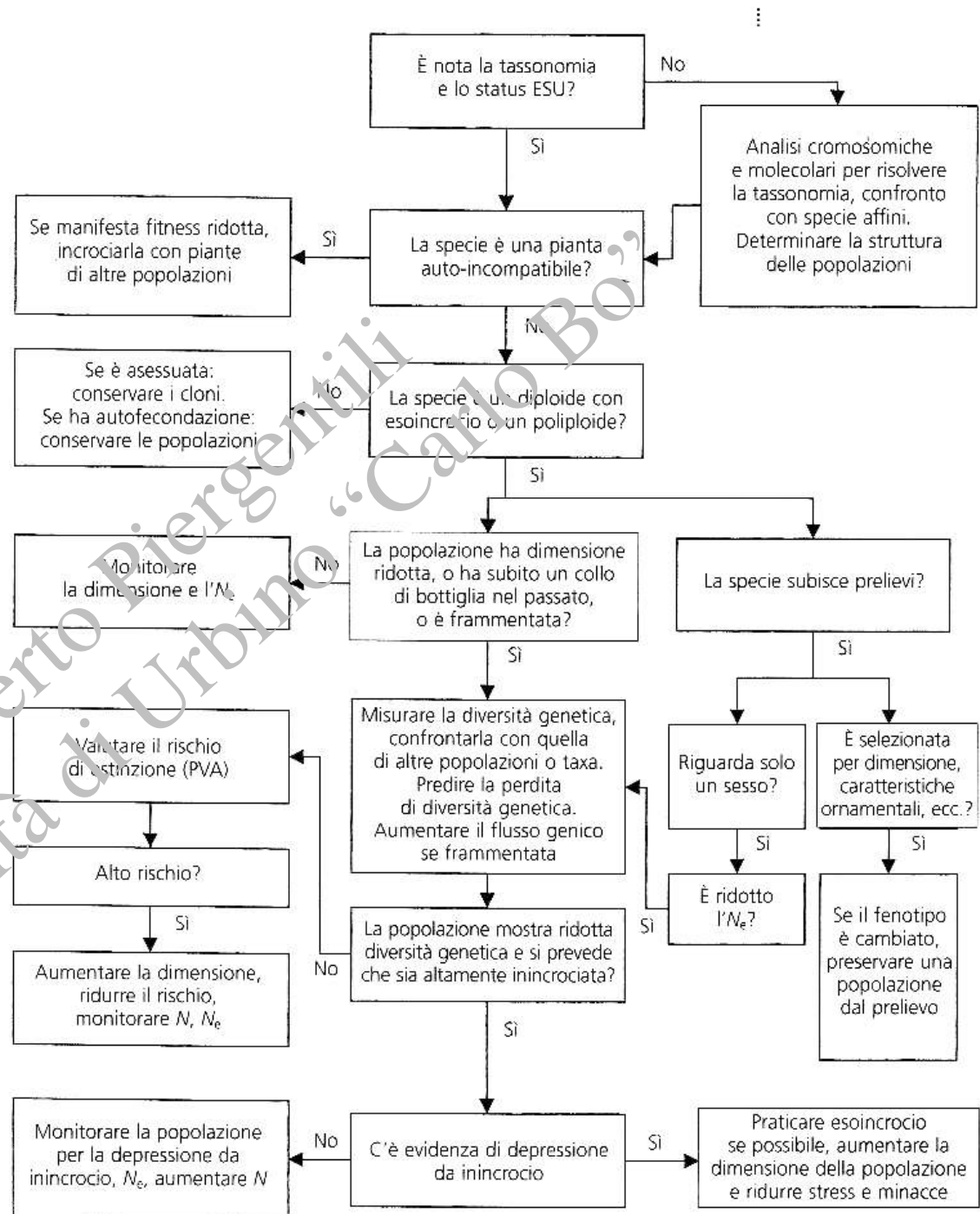


# Genetica della Conservazione

## Lezione 7

Gestione genetica in natura  
delle specie in pericolo

# La gestione genetica delle popolazioni a rischio di estinzione



# Aumentare la dimensione della popolazione a rischio

Le popolazioni a rischio sono sempre caratterizzate dall'esiguo numero di individui che la compongono ( $N$ ). Aumentare il numero degli individui, invertendo il declino demografico della popolazione, permette di attenuare simultaneamente la maggior parte delle minacce stocastiche. Ricordare che se la riduzione della popolazione è avvenuta per una sola generazione (o comunque molto poche) tale che  $N_e \geq 50$ , l'impatto genetico sulla popolazione stessa è minimo.

**Il primo ruolo di ecologisti, naturalisti ed ambientalisti è quello di identificare e rimuovere le cause del declino demografico.**

# Diagnosticare i problemi genetici

Per caratterizzare la situazione genetica di una popolazione a rischio è necessario sapere:

1. la grandezza della popolazione ( $N_e$ )
2. l'entità della deriva genetica, se c'è stata
3. l'entità della perdita di diversità genetica
4. l'entità della depressione da inincrocio
5. l'eventuale presenza di frammentazione

# Se la diversità genetica non è nota

Nel caso non sia possibile sapere direttamente l'entità della perdita di diversità genetica, si può calcolarla in maniera approssimativa. Ad esempio, nel caso della pantera della Florida, se la dimensione attuale della popolazione è 30-50 individui (N) mentre 70 anni fa la specie non era in pericolo, sapendo che la lunghezza L di generazione è 7 anni, si ha:

$$H_t/H_0 = [1 - 1/(2N_e)]^t = (1 - 1/10)^{10} = 0,9^{10} = 0,35$$

dando per scontato che  $N_e/N = 0,10$  da cui  $N_e = 0,1N = 5$  e sapendo che  $t = \text{anni}/L = 70/7 = 10$ ; **quindi la popolazione ha perso il 65% di diversità genetica, valore poi effettivamente riscontrato!**

# Recupero tramite esoincrocio

Una strategia efficace per il recupero di popolazioni in pericolo consiste nell'incrociarle con popolazioni differenti, in modo da ripristinare fitness e diversità genetica. Gli individui da scegliere dovranno:

provenire da popolazioni con esoincrocio (se disponibili); oppure

provenire da popolazioni con inincrocio, ma differenziate geneticamente dalla popolazione nella quale stanno per essere introdotti.

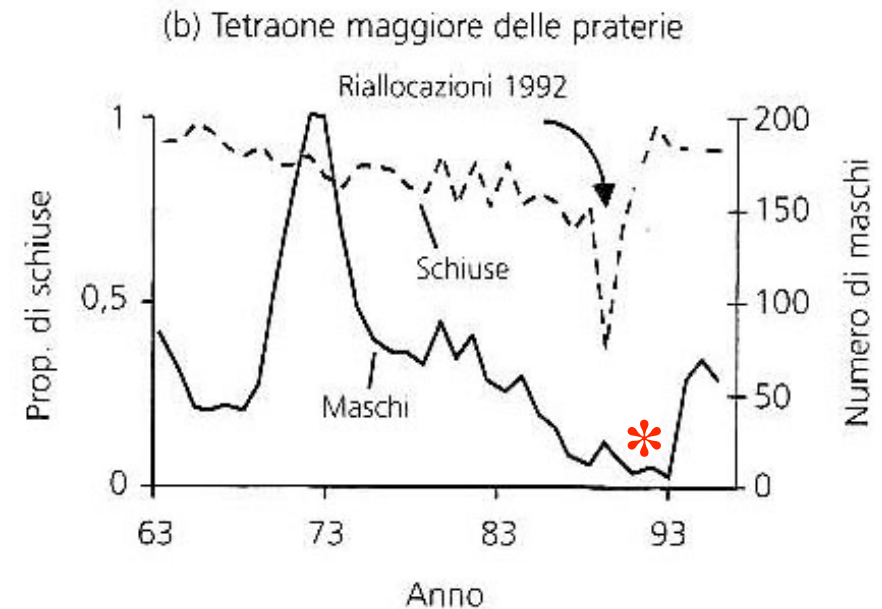
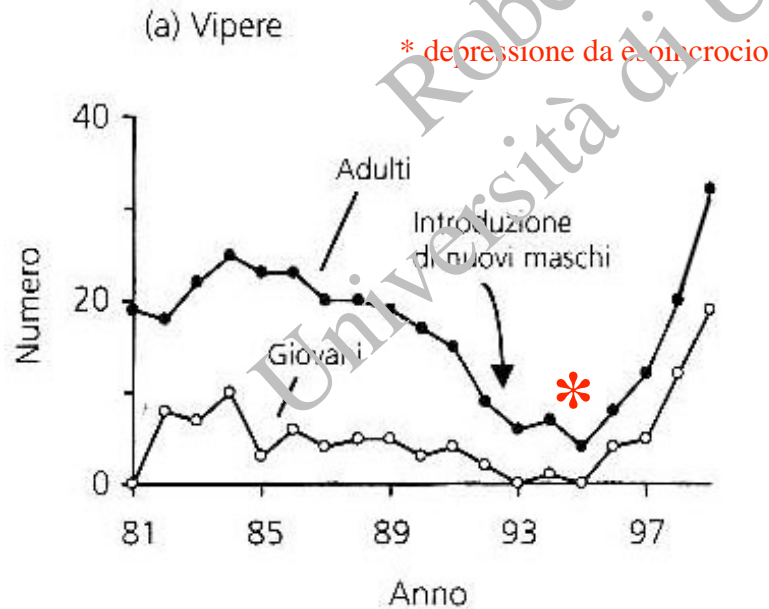
# Validità dell'approccio: due esempi



Vipera berus



Tympanuchus cupido





# Se popolazioni *vicine* non ci sono...

In caso di mancanza di individui affini appartenenti ad altre popolazioni, si può ricorrere alle sottospecie, ricordando però che in questo caso la depressione da esoincrocio può avere effetti gravi. Tuttavia, se si riesce ad ottenere ibridi *più o meno fertili*, ben presto la selezione farà sì che gli individui a maggiore fitness siano favoriti

ripristinando la popolazione

aumentandone la fitness totale

eliminando così la depressione da esoincrocio!



# La situazione peggiore

Si ha quando c'è una sola popolazione e nessuna sottospecie disponibile. In questo caso la strategia prevede:

aumentare la dimensione della popolazione ( $N$ )

costituire popolazioni in più località

massimizzare il tasso riproduttivo migliorando l'ambiente

allevare gli organismi in cattività o con altri mezzi *ex situ*

isolare la popolazione dai cambiamenti ambientali (quarantena per malattie o parassitosi, evitare competitori e predatori, ecc.)

**Tutti questi interventi *dovrebbero* minimizzare il rischio di estinzione in seguito ad eventi stocastici.**

# L'esempio della *Wollemia nobilis*

É una specie *relietta* australiana scoperta da poco e nota in precedenza solo dai fossili.

Non possiede più variabilità individuale in centinaia di loci genetici.

Tutti gli individui sono passibili di infezione da parte di un fungo comune che determina avvizzimento apicale.

Piano di recupero:

secretazione località di crescita  
accesso ai siti solo a personale autorizzato  
protocolli igienici rigidi per evitare malattie  
prevenzione degli incendi  
mantenimento campioni *ex situ*





# Gestione di popolazioni frammentate

Molte specie minacciate possiedono habitat frammentati. La gestione in questi casi richiede:

- incremento dell'area e della qualità dell'habitat
- incremento artificiale del flusso genico tramite riallocazione di individui
- creazione di corridoi di habitat

- ricostituzione delle popolazioni negli habitat in cui sono scomparse (se ancora disponibile)



*Ailuropoda melanoleuca*



# Problemi di riallocazione

La riallocazione di individui può essere costosa, soprattutto per animali di taglia grande, può comportare il rischio di lesioni, trasmissione di malattie, alterazioni del comportamento dopo il rilascio. Ad esempio, i leoni maschi riallocati uccidono tutti i cuccioli presenti; in altri casi, i maschi sessualmente adulti e residenti possono attaccare ed uccidere i maschi riallocati. In alcuni casi si può rimediare a questi problemi con l'inseminazione artificiale, quando questa tecnica sia stata sviluppata per un certo organismo.

# Il problema dei corridoi di habitat

Tramite i corridoi si può ristabilire il flusso genico naturale. Tuttavia il corridoio deve essere circondato da zone cuscinetto, e deve essere pensato in base all'animale che deve usufruirne. Animali grandi, ad esempio, hanno bisogno di corridoi ampi. Questi corridoi permettono anche alle popolazioni di fare fronte ai **cambiamenti climatici** (migrazione); senza i corridoi, molte popolazioni risultano bloccate perché ostacolate da habitat inospitali che separano le aree protette, quindi **il corridoio stesso deve essere fatto in modo da poter essere attraversato!**

# Gestione del flusso genico

Per questa gestione, si deve considerare:

quali individui si devono riallocare

quanti individui si devono riallocare

con quale cadenza temporale gli individui vanno riallocati

dove vanno riallocati gli individui e da dove prelevarli  
inizio e fine della riallocazione

**Obiettivo: identificare un sistema che mantenga le popolazioni geneticamente vitali, che si adattino ad eventuali altri limiti gestionali, e che sia realizzabile economicamente.**

# Ricostituzione di popolazioni estinte

Nel caso una popolazione sia sparita da un certo habitat, e se questo è ancora disponibile ed in grado di sostenere la reintroduzione, si possono utilizzare le popolazioni esistenti per ripopolarlo. Per minimizzare l'inincrocio e massimizzare la diversità genetica si dovrebbero prendere individui da tutte le popolazioni disponibili e reinserirli nell'habitat da ripopolare.

In caso di popolazioni con differenziazione genetica adattativa (molte piante), gli individui riallocati dovrebbero provenire da popolazioni che vivono in habitat il più possibile simili a quello da ripopolare.



# Progettazione di una riserva

La progettazione di una riserva deve mettere insieme problematiche genetiche, ecologiche e politiche. Si deve considerare:

quali e quante sono le specie bersaglio che, se perse, influirebbero negativamente e considerevolmente sulla biodiversità della riserva

il numero minimo di individui necessari per garantire un'alta sopravvivenza della popolazione a lungo termine

l'ampiezza e la tipologia dell'area richiesta per poter introdurre e sostenere questa popolazione, basandosi su dati noti (di quella o di popolazioni affini)

il numero delle riserve (meglio una grande o tante piccole?)

# Il numero delle riserve: pro e contro

Dal punto di vista genetico, una riserva grande è meglio perché la frammentazione delle popolazioni è deleteria. Tuttavia una sola riserva è più soggetta a rischi stocastici (per esempio, incendi), quindi sarebbe meglio averne tante. L'ideale (irrealizzabile politicamente) è averne tante, e grandi. In pratica, se possibile, bisogna averne *il più grandi possibile*, più d'una, e assicurarsi che in un modo o nell'altro (naturale con corridoi, o artificiale con riallocazioni) ci sia flusso genico tra le popolazioni.

# Introggressione ed ibridazione

**L'introggressione è il flusso di alleli da una specie o sottospecie, ad un'altra.**

L'ibridazione di sottospecie o specie di solito avviene per opera dell'uomo che introduce organismi esotici (ma affini) in habitat colonizzati, oppure altera gli habitat permettendo la migrazione di specie (costruzione di ponti, mezzi di trasporto a lunga percorrenza [zanzara tigre], ecc.). Per contrastarla:

eliminazione delle specie introdotte,  
oppure

riallocazione di individui *puri* (per quanto possibile) in nuovi siti o in cattività.



# Il prelievo di individui

Molte popolazioni subiscono riduzioni numeriche a causa del *prelievo* (in senso ampio) di individui (ad esempio, la caccia). Il prelievo può alterare:

- il rapporto sessi

- il  $N_e$

- il sistema di accoppiamento

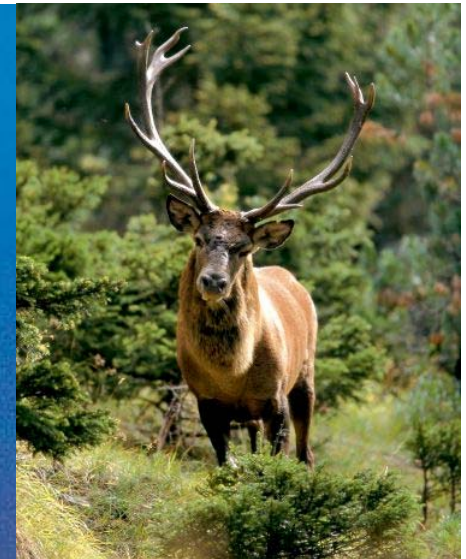
- la lunghezza delle generazioni

- il flusso genico

e portare quindi all'inincrocio ed alla perdita di diversità genetica.

# Il prelievo selettivo

Un caso particolare, e particolarmente dannoso, di prelievo è quello selettivo. In questo caso non tutti gli organismi hanno la stessa probabilità di essere prelevati. Per esempio, dei cervi vengono cacciati per lo più i maschi, lo stesso degli elefanti (per le zanne); delle cernie vengono pescate più spesso quelle grandi (che sono tutti maschi), mentre la pesca a strascico preleva gli individui piccoli (giovani) invecchiando le popolazioni.





# Gestione delle specie *atipiche*

Non tutti gli organismi sono diploidi, si riproducono sessualmente e praticano esoincrocio. Queste specie richiedono una gestione differente perché rispondono diversamente alla perdita di diversità genetica e all'inincrocio; inoltre, spesso hanno diverse distribuzioni e tassi di perdita di eterozigosità.

# Le specie asexuate,

Molte specie di piante possono riprodursi (anche o solamente) per via vegetativa (per esempio, stoloni). In questo caso le popolazioni sono isolate riproduttivamente e gli individui della stessa popolazione sono per lo più cloni, quindi geneticamente tutti identici. Viceversa, le varie popolazioni possono essere geneticamente differenziate.



# Gestione delle specie asessuate

Per le specie **esclusivamente asessuate** l'inincrocio non è un problema: sono cloni, se sta bene uno stanno bene tutti. Tuttavia, avendo diversità pari a zero, queste popolazioni sono estremamente sensibili alle variazioni ambientali (per esempio, le malattie o i parassiti).

Per le specie con **riproduzione asessuata facoltativa**, il numero di individui censiti potrebbe essere MOLTO superiore a quello degli individui geneticamente diversi a causa della presenza dei cloni, il che abbassa  $N_e$ .

La strategia di gestione consiste nell'identificare la struttura delle popolazioni e mantenere il maggior numero possibile di piante (o cloni) differenti.

# Le specie con autofecondazione

In questo caso la riproduzione è sessuata, ma avviene all'interno dello stesso organismo. Circa il 20% delle piante è abitualmente autofecondante, e circa il 40% lo è occasionalmente. Tipicamente, le specie con autofecondazione hanno eterozigosità media inferiore a quelle esoincrociate e la diversità genetica tra popolazioni è maggiore che all'interno della popolazione. In queste popolazioni **l'azione della frammentazione è meno evidente** che in quelle con esoincrocio, poiché di fatto esse sono intrinsecamente già frammentate, in quanto funzionalmente isolate dal punto di vista riproduttivo.

# Le specie poliploidi,

Gli organismi poliploidi (per lo più angiosperme e felci, ma anche alcuni gruppi di animali) hanno invece meno problemi per la riduzione della popolazione e l'inincrocio, poiché essi portano almeno 4 copie di ciascun gene (potenzialmente, fino a 4 alleli diversi per individuo). Per il resto, la loro gestione è simile a quella delle specie diploidi.

# Analisi di sensibilità

Questa analisi, accoppiata all'analisi della vitalità della popolazione (PVA, eventualmente simulata al computer) permette di valutare quali sono le criticità a cui sta andando incontro una popolazione in pericolo, e di ottimizzare gli interventi. Per esempio in alcune specie la sopravvivenza dei giovani fino all'età adulta è cruciale (tetraone maggiore), mentre in altri casi, intervenire solo su questo parametro non dà risultati soddisfacenti (ghepardo, tartaruga marina) poiché queste specie hanno criticità anche nella sopravvivenza degli adulti.

# Allevamento integrativo

Si tratta di catturare individui adulti in natura, allevarli in condizioni controllate, e poi rilasciare in natura la progenie ottenuta. In questo caso **non esistono popolazioni in cattività permanente**. Questo prevede due scopi in conflitto tra loro: reintroduzione di giovani e mantenimento della diversità. Il conflitto è dovuto al fatto che se la specie è prolifica, posso prelevare solo pochi adulti dalla natura (vantaggio), ma poi tutti i giovani saranno imparentati tra loro, a causa delle differenze nella dimensione della famiglia (svantaggio); d'altro canto, se la specie è poco prolifica, dovrò prelevare tanti adulti (svantaggio) ma la progenie sarà geneticamente più differenziata (vantaggio).

# Allevamento di sostegno

Alcune popolazioni selvatiche, per ragioni varie, non sono in grado di autosostenersi; vengono quindi sostenute incrementando il numero degli individui prelevando gli adulti da **popolazioni cresciute permanentemente in cattività** (ad esempio, i pesci di interesse commerciale). I danni che questa pratica provoca sono:

- Riduzione della dimensione effettiva della popolazione

- Perdita di diversità genetica

- Depressione da inincrocio

- Diminuzione della fitness a causa degli adattamenti genetici alla cattività

# Riproduzione assistita

Si tratta di **tecniche artificiali per la riproduzione**, e comprendono:

Fecondazione artificiale

Conservazione genetica in *banche*

Salvataggio dei gameti

Crioconservazione di gameti

Fertilizzazione *in vitro*

Trasferimento di embrioni

Trasferimento di materiale nucleare (clonaggio)

Conservazione di tessuti e semi in *banche* (piante)

**Nota: molte di queste tecnologie sono ancora in fase di sviluppo e comunque non sono disponibili per tutti gli organismi!**



# Vantaggi della riproduzione assistita

1. La crioconservazione di seme maschile può essere utile per fecondare le femmine di un'altra popolazione in caso di specie altamente frammentate
2. Le banche genetiche possono conservare la diversità genetica per lunghi periodi di tempo senza la perdita *naturale* di alleli tramite incroci e generazioni successive
3. La conservazione di gameti di individui deceduti permette di conservare e *riutilizzare* la loro diversità anche dopo la loro morte
4. L'impianto di embrioni può riuscire in specie affini a quelle a rischio
5. Il clonaggio può parzialmente risolvere il problema della scarsità di individui adatti alla riproduzione