

Gli animali come bioindicatori di cambiamenti climatici

Dr. Germana Szpunar

“Variazioni del clima dovute alle
attività umane”

Bioindicatore: organismo o sistema biologico usato per valutare una modificazione – generalmente degenerativa – della qualità dell'ambiente, qualunque sia il suo livello di organizzazione e l'uso che se ne fa. Secondo i casi il bioindicatore sarà una comunità, un gruppo di specie con comportamento analogo (gruppo ecologico), una specie particolarmente sensibile (specie indicatrice), oppure una porzione di organismo, come organi, tessuti, cellule o anche una soluzione di estratti enzimatici (Iserentant & De Sloover, 1976).



FATTORI ABIOTICI

temperatura (alta-bassa)

acqua (troppa, poca)

sostanze chimiche

agenti fisici

FATTORI BIOTICI

infezioni

parassiti

competizione

Tempo

Livello

ore/giorni

giorni/settimane

mesi/anno

Ecosistema

non rilevabile

prime deboli
reazioni

rilevabile

Organismo

prime reazioni

rilevabile

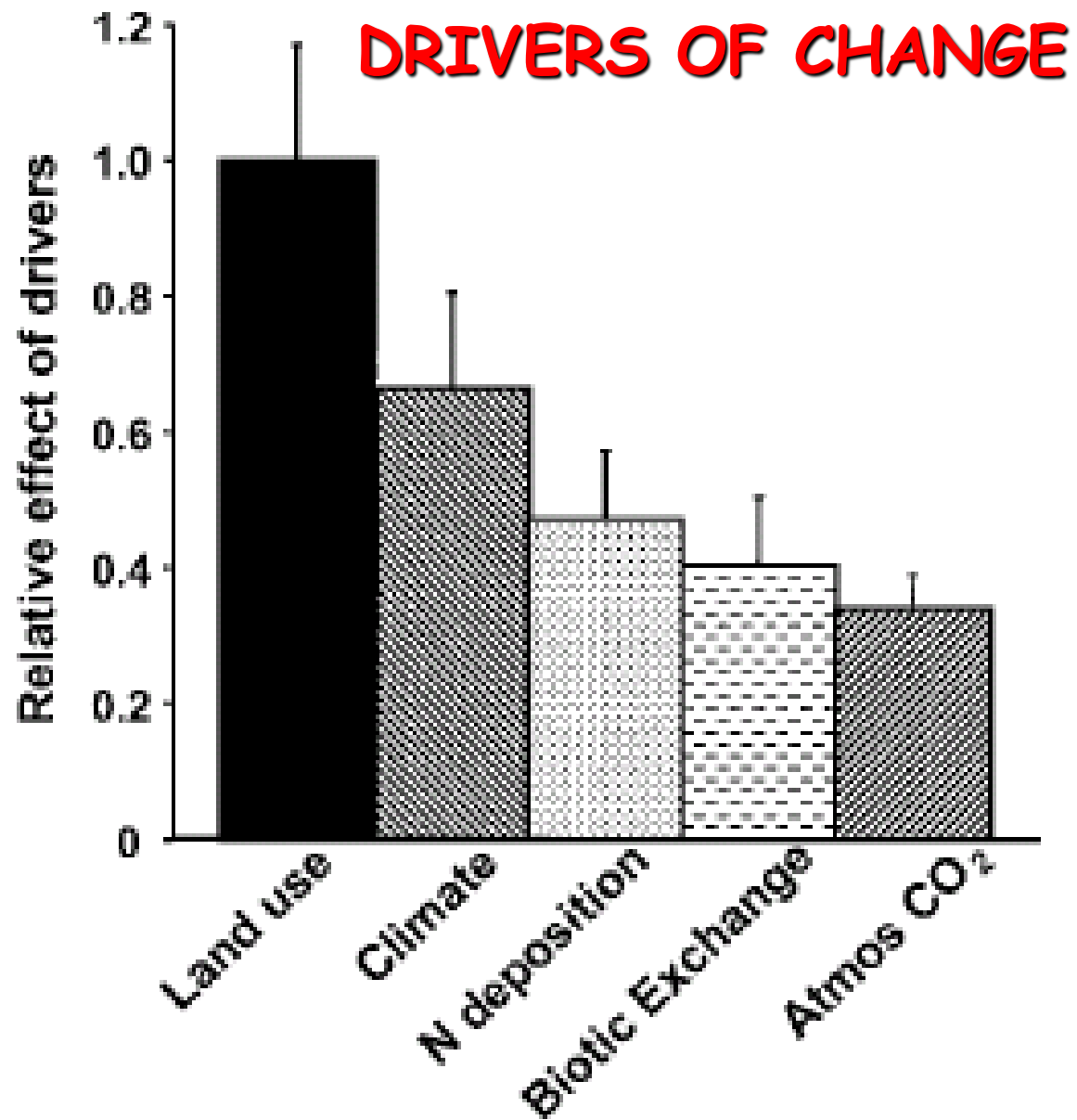
rilevabile

Cellula

rilevabile

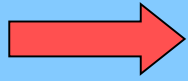
rilevabile

rilevabile

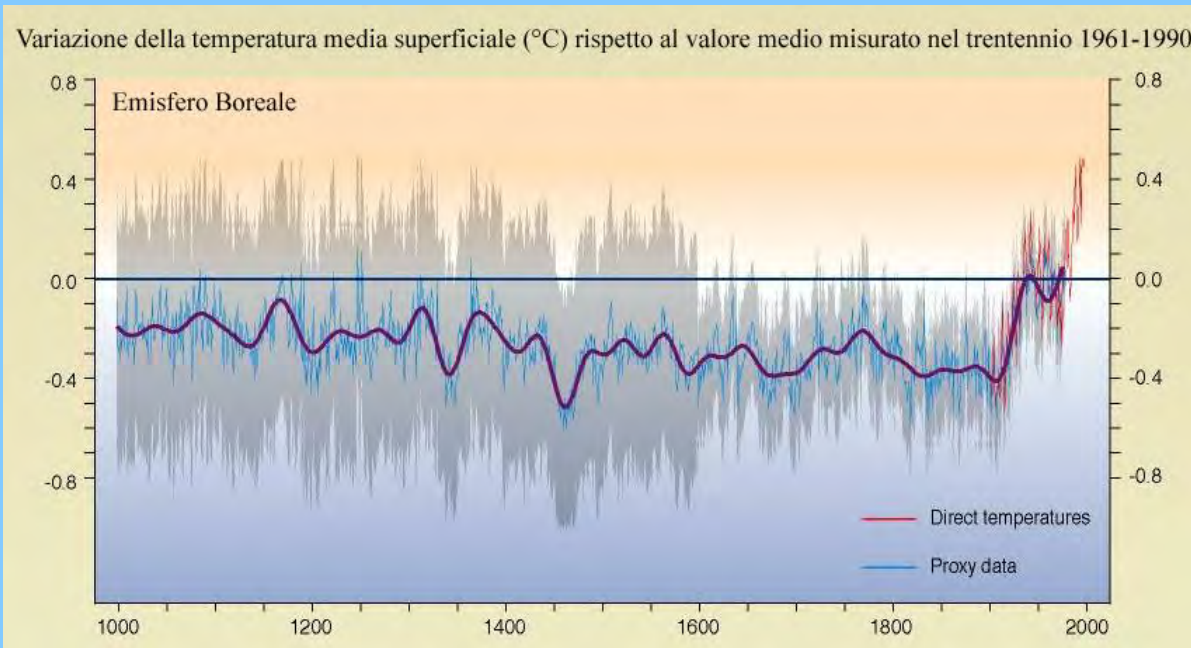


Cambiamenti climatici

Clima



ENERGIA ENTRANTE = ENERGIA USCENTE



Dal 1880 al 2012: 0,85°C



Nell'emisfero Boreale, il periodo 1983-2012 è stato probabilmente il trentennio più caldo degli ultimi 1400 anni.

V Rapporto IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2013)



"...il riscaldamento del sistema climatico è inequivocabile e, a partire dagli anni '50, molti dei cambiamenti osservati sono senza precedenti su scale temporali che variano da decenni a millenni.....".

GAS AD EFFETTO SERRA

(Lanza, 2000; Crutzen, 2005; Pasini *et al.*, 2006; IPCC, 2013)

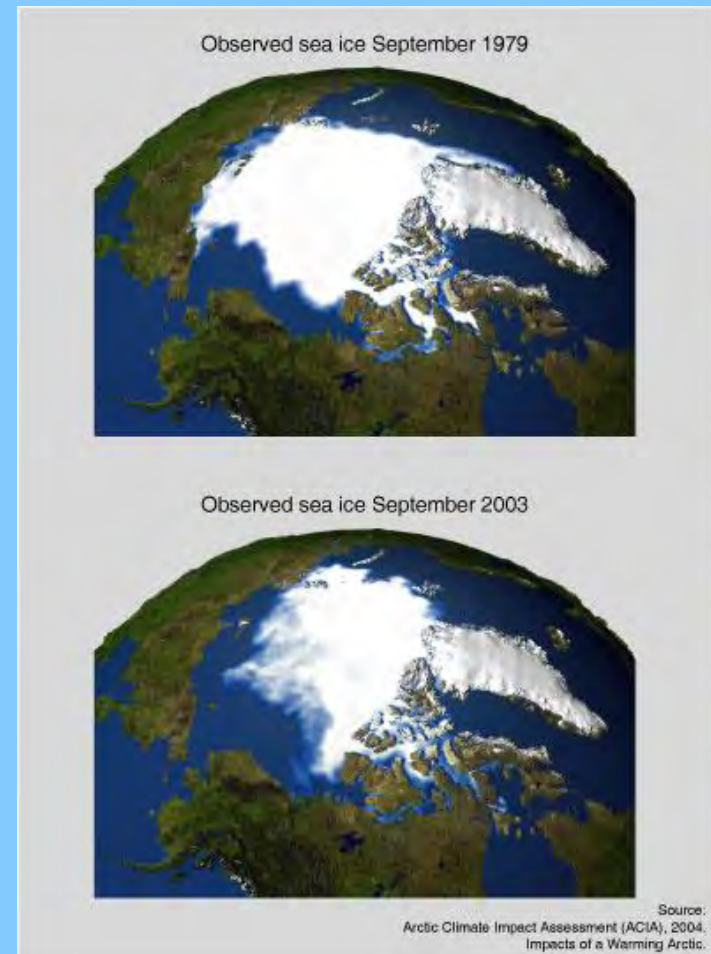
Gas ad effetto serra	Tempo medio di persistenza in atmosfera	Variazione % della concentrazione (dal 1850 ad oggi)	Contributo al riscaldamento
Anidride carbonica (CO ₂)	200 anni	40%	55%
Metano (CH ₄)	12 anni	150%	20%
Fluorocarburi (CFC, HFC, PFC)	migliaia di anni (fino a diecimila)	30% (negli ultimi 80 anni)	15%
Protossido di azoto (N ₂ O)	160-170 anni	20%	8%
Esafluoruro di zolfo (SF ₆)	3200 anni	70% (negli ultimi 10 anni)	2%
Vapore acqueo (H ₂ O)	Pochi giorni	—	2%

MECCANISMI FEEDBACK E CONSEGUENZE

- ALTERAZIONE CICLO IDROLOGICO
- AUMENTO FREQUENZA EVENTI ESTREMI
- SCIOGLIMENTO GHIACCIAI
- AUMENTO DEL LIVELLO DEL MARE



Ghiacciaio Qory Kalis (Perù)



Mar Glaciale Artico

EFFETTI SUI SISTEMI BIOLOGICI

“Fingerprints” del riscaldamento globale sulle specie animali e vegetali (Parmesan & Yohe, 2003; Root et al., 2003)

- BIOGEOGRAFICO: i confini geografici degli areali sono spesso ampliati o ristretti per effetto del clima.
- FENOLOGICO: le temperature e le precipitazioni esercitano una grande influenza sui cicli vitali di piante e animali. Così, ad esempio, fenomeni quali migrazioni, letarghi e riproduzioni possono essere anticipati/posticipati per effetto delle temperature più elevate.
- MORFOLOGICO: la grandezza corporea di un animale può essere relazionata al clima. La regola di Bergmann stabilisce che: “Negli animali a sangue caldo, le razze provenienti dalle regioni più calde saranno più piccole rispetto a quelle provenienti dalle regioni più fredde”. Questa regola descrive quindi l'esistenza di una stretta correlazione tra temperature ambientali e variazioni nella grandezza corporea (ossia la variazione della massa corporea con la latitudine).
- ECOLOGICO: la struttura delle comunità viventi e le catene alimentari possono essere influenzate dall'alterazione dei parametri climatici, con conseguenze rilevanti sul corretto funzionamento degli ecosistemi.

COMPARTIMENTO AMBIENTALE

AMBIENTE ACQUATICO



AMBIENTE AEREO



AMBIENTE TERRESTRE



Dal globale.....

BIOGEOGRAFICO: espansione dell'areale o estinzione

Catene montuose Repubblica Ceca (1200-1600 m s.l.m.)

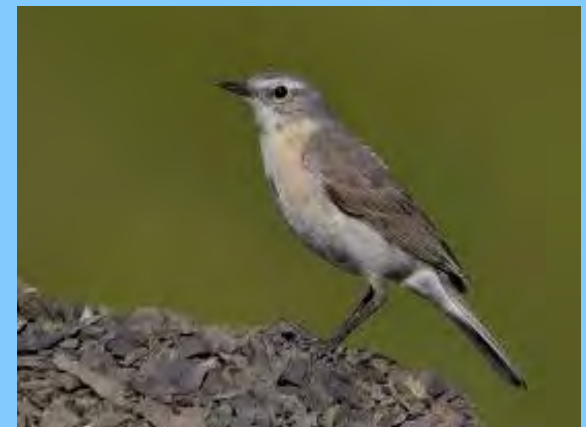
1984-2011

50 specie di uccelli

I risultati dello studio mostrano:

- uno *shift* altitudinale dei range di distribuzione
- una riduzione dell'abbondanza delle popolazioni, soprattutto quelle che vivono alle quote maggiori (minor spazio a disposizione)
- una alterazione dei rapporti preda-predatore (es. ghio) (sic)
- una riduzione delle risorse trofiche (sfasamento fenologia piante)

Spioncello (*Anthus spinoletta*): rischio estinzione



BIOGEOGRAFICO: espansione areale o estinzione

Mar Adriatico —————> 1973-1998

I risultati dello studio mostrano:

- un aumento dell'abbondanza delle specie termofile



Barracuda (*Sphyraena sphyraena*)

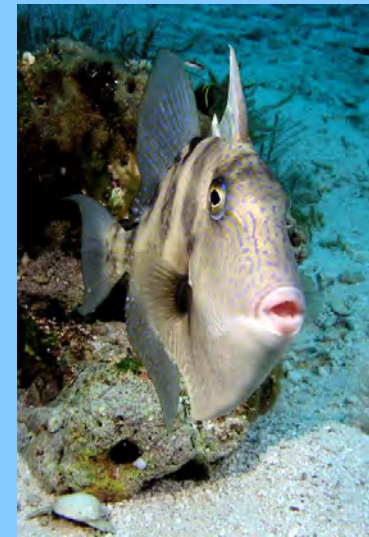
- la comparsa di nuove specie



Donzella pavonina (*Thalassoma pavo*)



Pesce pappagallo mediterraneo (*Sparisoma cretense*)



Pesce balestra (*Balistes capriscus*)

- la rarefazione o la scomparsa di alcune specie



Acciuga (*Engraulis encrasicolus*)

.... al locale

BIOGEOGRAFICO: espansione areale o estinzione



Zigolo capinero (*Emberiza melanocephala*)



Ghiandaia marina (*Coracias garrulus*)

✓ Segnalata per la prima volta la loro presenza in Abruzzo

FENOLOGICO: riproduzione

- ✓ (Regno Unito) Crick et al. (1997). UK birds are laying eggs earlier. *Nature*, 388: 526-527.
- ✓ (Nord America) Dunn & Winkler (1999). Climate change has affected the breeding date of tree swallows throughout North America. *Pr. R. Soc. L., Series B*, 266: 2487-2490.
- ✓ (Stati Uniti) Brown et al. (1999). Long-term trend toward earlier breeding in an American bird: A response to global warming? *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 96: 5565-5569.
- ✓ (Regno Unito) Crick & Sparks (1999). Climate change related to egg-laying trends. *Nature*, 399: 423-424.
- ✓ (Olanda) Both & Visser (2001). Adjustment to climate change is constrained by arrival date in a long-distance migrant bird. *Nature*, 411: 296-298.
- ✓ (Regno Unito) Pearce-Higgins et al. (2005). Warmer springs advance the breeding phenology of golden plovers *Pluvialis apricaria* and their prey (*Tipulidae*). *Oecologia*, 143: 470-476.
- ✓ (Stati Uniti) Torti & Dunn (2005). Variable effects of climate change on six species of North American birds. *Oecologia*, 145: 486-495.
- ✓ (Danimarca) Møller et al. (2006). Rapidly advancing laying date in a seabird and the changing advantage of early reproduction. *Journal of Animal Ecology*, 75: 657-665.
- ✓ (Danimarca) Møller et al. (2010). Climate change affects the duration of the reproductive season in birds. *Journal of Animal Ecology*, 79: 777-784.
- ✓ (Belgio) Matthysen et al. (2011). Multiple responses to increasing spring temperatures in the breeding cycle of blue and Great Tits (*Cyanistes caeruleus*, *Parus major*). *Glob Change Biology*, 17(1):1-16.
- ✓ (Argentina). Dee Boersma & Rebstock (2014). Climate Change Increases Reproductive Failure in Magellanic Penguins. *PLoS One*, 9 (1): 1-13.
- ✓ (Olanda) Visser et al. (2015). Effects of Spring Temperatures on the Strength of Selection on Timing of Reproduction in a Long-Distance Migratory Bird. *Plos Biology*, 13 (4): e1002120. doi:10.1371/journal.pbio.1002120

Dal globale.....

FENOLOGICO: riproduzione

✓ In un contesto di cambiamento climatico, gli effetti del riscaldamento globale sulla fenologia dei pesci sono poco studiati a causa della mancanza di data-set a lungo termine.

✓ Il monitoraggio (1983-2001) è stato condotto nel Lago di Ginevra (Francia).

✓ Il Rutilo è :
- un ciprinide temperato
- uno dei pesci più abbondanti nel Lago di Ginevra



Rutilo (*Rutilus rutilus*)

✓ La deposizione delle uova (Maggio-Giugno) è influenzata dalla temperatura dell'acqua.

RISULTATI DELLO STUDIO:

- dal 1983 al 2001 la temperatura superficiale dell'acqua è aumentata di circa 1° C.
- la prima ovodeposizione del Rutilo si verifica con 2 settimane di anticipo rispetto a 19 anni fa.
- aumento del tasso riproduttivo e di sopravvivenza delle larve di Rutilo per il concomitante aumento di abbondanza dello zooplankton (relazionato alla comparsa anticipata del fitoplancton).

POSSIBILI CONSEGUENZE ECOLOGICHE?

CAMBIAMENTI NELLE COMUNITA' ITTICHE DEL LAGO

.... al locale

FENOLOGIA: riproduzione



- ✓ *P. petronia* è un piccolo uccello passeriforme.
- ✓ Il monitoraggio è stato condotto dal 1991 al 2004, nelle Alpi piemontesi.

RISULTATI DELLO STUDIO:

- la prima ovodeposizione si verifica con 23 giorni di anticipo rispetto al 1991.
- correlazione positiva e statisticamente significativa tra le temperature primaverili e la data di ovodeposizione.
- correlazione negativa ($p=0.036$) tra temperature di Maggio e grandezza della nidata.
- probabilmente il breve periodo pre-riproduttivo (essendo anticipata l'ovodeposizione) non permette alle femmine di accumulare sufficienti quantità di lipidi.



FENOLOGIA: riproduzione

- ✓ *M. migrans* è un rapace che si nutre quasi esclusivamente di pesci. Vive in prossimità dei laghi alpini.
- ✓ Una popolazione è stata monitorata per 11 anni (1992-2002) (Lago di Lugano, VA-CO)

RISULTATI DELLO STUDIO:

- data di ovodeposizione anticipata di 10-11 giorni nell'arco di 11 anni: l'anticipo è correlato alle variazioni temporali di temperatura in primavera (i.e. primavere più calde).
- possibile correlazione positiva tra ovodeposizione anticipata e incremento della produttività (per prolungamento della stagione riproduttiva, solo se accompagnato da un concomitante aumento di abbondanza delle prede).

✓ Le diverse fasi dei cicli vitali animali sono regolate da molte variabili climatiche (e.g. temperatura): tale dipendenza rende questi eventi fenologici eccellenti indicatori di cambiamento climatico.

FENOLOGIA: data di comparsa

- ✓ (Regno Unito) Fleming & Tatchell (1995). Insects in a Changing Environment: 505-508.
- ✓ (Olanda) Kuchlein & Ellis (1997). Climate-induced changes in the microlepidoptera fauna of the Netherlands and the implications for nature conservation. *Journal of Insect Conservation*, 1 (2): 73-80.
- ✓ (Spagna) Peñuelas et al. (2002). Changed plant and animal life cycles from 1952 to 2000 in the Mediterranean region *Global Change Biology*, 8: 531-544.
- ✓ (Spagna) Stefanescu al. (2003). Effects of climatic change on the phenology of butterflies in the northwest Mediterranean Basin. *Global Change Biology*, 9: 1494-1506.
- ✓ (Spagna) Gordo & Sanz (2006). Temporal trends in phenology of the honey bee *Apis mellifera* (L.) and the small white *Pieris rapae* (L.) in the Iberian Peninsula (1952-2004). *Ecological Entomology*, 31: 261-268.
- ✓ (Regno Unito) Hassall et al. (2007). Historical changes in the phenology of British Odonata are related to climate. *Global Change Biology*, 13: 933-941.
- ✓ (Olanda) Dingemanse & Kalkman (2008). Changing temperature regimes have advanced the phenology of Odonata in the Netherlands. *Ecological Entomology*, 33: 394-202.
- ✓ (Nord America) Bartomeus et al. (2011). Climate-associated phenological advances in bee pollinators and bee-pollinated plants. *PNAS*, 108 (51): 20645-20649.
- ✓ (Olanda) van Asch et al. (2013). Evolutionary response of the egg hatching date of a herbivorous insect under climate change. *Nature Climate Change*, 3: 244-248.

✓ Studi a lungo termine sul ciclo vitale di 4 insetti nel NE della Spagna: Cavolaia minore (*Pieris rapae*), Ape domestica (*Apis mellifera*), Dorifora della patata (*Leptinotarsa decemlineata*), e Mosca dell'olivo (*Bactrocera oleae*).



Dorifora della patata (*Leptinotarsa decemlineata*)



Mosca dell'olivo (*Bactrocera oleae*)

RISULTATI DELLO STUDIO:

- tutte le specie di insetti studiate hanno mostrato una tendenza comune alla comparsa anticipata (passaggio dallo stadio di pupa allo stadio adulto) negli ultimi 30 anni, in concomitanza ad un incremento di temperatura registrato nella penisola.

POSSIBILI CONSEGUENZE ECOLOGICHE?

variazioni nelle interazioni piante-insetti

- ❖ L'anticipo nella comparsa di *B. oleae* avviene ad un ritmo più elevato rispetto a quello della fioritura degli olivi.
- ❖ Le femmine delle mosche nel periodo di ovodeposizione, quindi, non trovano gli olivi pienamente sviluppati e ciò può influenzare il successo riproduttivo.

FENOLOGICO: migrazione

- ✓ (Stati Uniti). Inouye et al. (2000). Climate change is affecting altitudinal migrants and hibernating species. PNAS, 97 (4): 160-163
- ✓ (Spagna). Sanz (2002). Climate change and birds: have their ecological consequences already been detected in the Mediterranean region? Ardeola, 49 (1): 109-120.
- ✓ (Stati Uniti). Cotton (2003). Avian migration phenology and global climate change. PNAS, 100 (21): 12219-12222.
- ✓ (Germania). Hüppop & Hüppop (2003). North Atlantic Oscillation and timing of spring migration in birds. Proc. R. Soc. Lond. B, 270: 233-240.
- ✓ (Francia). Jenni & Kéry (2003). Timing of autumn bird migration under climate change: advances in long-distance migrants, delays in short-distance migrants. Proc. R. Soc. Lond. B, 270: 233-240
- ✓ (Finlandia). Ahola et al. (2004). Variation in climate warming along the migration route uncouples arrival and breeding dates. Global Change Biology, 10: 1610-1617.
- ✓ (Spagna). Gordo & Sanz (2005). Climate change and bird phenology: a long-term study in the Iberian Peninsula. Oecologia, 146: 484-495.
- ✓ (Spagna). Gordo & Sanz (2006). Phenology and climate change: a long-term study in a Mediterranean locality. Global Change Biology, 12: 1993-2004.
- ✓ (Italia e Scandinavia) Jonzén et al. (2006). Rapid Advance of Spring Arrival Dates in Long-Distance Migratory Birds. Science, 312: 1959-1960.
- ✓ (Finlandia). Tøttrup et al. (2008). Avian migrants adjust migration in response to environmental conditions en route. Biology Letters, 4: 685-688.
- ✓ (Stati Uniti). Swanson & Palmer (2009). Spring migration phenology of birds in the Northern Prairie region is correlated with local climate change. Journal of Field Ornithology, 80 (4): 351-363.
- ✓ (Svezia). Kullberg et al. (2015). Change in spring arrival of migratory birds under an era of climate change, Swedish data from the last 140 years. Ambio, 44 (1): 69-77.

Dal globale.....

FENOLOGIA: migrazione

✓ Studio a lungo termine (1952-2000) condotto nella Spagna nord-orientale sulle date di arrivo di 6 uccelli migratori (RONDONE *Apus apus*, QUAGLIA *Coturnix coturnix*, CUCULO *Cuculus canorus*, RONDINE COMUNE *Hirundo rustica*, USIGNOLO *Luscinia megarhynchos*, UPUPA *Upupa epops*).



Usignolo (*Luscinia megarhynchos*)



Upupa (*Upupa epops*)

RISULTATI DELLO STUDIO:

- le specie analizzate ritardano il loro arrivo nei territori riproduttivi di 15 giorni rispetto a 50 anni fa.
- apparente disaccordo con i risultati di studi precedenti (i.e. arrivi anticipati) svolti in Europa centro-settentrionale e in Nord America.

CAUSE:

- variazioni delle condizioni climatiche nei territori di svernamento (i.e. ridotta disponibilità di cibo);
- differenti aree di svernamento in Africa per le diverse popolazioni europee (i.e. tali aree sono sottoposte a differenti forzanti climatiche che causano variazioni ai tempi di inizio di migrazione);
- **gli arrivi anticipati sono causati dalla riduzione dei tempi di sosta** (il riscaldamento globale crea condizioni climatiche favorevoli lungo le rotte migratorie) **delle specie che si riproducono in Europa settentrionale e centrale.**

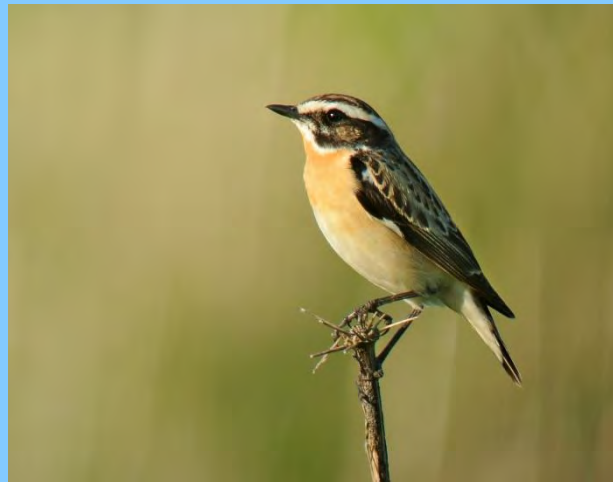
.... al locale

FENOLOGIA: migrazione

✓ Studio a lungo termine (1981-2004) condotto nell'isola di Capri su 9 specie di passeriformi considerati "migratori su lunga distanza" (svernano nell'Africa subsahariana e si riproducono in Europa): Beccafico, Canapino maggiore, Balia nera, Codirosso, Pigliamosche comune, Prispolone, Stiacchino, Sterpazzola e Luì grosso (per un totale di 47352 individui catturati).



Beccafico (*Sylvia borin*)



Stiacchino (*Saxicola rubetra*)



Balia nera (*Ficedula hypoleuca*)

RISULTATI DELLO STUDIO:

- Variazioni nelle date di arrivo all'isola relate alle temperature nelle aree di svernamento saheliane e alle precipitazioni nelle aree di passaggio nord africane.
- Correlazione tra aumento temperature e arrivo anticipato: ipotesi contrastanti (deterioramento condizioni ecologiche vs maggior disponibilità di cibo)
- Correlazione tra aumento precipitazioni e arrivo anticipato: inverni piovosi si traducono in una maggior produzione primaria e secondaria, quindi i migranti si riforniscono più rapidamente durante le soste.

Dal globale.....

MORFOLOGICO: declino massa corporea

- ✓ Le variazioni intraspecifiche di grandezza corporea possono essere relazionate a diversi fattori, quali competizione, predazione e CLIMA.
- ✓ **REGOLA DI BERGMANN** stabilisce che in una specie a sangue caldo e a grande dispersione geografica, la variante morfologica di dimensione maggiore è presente nelle aree più fredde (e.g. orso bruno e orso bianco).



Grande superficie corporea (piccole razze): dispersione calore nei climi caldi.
Piccola superficie corporea (grandi razze): conservazione calore nei climi freddi.

- ✓ Utilizzando esemplari provenienti da collezioni museali, l'Autore ha studiato la variazione della massa corporea, negli ultimi 50 anni, di 5 specie di uccelli passeriformi presenti in Israele.

RISULTATI DELLO STUDIO:

- la massa corporea di 4 specie è diminuita significativamente nel periodo di tempo considerato a causa del decremento sia dei tessuti molli che della grandezza corporea.

- nello stesso periodo di tempo le temperature minime estive sono aumentate di $1,3^{\circ}\text{C}$ nell'area studiata.

POSSIBILI CONSEGUENZE ECOLOGICHE?

- ❖ La grandezza corporea di un animale influenza sia la scelta degli alimenti in base alle loro dimensioni (es. dimensioni dei semi per gli uccelli granivori) che la competizione interspecifica.
- ❖ **Implicazioni per:**
 - a. struttura delle comunità
 - b. competizione tra le diverse specie di uccelli (per sovrapposizione nicchia trofica)
 - c. sopravvivenza dei passeriformi di piccole dimensioni



Bulbul capinero (*Pycnonotus xanthopygos*)



Passero domestico (*Passer domesticus*)

MORFOLOGICO: declino massa corporea

- o Area di studio: Gran Baia Australiana
- o Squali Port Jackson
- o Aumento di T e concentrazione di CO₂
- o Riduzione capacità di localizzare le prede attraverso l'olfatto (per acque troppo acide)
- o Riduzione massa corporea



Heterodontus portusjacksoni

Pistevos et al. (2015). Ocean acidification and global warming impair shark hunting behaviour and growth. Nature, DOI: 10.1038/srep16293

- o Area di studio: Pennsylvania (Stati Uniti)
- o 1961 - 2006
- o Comunità ornitiche delle regioni degli Appalachi
- o Correlazione negativa tra grandezza corporea e temperature medie estive

Buskirk et al. (2010). Declining body sizes in North American birds associated with climate change. Oikos, 119 (6).

.... al locale

- o Area di studio: provincia di Trento (Alpi)
- o 1979 → 2010
- o Analizzati i dati delle masse corporee dei camosci alpini (esemplari giovani)



Rupicapra rupicapra

RISULTATI DELLO STUDIO:

- o Riduzione della massa corporea (soprattutto i maschi) in tre popolazioni distinte
- o Incremento delle temperature tra il 1982 e il 2007 in tutti e tre i siti
- o Ipotesi: il cambiamento climatico limita l'abilità dei camosci nell'approvvigionamento (come già visto in un altro ungulato alpino, lo Stambecco)
- o Maggior tempo dedicato al riposo piuttosto che al foraggiamento (termoregolazione; minor numero di specie appetibili; ridotto contenuto proteico delle specie presenti)
- o Minor energia accumulata → minor crescita
- o Caccia diminuita → aumento densità di popolazione → aumento competizione

Dal locale.....

ECOLOGICO: struttura di comunità

✓ I micromammiferi (Roditori e Soricomorfi) svolgono importanti ruoli negli ecosistemi terrestri (rinnovatori di boschi, consumatori primari e secondari, prede) e sono stati impiegati con successo in ricostruzioni paleoclimatiche qualitative e quantitative.



RODENTIA



SORICOMORPHA



- ✓ Nonostante ciò, fino ad oggi sono stati effettuati pochi studi sugli effetti dei cambiamenti climatici sui micromammiferi.
- ✓ Metodologia: analisi di borre di Barbagianni (*Tyto alba*).





Mustiolo (*Suncus etruscus*)

SPECIE TERMOXEROFILE



Topo domestico (*Mus musculus domesticus*)



Ratto nero (*Rattus rattus*)

21 località

Nord Italia

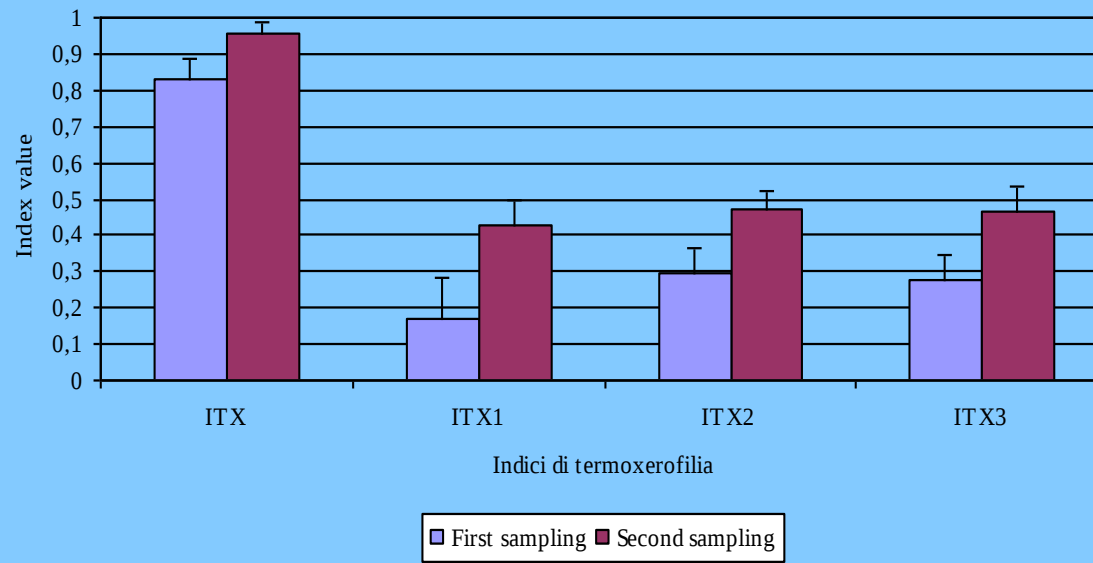
Centro Italia

Sud Italia

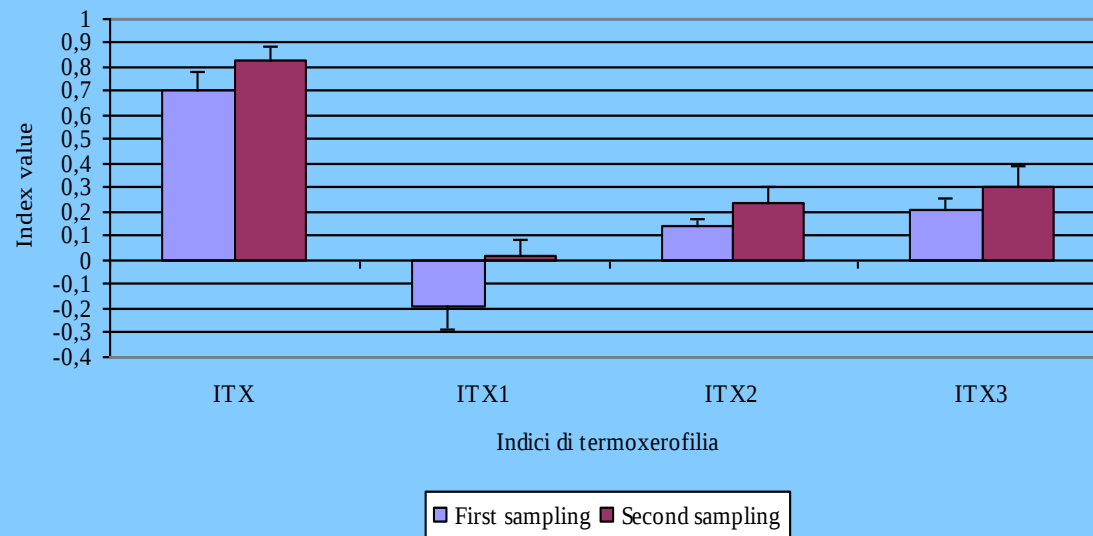
- Regione Mediterranea (12 località)
- Regione Temperata (9 località)



Regione Mediterranea



Regione Temperata



.... al globale

- o Area di studio: Senegal settentrionale (Deserto del Sahel)
- o 1970  2003
- o Incremento specie termofile: gerbilli e topi delle piramidi



Gerbillus sp.



Topo delle piramidi (*Jaculus jaculus*)

- o Riduzione specie mesofile: toporagni e murini



Topo del Nilo (*Arvicanthis niloticus*)



Crocidura sp.

- o Area di studio: Catalogna (Spagna)
- o 1970 → 2007
- o Riduzione specie strettamente mesofile: toporagni



Toporagno comune (*Sorex araneus*)



Toporagno nano (*Sorex minutus*)

Quali potrebbero essere le conseguenze in futuro se questo trend dovesse perdurare nel tempo?

- ❖ una **riduzione della biodiversità** a causa del decremento sia della ricchezza di specie che dell'equiripartizione (relazionato al decremento dell'abbondanza e alla scomparsa finale delle specie mesofile e al concomitante aumento di abbondanza delle specie termofile);
- ❖ una **banalizzazione delle microteriocenosi**;
- ❖ un **elevato rischio sanitario** a causa delle malattie diffuse dai roditori (*Mus domesticus* e *Rattus rattus*), come la leptospirosi, la sindrome polmonare prodotta dall'Hantavirus, la malattia di Lyme, etc.
- ❖ un **danneggiamento delle catene alimentari** e conseguentemente un'alterazione degli ecosistemi terrestri.

CONCLUSIONI

- L'esistenza e la sopravvivenza della vita sulla Terra (umanità inclusa!) dipendono dalla produttività degli ecosistemi.
- La perdita di biodiversità influenzerà la vita umana poiché la scomparsa di migliaia di specie animali e vegetali comprometterà le risorse farmaceutiche, economiche e alimentari.
- I servizi ecosistemici (e.g. regolazione del clima, produzione del cibo, formazione del suolo, controllo biologico attraverso le catene alimentari, etc.) producono un valore economico di circa 33 miliardi di dollari l'anno.
- Almeno il 40% dell'economia mondiale e l'80% del fabbisogno delle popolazioni in via di sviluppo dipendono dalle risorse biologiche.
- Albert Einstein una volta disse "Se le api scomparissero dalla superficie terrestre l'Uomo avrebbe davanti a sé solo 4 anni di vita. Niente più api = niente più impollinazione = niente più piante = niente più animali = niente più uomini"
- Tutti i processi sinora descritti non possono essere arrestati, ma perlomeno rallentati.

GRAZIE DELL'ATTENZIONE!

