

UNIDAD I: Fundamentos Conceptuales de la Conservación Biológica



Conservación Genética Bases genéticas para la conservación Dr. Raúl Moreno Universidad de La Serena

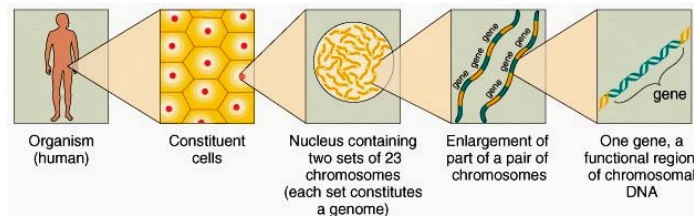
Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Los estudios genéticos están muchas veces orientados a determinar la variación existente en las poblaciones y a entender cómo se transmite de generación en generación



Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Ubicación de los genes



Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Desarrollo de características



- La información genética indica el tipo de proteínas que se pueden sintetizar
- Las proteínas pueden: formar parte de estructuras, receptores de señales, transductores de señales, reguladores de procesos bioquímicos o fisiológicos, catalizadores de reacciones químicas
- Las características se desarrollan a partir de procesos bioquímicos y fisiológicos.
- Procesos modulados por señales del medio

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Cuantificación de la variación genética



- Medición de caracteres cualitativos (forma, color, resistencia a enfermedades)
- Medición de caracteres métricos (productividad, madurez, volumen)
- Marcadores moleculares (microsatélites)

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Fenotipos métricos



- Los genes no son los únicos responsables de todas las expresiones fenotípicas. Las señales provenientes del medio pueden modificar procesos o mecanismos de control que hacen variar la expresión fenotípica.
- Los fenotipos métricos o cuantitativos son más influenciados por la acción de las señales del medio y existen metodologías que permiten estimar el efecto de cada una de ellas.
- La heredabilidad es un valor que estima cuanto de la variabilidad de la expresión de un carácter en una población podría atribuirse a factores genéticos.

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Componentes de varianza fenotípica



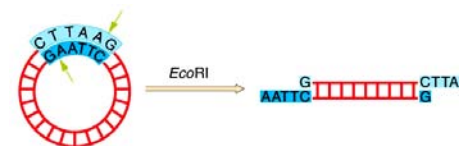
- El componente genético de la varianza fenotípica (VG) se puede descomponer en $VG = VA + VD + Vi$
- La heredabilidad es una razón entre la varianza estimada para factores genéticos y la varianza fenotípica total ($h^2 = VA / VP$)
- Pero solamente los componentes genéticos asociados al desarrollo del fenotipo son heredables.

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Marcadores moleculares



Enzimas de restricción reconocen zona palindrómicas
Cortan el DNA y generan extremos pegajosos
Los fragmentos se unen por complementariedad de bases

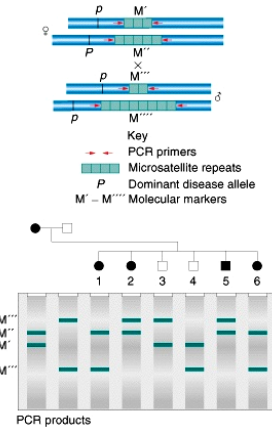


Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Microsatélites

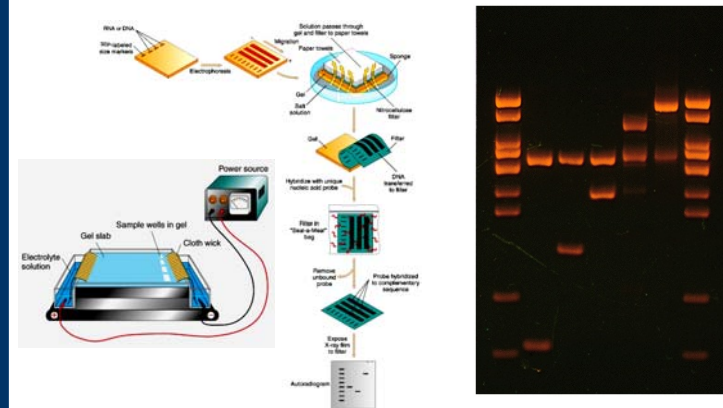


- Secuencias cortas repetidas
- Reconocidos por endonucleasas específicas
- Secuencias específicas por individuo (huellas dactilares moleculares)



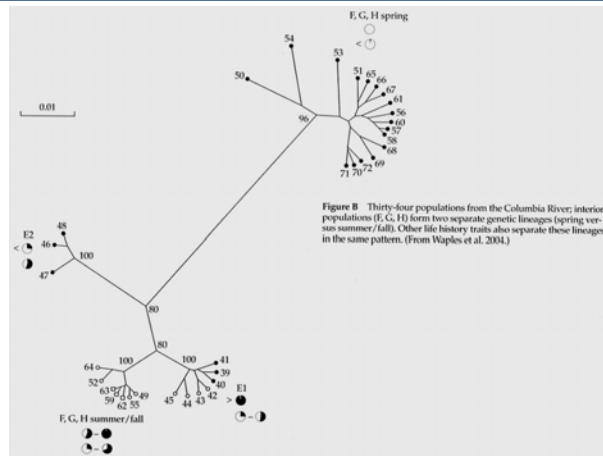
Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Técnica Southern para identificación de DNA



Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Linajes de Salmones en el río Columbia



Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Frecuencia génica



TABLE 11.2 Gene Frequencies at Five Polymorphic Loci in the Club Moss *Lycopodium lucidulum*

Locus	Allele	Woodridge, CT	Litchfield, CT	Binghamton, NY	New Lebanon, NY
PGM	a	0.00	0.00	0.50	0.00
	b	0.86	1.00	0.50	1.00
	c	0.14	0.00	0.00	0.00
PGI-2	a	0.68	1.00	1.00	0.75
	b	0.32	0.00	0.00	0.25
G6PD-1	a	0.93	1.00	0.82	0.91
	b	0.07	0.00	0.18	0.09
G6PD-2	a	1.00	1.00	0.50	1.00
	b	0.00	0.00	0.50	0.00
LGGP-1	a	0.50	0.50	1.00	1.00
	b	0.50	0.50	0.00	0.00

Source: Levin and Crepet 1973.

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

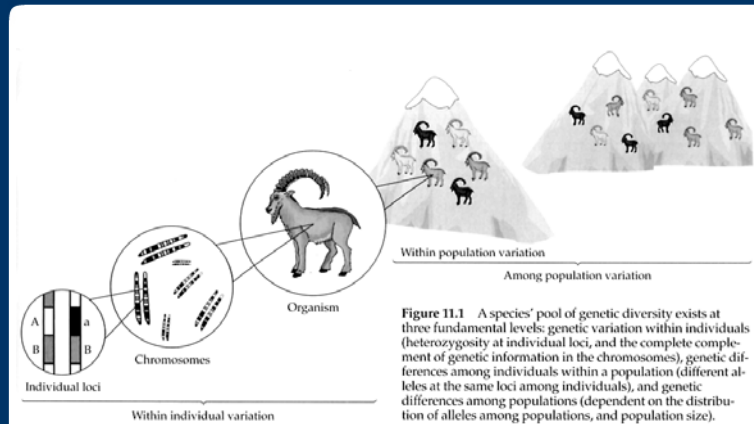
Variación genética dentro de las poblaciones



- La variación entre los individuos dentro de las poblaciones se produce por el tipo de alelos que ellos portan y que determinan la frecuencia de esos alelos dentro de la población.
- El conjunto de genes transmisibles constituye el conjunto genético de variabilidad
- La frecuencia de los genes dentro de la población cambia a lo largo del tiempo debido a factores tales como: mutaciones, selección natural, aleatoriedad (deriva genética), tamaño desigual de las familias, migraciones (flujo génico)

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Diversidad Genética



Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Variación genética entre poblaciones



- La variación genética entre las poblaciones ocurre porque se encuentran dispersas a lo largo de un territorio.
- Son pocas las especies que pueden ser panmicticas y que se distribuyan a lo largo de extensas áreas.
- Estas diferencias genéticas de poblaciones geográficamente separadas constituyen un componente crítico de toda la diversidad genética.

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Variación genética y tamaño poblacional



- Mientras mayor es el tamaño de la población mayor es probabilidad de mantener una alta variabilidad genética poblacional.
- La variación genética en una población se correlaciona positivamente con el tamaño poblacional, con el tipo de hábitat y con la distribución de las especies. (Frankham 1996)

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Variaciones genéticas entre poblaciones



TABLE 11.5 *General Correlates of Genetic Variation among Population*

1. Genetic variation within species will be positively correlated with population size.
2. Genetic variation will be positively correlated with habitat area.
3. Genetic variation will be greater in species with wider ranges.
4. Genetic variation in animals will be negatively correlated with body size.
5. Genetic variation will be negatively correlated with rate of chromosomal evolution.
6. Genetic variation will be positively correlated with population size across species.
7. Genetic variation will be lower in vertebrates than in invertebrates or plants.
8. Genetic variation should be lower in island populations than mainland populations.
9. Genetic variation will be lower in endangered species than nonendangered species.

Source: After Frankham 1996.

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Heterocigosis y tamaño poblacional



- Las especies con mayor diversidad tienen poblaciones más grandes y ocupan un área mayor. Lo que no significa necesariamente que tengan una mayor viabilidad que las poblaciones pequeñas.
- Aunque una alta heterocigosis puede estar correlacionada con la eficacia biológica, no todas las especies y poblaciones tienen un alto nivel de heterocigosis dentro de las poblaciones (HP) y no hay un nivel estandarizado de heterocigosis.
- Los niveles típicos de heterocigosis pueden variar grandemente entre los grupos taxonómicos.

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Heterozigocidad y Diferenciación entre poblaciones



TABLE 11.4 *Mean Total Heterozygosity (H_T) and Proportion Due to Among-Population Differentiation (D_{PT}) in Several Major Taxonomic Groups*

Taxon	H_T	Number of species	D_{PT}	Number of species
Vertebrates				
Fishes	5.1%	195	0.135	79
Amphibians	10.9%	116	0.315	33
Reptiles	7.8%	85	0.258	22
Mammals	6.7%	172	0.242	57
Birds	6.8%	80	0.076	16
Invertebrates				
Insects	13.7%	170	0.097	46
Crustaceans	5.2%	80	0.169	19
Molluscs	14.5%	105	0.263	44
Others	16.0%	15	0.060	5

Source: Ward et al. 1992.

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Historia de Vida y Ecología versus Heterozigocidad



TABLE 11.3 *Ecological and Life History Correlates with Heterozygosity*

Occupancy of different life zones	
Cosmopolitan and temperate + tropical	> tropical > temperate > arctic
Degree of endemism	
Species with broad geographic distribution	> endemic species
General habitat requirements	
Overground	> arboreal or aquatic > underground
Degree of specialization	
Generalists	> specialists
Climatic conditions	
Species inhabiting ecological extremes	> regions of broader climatic variation
Degree of territoriality	
Nonterritorial	> territorial
Body size	
Small	> medium > large > very large

Note: Organisms sharing a given life history trait to the left of the > symbol tend to have greater heterozygosity than organisms with a different life history to the right of the > symbol.
Source: After Nevo et al. 1984.

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Heterosis y eficacia biológica



- La falta de relación entre la variabilidad genética y el éxito poblacional que se muestran en algunos resultados podrían derivar de la dificultad de medir la variación genética asociada a la capacidad de responder a señales del medio.
- La variación detectada corresponde más bien a la variación neutral.
- Es posible que si se tuviera mediciones de la variación en la variación que afecta mayormente a la eficacia biológica, una baja heterocigosis debiera estar correlacionada con poblaciones poco exitosas.
- Mientras que el valor absoluto de heterocigosis puede no ser un indicador de riesgo, la pérdida de heterocigosis en una población podría indicar problemas.

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Fuerzas que afectan la variación genética poblacional



- Mutaciones
- Deriva genética
- Flujo génico
- Depresión endogámica
- Depresión intercruzadas
- Selección Natural

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Mutaciones



- Las mutaciones son la fuente primordial de nuevos alelos que permiten el aumento de la variabilidad genética poblacional.
- Se generan en el proceso de la duplicación del DNA en el período S del ciclo celular y aún cuando existen sistemas de reparación de los errores, aparecen deleciones, duplicaciones o reemplazos de nucleótidos con una tasa de 10^{-4} a 10^{-6} por locus por generación.
- La mayor parte de las mutaciones son selectivamente neutrales, esto es, no afecta la eficacia biológica.

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Mutaciones 2



- Aquellas mutaciones que afectan la eficacia biológica son mediana o fuertemente deletéreas.
- Sus efectos en tiempo dependen del grado de dominancia que tengan.
- La acumulación de mutaciones deletéreas lleva a una disminución violenta del tamaño poblacional por una pérdida de la eficacia biológica (Mutational meltdown).
- Tamaños mínimos poblacionales de 100 a 1000 individuos tendrían una alta probabilidad de Mutational meltdown

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Diversidad genética pasada

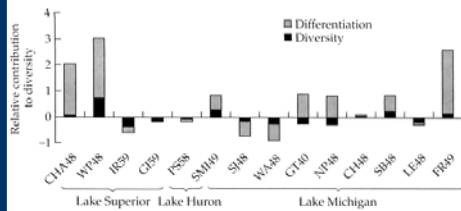


Figure 11.2 Relative contribution of past populations of lake trout (*Salvelinus namaycush*) to gene diversity in the population as a whole, H_T . Values above the horizontal line indicate populations that contribute more than average to diversity; values below the line indicate populations that contribute less than average to genetic diversity. Contributions are divided in two components; one indicates contribution to total diversity of a population due to its differentiation from other populations (in gray), and the other contributions due to their own level of diversity (in black). (Modified from Guinand et al. 2003.)

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Deriva Genética

- Son fluctuaciones aleatorias de las frecuencia de los genes en las poblaciones.
- Algunos genes solo por azar no quedan representados en la próxima generación.
- La deriva genética lleva a una rápida pérdida de variación que se manifiesta en forma dramática en poblaciones pequeñas donde pueden fijarse algunos genes y desaparecer otros.
- La probabilidad que un alelo eventualmente se fije en una población es igual a la frecuencia inicial del alelo. Si la frecuencia del alelo $a+$ (p_0) era 0.80, la probabilidad de fijarse sería 0.80 y la de alterno $1 - 0.80 = 0.20$

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Tamaño poblacional y deriva genética

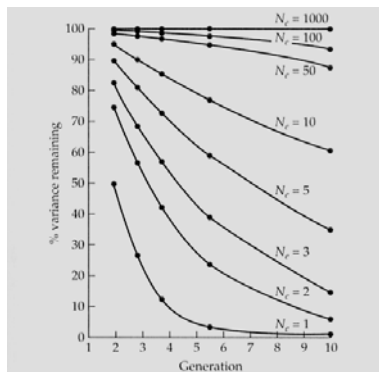


Figure 11.3 Average percentage of genetic variance remaining over 10 generations in a theoretical, idealized population at various genetically effective population sizes (N_e). Variation is lost randomly through genetic drift.

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Demostración experimental de la deriva genética

Genotype of fly	st/st bw/bw	st/st bw/bw^{75}	st/st bw^{75}/bw^{75}
Phenotype of fly	White eye	Light orange eye	Reddish orange eye

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Pérdida de heterocigocis en especies de mamíferos según estado de conservación

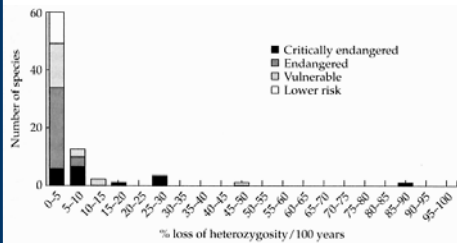


Figure 11.4 Frequency distribution of predicted percent loss of heterozygosity over 100 years for 80 mammal species, according to conservation status (based on Hilton-Taylor 2000). Predictions were based on the assumption that species declined instantly to its lowest level (usually current population size), and remained there for a century. (Modified from Amos and Balmford 2001.)

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Disminución drástica del tamaño poblacional



- La pérdida de heterocigosis en poblaciones naturales es mas lenta de los esperado usando marcadores bioquímicos o moleculares, debido al efecto de selección natural
- Cuando se genera un cuello de botella por disminución drástica del tamaño poblacional, la pérdida genética depende de la magnitud de la disminución y de la tasa de crecimiento posterior.
- Los alelos raros normalmente se pierden más rápidamente.

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Cuellos de botella y recuperación de la heterozigocidad

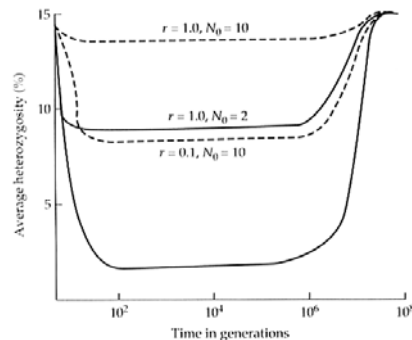


Figure 11.5 After a bottleneck, genetic variation (as measured by average heterozygosity) very slowly recovers. Recovery is quickest when populations have a high growth rate ($r = 1.0$), and when the bottleneck is less severe (founding number $N_0 = 10$ or greater). (Modified from Nei 1975.)

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Pérdida de alelos raros en poblaciones aisladas

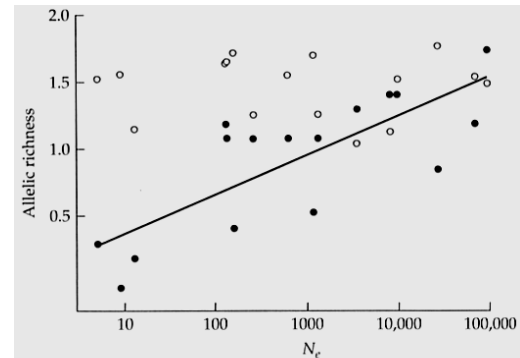


Figure 11.6 Rare alleles are lost from small, isolated populations of an endangered daisy (*Rutidosia leptorrhynchoides*) in Australia. (Modified from Young et al. 1999.)

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Flujo Génico



- Se refiere al movimiento de genes de una población a otra
- El intercambio de individuos entre poblaciones tiende a homogenizar la composición genética de las poblaciones.
- La deriva genética tiende a crear diferencias entre poblaciones separadas (aumenta variación genética entre poblaciones), el flujo génico tiende a reducir dichas diferencias.

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Depresión por endogamia



- Endogamia (inbreeding) apareamiento entre parientes cercanos, que aumenta la homocigosis dado que los parientes más cercanos comparten genes iguales.
- La endogamia puede llevar a una disminución de la eficacia biológica ya sea por expresión de genes deletéreos al estado homocigótico o por pérdida de heterocigosis.
- La dominancia puede prevenir los efectos deletéreos de algunos genes.
- La depresión por endogamia se mide comparando la eficacia biológica de los organismos que se intercrucan con los que derivan por endocruzas.
- Lo opuesto a depresión por endogamia es heterosis o vigor híbrido.

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Depresión por endogamia

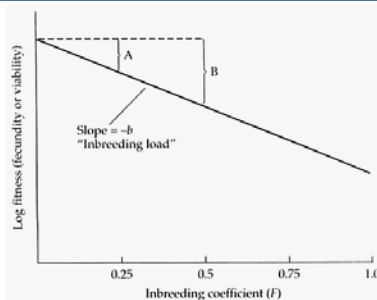


Figure 11.7 Inbreeding depression is the difference in fitness between outbred individuals (dotted line, $F = 0$) and inbred ones (solid line, $F > 0$). If inbred individuals were as fit as outbred individuals, their fitness would lie along the dotted line, but when inbreeding depression occurs, their fitness lies along a solid line of slope, $-b$, where the slope is the "inbreeding load." Individual A has a lower inbreeding load than individual B, which is more inbred. (Modified from Keller and Waller 2002.)

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Depresión por endogamia en poblaciones de osos grises

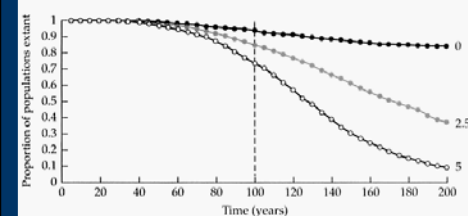


Figure B Effects of inbreeding depression on the persistence of a grizzly bear population based on a computer simulation model (VORTEX). Each point represents the proportion of 1000 simulated populations that did not go extinct during the specified time period. Simulated populations began with 50 bears and had a carrying capacity of 280. Inbreeding depression was incorporated as a different number of lethal equivalents (0, 2.5, and 5.0).

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Sobrevivencia diferencial en el campo

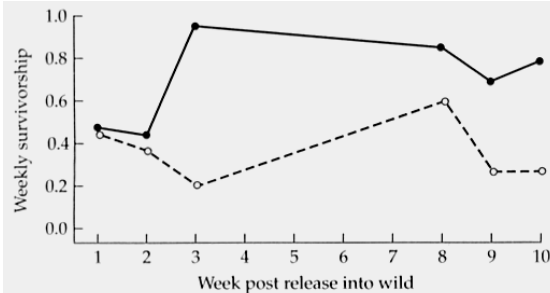


Figure 11.8 Inbred white-footed mice, (*Peromyscus leucopus*) (open circles), had lower survivorship than outbred individuals (solid circles) after release into the wild. Wild-caught mice were used to found an inbred and outbred line, and descendants of these mice were released back into the wild and followed for 10 weeks. (Modified from Jimenez et al. 1994.)

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Depresión por intercruzas



- Se refiere a la disminución de la eficacia biológica por la introducción de genes de otras poblaciones que no interactúan adecuadamente entre sí.
- También podría producirse por falta de compatibilidad genética

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Adecuación biológica de descendencia

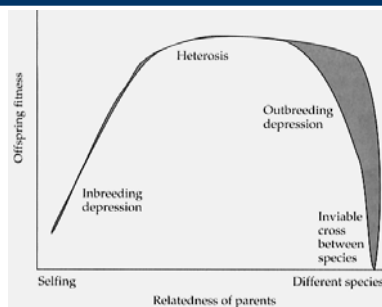


Figure 11.9 Offspring fitness is influenced by the degree of relatedness of parents. Closely related parents produce inbred young that are less fit than those of unrelated parents of the same species, leading to "inbreeding depression." When parents are unrelated, fitness rises yielding hybrid vigor or "heterosis." As parents are more distantly related, some decline in fitness may occur (outbreeding depression) and usually at some point, offspring from crosses between species are far less fit, even to the point of inviability.

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Selección natural



- Capacidad de los genotipos de desarrollarse, alcanzar su estado de madurez y reproducirse traspasando su genoma a la próxima generación
- La selección natural maximiza los éxitos reproductivos en las poblaciones naturales.
- Tiene el potencial de eliminar los alelos deletéreos de la población.

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Conclusiones - 1



- La variación genética juega un importante papel en la biología de la conservación.
- La variación genética proporciona la materia prima en los procesos adaptativos y es crítica en los cambios evolutivos continuos
- La variación ocurre en tres niveles: dentro de los individuos, dentro de las poblaciones y entre las poblaciones

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Conclusiones – 2



- La pérdida de variación genética puede tener un efecto negativo en la eficacia biológica y detienen los cambios adaptativos en las poblaciones.
- La pérdida de variación ocurre en poblaciones pequeñas a través del efecto del fundador, de la deriva genética y de la endogamia.
- La variación adaptativa entre las poblaciones puede erosionarse cuando poblaciones aisladas experimentan flujo genético por acciones humanas, directamente por la vía de la translocación o indirectamente facilitando la dispersión por cambios producidos en el ambiente.

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Leer



Groom MJ, GK Meffe y CR Carroll. 2006. Principles of Conservation Biology. Third Edition. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts. Capítulo 10: Conservation Genetics: The Use and Importance of Genetic Information

Ver también: www.sinauer.com/groom

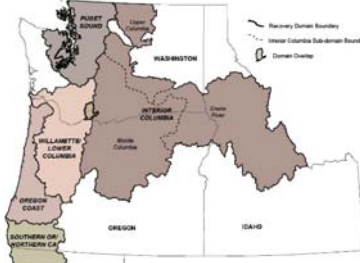
Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Programa de Recuperación de Salmones en el nor-oeste de USA



<http://www.nwr.noaa.gov/Salmon-Recovery-Planning/Recovery-Domains/index.cfm>

Northwest Salmon Recovery Domains & Restoration Area

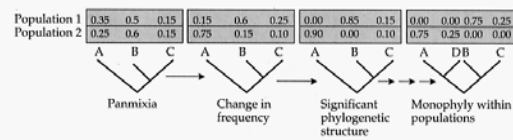


Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Evolución de frecuencia genética dentro y entre poblaciones



Figure 11.10 Evolution of gene frequencies within and among populations over time. Schematic representation shows that the allele frequency trajectories become increasingly variable among populations as a function of isolation time. (Modified from Moritz 1994a,b.)



Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Relaciones filogenéticas usando DNA mitocondrial

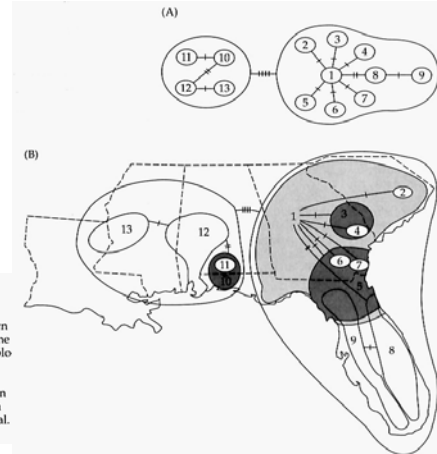


Figure 11.11 Phylogenetic relationships among mitochondrial DNA haplotypes observed in the bowfin fish (*Amia calva*) reflect deep evolutionary divisions. (A) Hand-drawn parsimony network where slashes indicate the number of base pair differences between haplotypes, which are largest between haplotypes 1-9 and 10-13. (B) The haplotype network is superimposed over a map of the southeastern United States showing the locations of origin for each haplotype. (Modified from Avise et al. 1987.)

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Diversidad genética en peces amenazados del oeste de USA



TABLE 11.6 Distribution of Genetic Diversity in Endangered and Threatened Fishes of Western North America

Taxon	Pt.	H _d	D _{ST}	D _{DT}
Salmonidae (trout and salmon)				
<i>Oncorhynchus nerka</i>	18/26	94.4	3.1	2.5
<i>O. tshawytscha</i>	5/35	90.5	8.5	—
<i>O. clarki hesleri</i>	8/46	96.3	3.7	—
<i>O. clarki hesleri</i>	15/35	55.5	44.5	—
<i>O. clarki lewisi</i>	100/29	67.6	15.7	16.7
<i>O. mykiss</i>	38/16	85.0	7.7	7.3
<i>O. gillii</i>	4/35	86.4	13.6	—
Catostomidae (suckers)				
<i>Catostomus commersoni</i>	3/45	54.8	—	45.2
<i>C. plebeius</i>	5/45	92.9	—	7.1
<i>C. plebeius</i> (second study)	4/27	11.3	—	88.8
<i>Xytrichus texanus</i>	2/21	98.9	1.1	—
Cyprinodontidae (killifishes)				
<i>Cyprinodon brevis</i>	5/28	98.6	1.4	—
<i>C. elegans</i>	7/28	89.2	10.8	—
<i>C. maculatus</i>	3/38	70.3	—	29.9
<i>C. pinnatus</i>	6/28	92.3	7.7	—
<i>C. talawa</i>	3/28	81.0	19.0	—
Poeciliidae (livebearers)				
<i>Gambusia affinis</i>	16/24	48.4	51.6	—
<i>Poecilia latipinna</i>	10/25	59.3	40.7	—
Cichlidae (cichlids)				
<i>Cichlasoma nigrofasciatum</i>	3/13	97.7	2.3	—
<i>C. nigrofasciatum</i> (second study)	3/27	94.6	5.4	—
Cottidae (sculpins)				
<i>Cottus bairdii</i>	16/33	53.9	46.1	—

Note: Pt. = number of populations (gene loci surveyed); percentage of total genetic diversity measured in separate data between groups within populations (D_{ST}), divergence among samples within drainages (D_{DT}), and divergence among drainages (D_{DT}). Dash indicates data not measured at that level in the hierarchy.

Source: Schulte 1995.

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Criterios alternativos para priorizar la conservación según filogenia

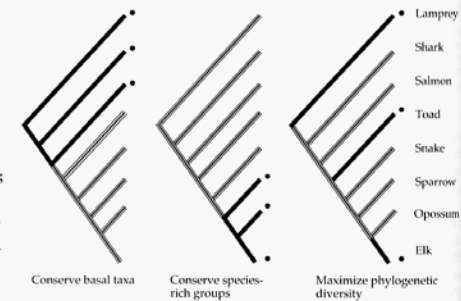


Figure 11.12 Alternative criteria for prioritizing conservation based on phylogenetic status. Examples show the use of systematic data to describe evolutionary relationships among species. Different principles can be used to offer recommendations for prioritizing species for conservation. Information on the branching order and branch length can be used similarly for different genetic variants within a species.

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Identificación forense en mercados japoneses usando DNA mitocondrial

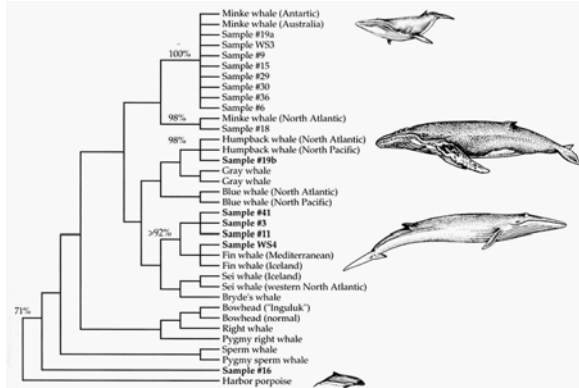


Figure 11.13 Forensic identification using mtDNA of "dolphin or minke whale meat" samples legally sold in Japanese markets. All bold faced specimens were from whale species that have not been legally harvestable since 1976, but were marketed as legal meat (dolphin or minke). (Modified from Baker and Palumbi 1996.)

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Pérdida de heterozigocidad en el oso griz (grizzly bears)

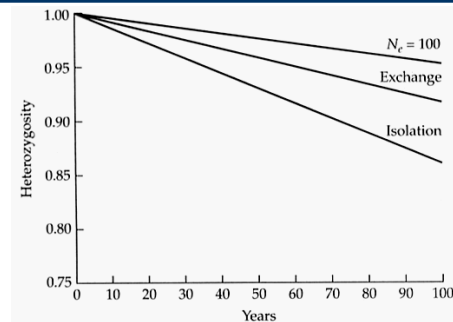


Figure A Loss of heterozygosity in populations of 100 grizzly bears. The top line is the expected rate of loss if the population behaved as an ideal population of 100 individuals. The bottom line shows the rate of loss estimated by computer simulations in an isolated population of 100 bears. The middle line shows the effect of introducing two unrelated bears every generation (10 years) into the population of 100 bears.

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Variación genética en oso pardos

TABLE A Genetic Variation in Brown Bears from North America

Location	Allozymes		Microsatellites		mtDNA	
	H_e	A	H_e	A	h	A
Alaska/Canada	0.032	1.2	0.763	7.5	0.689	5
Kodiak Island	0.000	1.0	0.265	2.1	0.000	1
NCDE	0.014	1.1	0.702	6.8	0.611	5
YE	0.008	1.1	0.554	4.4	0.240	3

Note: NCDE, Northern Continental Divide Ecosystem; YE, Yellowstone Ecosystem; H_e , mean expected heterozygosity; A, average number of alleles observed; h , diversity. (h is computationally equivalent to H_e , but is termed diversity because mtDNA is haploid so that individuals are not heterozygous.)

Source: Data from Allendorf; Waits et al. 1998.

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Diversidad poblacional en diferentes linajes de salmones

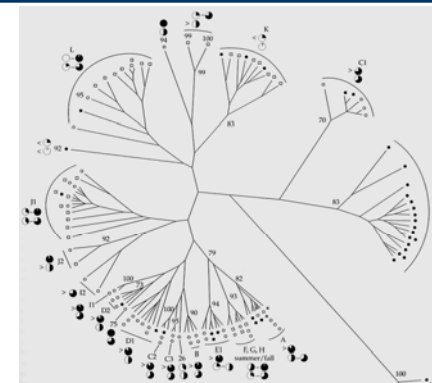


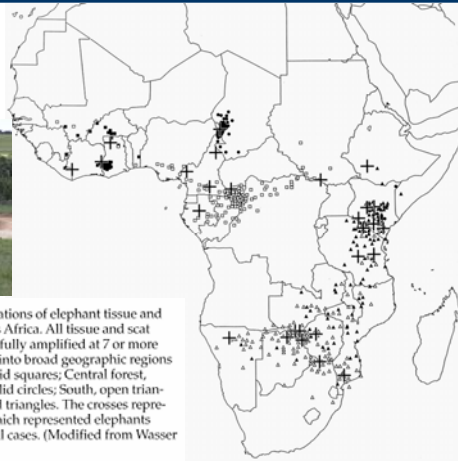
Figure A 118 populations from British Columbia to California; non-timing diversity in lower within many different lineages. Mapping variation in the history diversity versus time depicting genetic relationships among Chinook salmon populations from different geographic areas (upper and lower). Population genetic analysis indicates which non-timing (closed circle), spring (open square), summer (open circle), fall (asterisk), winter (P) diagrams show the range of other life history traits (upper left pie diagram, percent sub-yearling smolts are in black, lower pie diagram, proportion of population exploited at sea feed in black). Numbers at branch points indicate bootstrap support >70% (from Waits et al. 2004.)

Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA

Poblaciones de elefantes en África (basado en muestras de tejidos y fecas)



Figure A Estimated locations of elephant tissue and fecal samples from across Africa. All tissue and scat samples ($n = 399$) successfully amplified at 7 or more loci. Samples segregated into broad geographic regions of origin: West Africa, solid squares; Central forest, open squares; Central, solid circles; South, open triangles; East Savannah, solid triangles. The crosses represent sample locations, which represented elephants from nearest regions in all cases. (Modified from Wasser et al. 2004b.)



Doctorado en BIOLOGÍA y ECOLOGÍA APLICADA