



## **BIODIVERSITÀ INSULARE: UN'ANALISI DELL'ISOLA D'ISCHIA**

## **INSULAR BIODIVERSITY: AN ANALYSIS OF THE ISLAND OF ISCHIA**

**Candidato/a:** Giuseppe Fruttidoro, N89/594 (g.fruttidoro@studenti.unina.it)

---

Tesi di laurea triennale, bibliografica, 2018-2019

**Relatore:** Prof. Pasquale Raia; Settore Disciplinare (GEO/01; Dip. Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse); pasquale.raia@unina.it

**Correlatore:** Prof. Carmen Arena; Settore Disciplinare (BIO/07; Dip. Biologia); c.arena@unina.it

**INDICE**

<b>Riassunto/Abstract</b>	<b>3/4</b>
<b>Introduzione</b>	<b>5</b>
<b>1. Meccanismi evolutivi ed ecologici che agiscono su flora e fauna insulare</b>	<b>8</b>
<b>1.1. Isolamento geografico</b>	<b>8</b>
<b>1.2. Effetti dell'isolamento: diversità fenotipica e speciazione</b>	<b>11</b>
<b>1.3. Biogeografia e sindrome insulare</b>	<b>19</b>
<b>2. Ischia, un patrimonio di biodiversità</b>	<b>23</b>
<b>2.1. Biodiversità vegetale</b>	<b>28</b>
<b>2.2. Biodiversità animale</b>	<b>34</b>
<b>3. L'isola d'Ischia come LandBringe Island</b>	<b>43</b>
<b>4. Considerazioni conclusive</b>	<b>45</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>47</b>
<b>Sitografia</b>	<b>50</b>
<b>Ringraziamenti</b>	<b>51</b>

## RIASSUNTO

L'isola d'Ischia è un centro di biodiversità all'intento del Mar Tirreno. Le comunità animali e vegetali dell'isola sono state caratterizzate, nel corso della loro storia naturale, da un'alternanza di eventi naturali, da ricondursi alla storia geologica dell'isola, e di azioni antropiche, rappresentate da immissioni volontarie e accidentali e dall'uso del territorio, queste rappresentano le principali minacce alla biodiversità dell'isola.

La vegetazione è ricca e folta, molte sono le specie rare ed endemiche presenti. La fauna, che risulta poco studiata, ospita molte specie minacciate.

L'isola potrebbe offrire interessanti spunti per lo studio dei meccanismi d'isolamento, alla comprensione della biogeografia e dell'ecologia delle isole Mediterranee. Da un punto di vista biogeografico Ischia è una *Landbringe Island*, posta sulla piattaforma continentale e separata dalla prospiciente costa continentale da un breve braccio di mare poco profondo.

Sull'isola è presente una sempre più marcata frammentazione ambientale che influisce, in particolar modo sugli organismi dalle basse capacità dispersive, sulle dinamiche di popolazioni. Quest'isola offre quindi due gradi d'isolamento: una di queste è offerta dalla natura insulare e l'altra è data dalla presenza di "habitat isola" disposti in maniera puntiforme.

Questo lavoro analizza la biodiversità insulare dell'isola d'Ischia, incentrandosi sulle specie protette o che si prestano a potenziali studi futuri, al fine di rivalutare il patrimonio naturale dell'isola.

**Parole chiavi:** Ischia, insularità, biodiversità, isolamento, habitat, conservazione, Landbringe Island, frammentazione

**ABSTRACT**

The island of Ischia is a biodiversity center located in the Tyrrhenian Sea. The animal and vegetal communities have been characterized, in the course of their natural history, by an alternation of natural events, due to the geological history of the island and anthropogenic actions, represented by both voluntary and accidental discharges and the use of the territory, these are the principal threats of the biodiversity of the island.

The vegetation is rich and bushy, indeed there are a lot of endemic and rare species. The fauna, that is not studied a lot, includes many threatened species.

The island may offer interesting points for the study of means of isolation and the biogeography and the ecology of the Mediterranean islands. From a biogeographical point of view Ischia is a *Landbringe Island*, located on the continental platform and separated from the overlooking continental coast by a small strait of sea, which is not deep.

The island presents a more and more marked ambiental fragmentation that influences on the dynamics of the populations, in particular on species with few dispersal capacities. This island offers two types of isolation: the first one caused by the insular nature, and the other one given by the presence of "island's habitats" placed in a point way.

This work analyses the insular biodiversity of the island of Ischia, focusing on the protected species or the ones that are going to be protected in the future with the aim of re-evaluate the natural heritage of the island.

**Keywords:** Ischia, insularity, biodiversity, isolation, habitat, preservation, Landbringe Island, fragmentation

## Introduzione

Il termine "biodiversità" fu utilizzato per la prima volta nella letteratura scientifica da E. O. Wilson nel 1988, da allora è ampiamente usato (Colwell 2009).

La biodiversità è definita come la variabilità tra gli organismi viventi provenienti da qualsiasi mezzo (Reid et al. 2005). Ma non solo, essa è il frutto di una storia evolutiva ed ecologica (Colwell 2009), regolata dai grandi processi naturali, quali le interazioni intra ed infraspecifiche, il ciclo dei nutrienti, etc. Nonché da differenti fattori ambientali come latitudine, l'altitudine, la radiazione solare, umidità, etc... (<http://biodiversita.biol.unipr.it>). Essa assume, in tal modo, una connotazione maggiore dalla semplice variabilità tra organismi diversi. La biodiversità può così essere intesa come variabilità nella specie, tra le specie e di ecosistemi (Reid et al. 2005), poiché tutte le parti naturali, biotiche e abiotiche, in un modo o nell'altro, risultano connesse e influenzabili tra loro.

La biodiversità è in quest'ottica considerabile come alla base dell'ordine naturale delle cose nel mondo, che contribuisce concretamente al benessere umano (Reid et al. 2005).

Di fatto, gli organismi attraverso le loro attività metaboliche e mediante processi chimico-fisici riescono ad unire la biosfera con l'atmosfera, litosfera e idrosfera (Reid et al. 2005) all'interno di un complesso sistema che può essere considerato come un grande e vario mosaico.

Tale mosaico è formato da numerosissime tessere (dette "patches") di specie diverse, inclusa la specie umana, e degli ambienti più vari e disparati.

Dunque, tali parti in gioco reagiscono l'uno con l'altro e con i componenti abiotici dell'ambiente, così che ogni specie gioca un ruolo vitale all'interno del proprio ecosistema, ne consegue che la perdita di una specie colpisce tutto l'ecosistema (Smith & Smith 2017).

Quando un ecosistema è colpito porta con sé una serie di cambiamenti. Così come per le parti all'interno di un ecosistema, l'ecosistema stesso fa parte di un insieme di parti (ecosistemi) interconnesse tra loro, così che quei cambiamenti non si riflettono solo in quell'ecosistema. La natura dei danni che seguono la perdita di una specie o che derivano dall'alterazione di un ecosistema risulta essere transfrontaliera (termine coniato durante i vari convegni per la salvaguardia ambientale tra cui il "Summit della Terra" tenutosi a Rio De Janeiro in Brasile nel 1992).

L'ammontare della biodiversità dipende in gran parte dalla disponibilità delle risorse abiotiche e delle condizioni ambientali (Smith & Smith 2017) che è possibile trovare nei vari ecosistemi. Gli ecosistemi sono tra loro, e al loro interno, diversi e offrono diverse opportunità e condizioni.

Tali opportunità e condizioni stabiliscono se una specie può o meno accedere a quel determinato ecosistema (Smith & Smith 2017).

Ogni specie ha un proprio range di tolleranza alle condizioni chimico-fisiche e a quelle biotiche. All'interno di questo range, in diverse misure, un organismo può riprodursi e sostentarsi.

Tuttavia, tale ambito di tolleranza si mostra variabile nel tempo e nello spazio, in base alle capacità delle diverse specie e dei diversi individui in una stessa specie. Molti organismi, al fine di accedere a determinate risorse, spesso esclusive, possono dapprima adattarsi, alle nuove condizioni richieste, ed infine speciarsi. Dunque un ecosistema che possiede al suo interno un maggior numero di ambienti diversi, con diverse risorse esclusive o non, avrà un maggior numero di specie. Ossia un aumento nel numero di habitat differenti significa un aumento della biodiversità.

La biodiversità risulta così distribuita in diverse concentrazioni sul pianeta, con zone che contano una maggiore biodiversità e altre che possiedono valori di ricchezza in specie inferiori. A livello globale la biodiversità risulta suddivisa in una serie di *patterns* (spaziali e temporali). Ciò è dovuto alle complesse e diverse condizioni dei vari ambienti e alle influenze che esse ricevono da fattori quali la topografia o il clima (Smith & Smith 2017).

La biodiversità è difficile da quantificare, uno dei metodi più usati prende in considerazione il numero di specie presenti in una determinata area, ciò è detto "ricchezza in specie"; la ricchezza in specie è un conteggio del numero di specie presenti nella comunità ed è tipicamente indicata con il simbolo "S" (Smith & Smith 2017). Quanto più è vario un ecosistema maggiore sarà il valore di "S".

Inoltre, la ricchezza in specie può essere considerata in base alla diversità funzionale, che ci mostra modelli di associazione degli organismi in vari tipi di biomi (terre paludose, foreste, praterie, etc...) (Reid et al. 2005).

Risulta così evidente che la biodiversità presenta precise tendenze geografiche. In generale il numero di specie terrestri diminuisce muovendosi dall'Equatore ai Poli. Spostandosi dai tropici ai poli si osserva un declino della diversità di specie (Smith & Smith 2017).

Una grande porzione della biodiversità mondiale è concentrata dunque in una piccola parte del globo, soprattutto ai tropici (Reid et al. 2005).

È possibile vedere alte concentrazioni di biodiversità anche in condizioni di forte isolamento geografico (isole, vette delle montagne etc...). L'isolamento porta a cambiamenti fenotipici e a speciazioni; così che, pur restando in un'area ristretta, come ad esempio un'isola, si ottengono

valori in ricchezza in specie molto elevati. Molte di queste specie, dette "specie endemiche", sono esclusive di quell'area e non si ritrovano in nessun'altra parte del mondo. Nelle isole gli endemismi, a causa delle forti condizioni d'isolamento, a cui sono sottoposte le popolazioni, sono molto frequenti.

Tale isolamento, nel tempo, esercita forze evolutive che danno luogo alla comparsa di specie uniche, con caratteristiche completamente nuove e con adattamenti insoliti, quali ad esempio il gigantismo, il nanismo, la perdita della capacità di volare etc... (Reid et al. 2005).

Non stupisce che molte isole, come le Galapagos, siano famose per la loro strabiliante varietà di forme di vita.

Le isole, infatti, possiedono le più alte concentrazioni di specie endemiche, in proporzione di superficie, rispetto ai continenti. Tale concentrazione aumenta in funzione dell'aumento dell'isolamento, della taglia dell'isola e della varietà topografica (Reid et al. 2005). Un incremento dell'area di dieci volte determina un raddoppio del numero di specie (Smith & Smith 2017).

Il 90 % delle specie Hawaiane sono endemiche, sulle isole Mauritius la metà delle specie delle piante superiori, mammiferi, uccelli, rettili e anfibi sono indigeni (Reid et al. 2005). Tale importanza richiede sicuramente maggiori studi che permettano di capire i meccanismi evolutivi ed ecologici che rendono le isole un paradiso di biodiversità, patrimonio dell'umanità; nonché alla conservazione di tali ambienti e della loro diversità in relazione alla salute e al benessere umano.

## 1. Meccanismi evolutivi ed ecologici che agiscono su flora e fauna insulare

Flora e fauna insulare possono risultare alquanto strane se paragonate ai loro antenati più prossimi, ciò a causa delle caratteristiche ambientali presenti sulle isole. Il fattore primo che entra in gioco nelle isole è l'isolamento. La parola "isolamento" deriva dalla parola "isolare" la quale a sua volta deriva da "isola".

Mentre isola deriva dalla parola latina "insula" con cui i romani designavano la casa, la quale, in origine, essendo separata dalle case vicine per mezzo di uno spazio libero somigliava così ad un'isola ([http://www.treccani.it/enciclopedia/insula\\_%28Enciclopedia-Italiana%29/i](http://www.treccani.it/enciclopedia/insula_%28Enciclopedia-Italiana%29/i)).

Le isole geografiche possono tra loro molto diverse. Esse presentano, in base alla loro tipologia, diverse nelle condizioni ambientali rispetto ai continenti più vicini. Grazie ad una serie di caratteristiche uniche, che si originano in condizioni d'isolamento e in funzione della distanza dal continente, esse possono essere considerate *hotspot* di biodiversità (Whittaker & Palacios 2007).

A seguire ci occuperemo dei meccanismi evolutivi ed ecologici che agiscono, di fatto, costantemente, nello spazio e nel tempo, su flora e fauna insulare.

### 1.1. Isolamento geografico

Ogni specie è formata da individui interfecondi tra loro. Gli individui di una stessa specie e occupanti una stessa area sono definiti collettivamente come "popolazione"; Una popolazione è definita come un gruppo d'individui della stessa specie che occupa una data area (Smith & Smith 2017).

I limiti imposti dalla valenza ecologica non permettono la continuità di una popolazione nello spazio. Di fatto, nemmeno all'interno di una stessa area gli individui sono disposti in maniera ubiquitaria, ogni specie possiede una nicchia ecologica che definisce uno spazio multimediale entro il quale un organismo può riprodursi e sopravvivere. All'interno di una certa area ogni organismo tenderà a disporsi in base, quindi, alle caratteristiche di un "habitat idoneo" (Smith & Smith 2017).

Ogni specie risulterà così, all'interno del suo areale, composta da diversi insiemi d'individui disposti in maniera frammentaria. Si vengono così a creare delle subpopolazioni. Queste, anche

se separate spazialmente, sono tra di loro interconnesse tramite il movimento d'individui in dispersione.

È così possibile definire una "metapopolazione". Una metapopolazione, in senso stretto, è definita come un sistema di popolazioni locali connesse dalla dispersione degli individui (Hanski & Gilpin 1991). Tale flusso d'individui è fondamentale affinché una certa specie mantenga la sua diversità genetica. La dispersione degli individui da una subpopolazione all'altra può essere descritta tramite l'effetto "sink and source population", in cui una popolazione *sink* è mantenuta dall'ingresso d'individui di una popolazione *source* (Eriksson 1996). Ogni subpopolazione può essere a sua volta sia *sink* che *source* in base alla capacità portante dell'area in cui è circoscritta.

La capacità degli individui nello spostarsi da una popolazione *sink* ad una *source*, e viceversa, dipende sia dalla disponibilità di zone adatte allo spostamento, nell'area compresa tra le due subpopolazioni, sia dalle capacità dispersive proprie dell'organismo. Dunque avremmo che per un certo organismo alcune aree saranno meno accessibili di altre, fino ad arrivare al caso estremo in cui alcune subpopolazioni si troveranno in una situazione d'isolamento geografico totale.

Tale isolamento può venirsi a creare con modalità diverse; può essere il frutto di processi geologici, come la formazione di una catena montuosa o di un'isola, o ancora la presenza di un fiume, un lago o di un deserto. Oppure l'isolamento può essere il frutto della frammentazione degli habitat. Un determinato habitat, originariamente distribuito con continuità, può essere gradualmente suddiviso in frammenti di dimensioni sempre più limitate, separati da una matrice nella quale le specie, che sono strettamente legate a un certo tipo di habitat, non possono disperdersi (Opdam et al. 1994). Si formano in questo modo delle barriere geografiche che risultano difficilmente oltrepassabili dagli individui. Il grado d'isolamento dipenderà dall'efficacia della barriera.

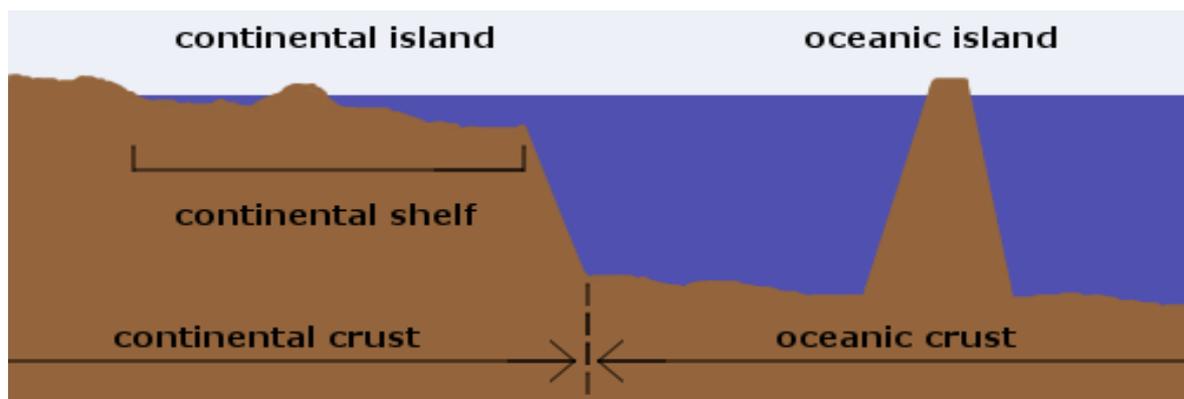
Le aree più isolate in assoluto sono le isole, queste possono essere considerate come isole in *sensu strictu*, ossia come isole geografiche, oppure come "Habitat Isola", poiché in seguito alla frammentazione, frammenti residui di ambiente naturale subiscono un isolamento, oltre che una riduzione in superficie, che li rende confrontabili, per condizioni ecologiche e spaziali, alle isole geografiche in senso stretto (Battisti 2004). Con il termine "isole ecologiche", per tanto ci

si riferisce a settori isolati sulla terraferma per cause naturali spesso, ma non sempre, legate a cambiamenti climatici e geologici su ampie scale temporali (es. laghi, cavità, cime montuose) o per cause antropogeniche recenti (es. frammenti inseriti in una matrice antropizzata differente che può agire funzionalmente come una barriera alle dinamiche di determinate specie sensibili e ai flussi di materia ed energia) (Battisti 2004).



**Fig. 1** La deforestazione, tra le principali cause della “perdita dell’habitat”, può essere una delle cause della frammentazione ambientale. A seguito della quale si viene a creare un “isola ecologica”; la quale si trova isolata per mezzo di una matrice, in questo caso di origine antropica, che può potenzialmente impedire il movimento degli organismi.

Mentre per “isole geografiche” s’intendono le isole propriamente dette, distinguibili in oceaniche e continentali. Queste ultime isole sono collocate sulla piattaforma continentale e possono essere periodicamente collegate alla terraferma in seguito ad eventi di tipo climatico e geologico, esse sono chiamate nella letteratura scientifica straniera *Landbringe Island* (Margules & Usher 1981). Spesso questo collegamento avviene grazie ai periodi di glaciazioni che abbassano la profondità del braccio di mare che separa una *Landbringe Island* dal continente (Whittaker & Palacios 2007).



**Fig. 2** Disegno schematico che mostra la differenza, nella profondità delle acque e vicinanza al continente, tra un’isola continentale e una oceanica.

In contesti “insulari”, dunque, le popolazioni divengono isolate e la loro possibilità di uno scambio genetico viene meno, di fatto le popolazioni possono essere considerate come unità genetiche, ognuna con un proprio *pool* genetico, il quale rappresenta il fulcro dell’evoluzione (Smith & Smith 2017).

## 1.2. Effetti dell'isolamento: Diversità fenotipica e speciazione

A causa dell'isolamento le diverse subpopolazioni possono differire, sotto il profilo demografico e genetico, dalle altre subpopolazioni (Wiens 1976). L'isolamento ha suscitato negli scienziati grande interesse in quanto può ripercuotersi sulla sopravvivenza a lungo termine di una determinata subpopolazione. Ciò può influire non solo sulla capacità riproduttiva e sulla diversità genetica ma anche sul tasso di estinzione di una certa popolazione (Thierry 2000).

Per meglio comprendere gli effetti dell'isolamento, facciamo un passo indietro e occupiamoci della trasmissione dei geni.

Alla base di tutte le somiglianze e differenze tra le specie, e tra gli individui nelle specie, vi sono i geni contenuti all'interno della molecola di acido desossiribonucleico (DNA). Un gene è un tratto di DNA che codifica un prodotto funzionale (RNA) da cui dipende la sintesi di una proteina. All'interno del DNA i geni si dispongono in una struttura filamentosa e allungata, costituita da cromatina, detta cromosoma. Ogni gene occupa su un cromosoma una posizione specifica detta *locus*.

Uno stesso gene può presentare diverse forme. Forme varianti di un singolo gene sono dette "alleli". L'insieme di tutti gli alleli di tutti i geni di tutti gli individui costituisce il *pool* genetico di una specie. A seguito della riproduzione sessuale i cromosomi sono disposti in coppie e pertanto noti come cromosomi omologhi. Ne consegue che negli organismi diploidi ogni *locus* porterà con sé una coppia di alleli dello stesso gene. Tutte le coppie di alleli presenti nei diversi *loci* definiscono quello che sarà il genotipo dell'individuo.

Il genotipo si manifesterà esteriormente attraverso il fenotipo (Smith & Smith 2017). Il fenotipo è come appare un organismo, espressione visibile del genotipo per una data caratteristica. Uno stesso genotipo, in risposta alle variazioni ambientali, può dare origine a diversi fenotipi. La plasticità fenotipica è il fenomeno diffuso in tutti gli organismi per la quale tramite modificazioni del loro fenotipo rispondono alle continue sollecitazioni dell'ambiente (Sarà 2002).

Regolazione ed espressione genica sono quindi fenomeni altamente complessi in cui il contesto non è meno importante dei geni direttamente coinvolti (Sarà 2002).

L'evoluzione fenotipica può essere definita, quindi, come un cambiamento attraverso le generazioni nella media o nella varianza di un tratto fenotipico, dovuta alla variazione di frequenze alleliche. La selezione agisce direttamente sul fenotipo ma nel farlo modifica le frequenze alleliche all'interno di una popolazione (Smith & Smith 2017). La variazione nelle frequenze alleliche, intesa come la frequenza relativa di un determinato allele di un gene all'interno della popolazione, è il riflesso della differenza nella *fitness* relativa degli individui della generazione parentale. Tale variazione di *fitness* si verifica mediante l'azione della selezione naturale, con risposte adattative, e tramite l'azione della selezione sessuale (scelta del partner). Siccome le frequenze alleliche sono determinate dalla variazione nella *fitness* e quest'ultima è in funzione della selezione naturale, allora possiamo affermare che è proprio quest'ultima a contribuire alla variabilità genetica nelle popolazioni.

Inoltre si ricordi che durante la meiosi, nella riproduzione sessuale, si ha una ricombinazione casuale dei cromosomi. Ciò può portare a mutazioni o a deriva genetica. Quest'ultima avviene proprio a causa della naturale biparentale della riproduzione sessuale in cui la ricombinazione degli alleli avviene in modo casuale. Ciò significa che non tutti gli alleli saranno tramandati alla generazione successiva. Per cui a ogni generazione la discendenza rappresenterà solo un sottoinsieme del *pool* genetico parentale (Smith & Smith 2017). In popolazioni ampie l'effetto della deriva genica è trascurabile poiché la natura casuale del processo ne riduce gli effetti, ma all'interno di una popolazione piccola l'effetto indotto dalla deriva genetica può potenzialmente essere molto rapido e significativo.

Ricapitolando, una popolazione (intesa come insieme d'individui e dei loro alleli) varia nel tempo, a seconda di quanto gli individui riescano a trasmettere i loro geni alle generazioni successive. Una popolazione è composta un gruppo di subpopolazioni, avremmo quindi una variazione genetica tra subpopolazioni e tra gli individui di una stessa popolazione locale. Nel contesto delle metapopolazioni vi è una migrazione d'individui, e dei loro geni in un processo noto come "flusso genico", attraverso le modalità del modello *sink and source*. Il flusso genico è fondamentale per ridurre il livello di dissimilarità tra subpopolazioni (Smith & Smith 2017).

La possibilità di scambio genico di una popolazione isolata, a causa di una qualche barriera fisica od ecologica, viene meno e conseguentemente il livello di dissimilarità genica aumenterà a causa dei fenomeni prima descritti.

Tale dissimilarità tra quella popolazione locale e le altre aumenterà di generazione in generazioni. Essa si può esprimere su più livelli: morfologico, etologico, fisiologico, preferenza dell'habitat o nell'uso delle risorse. Queste sono solo alcune delle cause che possono portare alla divergenza allelica e fenotipica. Nel tempo tali differenze si accumulano fino a rendere quella determinata subpopolazione non più interfeconda con il resto della sua popolazione originaria. Si originano così le barriere riproduttive (Hickman et al. 2011). Le barriere riproduttive, frutto dell'azione dell'evoluzione, mantengono le popolazioni separate dal punto di vista riproduttivo.

Le barriere riproduttive insorgono più facilmente in certe situazioni che in altre. Un fattore chiave nell'istaurarsi di una barriera riproduttiva è proprio un periodo, più o meno lungo, d'isolamento geografico (Hickman et al. 2011). L'instaurarsi di una barriera geografica isolerà una popolazione locale che inizierà a divergere dalla restante parte della metapopolazione a cui appartiene. Così possono originarsi specie diverse in un processo noto come "speciazione". La speciazione è la moltiplicazione delle specie.

La speciazione che deriva dall'evoluzione di barriere riproduttive tra popolazioni geograficamente separate è conosciuta come "speciazione allopatrica" (Hickman et al. 2011). Questa modalità di speciazione si articola in più parti, quali, proseguendo in ordine cronologico:

- Una barriera geografica limita il flusso genico tra popolazioni sessualmente riproduttive;
- La subpopolazione evolve separatamente nel tempo;
- La divergenza è tale, alla fine, che è possibile parlare di due specie diverse (Whittaker & Palacios 2007).

Una speciazione allopatrica ha inizio quando una popolazione si separa in due o più popolazioni geograficamente separate. Ciò può avvenire attraverso due differenti modalità:

1. Speciazione vicariante;
2. Effetto del fondatore (Hickman et al. 2011).

La "speciazione vicariante" ha inizio quando un evento geologico o climatico frammenta l'areale di una specie suddividendola in gruppi d'individui geograficamente separati. Di fatto questa modalità di speciazione richiede che vi sia l'insorgenza di una barriera geografica invalicabile. Questo scenario è applicabile, per esempio, ad alcune isole formatesi dalla

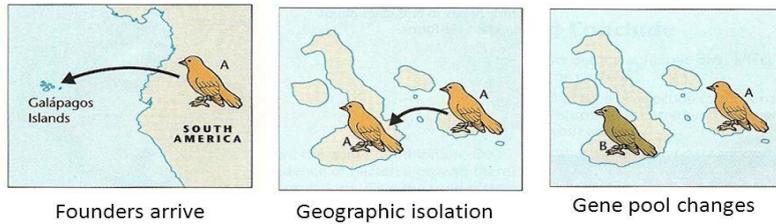
frammentazione di antichi continenti (come per esempio il Madagascar) e alla formazione delle così dette isole *Landbringe* (Whittaker & Palacios 2007). In questo caso la popolazione che si viene a trovarsi separata può essere più o meno grande. In una popolazione abbastanza ampia la deriva genetica non ha conseguenze molto significative su ciascuna generazione.

Comprendiamo dunque, quanto possano essere importanti le dimensioni del gruppo che viene a trovarsi isolato. Se l'isolamento perdura nel tempo, anche in grandi gruppi, col passare delle generazioni, si giungerà all'instaurarsi di una barriera riproduttiva. Di contro, l'altra modalità della speciazione allopatrica, "l'effetto del fondatore" prevede che un gruppo d'individui si disperda e raggiungano un territorio nuovo e distante. Una speciazione allopatrica di questo tipo fu osservata per i moscerini della frutta delle Hawaii. Queste isole presentano numerosi appezzamenti di foresta, separati da colate di lava. In rare occasioni un forte vento può trasportare piccoli gruppi di moscerini da un appezzamento ad un altro, dove questi possono dare origini ad una nuova popolazione. Talvolta anche una singola femmina fecondata può fondare una nuova popolazione in una sede diversa (Smith & Smith 2017). L'unica condizione necessaria è che sia rispettato il "minimo numero vitale". Ciò implica che specie *R-strategie*, come i precedentemente citati moscerini del genere *Drosophila*, possono colonizzare una nuova area più rapidamente delle specie *K-strategie*. Che malgrado nel processo di colonizzazione arrivino per seconde, possiedono una maggiore capacità nel sostenere le loro popolazioni in un sistema con risorse limitate (Whittaker & Palacios 2007).

Dunque la popolazione di partenza può essere anche molto piccola e così l'effetto del fondatore può portare all'"effetto collo di bottiglia" (Whittaker & Palacios 2007); che tramite gli effetti della deriva genetica porta a cambiamenti rapidi e sostanziali nel *pool* genetico della popolazione. A differenza di ciò che avviene nella speciazione vicariante, la nuova popolazione ha dimensioni molto limitate, il che può causare un cambiamento veloce e drastico della struttura genetica della popolazione ancestrale. Caratteristiche fenotipiche che erano stabili nella popolazione d'origine possono manifestare variazioni inconsuete nella nuova popolazione. Su tali variazioni agisce poi la selezione naturale accelerando il processo di formazione di una barriera riproduttiva (Hickman et al. 2011).

Tuttavia se ci soffermiamo ad esaminare con maggior attenzione i processi di speciazione, anziché concentrarsi solo sul contesto geografico, noteremo che l'isolamento è solo una parte delle forze evolutive in gioco durante l'atto della speciazione. Secondo Rosenzweig, queste

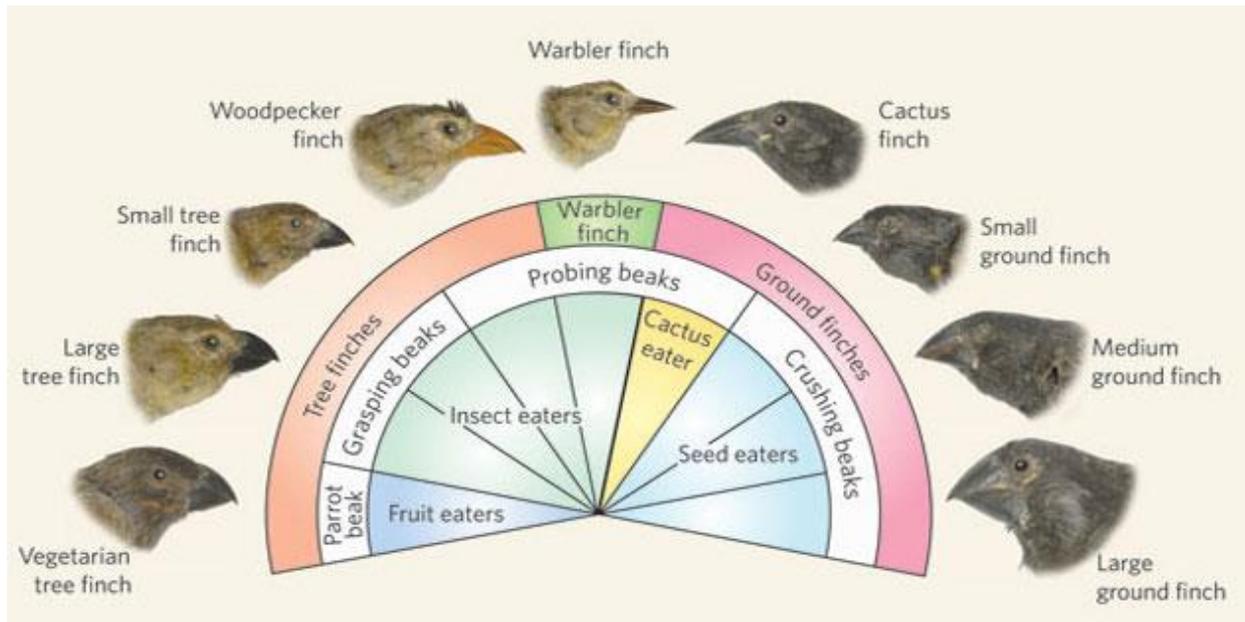
possono essere riassunte sotto tre voci, che sono appunto, l'isolamento geografico, la competizione per le risorse e mediante mutazioni (Whittaker & Palacios 2007). Le mutazioni sono dovute a perturbazione di ordine quantico. Queste alterazioni sono del tutto accidentali ed avvengono a caso. Le mutazioni sfavorevoli sono in seguito eliminate dalla selezione naturale; quelle favorevoli, avvantaggiando l'organismo, vengono diffuse nella popolazione e si accentuano nelle generazioni successive (Allasinaz 1991).



**Fig. 3** Rappresentazione schematica che mostra la colonizzazione di un arcipelago a partire dal continente più vicino. In particolare il caso dei fringuelli di Darwin che porto a radiazione adattativa.

**Speciation** – the formation of new species – takes place over many years and is influenced by many factors. Eventually, changes in the gene pool happens as a result of the birds adapting to their local environment. If some birds from island B fly back to island A, they may have changed enough that they can no longer interbreed (**reproductive isolation**). If they both exist in island A, they will compete for local resources, perhaps causing further evolutionary changes.

Un'altra modalità di speciazione che, quindi, può avvenire in un'area isolata ma topograficamente ed ecologicamente diversificata è la "speciazione simpatica", in conseguenza della quale possiamo avere fenomeni di radiazione adattativa. In questo caso l'isolamento non è il motivo della speciazione, di fatto la speciazione simpatica, come ci suggerisce il nome (stessa patria), avviene in un'area dove il flusso genetico non è ostacolato da barriere geografiche. Il fattore chiave di questa modalità è, di fatto, una forte competizione per le risorse che induce uno slittamento della nicchia di alcuni individui rispetto ad altri. In tal modo questi tendono a specializzarsi nell'usare una certa risorsa e nel fare questo accumulano una serie di differenze a livello genico, morfologico ed etologico che alla fine sfociano in una barriera riproduttiva; così, senza la presenza di una barriera geografica valida, una popolazione può dare origini a più specie attraverso una radiazione adattativa (Hickman et al. 2011). Quest'ultima è un processo in cui da una specie si originano numerose specie che sfruttano caratteristiche ambientali differenti, per esempio risorse alimentari o habitat (Smith & Smith 2017). È celebre, per esempio, il caso dei fringuelli di Darwin nelle isole Galapagos (Hickman et al. 2011).



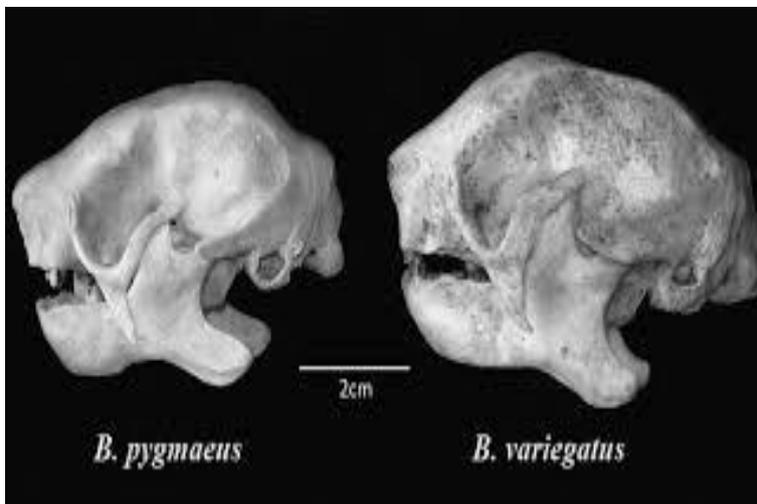
**Fig. 4** Radiazione adattativa di alcuni dei fringuelli di Darwin. Il celebre caso di questi fringuelli ci mostra come la competizione, lo specializzarsi per l'utilizzo di una risorsa, possa indurre speciazione. Malgrado tutte queste specie di fringuelli discendano da un antenato in comune esse mostrano significative differenze nella forma del becco in relazione alle diverse nicchie trofiche acquisite.

Studi più recenti condotti sulle isole Daphne Mayor (Grant & Grant 2006) ci dimostrano come la competizione induca una selezione direzionale nella media di un carattere fenotipico, che in questo caso riguarda le dimensioni del becco. Tale selezione direzionale non avviene in assenza di competizione, di fatto tale studio ci mostra come due popolazioni di fringuelli, *Geospiza magnirostris* e *G. fortis*, entrino in competizione per una risorsa alimentare e come questa spinga la specie meno capace di sfruttare tale risorsa ad un cambio della nicchia trofica (Grant & Grant 2006).

Nelle isole questi meccanismi evolutivi possono portare a specie alquanto insolite rispetto ai loro corrispondenti continentali. Molto famosi sono i casi di animali estremamente piccoli o estremamente grandi presenti sulle isole. Di fatto nanismo e gigantismo insulare sono conseguenze stipulate proprio delle condizioni vigenti sulle isole. Tali fenomeni evolutivi riguardano la taglia corporea. Questa può essere modificata e condizionata dalla disponibilità della risorsa, dalla pressione predatoria e di quella competitiva (Pafilis 2009). La taglia corporea è un parametro ecologico fondamentale che riflette molte altre caratteristiche ecologiche associate alla disponibilità delle risorse, alla storia evolutiva, e interazioni ecologiche (Boyer & Jetz 2010).

Ciò può essere illustrato attraverso il modello della “Legge delle isole”. Tale modello prevede che un organismo fondatore di grande taglia tenderà subire una riduzione di questa (nanismo insulare) e, viceversa, organismi di piccola taglia ad aumentare di dimensioni (gigantismo insulare) (Meik et al.2010).

La taglia corporea è la caratteristica che tende a cambiare più velocemente sulle isole (Keogh et al. 2005). Gigantismo e nanismo insulare si sono verificati in diversi gruppi tassonomici e poiché esistono cospicui casi in natura sono state formulate varie ipotesi e modelli per spiegarne le cause (Gould & MacFadden 2004). Ad esempio la “Regola di Foster” o “Regola dell'insularità” è un principio secondo il quale i membri di una specie tendono ad aumentare o diminuire le proprie dimensioni nel tempo a seconda delle risorse a disposizione (Foster 1964).



**Fig. 5** Il bradipo pigmeo (*Bradypus pygmaeus*) è una specie di bradipo scoperta nel 2001 sull'isola panamense di Escudo de Veraguas. Come suggerisce il nome, è una versione miniaturizzata dei suoi "cugini" della terraferma, pesando circa la metà ed essendo del 20% più piccolo di questi ultimi. Esempio di nanismo insulare, in figura le dimensioni del suo cranio sono confrontate con *B. variegatus*, che ne rappresenta il corrispondente continentale.

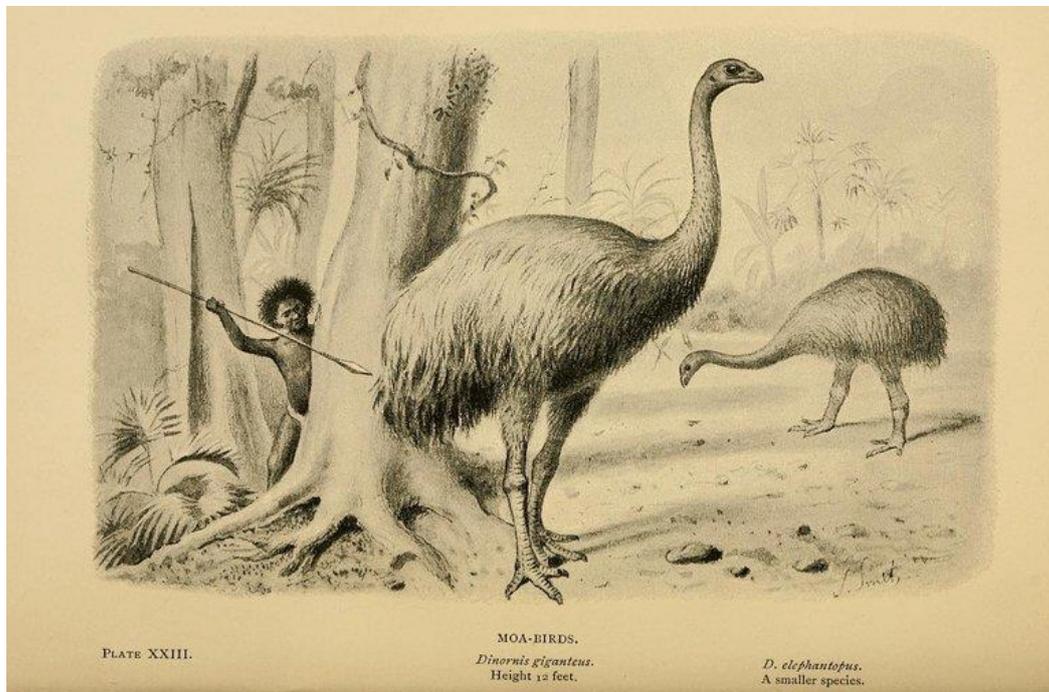
Altri importanti principi della biologia evolutiva che ci aiutano a capire come ci possa essere un così drastico cambiamento nella taglia corporea sono:

- La regola di Cope;
- La regola di Bergmann;
- La regola di Rensch.

Tutte queste regole evolutive, riguardanti condizioni allometriche, sono direttamente applicabili al contesto degli organismi insulari e ci possono aiutare a comprendere al meglio come possono venirsi a creare forme di gigantismo o nanismo.

Un altro fenomeno molto comune e ben studiato che può avvenire sulle isole è la perdita della capacità del volo negli uccelli, che divengono inetti al volo. La capacità della perdita di volare

può portare rapidamente una specie sull'orlo dell'estinzione. Tali specie sono minacciate soprattutto a causa dalla perdita dell'habitat, dall'introduzione di predatori e da patogeni. Tuttavia l'incapacità al volo è oggetto della selezione naturale, essa quindi deve portare dei benefici come il risparmio sul costo fisiologico, ad opera dei muscoli, richiesto per volare (Slikas et al. 2002). Di fatto tale costo può essere soppresso nel caso in cui vi sia un'abbondanza di risorse e un'assenza dei predatori. Tuttavia proprio l'assenza dei predatori è un fattore che rende particolarmente vulnerabili tali specie. Infatti, se sono introdotti predatori, gli uccelli inetti al volo risulteranno facili prede. Celebri sono molteplici casi in cui fu proprio l'uomo, e gli animali portava con sé accidentalmente, soprattutto i ratti, a causare l'estinzione di molte specie d'uccelli inetti al volo endemici di diverse isole (Diamond 1991).



**Fig. 6** Illustrazione artistica della caccia ai Moa; questi erano un insieme di uccelli inetti al volo appartenenti all'ordine tassonomico estinto dei *Dinornithidae*, che si originarono da un antenato volante giunto in Nuova Zelanda, isola remota e per questo difficilmente colonizzabile, dove andarono incontro a gigantismo insulare e inseguito si estinsero a causa della comparsa di un nuovo predatore: l'uomo.

### 1.3. Biogeografia e sindrome insulare

Tutti questi fenomeni possono essere meglio compresi e spiegati ricorrendo all'aiuto di alcune teorie. La "Teoria biogeografica insulare" che ci mostra in che modo e perché le isole sono caratterizzate da particolari indici di ricchezza in specie. Di fatto grazie agli endemismi presentano valori di ricchezza in specie ben maggiori rispetto ad un'area della stessa estensione sul continente, in questo modo è possibile considerare le isole come *hotspot* di biodiversità (Whittaker & Palacios 2007).

Le particolarità che queste specie acquisiscono e che le differenziamo dai loro corrispondenti ambientali possono essere collettivamente indicate come "sindrome insulare"; poiché sono proprio le condizioni vigenti sulle isole ad influenzare la biologia, il comportamento e la morfologia delle specie che le abitano.

La biogeografia è la scienza che studia la distribuzione nello spazio e nel tempo degli organismi viventi e le cause che la determinano. In base ai meccanismi ivi illustrati, cercando di spiegare come un'area piccola come un'isola potesse avere un elevato valore in ricchezza di specie, MacArthur e Wilson, così, nel 1967, stipularono la "Teoria biogeografica insulare" secondo la quale il numero delle specie che si sono insediate su un'isola rappresenta un equilibrio dinamico tra l'immigrazione di nuove specie colonizzatrici e l'estinzione di specie insediate in precedenza (Smith & Smith 2017). Tale teoria fu inizialmente sviluppata per spiegare la distribuzione e l'abbondanza di specie sulle isole propriamente dette, ossia le isole geografiche, ma è stata successivamente estesa allo studio di altri ambienti circondati da una matrice differente, come frammenti forestali, cime montuose, e laghi circondati da zone asciutte (Battisti 2004). Il numero di specie che si possono trovare su un'isola è in relazione con le dimensioni dell'isola stessa, secondo la seguente equazione:

$$S = C * A^z$$

Dove **S** è il numero di specie; **A** la superficie dell'isola; **C** una costante che dipende dal taxon e dalla regione geografica, **z** una variabile (che varia  $0.15 < z < 0.3$  in base alle caratteristiche delle specie). Secondo questo modello quindi le grandi isole ospitano un maggior numero di specie rispetto a quelle di dimensioni ridotte (Whittaker & Palacios 2007). Ciò poiché su isole grandi è presente un numero maggiore di ambienti diversi rispetto a quelli che si possono trovare su isole meno estese. Lo zoologo P. Darlington formulò una regola empirica secondo cui un

incremento dell'area di dieci volte determina un raddoppio del numero di specie (Smith & Smith 2017). Un altro fattore che influenza notevolmente la biogeografia insulare è costituito dalla distanza dall'area sorgente. Ossia la distanza tra l'isola e il continente. Di fatto il tasso di colonizzazione è maggiore per le *Landbringe Island* che si trovano sulla piattaforma continentale, ossia esse si trovano più vicine al continente, che per le isole oceaniche. Tale distanza condiziona i tempi di *turnover* e i tassi di estinzione che possono essere presenti sull'isola (Whittaker & Palacios 2007).

Dunque, secondo questi autori il numero di specie presente su di un'isola varia come risultato di due forze contrapposte: da una parte specie non ancora presenti sull'isola possono giungere sull'isola dalla terraferma (non solo gli uccelli e gli insetti o le piante dotate di semi anemofili, ma anche altri organismi possono immigrare su un'isola portati da "zattere" naturali o artificiali), dall'altra le specie già presenti possono estinguersi.

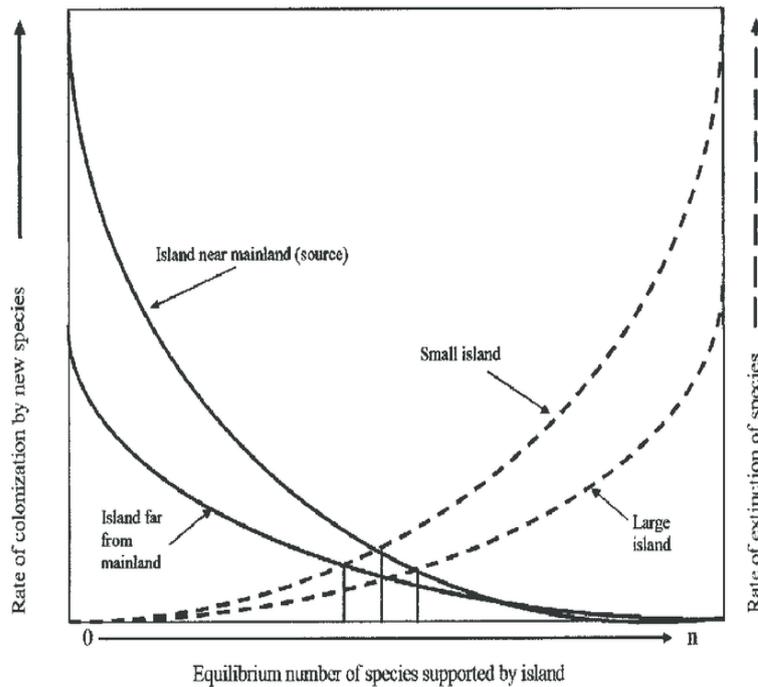
Ricapitolando, il numero di specie presenti su isola è in funzione di:

- Tassi di colonizzazione ed estinzione, in funzione della distanza dalla terra ferma;
- Superficie dell'isola;
- Diversificazione topografica ed ecologica dell'area insulare.

Secondo questa teoria il tasso di colonizzazione diminuisce all'aumentare della ricchezza in specie e contemporaneamente il tasso di estinzione aumenta. Si avrà così infine un equilibrio tra estinzioni e ripopolamenti che definisce il numero di specie all'equilibrio sull'isola. È possibile esprimere ciò tramite l'equazione:

$$S_{(t+1)} = S_{(t)} + I + V - E$$

Dove  $S_{(t+1)}$  sono le specie al tempo  $t+1$ ,  $S_{(t)}$  sono le specie al tempo  $t$ ,  $I$  denota l'addizione attraverso l'immigrazione,  $V$  quella attraverso l'evoluzione, infine  $E$  rappresenta il tasso di estinzione (Whittaker & Palacios 2007).



**Fig. 7** Il grafico mostra, in corrispondenza dell'intersezione delle curve, il numero di specie all'equilibrio. Lungo le ascisse è riportata la capacità portante dell'isola, ovvero il numero di specie che questa può sopportare senza subire un collasso. Da entrambe le estremità si dipartono due curve. Due tratteggiate che indicano il tasso di estinzione, e due continue, che indicano i tassi di colonizzazione. La colonizzazione è influenzata dalla vicinanza al continente; la dimensione dell'isola influisce sul tasso di estinzione.

Tramite l'integrazione delle percentuali d'immigrazione ed estinzione e di come variano col tempo, è possibile creare un grafico con due curve, una per la colonizzazione una per l'estinzione. Da tale grafico è possibile notare come la colonizzazione sorge rapidamente, ma che rallenta man mano che si tende all'equilibrio (Whittaker & Palacios 2007), e viceversa fino a che le due curve non s'intersecano nel punto di equilibrio. Tale teoria inoltre riflette sul tipo di colonizzatori. Secondo se essi siano *R* o *k* strateghi, affermando che le specie *R-strategie* siano tra i primi colonizzatori a cui seguono le specie *K-strategie* che tuttavia si mostrano più abili nello sfruttamento delle risorse in sistemi limitati (Whittaker & Palacios 2007). Le popolazioni insulari di tantissime specie animali spesso mostrano ecologia, biologia generale e comportamenti che si differenziano fortemente da quelli esibiti dai conspecifici continentali. Questo fenomeno è talmente esteso e comune da aver meritato il nome di "sindrome insulare"; così che, ad esempio, piccole piante erbacee assumano la forma di alberi, uccelli e insetti perdono la capacità di volare, e molte forme di vertebrati insulari diventano nane o giganti rispetto ai loro conspecifici della terraferma.

La sindrome insulare avviene solo in isole che presentano le seguenti condizioni:

- L'isola non è abbastanza grande da essere paragonata ad un continente (ad esempio l'Australia);
- Ma non è così piccola da non permettere la sussistenza della popolazione;
- È rimasta isolata per abbastanza tempo (Whittaker & Palacios 2007).

Concludendo, sulle isole grazie all'effetto dell'isolamento, in funzione dalla distanza dal continente, gli organismi divengono man mano sempre più dissimili rispetto ai loro corrispondenti continentali. Ciò avviene al fine di usufruire al meglio delle possibilità e di rispondere con maggior efficacia alle condizioni che le isole dettano. Alla fine le differenze saranno così elevate da creare da prima una varietà locale, poi una sottospecie e infine una vera e propria specie, separata da una barriera riproduttiva dalla popolazione parentale.

Sulle isole si vengono così a trovare specie uniche, che non è possibile trovare in nessun'altra parte del globo, e per questo indicate come specie endemiche. Tali endemismi, essendo limitati, a quell'isola o a quell'arcipelago, sono meglio considerabili come "specie autoctone"; di fatto esiste una differenza tra specie endemiche e specie autoctone. Le specie autoctone sono specie comparse in una determinata area geografica. Da tale area la specie autoctona si diffonde in tutte le aree circostanti che presentano condizioni ambientali favorevoli: in queste regioni la specie è definita endemica (Allasinaz 1991). Le specie autoctone (limitate a quell'isola o originatesi in quell'arcipelago) e le specie endemiche (originatesi su un'isola e poi diffuse sulle isole adiacenti) aumentano la ricchezza in specie. Si ricordi che la ricchezza in specie è definita come il numero di specie che occupa una data area (Smith & Smith 2017).



**Fig. 8** *Podarcis siculus coeruleus*, la lucertola blu, è una sottospecie di *P. siculus*, endemica dei Faraglioni di Capri.

## 2. Ischia, un patrimonio di biodiversità

Ischia è un'isola Italiana, appartenente all'arcipelago delle isole Flegree insieme a Procida, Vivara e Nisida, fa parte del vasto distretto vulcanico Flegreo. Essa è situata a Nord-Ovest del Golfo di Napoli. È la maggiore delle isole Flegree e la sesta isola, tra le isole minori Italiane, per estensione, presentando un'estensione superficiale di circa 46,3 Km<sup>2</sup> e un perimetro di circa 36 Km (Sbrana et al. 2011).

Notoriamente conosciuta come "L'isola Verde", Ischia è un importante centro di biodiversità nel Mediterraneo; sull'isola è presente un cospicuo numero di specie rare ed endemiche, alcune delle quali sono fortemente minacciate.

Ischia è un'isola vulcanica, appartiene al Margine Tirrenico Orientale, che si trova sulla piattaforma continentale, più precisamente alla terminazione del suo margine meridionale. Verso Nord e verso Est la piattaforma continentale è direttamente connessa con il litorale, l'isola risulta in questa maniera collegata con Procida e con i campi Flegrei. In prossimità di tale collegamento riscontriamo una bassa profondità delle acque, questa si aggira intorno a circa 50 m (Sbrana et al. 2011).

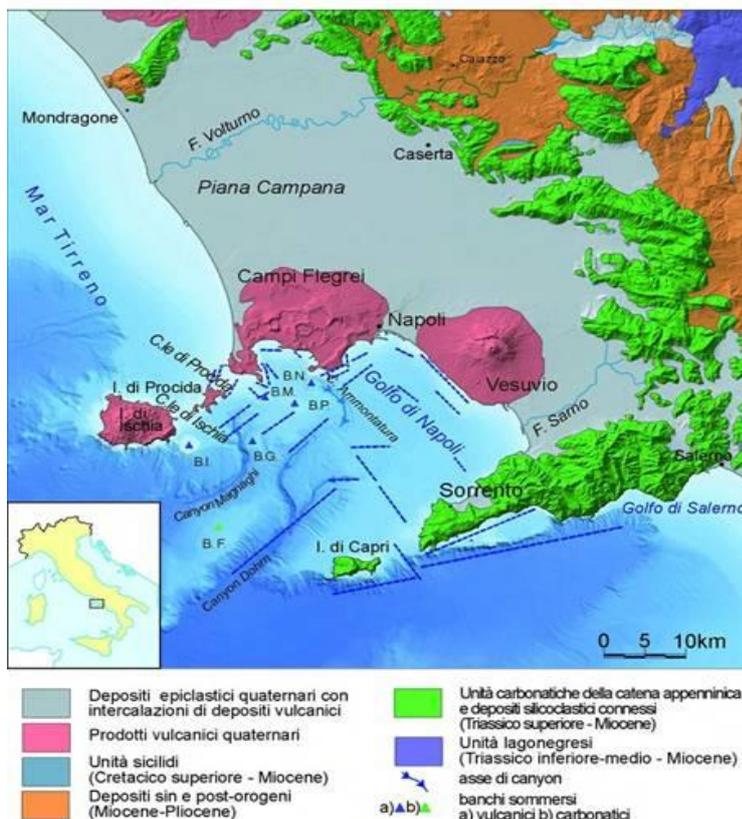


Fig. 9 Mappa geologico strutturale dell'area Campana, che mostra l'ubicazione dell'isola d'Ischia e la sua origine vulcanica.

Il campo vulcanico Flegreo era l'area vulcanica Quaternaria più importante della regione Mediterranea (Monti et al. 2008). Da un punto di vista geologico, Ischia è un campo vulcanico di grandi dimensioni, che per la maggior parte risulta sommerso, esteso su una superficie di circa 600Km<sup>2</sup> (Sbrana et al. 2011). L'isola è, di fatto, il risultato di una lunga e travagliata storia geologica che fu scandita da una serie di eventi vulcanici e sismici, che per mezzo d'intese fasi deformative, di sollevamento e di erosione, ne plasmarono la forma. Ciò avvenne principalmente ad opera dei movimenti tettonici verticali, ai quali si deve la formazione del suo rilievo più alto, il Monte Epomeo con i suoi 787 m s.l.m. (Monti et al. 2008). Esso è circondato da una serie di centri eruttivi, duomi, coni di tufo e colate laviche (Sbrana et al. 2011) che, di fatto, rappresentano le principali geomorfologie interne dell'isola. Mentre le zone costiere sono rappresentate da falesie interrotte da piccole spiagge sabbiose a diversa granulometria (Monti et al. 2008) e promontori lavici (Sbrana et al. 2011).

Grazie all'analisi delle vulcaniti più antiche dell'isola, risalenti a circa 160 mila anni fa, possiamo ricondurre la nascita dell'isola al Pleistocene superiore (Sbrana et al. 2011). Nel primo periodo di attività Ischia era un campo vulcanico, di circa 200 Km<sup>2</sup> di estensione che andava a formare che un'area emersa ad andamento collinare. I cui rilievi erano costituiti da singoli edifici vulcanici relativamente piccoli. Il gruppo di strutture vulcaniche più antiche è databile ad un'età compresa tra i 150 mila e i 120 mila anni fa nella zona Sud-orientale dell'isola. Apporti vulcanici successivi, databili tra i 130 mila e i 100 mila anni, si concentrano nella parte meridionale e occidentale. Intorno ai 98 mila anni fa si registra un cambiamento nel carattere vulcanico che passa da eruzioni per lo più di tipo effusivo ad eruzioni di esplosive di tipo plineano. Le bocche eruttive erano situate probabilmente nella regione interna dell'isola.

In seguito si ha un altro picco di attività esplosiva, ancora più violenta, con eruzioni plineane, sub-plineane e ignimbriche che porto alla deposizione, intorno a circa 60 mila anni fa, di grandi volumi di magmi trachitici, dell'ordine di decine di Km<sup>3</sup>, sia sull'isola sia nelle aree marine circostanti nonché sull'area Flegrea continentale. A ciò segue lo svuotamento della camera magmatica che comporto il collasso di ampi settori, in modo particolare nella zona centrale dell'isola, dove si venne a creare una caldera. Questo evento modificò fortemente l'aspetto dell'isola. A causa di un successivo evento di sollevamento, risalente a circa 56 mila anni fa, causato dalla rialimentazione della camera magmatica superficiale dell'isola, si verifico, in prossima della caldera, la formazione di una struttura risorgente (Monti et al. 2008). Questo

oggi costituisce il blocco risorgente del Monte Epomeo, il quale è delimitato da una serie di faglie e fratture e va a costituire l'*Horst* vulcanico - tettonico dell'isola. Il Monte Epomeo è situato nella parte centrale dell'isola, presenta una superficie di circa 16 Km<sup>2</sup> ed un'altezza di circa 787 m. Esso risulta costituito in prevalenza da formazioni tufacee idrotermalizzate (Sbrana et al. 2011), e, infatti, subisce continui fenomeni di erosione, con deposizione di detriti nelle aree marine circostanti.

Tra i 40 mila e i 14 mila anni fa, attorno al Monte Epomeo si registra una ripresa dell'attività vulcanica con eruzioni miste sia di tipo esplosivo che effusivo. In seguito, tra 8 mila e 6 mila anni fa, si assiste ad un ulteriore evento di sollevamento che interesserà l'isola fino al tardo Medioevo. Questa notevole fase di sollevamento, influirà sulle modalità di antropizzazione a partire dall'epoca dei greci, suoi primi colonizzatori, innesca inoltre fenomeni franosi vasti e diffusi che formano grandi valanghe di detriti nella zona Nord, Ovest e Sud del Monte Epomeo. Le manifestazioni vulcaniche variano da fortemente esplosive, a debolmente esplosive, a miste effusive-esplosive. Tutti questi fenomeni di sollevamento portano il Monte Epomeo alla quota attuale di 787 m s.l.m. e alla formazione un terrazzo marino con sabbie fossilifere.

Nel 1302 cessa l'attività vulcanica dell'isola. Un'ultima eruzione, nella zona di Fiaiano, con colate in direzione Nord-Est (Monti et al. 2008), fu riportata nelle cronache storiche ad opera di Giovanni Villani, nella sua "Nuova Cronica", e passo alla storia come "Eruzione dell'Arso". Inizialmente questa dimostra un'attività esplosiva molto intensa a cui segue un'attività effusiva, che perdura all'incirca due mesi, accompagnata da una debole attività esplosiva nella zona craterica. Le ceneri e le pomice andarono a depositarsi nell'area marina ad Est di Ischia.

Oggi Ischia presenta uno stato di quiescenza, sono tuttavia presenti manifestazioni vulcaniche secondarie quali attività fumaroliche, sorgenti idrotermali, e da attività sismica. Manifestazioni idrotermali e fumaroliche sono causate dalla presenza nel sottosuolo di masse magmatiche, superficiali ed intrusive, poste a circa 1-2 Km di profondità. Risultato di un esteso sistema geotermico ad alta temperatura, pari a circa 1000°C (Monti et al. 2008).



Il clima è fortemente influenzato sia dall'azione mitigante del mare che dalla complessa e movimentata orografia interna. La presenza del Monte Epomeo, nella parte centrale dell'isola, con la sua forma sub-conica ed altezza moderata, innalza le correnti sulla verticale dell'isola determinando una maggiore piovosità sul versante Nord-Est con massimi nel mese di ottobre.

Il mare mitiga le stagioni, con inverni miti ed estati moderate, ma innalza di molto l'umidità relativa. I picchi termici si verificano nei mesi di gennaio (il minimo) e di agosto (il massimo) (Monti et al. 2008). Le temperature medie mensili raggiungano valori leggermente maggiori di quelli che si riscontrano nelle prospicienti regioni del litorale tirrenico (Ricciardi et al. 2004).

Le precipitazioni medie, sia annuali che mensili, presentano anch'esse valori più elevati. Tale maggiore piovosità è particolarmente accentuata nei mesi autunnali e invernali, durante i quali le precipitazioni si mantengono, in media, sempre al di sopra dei 100 mm. Le precipitazioni mensili sono abbondanti, il periodo di aridità è limitato al periodo compreso tra maggio e agosto. Le precipitazioni nevose sono davvero irrilevanti in quanto interessano le quote più elevate del Monte Epomeo ma solo in maniera del tutto sporadica ed effimera (Ricciardi et al. 2004).

Il clima risulta così complessivamente caratterizzato da una mitezza termica, specie in inverno, con l'autunno che può essere considerato quasi come un'estate prolungata, mentre la primavera presenta una precoce stabilità atmosferica, tipicamente estiva (Monti et al. 2008).

L'andamento delle temperature e la distribuzione delle precipitazioni durante l'anno conferiscano al clima di Ischia marcati caratteri di mediterraneità (Ricciardi et al. 2004). A causa dell'accidentata orografia e dell'attività vulcanica secondaria sono presenti diversi microhabitat all'interno dell'isola. I più notevoli dei quali sono le fumarole. Queste con le loro emissioni di vapore acqueo determinano un microclima caldo-umido tipico delle zone tropicali (Brullo et al. 2001). La storia evolutiva dell'isola ha dunque creato particolari condizioni climatiche e microclimatiche, nonché una notevole fertilità del suolo, caratteristiche che hanno reso possibile una straordinaria ricchezza nella vegetazione spontanea dell'isola. La lussureggiante vegetazione, offrendo di che sussistere, permette l'instaurarsi di una complessa comunità animale. L'isola, dunque, si mostra ricca in specie sia vegetali che animali.

## 2.1. Biodiversità vegetale

Ischia si mostra incredibilmente ricca in boschi sempreverdi e cedui, pinete, macchia mediterranea, e specie tipiche delle rupi costiere (Monti et al. 2008), nonché specie vegetali rarissime.

L'isola presenta una folta copertura boschiva, con boschi cedui e sempreverdi, costituiti da leccete (*Quercus ilex*), da boschi di quercia (*Quercus pubescens*, *Q. robur* e *Q. suber*), da Pinete (*Pinus pinea*, *P. halepensis*, *P. pinaster*), da castagneti (*Castanea sativa*) e da un robinieto. La *Robinia pseudoacacia*, si ricorda, è originaria dell'America del Nord ma naturalizzata in Europa a partire dal 1600. Di fatto questa possiede un'elevata capacità di riproduzione clonale, tramite i polloni, mostrandosi come una specie fortemente invasiva.

Sono presenti, inoltre, molte specie di macchia mediterranea come: *Plantago bellardi*, *Arbustus unedo*; *Erica arborea*; *Myrtus communis*; *Pistacia lentiscus*; *Olea europea sub. Sylvestris*; e diverse specie del genere *Cistus* (*C. salvifolius*; *C. monspeliensis*; *C. incanus*).

Nelle aree umide, pedemontane e montane, nei valloni che fungono da spartiacque per le acque meteoriche, si sviluppano numerosi esemplari di felci tra cui: *Ceterach officinarium*; *Asplenium adiantum-nigrum*; *Adiantum capillus-veneris*; *Polypodium vulgare*; *Phyllitis scolopendrium*; *Pteridium aquilinum*; *Pteris vittata*; *Pteris longifolia*; *Woodwoedia radicans*.

La vegetazione delle rupi e dei litorali è caratterizzata da *Artemisia absinthium*, *Helichrysum litoreum*, *Crithmum maritimum*, *Limonium inarimense*, da vari membri della tribù delle geniste.

La vegetazione locale è accompagnata da specie invasive quali, tra le più abbondanti, *Opuntia fiucs barberica*, *Agave americana* e *Aloe barbadensis* (Monti et al. 2008), nonché, dai sempre più numerosi esemplari di *Ailanthus altissima* e di *Robinia pseudoacacia*.

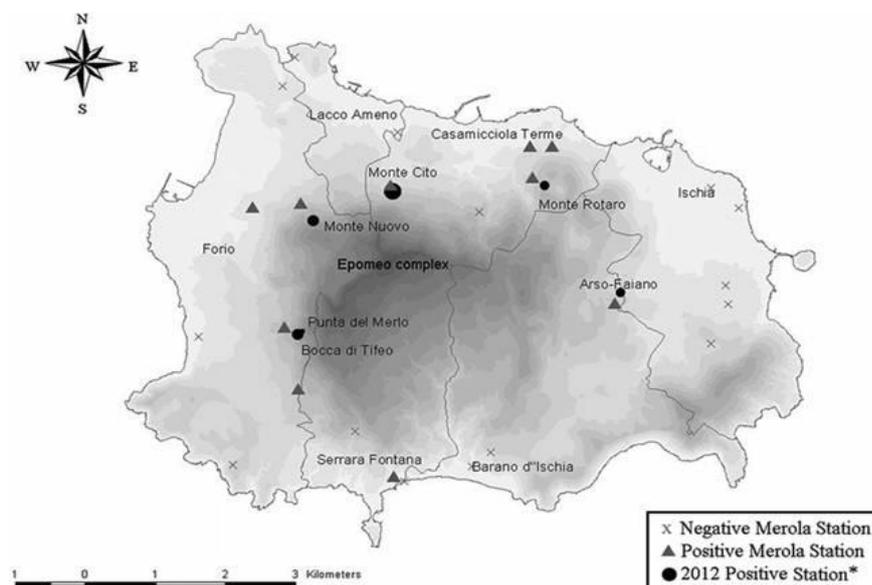
La presenza di microhabitat crea, inoltre, peculiari microclimi, capaci di ospitare specie subtropicali e tropicali. Queste zone, inoltre, presentano condizioni favorevoli alla crescita durante tutto l'anno, compreso il periodo invernale (<http://www.isoladischia.net/flora-e-fauna-ischia/la-flora-di-ischia>).

Tra questi microhabitat, di particolare interesse si mostrano le fumarole. Considerabili come *hotspot* di biodiversità, e come "ambienti isola", a causa della loro distribuzione puntiforme e variamente isolata sul territorio. Rappresentano, inoltre, un ambiente estremo, che può

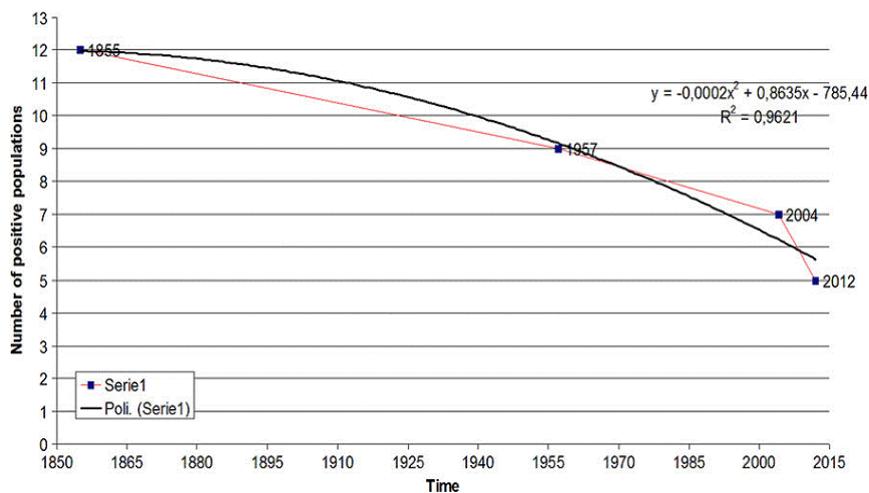
generare pressioni selettive sulle specie ivi presenti in virtù delle alte temperature (circa 80°C) che caratterizzano le sue emissioni di vapore acqueo; recentemente, infatti, presso uno dei distretti termali dell'isola è stato isolato un nuovo genere di cianobatteri, *Protolyngbya* (Sciuto et al. 2011).

Queste si mostrano ambienti ideali per le briofite e, più internamente, per i cianobatteri, che generalmente sono più resistenti a temperature maggiori (Brullo et al. 2001). Presso le fumarole è possibile osservare anche specie vegetali tipiche di macchia mediterranea, come *Cistus spp.*, *Erica arborea*, *Plantago bellardi*, che mediante una serie di meccanismi adattativi, come ad esempio il plagiotropismo radicale, riescono a godere dei benefici che quest'ambiente offre durante l'anno.

Le fumarole, inoltre, si mostrano, sia da un punto di vista corologico ed ecologico, sia da quello prettamente conservativo, come luoghi di grande interesse. Presso le quali è, infatti, possibile, ad esempio, trovare specie relitto del Terziario (Brullo et al. 2011). Specie come *Barbella strongylensis* e *Trematodon longicollis*, due specie di muschi molto rari nel bacino Mediterraneo, infatti, possono trovare rifugio (Vallariello 2001). Questo è anche il caso di *Cyperus polystachyos*, il rarissimo papiro delle fumarole, che fino a poco tempo fa era segnalato esclusivamente sull'isola d'Ischia. Questa specie igrofila, termofila ed eliofila, è protetta in Campania dalla Legge per la preservazione di flora rara o endemica (Regione Campania 1994) e successivamente dalla Direttiva Habitat 92/43/EEC, così che nel 2010 la legislazione locale istituì dei Siti di Interesse Comunitario (SIC). Nonostante ciò, attualmente, la popolazione di *Cyperus polystachyos* risulta essere in diminuzione (Sibilio et al. 2015).



**Fig. 11** Distribuzione delle popolazioni di *Cyperus polystachyos* nel 2012. Queste sono state confrontate con i dati bibliografici risalenti al 1957.



**Fig. 12** Questo grafico ci illustra la progressiva diminuzione di *Cyperus polystachyos* nel periodo compreso tra il 1855 e il 2012.

Queste norme provvedono alla protezione e conservazione di molte altre specie presenti sull'isola d'Ischia com'è possibile vedere dalla **Tabella 1**, che riporta alcune delle specie protette.

**Tabella 1. Specie rare e/o endemiche protette presenti sul territorio Ischitano**

- |                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| 1. <i>Aceras anthropophorum</i> ;    | 11. <i>Isopterygium tenerum</i> ;       |
| 2. <i>Barbella strongylensis</i> ;   | 12. <i>Pleurochaete squarrosa</i> ;     |
| 3. <i>Bryum bicolor</i> ;            | 13. <i>Pteris vittata</i> ;             |
| 4. <i>Bryum donianum</i> ;           | 14. <i>Pterogonium gracile</i> ;        |
| 5. <i>Bryum rubens</i> ;             | 15. <i>Scleropodium purum</i> ;         |
| 6. <i>Cephalanthera damasonium</i> ; | 16. <i>Scleropodium touretii</i> ;      |
| 7. <i>Dicranella heteromalla</i> ;   | 17. <i>Trematodon longicollis</i> ;     |
| 8. <i>Ditrichum pallidum</i> ;       | 18. <i>Trichostomum brachydontium</i> ; |
| 9. <i>Eipterygium tozeri</i> ;       | 19. <i>Weissia controversa</i> ;        |
| 10. <i>Grimmia trichophylla</i> ;    | 20. <i>Woodwardia radicans</i> .        |

Un altro incredibile patrimonio vegetale dell'isola è rappresentato dalla ventina di specie di orchidee spontanee ivi presenti. Queste vanno salvaguardate e tutelate, di fatto, anch'esse sono protette dalla Legge regionale del 25 novembre 1994 n.40, che tutela la flora endemica e rara della Campania (Vallariello 2001), nonché dalla Direttiva Habitat 92/43/EEC. La **Tabella 2** mostra alcune delle specie di orchidee più importanti presenti sull'isola.

**Tabella 2. Orchidaceae spontanee dell'isola d'Ischia**

1. <i>Aceras anthropophorum</i> ;	9. <i>Cephalanthera damasonium</i> ;
2. <i>Cephalanthera longifolia</i> ;	10. <i>Dactylorhiza romana</i> ;
3. <i>Dactylorhiza saccifera</i> ;	11. <i>Epipactis microphylla</i> ;
4. <i>Limodorum abortivum</i> ;	12. <i>Neotinea intacta</i> ;
5. <i>Ophrys apifera</i> ;	13. <i>Orchis coriophora</i> ;
6. <i>Orchis papilionacea</i> ;	14. <i>Orchis provincialis</i> ;
7. <i>Serapias cordigera</i> ;	15. <i>Serapias lingua</i> ;
8. <i>Spiranthes spiralis</i> .	

L'attuale composizione floristica dell'isola è stata influenzata, a partire dalla seconda metà del XX secolo, dalle diverse forme di pressione antropica, le quali possono essere ricondotte alle incisive variazioni nell'uso del territorio. Le aree private di vegetazione naturale e poste a cultura, prevalentemente di vigneti, hanno influenzato fortemente la fisionomia del paesaggio. A seguito dei fenomeni di urbanizzazione si è verificata, ad esempio, una forte diminuzione di zone umide che prima ospitavano specie d'interesse (Ricciardi et al. 2004). Tra queste vanno sicuramente ricordate specie come *Alisma plantago-aquatica*, *Eleocharis palustris* *Ophioglossum lusitanicum* e *Carex spp.*

Mentre lo sfruttamento del litorale, soprattutto per scopi balneari, ha causato la scomparsa di molte specie dal notevole interesse fitogeografico. Alcune di queste specie sono state riportate in **Tabella 3**.

**Tabella 3. Specie scomparse dalle zone litorali e costiere in precedenza segnalate ad Ischia**

1. <i>Anthemis maritima</i> ;	9. <i>Bassia saxicola</i> ;
2. <i>Cakile maritima</i> ;	10. <i>Calystegia soldanella</i> ;
3. <i>Crithmum maritimum</i> ;	11. <i>Cyperus mucronatus</i> ;
4. <i>Echinophora spinosa</i> ;	12. <i>Eryngium maritimum</i> ;
5. <i>Euphorbia paralias</i> ;	13. <i>Glaucium flavum</i> ;
6. <i>Ipomea imperati</i> ;	14. <i>Medicago marina</i> ;
7. <i>Otanthus maritimus</i> ;	15. <i>Pancratium maritimum</i> ;
8. <i>Pycnocomon rutifolium</i> ;	16. <i>Salicornia herbacea</i> .

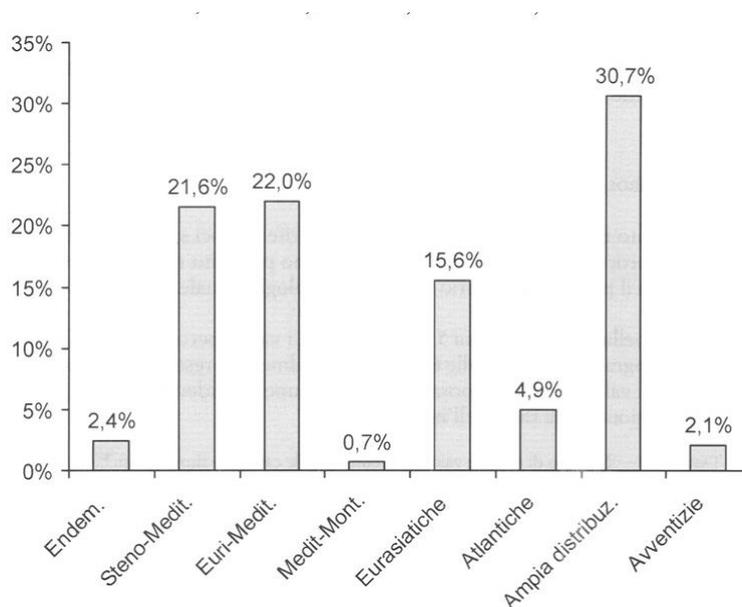
Da uno studio condotto nel 2004 sulla flora dell'isola d'Ischia, risultano scomparse circa 333 specie precedentemente segnalate (Ricciardi et al. 2004). La flora dell'isola risulta così non solo ridotta in superficie d'estensione, ma mostra una significativa diminuzione del numero di specie endemiche e rare, e un incremento di specie avventizie e alloctone.

Tuttavia, la presenza di microhabitat all'interno dell'isola ha permesso una tendenza meno marcata che in altre aree del Golfo di Napoli per quel che riguarda la scomparsa di specie con interesse floristico e fitogeografico (Ricciardi et al. 2004). Ad esempio, *Limonium inarimense*, specie esclusiva dell'isola o la felce termofila, altra specie relitto del Terziario, *Woodwardia radicans*, possono trovare un rifugio nelle condizioni microclimatiche offerte dall'isola.

Inoltre, di particolare importanza vengono assunono i ritrovamenti di *Genista gasparrini* e di *Centaurium erythraea subsp. majus* (Ricciardi et al. 2004).

Dagli spettri corologico e biologici condotti in passato (Ricciardi et al. 2004), Ischia risulta all'incirca composta:

- Dal 46,3% da specie Mediterranee, con il 42% di terofite che conferiscono all'isola marcati lineamenti di mediterraneità, con variazioni legate in buona parte dal fattore altitudinale; pressoché uguale è la distribuzione tra le stenomediteranee e le eurimediteranee, mentre insignificante è l'incidenza delle mediterranee montane;
- Dal 30,7% di specie ad ampia distribuzione, che accompagnate da un incremento delle specie avventizie, che compongono il 2,1%, rappresentano il risultato della sempre maggiore pressione antropica;
- Dal 15,6% di specie Eurasiatiche, dato che conferma come questa categoria assuma sulle isole Napoletane valori meno elevati rispetto a quelli raggiunti sulle coste più vicine;
- Dal 2,4% di specie Endemiche, valore che risulta meno elevato rispetto alle altre aree del Golfo di Napoli, anche questo dato sembra potersi ricondurre all'elevato grado di antropizzazione ma anche alla giovane età del substrato di origine vulcanica; si ricorda ad ogni modo che tra queste ci sono specie rarissime che risiedono in habitat peculiari; infine, delle poche specie endemiche risultate nuove la maggior parte è rappresentata da piante sinantropiche o ampiamente diffuse sul territorio italiano come *Linaria purpurea*, *Alnus cordata*, *Antirrhinum siculum* e *Centaurea deusta*.

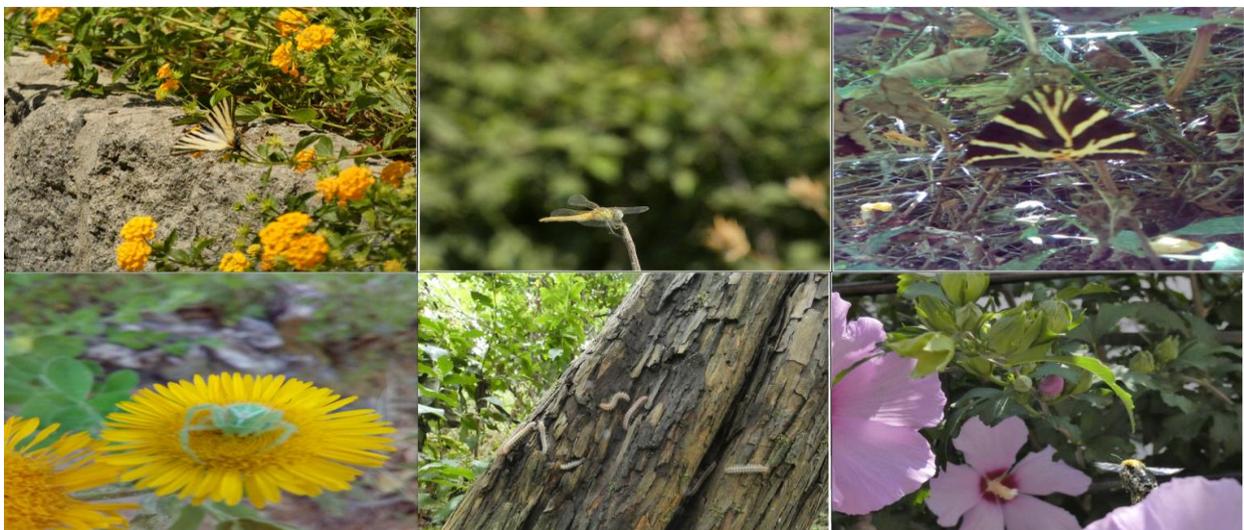


**Fig. 13** Distribuzioni percentuali dei corotipi presenti sull'isola d'Ischia, sulla base di 668 campioni.

## 2.2. Biodiversità animale

La grande biodiversità vegetale presente sull'isola ha permesso l'affermarsi di una considerevole biodiversità animale. Di fatto, la fauna Ischitana si trova favorita delle condizioni vegetazionali e climatiche presenti sul territorio. Queste rendono possibile l'instaurarsi di ricche popolazioni animali.

Gli invertebrati abbondano in tutti gli ambienti dell'isola, ad esempio gli ambienti umidi si mostrano particolarmente favorevoli a onischi, limacce e chioccioline. Gli artropodi sono tra i più numerosi, sia per numero d'individui che per numero di specie. Fortemente rappresentati in tutte le loro classi e in tutti gli ambienti dell'isola. Particolarmente ricca si mostra la pedofauna. Alcune degli invertebrati presenti hanno un rilievo naturalistico ed ecologico davvero singolare come, ad esempio, *Lithobius infossus* una specie di chilopode esclusiva della fauna Italiana (Zapparoli 2017). Per quel che concerne l'artropodofauna, una menzione particolare deve essere posta per gli ambienti cavernicoli. Questi, presenti sull'isola in gran numero, ospitano specie endemiche del Sud - Italia, ad esempio *Dolichopoda geniculata* (Allegrucci et al. 2014) e *Euscopius parthenopeius* (<http://www.ilgolfo24.it/gli-scorpioni-italiani-quello-napoletano-gli-euscorpium>).



**Fig. 14** Biodiversità dell'artropodofauna Ischitana. Alcune delle specie sono particolarmente interessanti per i loro meccanismi adattativi, come ad esempio il "ragno granchio", in basso a sinistra; altre ci mostrano la presenza di luoghi umidi e pozze d'acqua, come i miriapodi e la libellula nelle immagini al centro. Altre sono di particolare bellezza, come il podalirio, *Iphiclides podalirius*, in alto a sinistra. Altre mostrano la bellezza della natura in alcuni dei suoi fenomeni più importanti, come l'atto dell'impollinazione ad opera di un imenottero in basso a destra. Inoltre sono presenti molte specie rare e/o endemiche, alcune delle quali sono fortemente minacciate, come *Callimorpha quadripunctaria*, la falena dell'edera in alto a destra, specie prioritaria nell'Allegato II della Direttiva Habitat 92/43/CEE. Credits: Fruttidoro Giuseppe

L'isola, nei suoi diversi ambienti, permette la presenza di molti vertebrati. Tra questi i più numerosi sono i membri dell'avifauna. Nelle pinete sono presenti, ad esempio, *Regulus regulus*, *Regulus ignicapilla*, *Streptopelia turtur*, *Columba palumbus*; mentre nei boschi a latifoglie e nella macchia mediterranea è possibile osservare diverse specie di interesse come *Turdus iliacus*, *Turdus philomelos*, *Turdus pilaris*, *Turdus viscivorus* (<http://www.cittadellascienza.it/centrostudi/2016/09/ischia-fauna-gestione-e-conservazione-di-un-patrimonio-naturale/>).

Tra le varie specie nidificanti alcune sono molto rare. Ischia, ad esempio, costituisce uno dei pochi siti di nidificazione di *Ichthyaetus audouinii*.

Il gabbiano corso, specie endemica del bacino Mediterraneo, è caratterizzato da abitudini riproduttive strettamente coloniali e da un comportamento migratorio circoscritto all'area Mediterranea (Giustino et al. 2006). Questa specie è fortemente minacciata a causa dei pochi siti riproduttivi in cui poter nidificare, inoltre la specie conta un numero di coppie relativamente basso. I pochi siti di nidificazione sono sottoposti a continue minacce. Queste sono poste dal disturbo antropico e dalla competizione con *Larus michahellis*. La prima nidificazione accertata sull'isola d'Ischia risale al 2006 (Fraissinet et al. 2013). Ischia, in questo panorama, si configura, quindi, come un importante sito per la sopravvivenza di *Ichthyaetus audouinii*. Il gabbiano corso è protetto da innumerevoli leggi, norme e regolamenti, quali la Convenzione di Berna, la Convenzione di Bonn, la Convenzione di Barcellona, la Direttiva Uccelli, nonché molte leggi nazionali e regionali. Ricordiamo che, queste stessi leggi e normative mirano a proteggere anche molte altre specie dall'avifauna presenti a Ischia.



**Fig. 15** Alcuni esemplari di gabbiano corso, in compagnia di alcuni gabbiani comuni, *Chroicocephalus ridibundus*, sulle scogliere di Ischia Porto. Credits: Fruttidoro Giuseppe

Alcune tra le specie più interessanti, da un punto di vista naturalistico, nidificanti sull'isola d'Ischia sono riportate in **Tabella 4**.

**Tabella 4. Specie con particolare interesse naturalistico nidificanti sull'isola d'Ischia**

1. <i>Buteo buteo</i>	5. <i>Ichthyaetus audouinii</i>
2. <i>Corvus corax</i>	6. <i>Luscinia megarhyncha</i>
3. <i>Falco peregrinus</i>	7. <i>Sylvia undata</i>
4. <i>Falco tinnunculus</i>	8. <i>Tyto alba</i>

L'isola, inoltre, si mostra fortemente influenzata dai movimenti dell'avifauna migratrice. Grazie alla presenza di vari ambienti, l'isola permette a più specie, molto diverse tra loro per nicchia ecologia, di trovare riparo e cibo. Ischia costituisce così un importante tappa nel corso della migrazione dell'avifauna.

Alcune delle specie dell'avifauna migratoria sono riportate in **Tabella 5**.

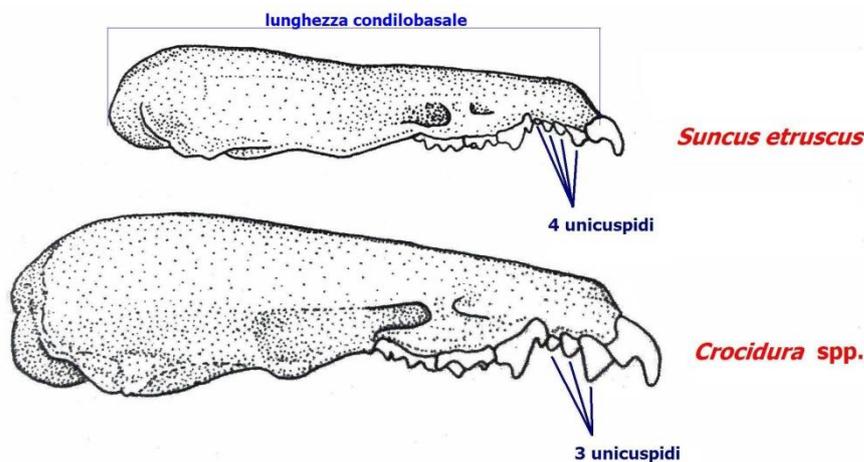
**Tabella 5. Esempi dell'avifauna migratrice che è possibile osservare sull'isola d'Ischia**

1. <i>Anas platyrhynchos</i>	9. <i>Garrulus glandarius</i>
2. <i>Ardea cinerea</i>	10. <i>Hirundo rustica</i>
3. <i>Asio flammeus</i>	11. <i>Milvus migrans</i>
4. <i>Ciconia ciconia</i>	12. <i>Milvus milvus</i>
5. <i>Ciconia nigra</i>	13. <i>Otus scops</i>
6. <i>Coturnix coturnix</i>	14. <i>Pandion haliaetus</i>
7. <i>Cuculus canorus</i>	15. <i>Pernis apivorus</i>
8. <i>Delichon urbicum</i>	16. <i>Upupa epops</i>

Tra le principali cause di declino dell'avifauna, sia locale che migratrice, vi troviamo l'attività venatoria indiscriminata; questa, insieme al cambio climatico e alla scomparsa degli habitat, rappresenta la più grande minaccia all'avifauna. L'avifauna migratrice si dimostra la più colpita. Infatti, in certi casi, la caccia comporta un effetto "collo di bottiglia" nelle popolazioni all'epoca della migrazione. Ischia, purtroppo e malgrado le numerose leggi di prevenzione, costituisce un esempio rappresentativo di caccia su piccole isole (Barca et al. 2016). La presenza di regolamenti e restrizioni imposti all'attività venatoria dovrebbe attutire questi effetti che, da un punto di vista genico e quindi adattativo, possono risultare molto gravi per le popolazioni naturali. Tuttavia l'assenza di controlli adeguati non garantisce il rispetto di tali leggi. Ciò può facilmente essere osservato anche nei siti d'interesse comunitario (SIC) presenti sull'isola.

Mentre la teriofauna selvatica dell'isola è composta da chiroteri, lagomorfi, roditori e soricomorfi.

Tra i soricomorfi è presente *Crocidura suaveolens*. Inoltre fu ritrovato un esemplare di *Suncus etruscus* nel 1883. L'esemplare fu affidato al Museo Zoologico di Napoli, ma successivamente fu perduto (Nappi et al. 2007). Da allora *Suncus etruscus* non fu più segnalato sull'isola. Tuttavia, ricordiamo, che questi organismi sono veramente schivi e furtivi. In particolare, *Suncus etruscus* presenta abitudini prevalentemente notturne. I suoi habitat sono rappresentati da gariche o praterie con sassi, macchia mediterranea, margini di pinete o siepi, in letti di uadi, e da ambienti sinantropici (Aulagnier et al. 2013). Questi sono tutti habitat variamente diffusi sull'isola. Inoltre ricordiamo che questa specie è distribuita su tutta la penisola e che potenzialmente può essere facilmente trasportata dall'uomo, anche se accidentalmente.



**Fig. 16** *Suncus etruscus*, il mustiolo è il più piccolo tra i mammiferi viventi per peso e massa corporea. L'illustrazione schematica ci mostra la notevole differenza tra il cranio di *Suncus etruscus* e quello di un generico cranio del genere affino *Crocidura*.

Tra i roditori dell'isola sono segnalati *Rattus rattus*, *Mus domesticus* e *Apodemus sylvaticus* (Nappi et al. 2007). Mentre tra i lagomorfi è presente un'unica specie, *Oryctolagus cuniculus*. Ischia è l'isola Campana su cui il coniglio selvatico è presente da maggior continuità temporale (Nappi et al. 2007). La presenza di questa specie, negli ultimi decenni, in Campania è stata limitata a poche aree. Dunque, lo stato di conservazione regionale di *Oryctolagus cuniculus* deve necessariamente tenere conto della ridotta estensione del territorio e del relativo isolamento di questo (Fraissinet et al. 2013), condizioni particolarmente risentite su di un'isola.



**Fig. 17** Distribuzione del coniglio selvatico, *Oryctolagus cuniculus*, nella penisola Italiana, che ci mostra come l'areale di questa specie sia poco esteso e fortemente frammentato. Fattori di cui deve tener conto lo stato di conservazione. Il coniglio selvatico è di fatto considerata come una specie "prossima alla minaccia".

Inoltre, va ricordato che le popolazioni di coniglio selvatico in Campania sono state fortemente influenzate dalle immissioni di stirpi da allevamento. In quest'ottica Ischia si mostra tra le località, in cui questa specie è presente allo stato brado, a subire un maggior numero d'immissioni (Fraissinet et al. 2013). Ciò è riconducibile alla pratica dell'allevamento semiselvatico del detto "coniglio di fosso", varietà locale. Pratica che provvede l'allevamento all'aperto, svolto in alcune fosse, in cui i conigli sono nutriti con il materiale vegetale presente nella zona, in modo da simulare le condizioni naturali della specie (Bovera et al. 2008).

In passato, la presenza del tufo verde, materiale vulcanico facilmente lavorabile, permise alla popolazione locale di creare una serie di cascine adibite a vari usi, in particolare a fini agricoli. Attualmente molte di queste risultano in uno stato di abbandono. Queste cascine unite agli anfratti e interstizi naturali dell'isola permettono la formazione di vari ambienti favorevoli alla fauna cavernicola.



**Fig. 18** Nell'isola, in particolar modo nella sua parte interna, abbondano gli ambienti cavernicoli costituiti dalle costruzioni abbandonate dell'uomo. Credits: Fruttidoro Giuseppe

Nonostante una grande disponibilità di nicchie diverse, i chirotteri segnalati sull'isola sono rappresentati da pochissime specie, quali *Pipistrellus kuhlii* (Angelici et al. 2009), *Rhinolophus ferrumequinum* e *Rhinolophus hipposideros* (<http://www.cittadellascienza.it/centrostudi/2016/09/ischia-fauna-gestione-e-conservazione-di-un-patrimonio-naturale/>). Ad ogni modo, tutte queste specie sono protette dalla Direttiva Habitat n. 92/43/CEE, all'allegato IV. Inoltre *Rhinolophus ferrumequinum* e *Rhinolophus hipposideros* sono inserite anche all'allegato II della stessa Direttiva Habitat (Dietz & Kiefer 2015). Si ritiene che, a seguito di successivi studi, il numero di specie segnalato sull'isola d'Ischia possa facilmente aumentare. Ischia potenzialmente può rappresentare un'importante tappa nella migrazione, non solo dell'avifauna ma anche, per i pipistrelli europei che compiono movimenti stagionali all'interno del bacino Mediterraneo.

La scarsa capacità dispersiva rende l'erpetofauna particolarmente sensibile all'isolamento e alla frammentazione degli habitat.

A oggi Ischia è l'unica isola dell'arcipelago Flegreo ad ospitare anfibi. Qui, infatti, oltre ad una ricca popolazione di *Pelophylax sp.*, limitata alle vasche artificiali dei giardini "La Mortella" (Cipolla & Nappi 2008), sono presenti diversi siti riproduttivi di *Bufo viridis* (Nappi et al. 2007). Questa specie presenta diverse sottospecie, tra cui prima era presente *B. v. balearicus*, il corrispondente della penisola Italiana. Dal 2008, questa fu elevata al rango di specie con il nome di *Bufo balearicus* (<http://www.iucn.it/scheda.php?id=215371297>). Ad Ischia oggi va, di conseguenza, segnalata la presenza di *B. balearicus*. Per questa specie si dimostrano necessarie significative azioni di conservazione. Ciò a causa della natura dei siti riproduttivi. Questi sono molto fragili, ad esempio possono essere rappresentati da pozze temporanee, e di conseguenza possono facilmente scomparire, sia per cause naturali che antropiche. Le subpopolazioni Ischitane di *B. balearicus* sono caratterizzate da un forte isolamento. Oltre che dal contesto insulare, l'isolamento è provocato dalla frammentazione ambientale. Infatti, tra i diversi siti riproduttivi è presente una forte matrice antropica. Questa matrice, che costituisce una barriera efficace ai movimenti di dispersione, rende i siti riproduttivi "habitat isola". La popolazione di *B. balearicus* dell'isola d'Ischia potrebbe presentare interessanti peculiarità da un punto di vista evolutivo (<http://www.cittadellascienza.it/centrostudi/2016/09/ischia-fauna-gestione-e-conservazione-di-un-patrimonio-naturale/>).



**Fig. 19** Girini di *Bufo balearicus* fotografati, nell'agosto 2018, nella "Pineta Mirtina" di Ischia. Credits: Fruttidoro Giuseppe

Tra gli ofidi è segnalata la presenza di *Hierophis viridiflavus* (Nappi et al. 2007). Tuttavia da indagini sul territorio, intervistando la popolazione locale, è emersa la possibile presenza di un'ulteriore specie di colubride. Questa è spesso descritta dal color rame e con occhi rossi pieni di sangue. Si ritiene possa trattarsi di *Zamenis lineatus*.

Mentre tra i sauri, che sono i rappresentati più abbondanti nell'erpetofauna Ischitana, sono segnalati *Hemidactylus turcicus*, *Tarentola mauritanica* e *Podarcis siculus* (Nappi et al. 2007). *Podarcis siculus* è una specie morfologicamente molto variabile (Biaggini et al. 2009), che presenta un cospicuo numero di entità locali (Speybroeck et al. 2016), presenta un comportamento tipicamente eliofilo ma si ritrova anche, con grande facilità, in ambienti boscosi e più umidi fino a contesti fortemente antropizzati (Guarino et al. 2012). Le abitudini alimentari sono particolarmente adeguabili e variabili (Bernini et al. 2009). *P. siculus* è una specie che in mostra in questo modo un'ampia valenza ecologia. Le popolazioni isolate risultano facilmente soggette a fenomeni di speciazione, ciò è vero soprattutto sulle isole dove ha originato numerose sottospecie endemiche (Biaggini et al. 2009). Le analisi condotte, sulle sequenze del DNA mitocondriale del citocromo B, mostrano un panorama genetico in cui gli aplotipi A e B sono i più diffusi, sia per il continente che per le diverse isole Flegree. Mentre gli aplotipi restanti sono rari e isola specifici. Sull'isola d'Ischia sono presenti l'aplotipo A e l'aplotipo E; quest'ultimo è esclusivo dell'isola d'Ischia (Biaggini et al. 2009). *Podarcis siculus* mostra un periodo di attività strettamente legato alle condizioni climatiche esterne. Alle medie latitudini, nei mesi invernali, la specie va in contro ad uno stato d'ibernazione, ma può presentare, nelle giornate più miti, un'attività sporadica. Il periodo di attività è compreso tra la stagione primaverile e quella autunnale. In questo periodo avviene il ciclo riproduttivo. Specie ovipera che possiede un ciclo tipicamente stagionale. Le temperature favorevoli alla gametogenesi sono registrate nei periodi che vanno da marzo inoltrato a metà maggio (Bernini et al. 2009). Alla maturazione delle gonadi segue il periodo degli amori. Le copule hanno luogo in primavera-estate. Ogni femmina depone un numero di uova variabile, in media tra le 2 e le 5 uova per evento riproduttivo (Guarino et al. 2012). Normalmente ciò avviene una sola volta durante il periodo di un anno. Tuttavia, in base alle condizioni climatiche locali è possibile che ci sia una nuova stimolazione delle gonadi. A cui segue un secondo evento riproduttivo che porta ad una nuova deposizione durante l'anno (Bernini et al. 2009). Si registrano un massimo di tre deposizioni in un anno. Dopo un periodo che va da uno a tre mesi, avviene la schiusa delle uova. I giovani neofiti presentano, in media, alla nascita una lunghezza di 6-7 cm (Guarino et al.

2012). Nelle popolazioni insulari la fecondità sembra essere più bassa, e dopo la deposizione segue un periodo di refrattarietà. Questa mira ad evitare la nascita dei neofiti in periodi in cui le risorse trofiche e le temperature costituiscono fattori limitanti (Bernini et al. 2009). Risulta dunque doveroso segnalare un'insolita costanza nella presenza di *P. siculus* ad Ischia durante tutto l'anno. Anche nei mesi invernali più freddi è, infatti, possibile osservare la presenza di adulti, sub-adulti e neofiti. Ciò potrebbe essere dovuto alle peculiari condizioni microclimatiche dell'isola che presentano temperature favorevoli e, inoltre, rendono possibile un'elevata densità ecologica, che si traduce in una disponibilità trofica durante una vasta parte anno.



**Fig. 20** *P. siculus* mostra una considerevole attività anche nei mesi invernali. Alcuni esemplari di piccole dimensioni fotografati ad Ischia nell'inverno 2018/2019. Credits: Fruttidoro Giuseppe

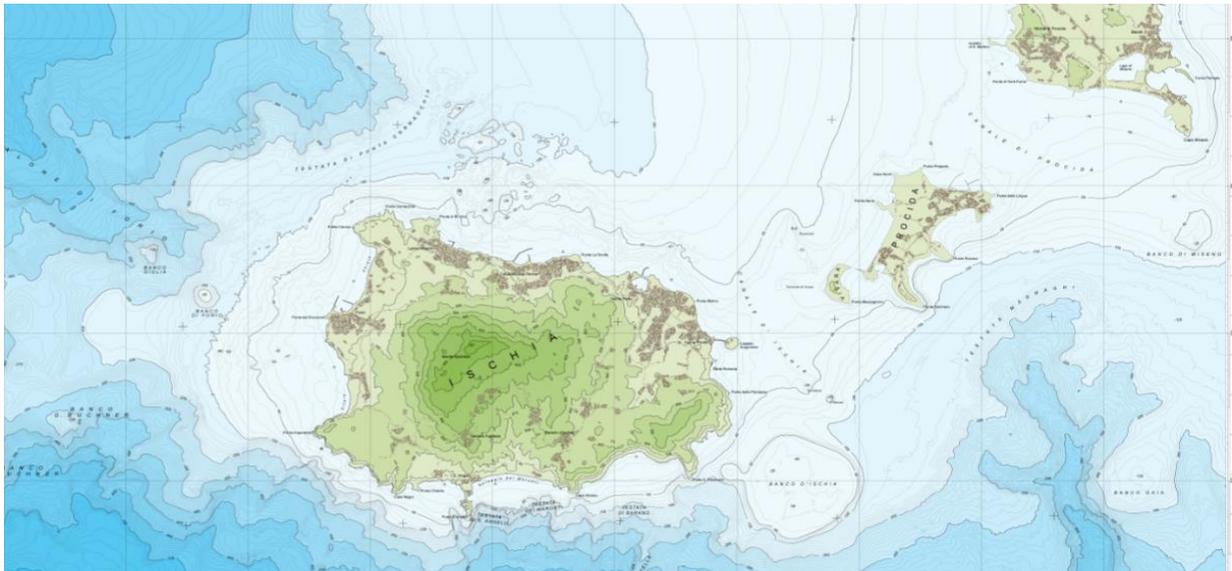
### 3. L'isola d'Ischia come LandBringe Island

La “Teoria biogeografia insulare” mira ad illustrare la storia naturale, e di conseguenza la distribuzione e le pressioni evolutive, degli organismi insulari e nel far questo individua diversi tipi d'isola, ognuna delle quali con caratteristiche specifiche.

Le “Landbringe Island”, alle quali si contrappongono le “isole oceaniche”, si trovano sulla piattaforma continentale e, di conseguenza, risultano poco distanti dalla terraferma. Inoltre il breve tratto di mare è generalmente accompagnato da una bassa profondità delle acque. Cosicché durante i periodi glaciali, a seguito della regressione marina, molte di queste isole presentavano degli istmi di collegamento con le coste prospicienti (Whittaker & Palacios 2007).

In quest'ottica, Ischia è una *Landbringe Island*. L'isola è situata lungo la terminazione meridionale del Margine Tirrenico Orientale, all'interno della piattaforma continentale (Sbrana et al. 2011).

La distanza che separa Ischia dalle prospicienti coste continentali è bassa, pari a circa 25 km per Napoli, così come la profondità delle acque. Inoltre, l'isola è fisicamente connessa con i campi Flegrei attraverso gli edifici vulcanici delle isole di Procida e Vivara (Barra et al. 1992), dove la profondità delle acque si dimostra più bassa (Sbrana et al. 2011).



**Fig. 21** Carta batimetrica dell'isola d'Ischia. L'andamento della profondità delle acque è influenzato dalla posizione marginale dell'isola sulla piattaforma continentale. Ne consegue una profondità delle acque, che da un lato cala sensibilmente con la distanza dalla costa, in corrispondenza della terminazione della piattaforma continentale e con l'inizio della scarpata oceanica; all'opposto, gli andamenti batimetrici interni alla piattaforma, tra il Canale D'Ischia e il Canale di Procida, mostrano un andamento delle acque più o meno costante e poco profondo.

I tassi di estinzione e quelli di colonizzazione, uniti ai meccanismi evolutivi ed ecologici insulari, costituiscono le caratteristiche biologiche delle *Landbringe Island*. I tassi di colonizzazione e di estinzione variano in base alla distanza dal continente e alla taglia dell'isola. Mentre i processi di speciazione dipendono dal tempo d'isolamento (Whittaker & Palacios 2007). Ischia ha una storia geologica recente, ne consegue un tempo d'isolamento relativamente breve. Tuttavia la disposizione puntiforme di particolari microclimi o di siti riproduttivi crea una serie di "habitat isola". Questi incrementano l'effetto dell'isolamento, in particolar modo per gli organismi dotati di scarse capacità dispersive.

Questi due fattori d'isolamento possono dare il via a i processi di divergenza genetica, ad esempio la popolazione di *Bufo viridis* potrebbe rilevare interessanti particolarità da un punto di vista evolutivo (<http://www.cittadellascienza.it/centrostudi/2016/09/ischia-fauna-gestione-e-conservazione-di-un-patrimonio-naturale/>). Ma ciò può essere dato anche dalle caratteristiche degli organismi, come ad esempio *Podarcis siculus*, specie che mostra un'ampia valenza ecologica e una grande variabilità morfologica (Guarino et al. 2012). Questa mostra una certa predisposizione nei confronti dei fenomeni d'isolamento, come dimostra uno studio sulle lucertole Campane che individua alcuni aplotipi isola specifici. L'aplotipo E è quello rinvenuto esclusivamente ad Ischia, insieme al più comune aplotipo A (Biaggini et al. 2009). La colonizzazione da parte di vertebrati non volatori delle isole del Golfo di Napoli è da considerarsi come il risultato d'interventi antropici, più che di colonizzazioni spontanee (Nappi et al. 2007). L'uomo si insediò ad Ischia nel Neolitico, circa nel 3500 a.c., e successivamente nell'VIII secolo a.c. ad opera dei Greci (Monti et al. 2008). Gli insediamenti umani modificano fortemente le caratteristiche biotiche delle isole, sia per l'esaurimento delle risorse, che per l'immissione di animali domestici o accidentalmente di organismi piccoli e furtivi, facilmente trasportabili (Diamond 1991). L'aumento della flora avventizia e alloctona (Ricciardi et al. 2004) è un altro fattore che ci mostra come il tasso di colonizzazione dell'isola d'Ischia subisca l'influenza dei processi antropici. Alla pressione antropica sono da ricondursi anche i tassi di estinzione. Le principali minacce alla biodiversità dell'isola sono da ricondursi all'uso indiscriminato del territorio, che ad esempio ha portato alla scomparsa di molte entità vegetali (Ricciardi et al. 2004), dalle attività venatorie e dall'urbanizzazione del territorio. L'isola d'Ischia si comporta, di conseguenza, come un'isola *Landbridge* antropizzata, le cui caratteristiche sono scandite da un'alternanza di processi naturali e antropici.

#### 4. Considerazioni conclusive

La grande biodiversità dell'isola, risultato dell'alternarsi degli eventi naturali e degli interventi antropici, è fortemente a rischio. Le minacce più consistenti sono rappresentate dall'uso indiscriminato del territorio e dalle attività venatorie locali. Lo *status* conservazionistico delle aree protette presenti ad Ischia, riportate in **Tabella 6**, risulta insufficiente. Di fatto questi siti non sono amministrati nell'effettivo, e riversano in uno *status* di abbandono e degrado. All'assenza dei controlli vanno ricondotte le attività illecite quali il bracconaggio, gli incendi dolosi, l'abbandono dei rifiuti, la raccolta di flora protetta, l'abusivismo edile e altre attività di vario genere che comportano un forte disturbo a flora e fauna.

---

##### Tab. 6 Aree protette dell'isola d'Ischia

SIC IT8030005 - "Corpo centrale dell'Isola di Ischia"

SIC IT8030010 - "Fondali marini di Ischia, Procida e Vivara"

SIC IT8030022 - "Pinete dell'Isola di Ischia"

SIC IT8030026 - "Rupi costiere dell'Isola di Ischia"

SIC IT8030034 - "Stazione di *Cyperus polystachyus* di Ischia"

Bisogna prendere atto della necessità di adoperare misure di monitoraggio sul territorio al fine di conoscere le reali condizioni degli ambienti dell'isola, prevenirne le minacce e comprendere le caratteristiche demografiche ed ecologiche dei vari taxa, riconoscendo in questa pratica un approccio di natura conservazionistica che tenda a proteggere in maniera più efficace gli ambienti presenti sull'isola e le specie ospitate in questi.

Concludendo, l'isola d'Ischia costituisce un interessante caso di studi, che va approfondito, nell'ambito della biogeografia, dell'ecologia e dei meccanismi evolutivi che agiscono sulle popolazioni naturali delle isole Mediterranee. Inoltre, grazie alla presenza di specie d'interesse, e alla posizione dell'isola all'interno del Golfo di Napoli, che la rende un importante tappa nel corso delle migrazioni animali, ad Ischia deve essere attribuito un notevole valore conservazionistico. Il patrimonio di biodiversità dell'isola va rivalutato e deve essere meglio compreso, salvaguardato e amministrato.



**BIBLIOGRAFIA**

**Allasinaz A.** 1991. Paleontologia generale e sistematica degli invertebrati. Genova: ECIG – edizioni culturali internazionali di Genova.

**Allegrucci G., Rampini M., Di Russo C., Lana E., Cocchi S., Sbordonì V.,** 2014. Phylogeography and systematics of the westernmost Italian Dolichopoda species (Orthoptera, Rhaphidophoridae). Zookeys (437): 1–23.

**Angelici F. M., Laurenti A., Nappi A.,** 2009. A Checklist of the Mammals of small Italian islands. Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy 20 (1): 3-27.

**Aulagnier S., Haffner P., Mitchell-Jones A.J., Moutou F., Zima J.,** 2013. Guida dei mammiferi d'Europa, Nord Africa e vicino Oriente. Firenze: Maria Margherita Bulgarini.

**Barca B., Lindon A., Root-Bernstein M.,** 2016. Environmentalism in the crosshairs: Perspectives on migratory bird hunting and poaching conflicts in Italy. Global Ecology and Conservation 6: 189–207.

**Barra D., Cinque A., Italiano A., Scorziello R.,** 1992. Il Pleistocene superiore marino di Ischia. Paleoecologia e rapporti con l'evoluzione tettonica recente. Studi geologici camerti n. speciale: 231-243.

**Battisti C.** 2004. Frammentazione ambientale connettività reti ecologiche. Un contributo teorico e metodologico con particolare riferimento alla fauna selvatica. Provincia di Roma. Assessorato alle politiche ambientali, Agricoltura e protezione civile.

**Bernini F., Sindaco R., Doria G., Razzetti E.,** 2009. Atlante degli anfibi e dei rettili d'Italia. Firenze: Polistampa.

**Biaggini M., Nulchis V., Carretero M. A., Cipolla R. M., Corti C., Nappi A., Harris D. J.,** 2009. Low genetic differentiation between populations of *Podarcis sicula* (Reptilia, Lacertidae) from the Italian islands off the coast of Campania and the mainland. The Belgian Journal of Zoology 139 (2): 169-172.

**Bovera F., Di Meo C., Nizza S., Piccolo G., Nizza A.,** 2008. Effect of Different Raising Techniques on In vivo Performance and Carcass and Meat Traits of Ischia Grey Rabbit. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 21 (9): 1361-1366.

**Boyer A.G., Jetz W.** 2010. Ecography 33: 369-379.

**Brullo S., Privitera M., Puglisi M.,** 2001. Phytogeographical considerations on the fumarole bryoflora from Mediterranean and Macaronesian areas. Bocconeia 13: 329-336.

**Cipolla R. M., Nappi A.,** 2008. Checklist preliminare degli Anfibi e dei Rettili delle isole Campane. 7° Congresso Nazionale Societas herpetologica italica. Herpetologia Sardiniae. Oristano.

- Colwell R. K.** 2009. "III . 1 Biodiversity: Concepts, Patterns, and Measurement". The Princeton guide to ecology. Princeton University Press (editor). Pp. 257-263.
- Diamond J.** 1991. The rise and fall of Third Chimpanzee. London: Radius Random Century Group.
- Dietz C., Kiefer A.,** 2015. Pipistrelli d'Europa. Conoscerli, identificarli, tutelarli. Roma: Ricca editore.
- Eriksson O.** 1996. Regional Dynamics of Plants. A Review of Evidence for Remnant, Source-Sink and Metapopulations. *Oikos* Vol. 77, No. 2: 248-258.
- Foster J.B.** 1964. The evolution of mammals on islands. *Nature* 202: 234-235.
- Fraissinet M., Carpino F., Capasso S., Ciucci P., De Filippo G., Fusillo R., Gentile A., Guarino F.M., Maio N., Marcelli M., Russo D.,** 2013. Lista Rossa dei Vertebrati Terrestri e Dulciacquicoli della Campania. Salerno: Industria grafica Letizia Capaccio Scalo.
- Giustino S., Usai A., Maio N.,** 2006. Presenza del gabbiano corso *Larus audouinii* Payraudeau, 1826 (Charadriformes, Laridae) sull'isola di Ischia (Napoli). *Bollettino sezione Campania ANISN.* 31.
- Gould G.C., MacFadden B.J.,** 2004. Gigantism, Dwarfism, and Cope's Rule. Nothing in Evolution Makes Sense without a Phylogeny. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, (285): 219-237.
- Grant P.R., Grant B. R.** 2006. Evolution of Character Displacement in Darwin's Finches. *Science* 313 (5784), 224-226.
- Guarino F. M., Aprea G., Caputo V., Maio N., Odierna G., Picariello A.,** 2012. Atlante degli anfibi e rettili della regione Campania. Napoli: Massa editore s.r.l.
- Hanski I., Gilpin M.** 1991. Metapopulation dynamics brief history and conceptual domain. *Biological Journal of the Linnean Society* 42 (1-2): 3-16.
- Hickman C.P., Roberts L.S., Keen S.L., Eisenhour D.J., Larson A, l'Anson H.** 2011. Integrated Principles of Zoology, Fifteenth Edition. New York: The McGraw-Hill Companies.
- Keogh J.S., Ian S. A.W., Hayes C.** 2005. Rapid and repeated origin of insular gigantism and dwarfism in Australian tiger snakes. *Evolution*, 59 (1): 226–233.
- Margules C., Usher M.B.,** 1981. Criteria used in assessing wildlife conservation potential: a review. *Biological conservation*, 21: 79-109.
- Meik J.M., Lawing M., Pires-daSilva A.,** 2010. Body Size Evolution in Insular Speckled Rattlesnakes (Viperidae: *Crotalus mitchellii*). *Plos One* 5 (3).

**Monti L., Giulivo I., Marianelli P., Mazzarella A., Esposito A.C., Di Iorio P.P., Donadio C., Putignano M.L., Toccaceli R.M., Gambi M.C., 2008.** Guida Geologico-Ambientale dell'isola D'Ischia. Firenze: Litografia Artistica Cartografica.

**Nappi A., Cippola R. M., Gabriele R., Masseti M., Corti C., Arcidiacono G., 2007.** Anfibi, Rettili e Mammiferi delle isole del Golfo di Napoli: check-list commentata. Studi Trentini di Scienze Naturali, Acta Biologica 83: 93-97.

**Opdam P., Foppen R., Reijen R., Schotman A., 1994.** The landscape ecological approach in bird conservation. Integrating the metapopulation concept into spatial planning. Ibis, 137: 139-146.

**Pafilis P. 2009.** Intraspecific competition and high food availability are associated with insular gigantism in a lizard. Naturwissenschaften 96:1107–1113.

**Reid W. V., Mooney H. A., Cropper A., Capistrano D., Carpenter S. R., Chopra K., Dasgupta P., Dietz T., Duraiappah A. K., Hassan R., Kasperson R., Leemans R., May R. M., McMichael T. A. J., Pingali P., Samper C., Scholes R., Watson R. T., Zakri A.H., Shidong Z., Ash N. J., Bennett E., Kumar P., Lee M. J., Raudsepp-Hearne C., Simons H., Thonell J., Zurek M. B., 2005.** Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Millennium Ecosystem Assessment.

**Ricciardi M., Mazzaro R., Caputo G., Di Natale A., Vallariello G., 2004.** La flora dell'isola di Ischia (Golfo di Napoli). Webbia 59 (1): 1-113.

**Sarà M. 2002.** L'integrazione di genotipo e fenotipo alle soglie del 2000. Systema Naturae, Vol. 4: 181-208.

**Sbrana A., Toccaceli R.M., Biagio G., Cubellis E., Faccenna C., Fedi M., Florio G., Fulignati P., Giordano F., Giudetti G., Grimaldi M., Italiano F., Luperini W., Marianelli P., Buia M.C., Donadio C., Gambi M.C., Putignano M.L., Aiello G., Budilon F., Conforti A., D'Argenio B., 2011.** Carte geologica della Regione Campania. Isola D'Ischia. Firenze: Litografia Artistica Cartografica.

**Sciuto K., Rascio N., Andreoli C., Moro I., 2011.** Polyphasic characterization of ITD-01, a cyanobacterium isolated from the Ischia Thermal District (Naples, Italy). Fottea 11 (1): 31–39.

**Sibilio G., Russo A., Vallariello R., Menale B., De Luca P., De Castro O., 2015.** The past, present and future of thermophilous *Cyperus polystachyos* Rottb. (Cyperaceae) on the island of Ischia (southern Italy). Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology, 149 (5): 933-942.

**Slikas B., Olson S. L., Fleischer R.C., 2002.** Rapid, independent evolution of flightlessness in four species of Pacific Island rails (Rallidae). AN analysis based on mitochondrial sequence data. Journal of Avian Biology 33: 5–14.

**Smith T. M., Smith R. L., 2017.** Elementi di ecologia. Italy: Pearson Italia S.p.A.

**Speybroeck J., Beukema W., Bok B., Der Voort J.V., Velikov I.,** 2016. Field Guide to the Amphibians & Reptiles of Britain and Europe. Londra: Bloomsbury Publishing Plc.

**Thierry L.** 2000. Effect of a Motorway on Mortality and Isolation of Wildlife Populations. *Ambio. A Journal of the Human Environment* 29 (3):163-167.

**Vallariello G.** 2001. Le specie vegetali endemiche dell'isola d'Ischia, ed altre ad areale ristretto, puntiforme. Situazione attuale e problematiche connesse. *La Rassegna d'Ischia*, 3-4.

**Whittaker R. J., Palacios J. M. F.,** 2007. *Island Biogeography. Ecology, evolution, and conservation.* Oxford: Oxford University Press.

**Wiens J.A.,** 1976. Population responses to patchy environments. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 7: 81-120.

**Zapparoli M.** 2017. I chilopodi della riserva naturale isola di Montecristo (Parco Nazionale dell'arcipelago Toscano, Mare Tirreno). Check-list commentata delle specie (chilopoda). *Atti della Società. Toscana di scienze naturali. Memorie, Serie B*, 124 Pp. 121-127.

## SITOGRAFIA

<http://biodiversita.biol.unipr.it>

<http://www.cittadellascienza.it/centrostudi/2016/09/ischia-fauna-gestione-e-conservazione-di-un-patrimonio-naturale/>

<http://www.ilgolfo24.it/gli-scorpioni-italiani-quello-napoletano-gli-euscorpius>

<http://www.isoladischia.net/flora-e-fauna-ischia/la-flora-di-ischia>

<http://www.iucn.it/scheda.php?id=215371297>

[http://www.treccani.it/enciclopedia/insula\\_%28Enciclopedia-Italiana%29/i](http://www.treccani.it/enciclopedia/insula_%28Enciclopedia-Italiana%29/i)

<https://www.iucn.org/>

**RINGRAZIAMENTI**

Un ringraziamento davvero sentito alla mia famiglia. Ai miei genitori che hanno fatto sempre il possibile per garantire a mia sorella e a me una buona istruzione e un'elevata qualità di vita. Vi ammiro molto. Ammiro come gestite la vita e spero un giorno di essere altrettanto capace. A mia sorella, con immenso affetto, per il bene ed il legame che ci lega.

Amo tutti voi e la concretizzazione della parola "famiglia" quando vi penso.

Un ringraziamento speciale a tutti coloro che hanno fatto parte della mia vita, arricchendola di curiosità, nozioni, interessi, risate, escursioni, eventi, e molto altro, durante questo mio percorso universitario.