

PROJECT 1-CURRICULUM ECOLOGY AND ETHOLOGY –ECOLOGIA ED ETOLOGIA UNIVERSITY OF FLORENCE

Titolo della ricerca:

L'impatto del disturbo antropogenico e naturale sulle interazioni tra teriofauna e foresta e sui servizi ecosistemici: casi di studio da aree tropicali e temperate
The impact of anthropogenic and natural disturbance on wildlife-forest interactions and ecosystem services: case studies from tropical and temperate areas

Breve programma di ricerca:

Italiano

Le forests del globo rappresentano un capitale naturale critico per la biodiversità e la fornitura di servizi ecosistemici fondamentali a scala globale e locale, dallo stoccaggio del carbonio e regolazione climatica alla protezione di bacini idrici, produzione idroelettrica, ecoturismo. La fauna forestale, e i mammiferi in particolare, giocano un ruolo chiave per l'integrità della fornitura di tali servizi. Per esempio, la defaunazione da bracconaggio altera la rigenerazione, struttura forestale e in ultima analisi lo stoccaggio di carbonio. Analogamente, i disastri naturali come le tempeste impattano le interazioni foresta-fauna con conseguenze potenzialmente critiche sulla capacità delle foreste di rigenerarsi. Tuttavia, mentre molta ricerca è stata focalizzata sulle dinamiche forestali e relativi servizi ecosistemici, molta meno attenzione è stata posta su come la fauna influenza questi processi.

Questo progetto mira a contribuire a colmare tali lacune studiando le interazioni foresta-fauna in due ecosistemi contrastanti, in aree tropicali e temperate. La prima area sono i Monti Udzungwa della Tanzania, un sito di ricerca di lungo periodo del proponente. Simulazioni sugli effetti della defaunazione usando dati di vegetazione arborea (i.e. la perdita di alberi a semi grandi e dispersione biotica) hanno mostrato che la defaunazione può determinare importanti perdite di carbonio stoccato. Tuttavia, questa predizione rimane non testata. Il/la candidato/a confronterà dati esistenti sulla vegetazione e raccoglierà nuovi dati sulla rigenerazione da un'area forestale protetta e da una non protetta per determinare in modo empirico come la defaunazione impatta la struttura e rigenerazione forestale e lo stoccaggio di carbonio. In parallelo utilizzerà dati da foto-trappolaggio di mammiferi da entrambe le foreste per valutare l'estensione e trend di defaunazione. La seconda area sarà localizzata in Trentino, lungo un gradiente di foresta da intatta a disturbata da VAIA, per studiare come la tempesta catastrofica del 2018 ha impattato la comunità di mammiferi, e di conseguenza influenzato i servizi ecosistemici che forniscono (predazione di semi e piantine, disseminazione, controllo dell'erbivoria). Il progetto analizzerà come la distruzione e gli interventi di ripristino forestale influenzano la composizione della comunità, l'abbondanza relativa e i pattern di ricolonizzazione dei mammiferi.

Gli obiettivi specifici della ricerca, il design di campionamento e di analisi saranno sviluppati dal/dalla candidato/a attraverso la produzione di un outline dettagliato della ricerca. I risultati dello studio forniranno nuove conoscenze per comprendere il ruolo della teriofauna nel mantenere l'integrità dei servizi ecosistemici forestali. Le implicazioni ricadono potenzialmente oltre l'ambito ecologico, in tempi in cui i servizi ecosistemici e le "nature-based solutions" sono progressivamente più valorizzati per il loro potenziale di contribuire a frenare la crisi ambientale.

Inglese

Forests around the globe represent an essential asset for biodiversity importance and the provision of vital ecosystem services at global and local scales, from carbon stocking and climate regulation to water catchment, hydropower production, ecotourism. Forest wildlife, and mammals in particular, play a key role for the integral provision of these services. For example, defaunation due to overhunting alters forest regeneration, forest structure and, ultimately, carbon stocking. Similarly, natural disasters such as windstorms impact forest-wildlife interactions, with potentially severe consequences on the capacity of forests to regenerate. However, while research has focussed on forest dynamics and related ecosystem services, much less attention has been devoted to how wildlife influences these processes.

This project aims to contribute filling this gap by studying forest-wildlife interactions in two contrasting ecosystems in tropical and temperate areas. The first area is the Udzungwa Mountains of Tanzania, a long-term research site by the project proponent. Simulated effects of defaunation using arboreal vegetation data (i.e. the loss of biotically-dispersed, large-seeded trees) have shown that defaunation could result in significant losses of carbon stocks. However, this prediction remains untested. The candidate will therefore compare existing vegetation data and collect new data on regeneration from both a protected and a poorly protected forest to empirically assess how defaunation impacts forest structure, regeneration and carbon stocking. In parallel s/he will use camera trapping data on mammals from both forests to assess the extent and trends of defaunation. The second area will be located in Trentino Province, NE Italy, across a gradient from intact to VAIA-disturbed forest sites, to study how the catastrophic windstorm of 2018 has impacted the community of mammals, and, in turn, affected the ecosystem services they provide (seed and seedling predation, dissemination, herbivory control). The project will address how forest destruction and restoration interventions influence community composition, relative abundance and recolonization patterns of mammals.

The specific ecological and conservation objectives, sampling design and analytics will be developed by the candidate through a detailed research outline. Results from the study will provide for new insights to understand the role of mammalian wildlife in maintaining forest-related ecosystem services. The implications of such knowledge stretch beyond the ecological realm, at times when ecosystem services and nature-based solutions are increasingly valued for their potential to contribute addressing the environmental crisis.

Project 2-CURRICULUM BOTANY AND PLANT ECOLOGY- BOTANICA e ECOLOGIA VEGETALE Università di FIRENZE.

Italiano

Durante la ricerca il candidato dovrà studiare le risposte anatomiche e ultrastrutturali delle piante sottoposte a stress ambientale. In particolare, è previsto l'impiego di specie di piante che crescono in tre differenti matrici (aria, acqua e suolo) che saranno sottoposte a diversi tipi di stress abiotico, come per esempio inquinamento ambientale da micro e nanoplastiche sia pristine che invecchiate artificialmente e da composti inorganici, quali metalli pesanti (in forma sia ionica che nanoparticellare) e sale (NaCl). L'obiettivo sarà quello di andare a studiare come, nei diversi medium di crescita, gli inquinanti possano impattare sulla crescita e sulle caratteristiche morfologiche della pianta. L'effetto sarà valutato analizzando: i) parametri di crescita delle piante (ad esempio tasso di crescita relativo, tratti fogliari, resa di biomassa); ii) struttura della pianta attraverso la microscopia elettronica a trasmissione (TEM), la microscopia elettronica a scansione (SEM), la microscopia ottica (con particolare attenzione alla possibile presenza delle particelle all'interno degli organi vegetali) e confocale; iii) parametri fotosintetici (ad esempio scambi gassosi e fluorescenza della clorofilla); iv) concentrazioni di macro e micronutrienti nelle piante con tecniche spettrofotometriche per evidenziare possibili alterazioni nell'assorbimento dei nutrienti. Inoltre, dovranno essere condotti studi sullo stress biotico per valutare le risposte della pianta all'attacco di microrganismi ed insetti in presenza di nanovettori, che sono recentemente stati introdotti per la somministrazione di biomolecole contro i nemici naturali delle piante.

Una parte del progetto riguarda la possibilità di visualizzare le microplastiche dentro la pianta con metodi di microscopia ottica (mettendo a punto colorazioni specifiche), microscopia a fluorescenza e confocale (colorazioni quindi fluorescenti) e microscopia elettronica.

Un aspetto focale della ricerca sarà dedicato agli effetti delle microplastiche sugli organuli cellulari, e in particolare sullo stress indotto dalla presenza di microplastiche su plastidi e mitocondri e sul reticolo endoplasmatico, anche in relazione ad attivazione di pathways che portino a fenomeni di autofagia e/o morte cellulare programmata.

English

This research aims to study the anatomical and ultrastructural aspects of plants, under different environmental stress. In particular, diverse plant species growing in three different matrices (air, water and soil) will be exposed to abiotic stress, such as environmental pollution from micro and nanoplastics (pristine and aged) or inorganic compounds, such as heavy metals (in both ionic and nanoparticle form) and salt (NaCl). Thus, the aim will be to investigate how pollutants can impact the growth and morphological characteristics of the plant in different mediums. The effect will be assessed by analyzing: i) plant growth parameters (e.g. relative growth rate, leaf characteristics, biomass yield); ii) plant structure

through transmission electron microscopy (TEM), scanning electron microscopy (SEM), optical and confocal microscopy (with particular attention to the possible presence of particles inside plant organs); iii) photosynthetic parameters (e.g. gas exchange and chlorophyll fluorescence); iv) concentrations of macro- and micronutrients in plants using X-ray spectrophotometry to highlight possible alterations in nutrient absorption in plants. Furthermore, studies must also be conducted on biotic stress to evaluate the plant's responses to the attack of microorganisms and insects in the presence of innovative nanocarriers, which have been recently introduced for the administration of biomolecules active against the plants' natural enemies.

A focal aspect of the research will be dedicated to the effects of microplastics on cellular organelles, particularly on the stress induced by the presence of microplastics on plastids and mitochondria, and the endoplasmic reticulum. This also includes the activation of pathways leading to autophagy and/or programmed cell death phenomena.

Project 3 CURRICULUM ECOLOGY AND ETHOLOGY – ECOLOGIA ED ETOLOGIA UNIVERSITY OF FLORENCE

L'impatto dei cambiamenti climatici sulla componente faunistica delle comunità delle zone umide costiere e d'acqua dolce temperate e tropicali

È noto che l'impatto dei cambiamenti climatici è pervasivo in tutto il pianeta e tutti gli ecosistemi ne sono colpiti (1). Le temperature stanno aumentando, e si prevede che aumentino, a un ritmo più rapido alle latitudini medio-alte rispetto ai tropici e questo incremento ha mostrato di influenzare più pesantemente le comunità acquatiche rispetto a quelle terrestri (2). Quest'ultima differenza è dovuta alla minore tolleranza termica mostrata dagli ectotermi che respirano acqua (3). Per quanto riguarda le specie di acqua dolce, le suddette interazioni tra fattori ambientali critici agiscono parallelamente alla riduzione di acqua nei corpi d'acqua dolce, legata anche al riscaldamento globale, mettendo le specie di acqua dolce alle medie e alte latitudini sull'orlo dell'estinzione (4, 5).

Il candidato studierà 1) la tolleranza termica (6) e 2) gli adattamenti fisiologici alle alterazioni della temperatura (7) di invertebrati chiave di volta e ectotermi vertebrati che colonizzano zone umide costiere temperate e tropicali e corpi d'acqua dolce. Il candidato valuterà inoltre il ruolo di tali specie nella loro rete alimentare e, infine, modellerà l'impatto dei cambiamenti climatici sulle comunità, sugli ecosistemi e sulle interazioni tra le specie indicatrici (8).

Le principali tecniche coinvolte in questo studio saranno test ecofisiologici in laboratorio (tecniche respirometriche delle camere intermittenti, misurazioni della frequenza cardiaca e della concentrazione di ossigeno nel sangue, in gradienti di temperatura), analisi degli isotopi stabili attraverso la catena alimentare e analisi del trascrittoma.

I risultati del presente progetto getteranno le basi di strategie avanzate e scientifiche di gestione e conservazione delle zone umide e delle fragili comunità di acqua dolce in un mondo in cambiamento.

The impact of climatic changes on the faunal component of temperate and tropical coastal and freshwater wetlands' communities

It is well known that the impact of climate change is pervasive across the planet and all ecosystems are affected (1). Temperatures are increasing, and are projected to increase, at faster pace at medium to high latitudes than in the tropics and this increment showed to affect more heavily aquatic communities with respect to terrestrial ones (2). This latter difference is due to the lower thermal tolerance showed by water-breathing ectotherms (3). For what concerns freshwater species, the above interactions among critical environmental factors act in parallel with the reduction of water in freshwater bodies, also linked to global warming, putting the mid and high latitude freshwater species at the brink of extinction (4, 5).

The candidate will study 1) the thermal tolerance(6) and 2) the physiological adaptations to temperature alterations (7) of keystone invertebrate and vertebrate ectotherms colonising temperate and tropical coastal wetlands and freshwater bodies. The candidate will also assess the role of such species in their food web and, ultimately model the impact of climate changes on communities, ecosystems and interactions among keystone species (8).

The main techniques involved in this study will be eco-physiological tests in the laboratory (intermittent-chambers' respirometric techniques, heart rates measurements and oxygen concentration in the blood across temperature ramps), stable isotopes analyses across the food web and transcriptome analyses.

The results of the present project will lay the foundations of advanced and scientific based management and conservation strategies of wetlands' and fragile freshwater communities in a changing world.

Bibliography

1. M. T. Burrows, D. S. Schoeman, L. B. Buckley, P. Moore, E. S. Poloczanska, K. M. Brander, C. Brown, J. F. Bruno, C. M. Duarte, B. S. Halpern, J. Holding, C. V Kappel, W. Kiessling, M. I. O'Connor, J. M. Pandolfi, C. Parmesan, F. B. Schwing, W. J. Sydeman, A. J. Richardson, The Pace of Shifting Climate in Marine and Terrestrial Ecosystems. *Science (80-)*. **334**, 652–655 (2011).
2. M. L. Pinsky, A. M. Eikeset, D. J. McCauley, J. L. Payne, J. M. Sunday, Greater vulnerability to warming of marine versus terrestrial ectotherms. *Nature*. **569**, 108–111 (2019).
3. H. O. Pörtner, A. P. Farrell, Physiology and climate change. *Science (80-)*. **322**, 690–692 (2008).
4. G. Woodward, D. M. Perkins, L. E. Brown, Climate change and freshwater ecosystems: impacts across multiple levels of organization. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* **365**, 2093–106 (2010).
5. M. A. Xenopoulos, D. M. Lodge, J. Alcamo, M. Marker, K. Schulze, D. P. Van Vuuren, Scenarios of freshwater fish extinctions from climate change and water withdrawal. *Glob. Chang. Biol.* **11**, 1557–1564 (2005).
6. W. C. E. P. Verberk, F. Bartolini, D. J. Marshall, H.-O. Portner, J. S. Terblanche, C. R. White, F. Giomi, Can respiratory physiology predict thermal niches? *Ann. N. Y. Acad. Sci.* **1365**, 1–16 (2015).
7. C. A. Deutsch, J. J. Tewksbury, R. B. Huey, K. S. Sheldon, C. K. Ghalambor, D. C. Haak, P. R. Martin, Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude. *Proc. Natl. Acad. Sci.*

105, 6668–6672 (2008).

8. P. Timoner, M. Fasel, S. S. AshrafVaghefi, P. Marle, E. Castella, F. Moser, A. Lehmann, Impacts of climate change on aquatic insects in temperate alpine regions: complementary modeling approaches applied to Swiss rivers. *Glob. Chang. Biol.*, 1–17 (2021).

Project-4 CURRICULUM ECOLOGY AND ETHOLOGY – ECOLOGIA E ETOLOGIA

Titolo: Cicli biogeochimici accoppiati, stechiometria ecologica ed eutrofizzazione fluviale

L'attività antropica ha alterato notevolmente il trasporto, la trasformazione e la ritenzione di azoto, fosforo e silice nei bacini idrografici, con conseguente aumento dei flussi di questi nutrienti verso ecosistemi acquatici e cambiamenti nei loro rapporti stechiometrici. L'eutrofizzazione che ne deriva è considerata una delle cause principali del deterioramento dello stato e del funzionamento degli ecosistemi acquatici e dei beni e servizi che essi generano. L'impatto negativo sulle acque interne e costiere ha portato a sforzi significativi per regolare il carico di nutrienti. Tuttavia, i risultati di questi sforzi sono stati contrastanti a causa della natura complessa e spesso cumulativa dei fattori coinvolti. I percorsi ambientali e il destino dei nutrienti non dipendono infatti semplicemente dalle loro sorgenti, poiché sono influenzati anche da diversi altri fattori, come il metabolismo fluviale e le interazioni tra il fiume e la sua pianura alluvionale, compreso lo scambio con le zone umide laterali. In particolare, gli ambienti acquatici litoranei poco profondi sono una componente chiave degli ecosistemi acquatici dove l'interfaccia acqua-sedimento è un hotspot biogeochimico, in cui i nutrienti vengono trasformati, accumulati e riciclati nella colonna d'acqua.

Il progetto di dottorato ha l'obiettivo di analizzare i processi che regolano il trasporto e la trasformazione dei nutrienti e il loro rapporto stechiometrico in ambienti acquatici poco profondi.

Le attività si concentreranno principalmente sugli ambienti acquatici poco profondi del bacino idrografico del fiume Po e le azioni previste riguardano, in particolare, l'analisi della variazione del metabolismo autotrofo ed eterotrofo degli ecosistemi in relazione alla disponibilità di N, P e Si, all'arricchimento organico e alla connettività idrologica.

Title: Coupled biogeochemical cycles, ecological stoichiometry and river eutrophication

The anthropogenic activity has significantly modified the transport, transformation and retention of nitrogen, phosphorus and silica in watersheds, resulting in increased fluxes of these nutrients to aquatic ecosystems and alterations in their stoichiometric ratios. The resulting eutrophication is regarded as one of the primary causes of deterioration in the status and functioning of aquatic ecosystems and the goods and services they generate. The deleterious impact of nitrogen and phosphorus pollution on inland and coastal waters has

led to significant efforts to regulate nutrient loading. Nevertheless, the outcomes of these efforts have been contrasting due to the complex and often cumulative nature of the factors involved. The environmental pathways and fate of nutrients are in fact not simply dependent on their sources, as they are also affected by several other factors like river metabolism and the interactions between the river and its floodplain, including the interchange with lateral wetlands. In particular, shallow littoral aquatic environments are a key component of aquatic ecosystems. Here, the water-sediment interface is a biogeochemical hotspot, where nutrients are transformed, buried and recycled to the water column.

The project aims at understanding the processes that regulate transport and transformation of nutrients and their ratios along the hydrological continuum, and how hydrological connectivity affects these processes in shallow aquatic environments and to assess the response of ecosystem processes to these loads. The activities will be mainly focused on shallow aquatic environments in the Po River watershed and the planned actions concern, in particular, the analysis of the variation of ecosystem autotrophic and heterotrophic metabolism and nutrients recycling in relation to N, P and Si availability, organic enrichment and hydrological connectivity.

- Le Moal, M., et al. 2019. Eutrophication: A new wine in an old bottle? *Science of the Total Environment*, 651, 1–11.
- von Schiller, D., et al. 2017. River ecosystem processes: A synthesis of approaches, criteria of use and sensitivity to environmental stressors. *Science of the Total Environment*, 596–597(April), 465–480.
- Li, L., Knapp, J.L.A., Lintern, A., Ng, G.-H.C., Perdrial, J., Sullivan, P.L., Zhi, W., 2024. River water quality shaped by land–river connectivity in a changing climate. *Nat. Clim. Chang.* 14, 225–237.
- Nifong, R.L., Taylor, J.M., DeVilbiss, S., 2022. Spatial and temporal patterns of benthic nutrient cycling define the extensive role of internal loading in an agriculturally influenced oxbow lake. *Biogeochemistry* 159, 413–433.
- Helton, A.M., Morse, J.L., Sudduth, E.B., Ardón, M., Bier, R., Voss, K.A., Ross, M.R.V., Blaszcak, J.R., Brandt, J.E., Simonin, M., Rocca, J.D., Carter, A., Gerson, J.R., Ury, E.A., Vlah, M.J., 2023. At the interfaces of the hydrologic sciences: Connecting water, elements, ecosystems, and people through the major contributions of Dr. Emily Bernhardt. *Journal of Hydrology* 619, 129251.
- Lau, M.P., Niederdorfer, R., Sepulveda-Jauregui, A., Hupfer, M., 2018. Synthesizing redox biogeochemistry at aquatic interfaces. *Limnologica*, Special Issue on Aquatic interfaces and linkages: An emerging topic of interdisciplinary research 68, 59–70.
- Houser, J.N., 2016. Contrasts between channels and backwaters in a large, floodplain river: testing our understanding of nutrient cycling, phytoplankton abundance, and suspended solids dynamics. *Freshwater Science* 35, 457–473.
- Racchetti, E., Bartoli, M., Soana, E., Longhi, D., Christian, R.R., Pinardi, M., Viaroli, P., 2011. Influence of hydrological connectivity of riverine wetlands on nitrogen removal via denitrification. *Biogeochemistry* 103, 335–354.

Project-5-CURRICULUM BOTANY AND PLANT ECOLOGY- BOTANICA e ECOLOGIA VEGETALE Università di Parma.

Italian

Effetti della siccità estiva della disponibilità di nutrienti sulla diversità e sull'abbondanza delle specie vegetali e delle micorrize nelle praterie alpine

Prove recenti suggeriscono che la sensibilità delle comunità vegetali delle praterie ai cambiamenti climatici dipende anche dalla disponibilità di nutrienti. Ad esempio, studi condotti sia in Nord America [1] che in Europa [2] hanno scoperto che la fertilizzazione con N, P e K rende le praterie più suscettibili alla siccità naturale. Ad oggi, i meccanismi alla base di queste interazioni tra cambiamento climatico e nutrienti rimangono poco chiari. Sono stati proposti numerosi meccanismi reciprocamente non esclusivi per gli impatti più gravi della siccità in caso di arricchimento di nutrienti. Questi includono (i) una più rapida riduzione dell'umidità del suolo in contesti di maggiore fertilità, che potenzia lo stress da siccità [3], (ii) cambiamenti nella biodiversità vegetale e nella composizione delle specie, con una maggiore dominanza di specie competitive a scapito di specie con tratti più conservativi delle risorse [2], o (iii) ridotto investimento di carbonio da parte delle piante nel sottosuolo, che include radici e funghi micorrizici [4] che possono aiutare le piante a far fronte allo stress da siccità [5]. Inoltre, un articolo fondamentale [6] ha suggerito che anche la diversità micorrizica, oltre che l'abbondanza, possa essere un motore della biodiversità vegetale e stabilizzare il funzionamento dell'ecosistema influenzando la risposta degli ecosistemi ai cambiamenti climatici.

I candidati dovranno scrivere un progetto di ricerca finalizzato a rispondere a una o più domande relative a questo tema. In particolare, l'obiettivo principale dovrebbe essere quello di svelare i contributi della biodiversità micorrizica rispetto ad altri meccanismi nel determinare le risposte delle comunità vegetali alla siccità. Lo/la studente/studentessa sarà facilitato/a dalla possibilità di utilizzare un consolidato sito sperimentale al Passo Gavia [es. 7] incluso negli esperimenti distribuiti a livello globale all'interno delle reti di ricerca DROUGHT-NET e NPKD.

English

Effects of summer drought and nutrient availability on plant and mycorrhizal diversity and abundance in alpine grasslands

Recent evidence suggests that the sensitivity of grassland plant communities to climate change depends on nutrient availability. For instance, studies in both North America [1] and Europe [2] found that fertilization with N, P and K made grasslands more susceptible to naturally occurring droughts. To date, the mechanisms behind these climate change x nutrient interactions remain unclear. Multiple mutually non-exclusive mechanisms for more severe drought impacts under nutrient enrichment have been proposed. These include (i) faster soil moisture depletion under fertile conditions, which may increase drought stress [3], (ii) shifts in plant diversity and species composition, with increased dominance of competitive species at the expense of species with more resource conservative traits [2], or (iii) reduced plant carbon investment belowground,

which includes roots and mycorrhizal fungi [4] that may help plants cope with drought stress [5]. Furthermore, a seminal paper [6] suggested that mycorrhizal diversity, not only the abundance, may also be a driver of plant biodiversity and stabilize ecosystem functioning co-determining the possible sensitivity of the plant community to climate change.

The applicants will have to submit a research project aimed at answering one or more questions relating to this topic. In particular, the main objective should be to unravel the contributions of mycorrhizal biodiversity compared to other mechanisms in determining the responses of plant communities to drought. The PhD student will be facilitated by the possibility to use a well-established experimental site at Gavia Pass [e.g. 7] included into the globally distributed experiments within the research networks DROUGHT-NET and NPKD.

References

- [1] Bharath, S., Borer, E. T., Biederman, L. A., Blumenthal, D. M., Fay, P. A., Gherardi, L. A., ... & Seabloom, E. W. (2020). Nutrient addition increases grassland sensitivity to droughts. *Ecology*, 101(5), e02981.
- [2] Van Sundert, K., Arfin Khan, M. A., Bharath, S., Buckley, Y. M., Caldeira, M. C., Donohue, I., ... & Vicca, S. (2021). Fertilized graminoids intensify negative drought effects on grassland productivity. *Global Change Biology*, 27(11), 2441-2457.
- [3] Kübert, A., Götz, M., Kuester, E., Piayda, A., Werner, C., Rothfuss, Y., & Dubbert, M. (2019). Nitrogen loading enhances stress impact of drought on a semi-natural temperate grassland. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1051.
- [4] Verlinden, M. S., Ven, A., Verbruggen, E., Janssens, I. A., Wallander, H., & Vicca, S. (2018). Favorable effect of mycorrhizae on biomass production efficiency exceeds their carbon cost in a fertilization experiment. *Ecology*, 99(11), 2525-2534.
- [5] Augé, R. M. (2004). Arbuscular mycorrhizae and soil/plant water relations. *Canadian Journal of Soil Science*, 84(4), 373-381.
- [6] Van Der Heijden, M. G., Klironomos, J. N., Ursic, M., Moutoglis, P., Streitwolf-Engel, R., Boller, T., ... & Sanders, I. R. (1998). Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature*, 396(6706), 69-72.
- [7] Smith, M. D., Wilkins, K. D., Holdrege, M. C., Wilfahrt, P., Collins, S. L., Knapp, A. K., ... & Sun, W. (2024). Extreme drought impacts have been underestimated in grasslands and shrublands globally. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 121(4), e2309881120.

PROJECT 6 CURRICULUM ECOLOGY AND ETHOLOGY – ECOLOGIA ED ETOLOGIA UNIVERSITY OF FLORENCE

Titolo della ricerca: Monitoraggio eto-ecologico degli apoidei selvatici per ridurre l'impatto della competizione dell'ape da miele

Le api da miele rappresentano un impollinatore naturale negli ambienti Mediterranei, ma un numero eccessivo di colonie mantenute in cattività per produzioni apicolture può causare competizione con gli impollinatori naturali. Non è ancora ben chiaro quale sia il numero di colonie ammissibile per unità di superficie in ambiente Mediterraneo e questa informazione sarebbe fondamentale per mantenere un livello sostenibile di api da miele soprattutto nelle aree protette. Questa ricerca si propone di produrre linee guida per una apicoltura sostenibile tramite esperimenti eco-etologici innovati che facciano uso di misure semiquantitative come plot o transetti di conta, osservazioni comportamentali e manipolazione delle condizioni ambientali. Le isole dell'Arcipelago Toscano saranno utilizzate in modo preferenziale come laboratori a cielo aperto dove le condizioni (superficie, vegetazione, numero di colonie di api da miele) potranno essere controllate. Il coinvolgimento e il confronto con varie categorie di stakeholders (Parchi Nazionali, associazione di apicoltori, ONLUS) e la divulgazione dei risultati saranno parte integrante del processo di redazione delle linee guida

Research Title: Eco-ecological Monitoring of Wild Bees to Reduce the Impact of Competition from Honey Bees

Honey bees represent a natural pollinator in Mediterranean environments, but an excessive number of colonies maintained in captivity for beekeeping production can cause competition with natural pollinators. It is not yet clear what the acceptable number of colonies per unit area is in the Mediterranean environment, and this information would be crucial to maintaining a sustainable level of honey bees, especially in protected areas. This research aims to produce guidelines for sustainable beekeeping through innovative eco-ethological experiments that make use of semi-quantitative measures such as count plots or transects, behavioral observations, and manipulation of environmental conditions. The islands of the Tuscan Archipelago will be preferentially used as open-air laboratories where conditions (surface area, vegetation, number of honey bee colonies) can be controlled. The involvement and consultation with various categories of stakeholders (National Parks, beekeepers' associations, non-profit organizations) and the dissemination of the results will be an integral part of the guideline drafting process.

Project 7

Tematica Dottorato in Biologia Evoluzionistica ed Ecologia ciclo XL - a.a. 2024/2025

CURRICULUM: GENETICA ED EVOLUZIONE

Title: The origin of social inequalities in North Italy: clues from ancient genomes

In recent years the amount of genomic data obtained from ancient human remains has dramatically increased, and we also observed the development of methods and algorithms specifically designed to obtain robust estimates of kinship and ancestry from low coverage data. We now have the unique opportunity to exploit archaeogenomic data to describe, with unprecedented resolution, past population structure and processes such as migration and admixture, but also to shed light on

socioeconomic processes and sociocultural dynamics (marriage practice, lineage-based transmission of social status and wealth) which are the basis of the onset of inequalities. The analysis of ancient genomes may therefore become crucial to infer past social dynamics, with the added value of possibly being informative about demographic events that promoted changes in the social structure. Archaeogenetic has revealed that two major population dynamics within the last 10,000 years extensively impacted the genomic composition of Europeans: the Neolithic expansion and the Bronze-Age migration from Steppe; despite the importance of these events, our genetic understanding is mainly built upon pan-European sampling strategies, resulting in limited knowledge about the impact of these migrations at the level of single societies. In this project we propose a high-resolution multidisciplinary study of different necropoleis in Northern Italy from Neolithic, Eneolithic and Bronze Age period, with the specific aim to infer the social and genetic structure and their possible change in this time transect. We will produce whole genome data of several individuals, and thanks to a tight collaboration among archaeologists, anthropologists and geneticists we will provide a detailed reconstruction of the biological relatedness within each necropolis. The kinship analysis, combined with a deep resolution chronology, the fine assessment of grave goods and burial practice, the possible evidence of access to different kinds of dietary resources and individual mobility provided by stable isotopes analysis, will give us information about possible inequality between the members of each necropolis, discerning wealth inheritance rules and patterns of social organization and providing a picture of how the social structure may have changed over time.

The comparison with ancient European genomes would provide, if any, evidence of correlation between social structure and specific ancestry patterns, whose implication on shaping the genetic background of Northern Italy will be explicitly tested. This project will give us the unique opportunity to shed light on the onset of social inequality in North Italy, and on the cultural and biological mechanisms that promoted its development.

Titolo: L'origine delle disuguaglianze sociali nel Nord Italia: indizi dai genomi antichi

Negli ultimi anni la quantità di dati genomici ottenuti da resti umani antichi è aumentata drasticamente e sono stati sviluppati metodi e algoritmi specificamente progettati per ottenere stime robuste di parentela e ascendenza da dati a bassa copertura. Oggi abbiamo l'opportunità unica di sfruttare i dati archeogenomici per descrivere, con una risoluzione senza precedenti, la struttura delle popolazioni del passato e processi come la migrazione e il flusso genico, ma anche per far luce sui processi socioeconomici e sulle dinamiche socioculturali (pratiche matrimoniali, trasmissione dello status sociale e della ricchezza basata sul lignaggio) che sono alla base dell'insorgenza delle disuguaglianze. L'analisi dei genomi antichi può quindi diventare cruciale per inferire le dinamiche sociali del passato, con il valore aggiunto di essere eventualmente informativa sugli eventi demografici che hanno promosso cambiamenti nella struttura sociale. L'archeogenetica ha rivelato che due importanti dinamiche demografiche negli ultimi 10.000 anni hanno avuto un forte impatto sulla composizione genomica degli europei: l'espansione neolitica e la migrazione dall'età del bronzo dalle steppe; nonostante l'importanza di questi eventi, la nostra comprensione genetica si basa principalmente su strategie di campionamento pan-europee, con conseguente conoscenza limitata dell'impatto di queste migrazioni a livello di singole società. In questo progetto proponiamo uno studio multidisciplinare ad alta risoluzione di diverse necropoli dell'Italia settentrionale risalenti al Neolitico, all'Eneolitico e all'Età del Bronzo, con l'obiettivo specifico di dedurre la struttura sociale e genetica e i suoi possibili cambiamenti in questo transetto temporale. Produrremo dati sull'intero genoma di diversi individui e, grazie a una stretta collaborazione tra archeologi, antropologi e genetisti, forniremo una ricostruzione dettagliata della parentela biologica all'interno di ciascuna necropoli. L'analisi della parentela, combinata con una cronologia ad alta

risoluzione, la valutazione dei corredi funerari e delle pratiche di sepoltura, le possibili prove di accesso a diversi tipi di risorse alimentari e la mobilità individuale fornita dall'analisi degli isotopi stabili, ci fornirà informazioni sulle possibili disuguaglianze tra i membri di ciascuna necropoli, discernendo le regole di eredità della ricchezza e i modelli di organizzazione sociale e fornendo un quadro di come la struttura sociale possa essere cambiata nel tempo. Il confronto con i genomi dell'Europa antica fornirebbe, se presenti, prove di correlazione tra la struttura sociale e specifici modelli di ascendenza, la cui implicazione sulla formazione del background genetico dell'Italia settentrionale sarà esplicitamente testata. Questo progetto ci darà l'opportunità unica di far luce sull'insorgere della disuguaglianza sociale nel Nord Italia e sui meccanismi culturali e biologici che ne hanno favorito lo sviluppo.