

n.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Eventuale curriculum di riferimento	Data indicativa e modalità didattiche	Verifica finale	Nome Docente	Email di contatto
1.	Introduzione teorico pratico alla morfometria geometrica	12	primo anno	Il corso prevede una prima parte teorica in cui si descrivono i vantaggi dell'uso della morfometria geometrica rispetto a quella tradizionale (misura delle lunghezze), inoltre verranno descritte le basi teoriche del metodo (6 ore una giornata di studio). Nella seconda parte saranno esposti i principali programmi open source che permettono lo studio della morfometria geometrica. In questa seconda parte è prevista un'attività di laboratorio in cui gli studenti potranno acquisire quelle abilità che permetteranno loro di iniziare a lavorare in morfometria geometrica in modo indipendente	ECOLOGIA ED ETOLOGIA		SI		
2.	Tecnologie molecolari avanzate in ecologia e zoologia	12	primo anno	Il corso ha lo scopo di affrontare le problematiche che si presentano nella pianificazione di un progetto di ricerca nell'ambito dell'ecologia e zoologia molecolare, con particolare riferimento alle applicazioni di metodologie molecolari avanzate. Il corso prevede una descrizione generale delle tecnologie di sequenziamento di nuova generazione e loro applicazioni nell'ambito della genomica di popolazione ed evolutiva, con riferimento a casi di studio presenti in letteratura. Verranno illustrati: - Tecnologie di sequenziamento di nuova generazione (Illumina, PacBio, ONT, Omni-C, Bionano): descrizione generale delle tecniche di laboratorio e analisi dati. - Applicazione delle tecniche NGS nella genomica di popolazione e conservazione: cenni sull'analisi della struttura di popolazione, analisi demografica e associazione genotipo-fenotipo. Definizione di unità di conservazione ed unità di eradicazione. - Applicazione delle tecniche NGS nella genomica evolutiva e citogenomica: comparazione di genomi, studio di processi evolutivi mediante analisi del genoma, l'importanza del cariotipo e del dato citogenetico nell'assemblaggio dei genomi. - Pianificazione di un progetto di ricerca nell'ambito della zoologia ed ecologia molecolare: domanda biologica, ricerca delle risorse disponibili per la specie in esame, scelta del campione biologico, scelta della tecnologia di sequenziamento, scelta del target coverage, calcolo delle risorse computazionali necessarie, overview dei costi di sequenziamento. Gli obiettivi formativi sono: - conoscenze approfondite nell'ambito della zoologia ed ecologia molecolare con particolare riferimento all'applicazione delle tecnologie di sequenziamento di nuova generazione. - uso di pensiero critico e problem solving nella pianificazione di un esperimento di genomica animale. - conoscenza del linguaggio scientifico nel campo della zoologia ed ecologia molecolare.	GENETICA ED EVOLUZIONE	Novembre - In presenza. Anche online su richiesta	NO	Alessio Iannucci	alessio.iannucci@unifi.it
3.	Europrogettazione	48	primo anno	Il corso fornirà una panoramica dei principali filoni di finanziamento previsti a livello europeo per il settennato 2021-2027, sia gestiti direttamente dalla Commissione Europea che da enti intermedi. Verranno illustrati gli obiettivi politici e le priorità strategiche alla base dei programmi promossi e le caratteristiche con cui tali priorità sono declinate all'interno dei principali schemi di finanziamenti disponibili (Horizon Europe, Erasmus+, Europa Creativa, Life, ecc). Verranno presentati alcuni casi di successo di progetti finanziati e le potenziali sinergie tra i fondi disponibili. Verranno inoltre approfondite le opportunità offerte dagli schemi di finanziamento ERC, Marie Skłodowska Curie e COST, percorrendo i principali passaggi di predisposizione di una candidatura nell'ambito di tali programmi. Programma del corso: Introduzione; Concetti generali e finalità; I fondi europei a gestione concorrente; I fondi europei a gestione diretta; Le sinergie tra i diversi fondi; Panoramica delle principali opportunità di finanziamento (Horizon Europe, Erasmus+, Europa Creativa, Life, ecc); Approfondimento sulle seguenti opportunità di finanziamento: - Programma ERC - Programma Marie Skłodowska Curie - Programma COST			SI		

4.	Metagenomica Evoluzionistica e Dinamiche del Microbiota	24	secondo anno	Il corso tratterà dell'Evoluzione del pensiero e delle tecniche microbiologiche che oggi stanno mostrando come sia inevitabile considerare il ruolo della componente microbica nello studio dell'ecologia e del comportamento animale e umano e nelle dinamiche degli ecosistemi. Il corso descriverà i principali metodi di analisi metagenomica di comunità microbiche: preparazione del campione, metodi ad alta processività per cultura di microorganismi, loro caratterizzazione fisiologica e sequenziamento massivo. Il corso illustrerà agli studenti le potenzialità e limiti degli approcci di metagenomica per l'analisi delle comunità batteriche, fungine, virali e di protozoi. Nel corso si acquisiranno conoscenze approfondite sul ruolo del microbioma nel determinare le caratteristiche dei principali biomi, suolo, aria, acqua. Infine si descriverà il microbiota come fenotipo esteso in un'ottica evoluzionistica, incluso ma non limitato al ruolo del microbioma in simbiosi e patogenesi, nutrizione, crescita, sviluppo neurale e comportamentale di piante e animali, in particolare insetti, primati, e uomo.	GENETICA ED EVOLUZIONE		SI		
5.	HORIZON EUROPE: LABORATORIO DI SCRITTURA PROPOSTE: PROGETTAZIONE DI UNA PROPOSTA VINCENTE IN HORIZON EUROPE	6	secondo anno	Il Corso fornirà gli strumenti fondamentali per concepire, sviluppare e strutturare progetti Europei allineati alle aspettative della Commissione. Partecipando alle attività proposte, i corsisti potranno maturare una mentalità e un'attitudine di tipo progettuale, acquisendo le prime abilità nell'elaborazione di progetti secondo le metodologie accreditate a livello UE per la progettazione e la gestione degli interventi. Il corso si articolerà in due giornate: la prima giornata sarà finalizzata a fornire una conoscenza generale sui bandi Horizon Europe (con specifico riferimento alle azioni RIA, IA, CSA) e una conoscenza approfondita sulle "regole del gioco" e su alcuni strumenti, utili per la definizione di un'idea vincente e per la redazione delle sezioni scientifiche della proposta. La seconda giornata vedrà coinvolti direttamente i partecipanti per la definizione schematica dei contenuti di una proposta vincente. Ciascun partecipante (o gruppo di partecipanti) dovrà sviluppare un progetto (di massima).			SI		
6.	Fondamenti di probabilità e statistica per la biologia evoluzionistica e l'ecologia	24	primo anno	La prima parte del corso prevede un'introduzione al linguaggio di programmazione "R" e elementi di statistica descrittiva (e.g. media, deviazione standard, mediana e quantili, test del T di Student, correlazione di Pearson, test non parametrici come il test di Wilcoxon e la correlazione di Spearman). La seconda parte del corso prevede una panoramica esaustiva sull'utilizzo dei modelli lineari in Biologia. Verranno affrontate le principali problematiche legate alla creazione di tali modelli, la loro interpretazione e la misura delle loro prestazioni in ambito biologico con particolare riferimento al disegno sperimentale e come si possa codificare parametri sperimentali all'interno di un modello matematico/statistico. Inoltre, verranno affrontati e discussi tutti i principali test legati alla regressione stessa: test dei coefficienti, analisi			SI		
				della varianza, confronto a coppie ed altri metodi per poter fare inferenza a partire da dati provenienti da un esperimento. La terza parte del corso sarà incentrata sui modelli lineari generalizzati. Sarà introdotto la struttura di questi modelli e la stima dei loro parametri attraverso algoritmi di "massima verosimiglianza". Verranno introdotte regressioni di vario tipo (logistica e poisson principalmente) in modo da capire come sia possibile selezionare le variabili che meglio "spiegano" i nostri dati. L'ultima parte del corso si incentrerà principalmente sulle analisi multivariate di dati biologici con particolare riferimento alla analisi di ordinazione (e.g. Principal Component Analysis, non-metric Multidimensional Scaling, Principal Coordinates Analysis e Canonical Analysis of Principal Coordinates).					
7.	Recent advances in human genomics and paleogenomics	24	terzo anno	Il corso punta ad aggiornare i dottorandi sugli sviluppi più recenti della ricerca in ambito di genomica e paleogenomica umana, con attenzione particolare, ma non esclusiva, per gli studi di taglio evoluzionistico. Sarà strutturato come un journal club: i dottorandi avranno a disposizione, per ogni unità didattica, uno o più articoli originali, che dovranno aver letto al momento dell'incontro. Il docente procederà ad una esposizione ragionata dei principali aspetti dell'articolo, sottolineando sia quelli di maggiore originalità, sia quelli a cui possono essere mosse delle critiche. Seguirà una discussione, a cui si potrà intervenire sia in presenza sia a distanza, in modo da favorire la partecipazione dei dottorandi delle sedi consorziate. Al termine, ai dottorandi sarà chiesta una relazione su uno dei temi trattati negli incontri.	GENETICA ED EVOLUZIONE	Maggio-In presenza	SI NO	Stefania Vai	stefania.vai@unifi.it

8.	Comunicazione animale	24	primo semestre di tutti gli anni	Il corso è centrato sull'approccio evoluzionista alla comunicazione e al comportamento animale: il valore adattativo di un tratto comportamentale, le basi storiche, costi e benefici in termini di fitness darwiniana. Argomenti centrali sono l'origine e l'evoluzione dei segnali visivi, acustici e chimici, la loro produzione, trasmissione nei diversi gruppi animali, la comunicazione onesta e ingannevole, lo sfruttamento dei sistemi di comunicazione. Conoscenze acquisite: definizione e principi generali della comunicazione animale, origine ed evoluzione dei segnali.. Competenze acquisite: inquadrare la diversità della comunicazione animale nelle varie modalità in uno scenario evoluzionista. Capacità acquisite alla fine del corso: uso di una terminologia etologica appropriata, essere in grado di comparare comunicazione nei diversi taxa, valutandone vantaggi e svantaggi.	ECOLOGIA ED ETOLOGIA		No		
9.	A primer in Ecological Network: Data and Theory	24	primo anno	Il Corso si distribuisce su tre giornate da 8 ore, per un totale di 24 ore. Prevede lezioni frontali la mattina ed esercitazioni pratiche il pomeriggio. Il tema centrale del programma è lo studio dei sistemi complessi, in particolare quelli ecologici, e socio-ecologici, descritti mediante lo strumento matematico del network che si analizza attraverso strumenti matematico-informatici. Obiettivo formativo principale è la capacità di interpretare le dinamiche dei sistemi complessi, con particolare riguardo alla causalità e agli effetti contro-intuitivi, che ne sono l'impronta digitale e che sfuggono ai classici criteri interpretativi lineari. E, dunque, educare l'intuizione a far fronte alla sfida della complessità. Gli obiettivi specifici riguardano la capacità di prevedere la risposta degli ecosistemi alle perturbazioni (naturali e antropiche) attraverso l'analisi della rete di interazioni che caratterizza l'ecosistema, rete che include anche le relazioni di tipo sociale, nella consapevolezza che la struttura sociale influisce in maniera determinante sulle modalità di perturbazione sulla risposta del sistema. Gli argomenti trattati fanno riferimento a: 1. Rappresentazione di un sistema ecologico mediante network: scelta delle variabili rilevanti, definizione delle interazioni, descrizione matriciale e topologica del sistema. 2. Analisi del network: indici di centralità, componenti fortemente connesse, alberi di dominanza, percorsi di interazione, effetti feedback. 3. Effetti dinamici: stabilità del sistema, risposta del sistema a variazioni dei parametri dinamici, conseguenze delle alterazioni strutturali di sistema (es. estinzione di una specie). 4. Uso di software per esercitazioni: Levins_Anlysis; Ucinet, WAND	ECOLOGIA ED ETOLOGIA		SI		
10.	Ecosystem science: paradigms, frontiers and challenges	24	secondo anno	È presentata e discussa l'evoluzione del concetto di ecosistema dalla prima enunciazione di Tansley nel 1935, alle importanti ricerche nell'ambito dell'International Biological Programme (1964-1974) che ne misero in evidenza potenzialità e limiti, fino al Millenium Ecosystem Assessment (2000-2005) che ribadisce la centralità dell'ecosistema per lo sviluppo sostenibile della società umana. Alla luce di questi orientamenti, il concetto di ecosistema costituisce ancora un valido riferimento per rispondere agli obiettivi del nuovo millennio e per fronteggiare in modo sostenibile le sfide della globalizzazione: cambiamento climatico, esaurimento delle risorse, invasioni biologiche, fame e sottosviluppo. Programma di massima 1. Enunciazione, sviluppo, potenzialità e limiti del concetto di ecosistema 2. Applicazioni del concetto di ecosistema: componenti, processi e funzioni misurabili (produzione primaria e secondaria, decomposizione, cicli biogeochimici, regolazione). Ecosistema e biodiversità 3. Nuove sfide e nuove frontiere: capitale naturale e servizi dell'ecosistema, riparare e ricostruire gli ecosistemi (restoration ecology), misurare la sostenibilità	ECOLOGIA ED ETOLOGIA		SI	Non attivato per l'anno accademico 2024/2025	
11.	introduzione alla statistica con R (corso base)	24	primo anno	Il corso introduzione alla statistica con R (corso base)", suggerito per gli studenti del primo anno di dottorato, tratterà i fondamenti dell'ambiente di programmazione R, indicando come richiamare le funzioni di interesse, quali funzioni possono essere di maggiormente di interesse per l'analisi di dati quantitativi acquisiti sui sistemi biologici. Infine, il corso illustrerà i principali test statistici e come questi sono integrati nei metodi di analisi statistica applicata alla genetica, genomica, metagenomica biologia evoluzionistica ed ecologia.			SI		

12.	Introduzione ai modelli misti, maximum likelihood e statistica bayesiana con R	24	secondo anno	Il corso introduzione ai modelli misti, maximum likelihood e statistica bayesiana con R, suggerito per gli studenti del primo anno di dottorato, è successivo al corso di primo livello. Il corso è teso a fornire agli studenti le basi concettuali relative ai modelli maggiormente usati nella statistica avanzata e nelle sue applicazioni. Si approfondiranno metodi di analisi basati su introduzione ai modelli misti, maximum likelihood e statistica bayesiana, descrivendo i principali algoritmi codificati in R. Si discuteranno anche i metodi di biomarker discovery anche applicati al settore della metagenomica, genomica funzionale, biologia quantitativa.			SI		
13.	Aquaculture and fish conservation	18	primo anno	Il corso prevede attività pratiche in impianti ittiogenici con l'obiettivo di illustrare le principali tecniche di fecondazione artificiale condotte nei pesci, successivamente ad una prima fase di preparazione teorica sulla biologia riproduttiva dei teleostei e le principali malattie riscontrabili negli allevamenti ittici. Saranno altresì presentate le principali metodologie di allevamento, diversificate in base agli obiettivi da raggiungere (specie a rischio, salvaguardia della selvaticità per il rilascio in aree protette, ripopolamenti con grandi numeri per tratti fluviali dedicati alla pesca sportiva). Il corso prevede anche l'insegnamento di tecniche di remote sensing per la tracciabilità e rintracciabilità di esemplari marcati per scopi scientifici. La conservazione della fauna ittica è discussa prendendo in considerazione le principali pressioni e minacce che limitano lo sviluppo delle popolazioni ponendo particolare attenzione alle problematiche del depauperamento idrico e della gestione delle specie aliene invasive.	ECOLOGIA ED ETOLOGIA	Il corso sarà svolto presso impianti di acquacoltura nel mese di febbraio. I dottorandi interessati possono prendere contatto diretto col docente per la pianificazione e del periodo di attività e le modalità di partecipazione	SI	Francesco Nonnis Marzano	francesco.nonnismarzano@unipr.it
14.	Applied Ethology	12	secondo anno	Ethology is the research discipline aimed at describing and understanding animal behaviour. While early ethology was mostly curiosity-driven, it has now been embedded in a number of applied research contexts. Given that the mechanisms of	ECOLOGIA ED ETOLOGIA		SI		
				behaviour are highly conserved across animal species, ethology has provided animal models to understand human behavioural and brain pathologies and to develop remedies. Moreover, ethology has proven critical to comprehend the effects of captivity and interaction with humans in laboratory, zoo, pet, and farm animals, allowing to implement regulations for exploiting animals considering their welfare needs. In recent years, ethology is also becoming critical part of studies to understand anthropogenic impacts on animal diversity and to develop strategies for preventing biodiversity lost. This course will analyse the most compelling applications of ethology with large use of practical examples and study cases.					
15.	Ecosystem science: paradigms, frontiers and challenges	12	secondo anno	È presentata e discussa l'evoluzione del concetto di ecosistema dalla prima enunciazione di Tansley nel 1935, alle importanti ricerche nell'ambito dell'International Biological Programme (1964-1974) che ne misero in evidenza potenzialità e limiti, fino al Millenium Ecosystem Assessment (2000-2005) che ribadisce la centralità dell'ecosistema per lo sviluppo sostenibile della società umana. Alla luce di questi orientamenti, il concetto di ecosistema costituisce ancora un valido riferimento per rispondere agli obiettivi del nuovo millennio e per fronteggiare in modo sostenibile le sfide della globalizzazione: cambiamento climatico, esaurimento delle risorse, invasioni biologiche, fame e sottosviluppo. Programma di massima 1. Enunciazione, sviluppo, potenzialità e limiti del concetto di ecosistema 2. Applicazioni del concetto di ecosistema: componenti, processi e funzioni misurabili (produzione primaria e secondaria, decomposizione, cicli biogeochimici, regolazione). Ecosistema e biodiversità 3. Nuove sfide e nuove frontiere: capitale naturale e servizi dell'ecosistema, riparare e ricostruire gli ecosistemi (restoration ecology), misurare la sostenibilità	ECOLOGIA ED ETOLOGIA		SI		
16.	Isotopic Methods to reveal benthic N cycling	12	secondo anno	Il corso, che ha carattere teorico-pratico, mostra tecniche di campionamento, manipolazione, e incubazione di micro e mesocosmi per misure di processi microbici come ammonificazione, nitrificazione, denitrificazione, nitrato ammonificazione e azoto-fissazione in sistemi acquatici, mediante tecniche basate sull'isotopo stabile ¹⁵ N. Sono inoltre mostrati calcoli e illustrati i risultati relativi a diversi esperimenti in modo tale da discutere la regolazione di questi processi negli ambienti acquatici.	ECOLOGIA ED ETOLOGIA	Luglio	SI	Marco Bartoli	marco.bartoli@unipr.it
17.	Evoluzione del genoma batterico	6	primo anno	Il corso tratterà gli aspetti evolutivisti dei genomi batterici, facendo riferimento ai concetti di pangenoma e alla relazione tra stile di vita dei batteri e struttura del genoma. Verranno svolti approfondimenti seminariali sui genomi multipartiti e sulla loro evoluzione	GENETICA ED EVOLUZIONE	Novembre - Anche fruibile on line	NO	Camilla Fagorzi	camilla.fagorzi@unifi.it

18.	Bioinformatica applicata allo studio dei genomi	24	primo anno	Il corso ha l'obiettivo di fornire agli studenti la comprensione dell'organizzazione del genoma comparando le cellule procariotiche e eucariotiche, utilizzando le moderne tecniche bioinformatiche per l'analisi di dati di sequenziamento. In particolare, verranno approfonditi i vantaggi e gli svantaggi dell'utilizzo di short/long reads per rispondere a diverse domande biologiche attraverso la descrizione di alcuni casi studio presi dalla letteratura. Verranno inoltre descritte le principali procedure bioinformatiche per il trattamento dei dati di sequenziamento in uscita dalle principali piattaforme per l'identificazione di polimorfismi a livello individuale e di popolazione. Le lezioni teoriche verranno affiancate da attività di laboratorio informatico che permetteranno agli studenti di acquisire le abilità pratiche necessarie per completare le fasi delle indagini bioinformatiche previste nei casi studio considerati, inclusa una breve introduzione allo scripting in bash e awk. Verrà inoltre descritto come le varie analisi dovranno essere organizzate ed eseguite in un sistema di "high performance computing" a risorse condivise ottimizzato per l'analisi bioinformatica.	GENETICA ED EVOLUZIONE		SI		
19.	Aspetti genetico-molecolari della simbiosi piante-microorganismi	6	primo anno	Il corso verterà sui modelli di interazione tra piante e microorganismi che spaziano dall'endofitismo alle simbiosi, con particolare riferimento alle simbiosi azotofissatrici. Verranno discussi gli aspetti più recenti e l'importanza di questo tipo di ricerche per l'interpretazione dell'evoluzione come olobionti e per le applicazioni in agricoltura sostenibile	GENETICA ED EVOLUZIONE	Dicembre - Anche fruibile on line	NO	Camilla Fagorzi	camilla.fagorzi@unifi.it
20.	Fitotecnologie per il recupero ambientale	6	primo anno	Il corso fornirà una panoramica sull'utilizzo delle piante come decontaminanti ambientali e sulle loro prerogative fisiologiche: verranno presentate le principali fitotecnologie e le tecniche di ionomica per l'indagine delle matrici inquinate e dei tessuti vegetali.	BIOLOGIA E BIOTECNOLOGIE VEGETALI	Febbraio - anche online su richiesta	No	Ilaria Colzi	ilaria.colzi@unifi.it
21.	How to design and run a field experiment with plants: from hypothesis to data analysis	6	primo anno	Il Corso fornirà gli strumenti fondamentali per concepire, sviluppare e condurre un esperimento in campo. Durante il corso verranno trattati diversi argomenti: (i) come formulare le ipotesi e progettare correttamente l'esperimento (esperimenti osservazionali); (ii) dove e come dovrebbero essere condotti gli studi (scelta di siti, appezzamenti e piante); (iii) come e quali tecnologie usare per monitorare la salute del suolo e delle piante ed altri parametri ambientali; e (iv) problemi statistici e analisi dei dati. Saranno inoltre valutati i vantaggi e i limiti degli esperimenti in campo e in serra/stanza di crescita. Ciascun partecipante (o gruppo di partecipanti) dovrà sviluppare un protocollo di un esperimento in campo dettagliando le attività da svolgere.	BIOLOGIA E BIOTECNOLOGIE VEGETALI	Febbraio/Marzo - anche online su richiesta	No	Nadia Bazihizina	nadia.bazihizina@unifi.it
22.	Analisi della diversità filogenetica e del segnale evolutivo in ecologia vegetale	6	secondo anno	Il corso permetterà di esplorare le principali metriche di diversità evolutiva applicate negli studi di ecologia e l'insegnamento e approfondimento dei principali metodi di valutazione della diversità vegetale. Verranno presi in esame i processi evolutivi alla base dello sviluppo di diversità biologica, cioè biodiversità; nel mondo vegetale, definendo il concetto di biodiversità e i livelli gerarchici delle varie forme di organizzazione biologica che vanno incontro al differenziamento. Si considereranno, inoltre, le diverse componenti della diversità, la varietà delle interazioni tra piante, i fattori biologico-evolutivi ed ecologici che causano la diversità, e i processi funzionali della diversità. Verranno discussi i fenomeni alla base della speciazione prodotta da due popolazioni conspecifiche e dal loro conseguente isolamento genetico visto come fattore evolutivo di particolare rilevanza.	BIOLOGIA E BIOTECNOLOGIE VEGETALI		SI	Andrea Coppi	
23.	Metabolismo secondario delle piante	6	primo anno	Il corso esplorerà le principali classi di metaboliti secondari delle piante in funzione del loro ruolo ecologico e delle loro molteplici applicazioni in campo farmacologico, industriale e nutraceutico.	BIOLOGIA E BIOTECNOLOGIE VEGETALI	Novembre in presenza	SI	Cristina Gonnelli	cristina.gonnelli@unifi.it
				☒					