	12

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

**Altre attività**

ambito disciplinare		CFU min	CFU max
A scelta dello studente		12	12
Per la prova finale		30	30
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	7	7
	Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro	0	3
Minimo di crediti riservati dall'ateneo alle Attività art. 10, comma 5 lett. d			
Per stages e tirocini presso imprese, enti pubblici o privati, ordini professionali		-	-

<b>Totale Altre Attività</b>	49 - 58
------------------------------	---------

## **Riepilogo CFU**

<b>CFU totali per il conseguimento del titolo</b>	<b>120</b>
<b>Range CFU totali del corso</b>	<b>117 - 126</b>

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

### **Note relative alle altre attività**

-Alla prova finale sono dedicati 37 CFU, di cui 7 CFU di tirocinio propedeutico, funzionale all'acquisizione di competenze metodologiche di base, e 30 CFU acquisiti con il completamento del tirocinio e il superamento della prova finale. Si ritiene necessaria la frequenza di un laboratorio di ricerca pubblico o privato per un tempo adeguato allo sviluppo di un progetto di ricerca originale in una delle discipline di ambito. Quello della prova finale è un momento particolarmente qualificante per la formazione del laureato in Molecular Biotechnology and Bioinformatics e per l'acquisizione di specifiche competenze per i futuri sbocchi occupazionali sia nel campo della ricerca che della ricerca e sviluppo nei settori pubblico e privato. I risultati di tale attività saranno elaborati sotto forma di tesi che deve presentare una particolare originalità di sviluppo, coerente con il suo ruolo formativo che completa il percorso di studio biennale individuale.

-Per le studentesse e gli studenti internazionali, è vivamente consigliata l'acquisizione di competenze in lingua italiana, necessarie agli sbocchi occupazionali e professionali, tra quelli previsti per il CdS, limitatamente al contesto nazionale italiano. Purché coerente con gli obiettivi formativi e gli sbocchi professionali del percorso formativo, dunque, il conseguimento di 3 cfu di "conoscenze linguistiche aggiuntive" tramite l'accertamento di lingua italiana (Additional language skills: Italian) diviene una opzione facoltativa, anche per gli studenti internazionali, rispetto ad altre attività a scelta dello studente. Le studentesse e gli studenti internazionali potranno sostenere un test di posizionamento A2 e, in caso di non superamento, frequentare un corso di italiano A2 e superare il relativo test finale.

### **Note relative alle attività caratterizzanti**

RAD chiuso il 27/02/2025