

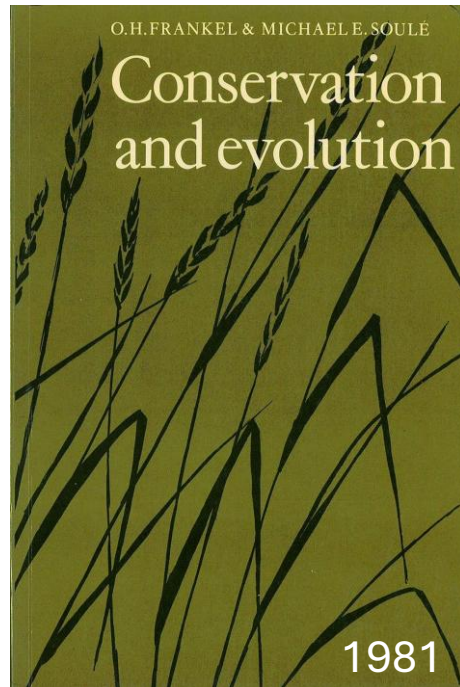
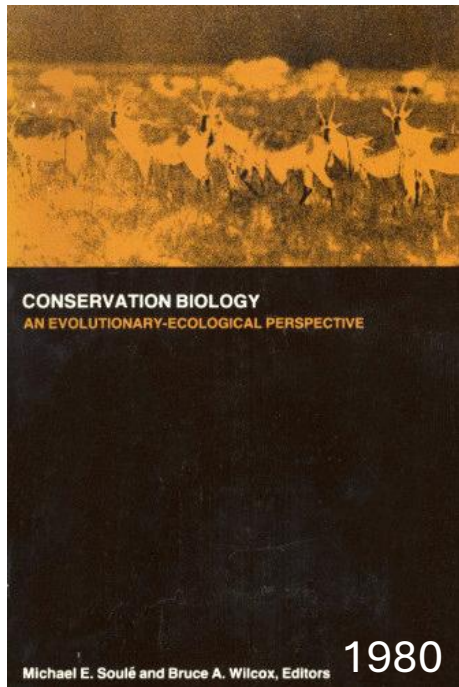


Genética de la Conservación

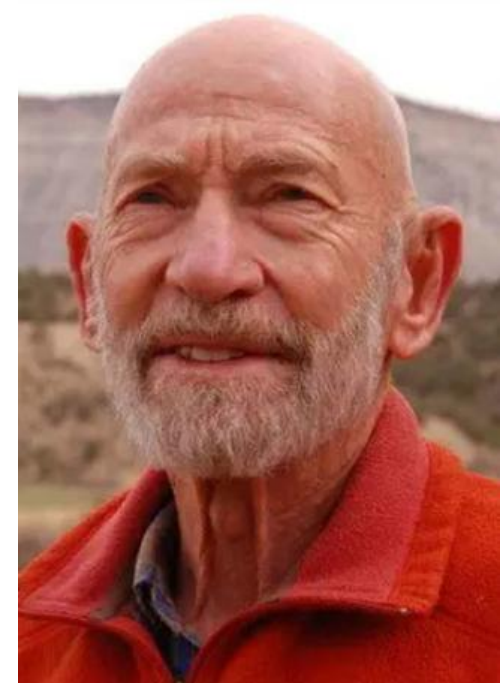
Nadia Bou



Biología de la Conservación



Michael E. Soulé
1936 - 2020



What is Conservation Biology?

A new synthetic discipline addresses the dynamics and problems of perturbed species, communities, and ecosystems

December 1985



Surge como respuesta a la pérdida continua y acelerada de la diversidad biológica y de la alteración de los ecosistemas por las actividades humanas.

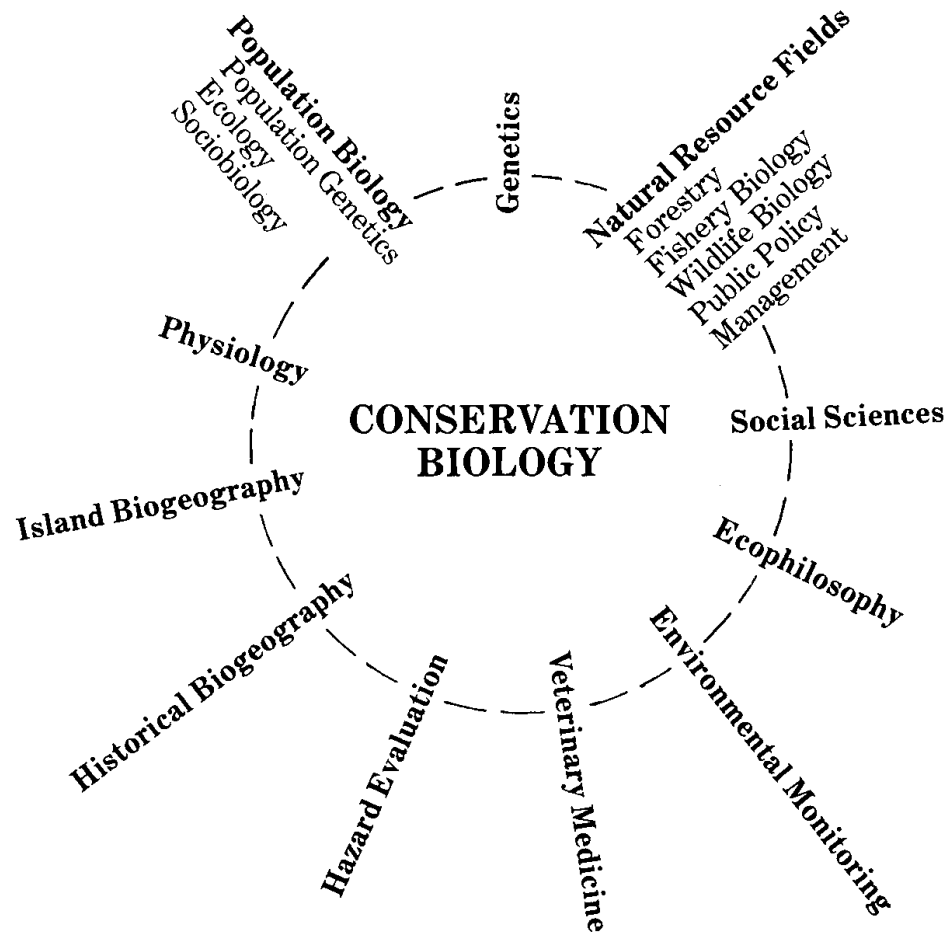
pérdida de hábitat, introducción de especies, sobreexplotación, contaminación

Disciplina de crisis

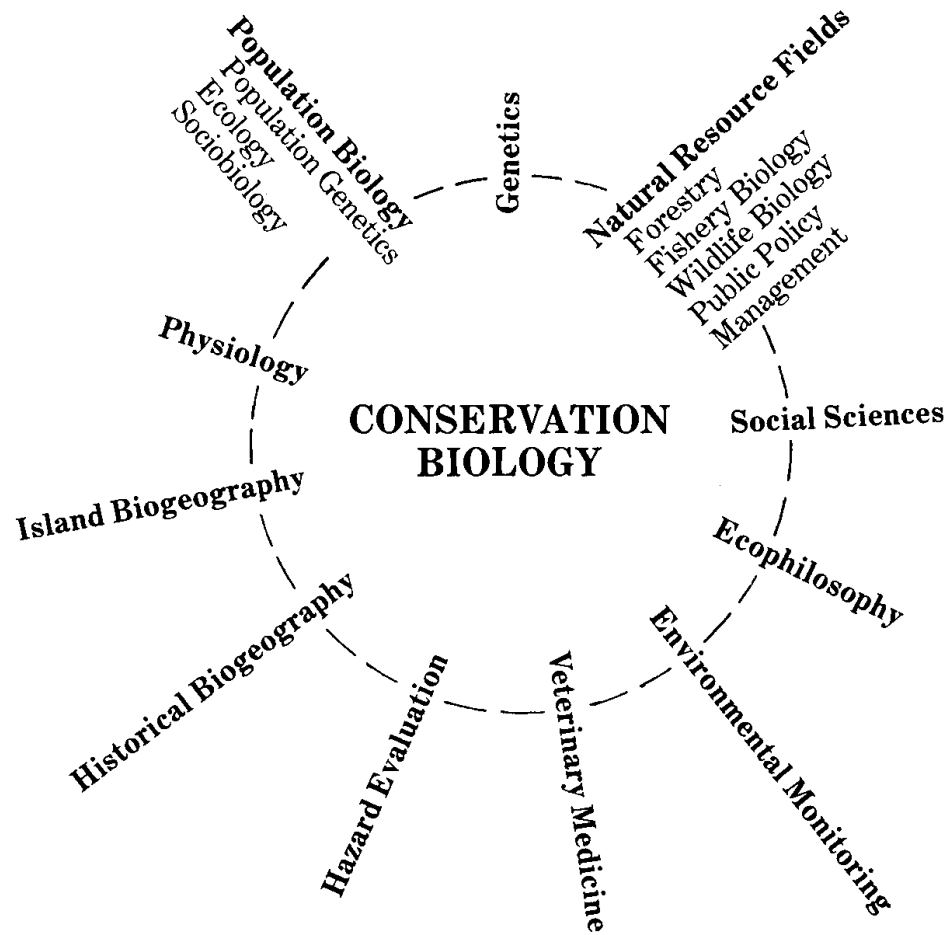
- es necesario actuar antes de conocer todos los hechos
- estas disciplinas son una mezcla de ciencia y arte
- su aplicación requiere tanto intuición como información

mission-oriented, crisis-driven, problem-solving field



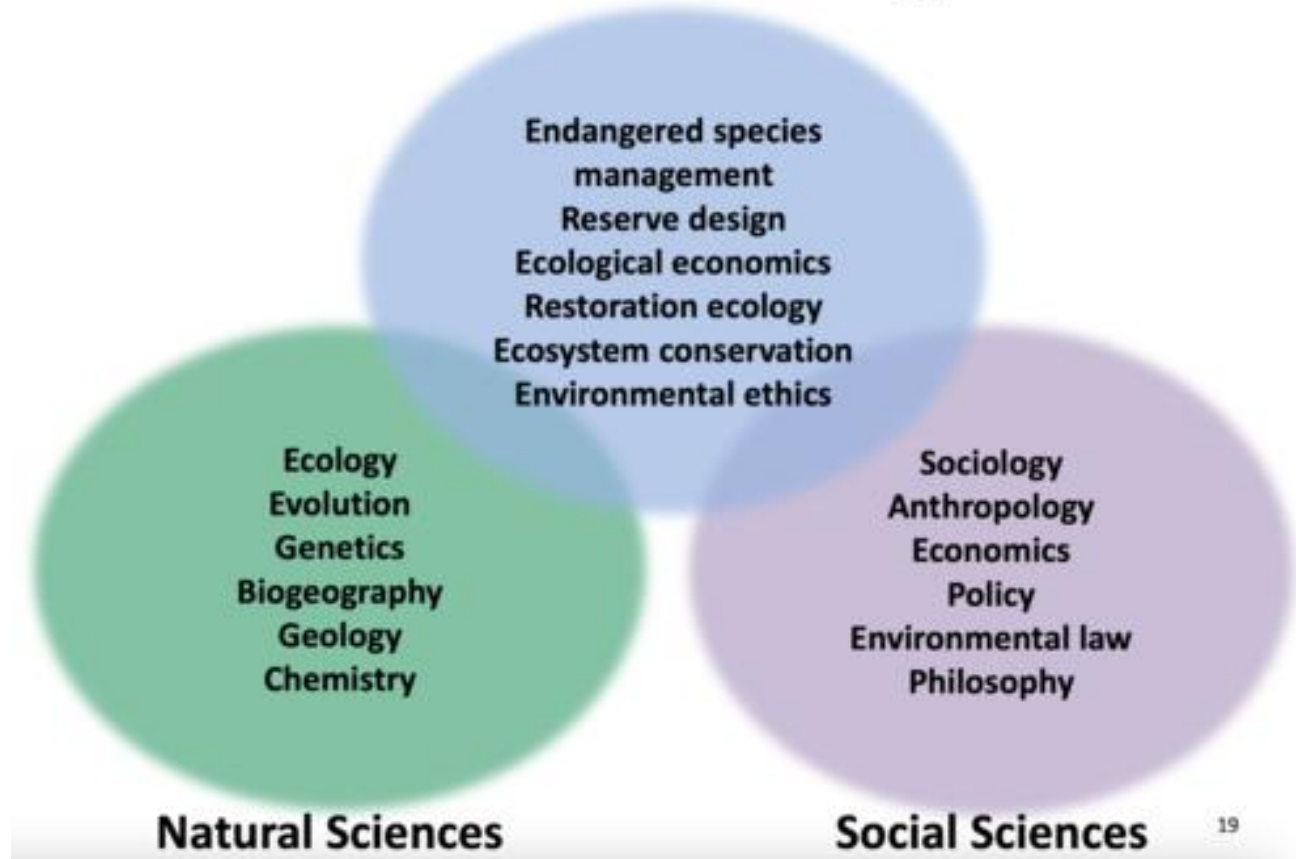


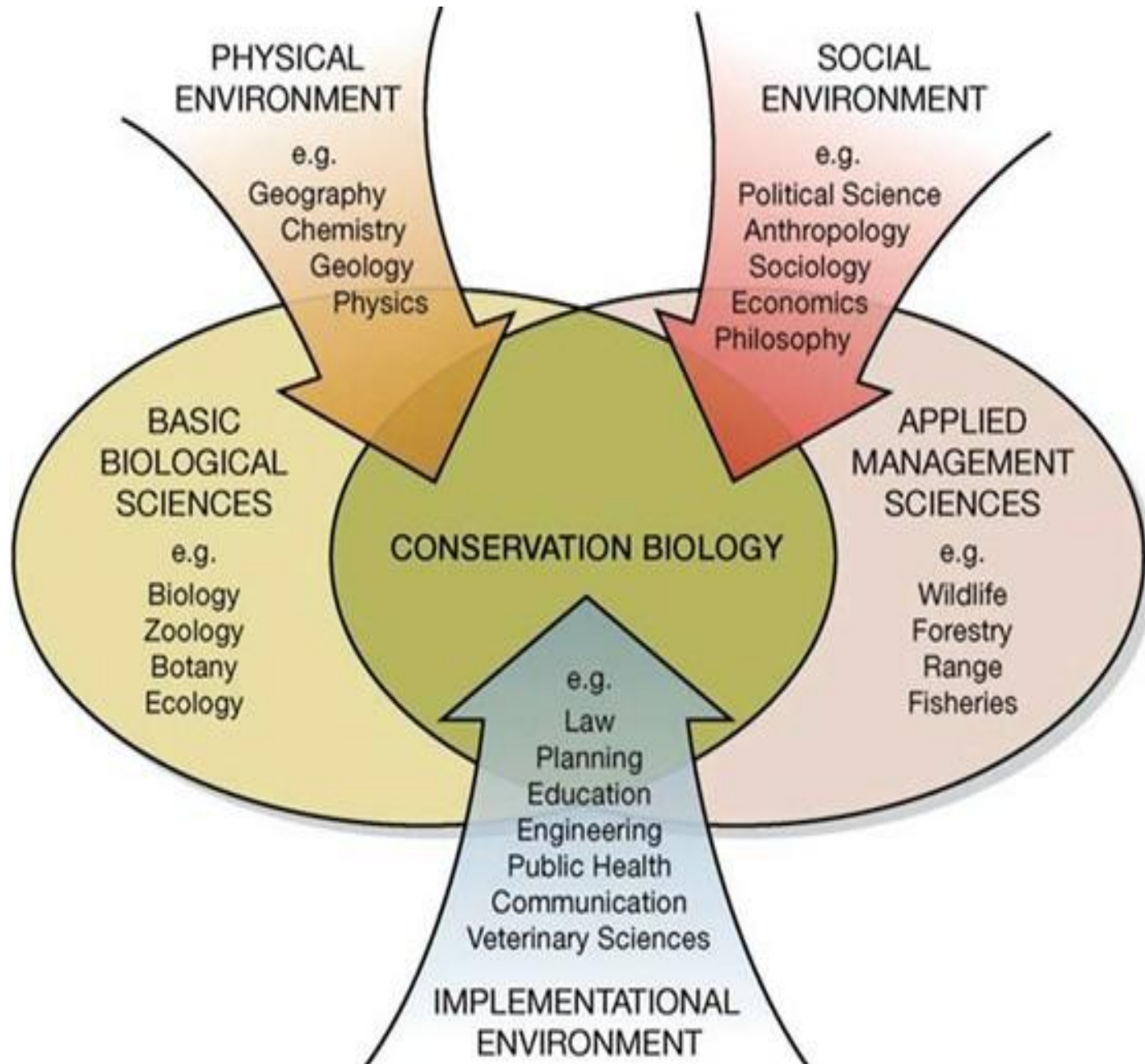
Holística
Multidisciplinaria
Interdisciplinaria



Holística
Multidisciplinaria
Interdisciplinaria

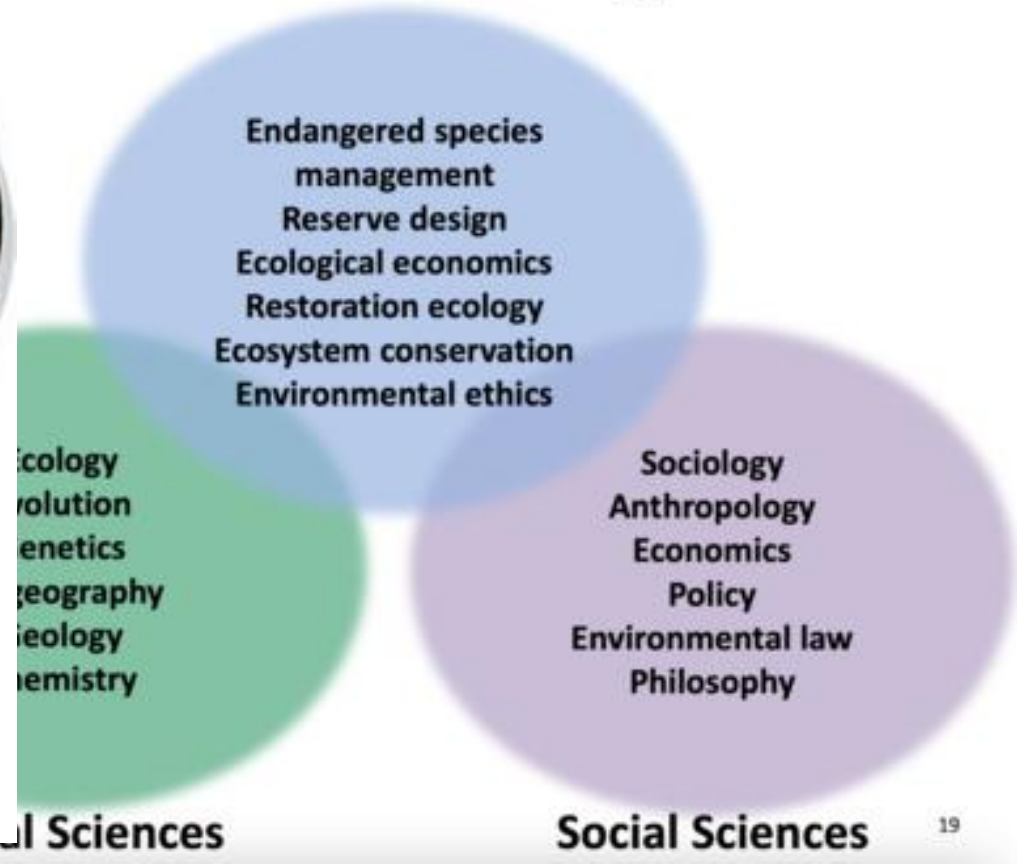
Conservation Biology





Holística
Multidisciplinaria
Interdisciplinaria

Conservation Biology



Holística

Conservar el todo, que es más que la suma de las partes

El objetivo es la protección y la continuidad de comunidades y ecosistemas enteros

**Although crisis oriented,
conservation biology
is concerned with
the long-term viability
of whole systems**



Holística

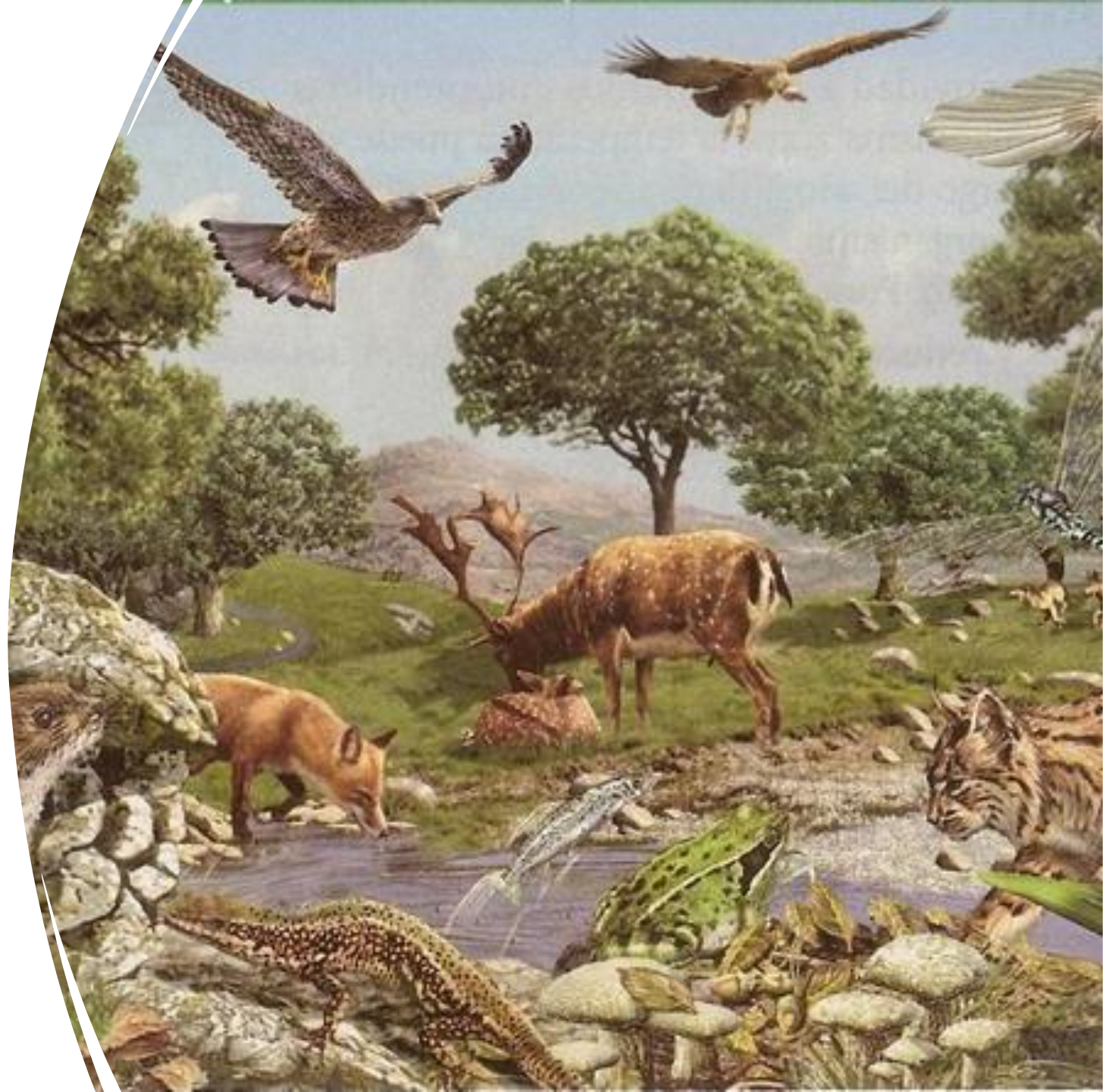
Conservar el todo, que es más que la suma de las partes

El objetivo es la protección y la continuidad de comunidades y ecosistemas enteros

Escala de tiempo evolutivo

Viabilidad a largo plazo

Potencial evolutivo



Holística

Conservar el todo, que es más que la suma de las partes

El objetivo es la protección y la continuidad de comunidades y ecosistemas enteros

Escala de tiempo evolutivo

Viabilidad a largo plazo

Potencial evolutivo

No un conservar estanco de cada uno de los elementos que hay hoy

Conservar el potencial dinámico, cambiante y evolutivo del sistema en su conjunto



Tres principios rectores sientan las bases de la biología de la conservación

El cambio evolutivo. Para todas las poblaciones, el potencial para responder al cambio ambiental en forma adaptativa debe mantenerse.

La ecología dinámica. El mundo ecológico es dinámico y en gran parte, carente de equilibrio. Los ecosistemas son sistemas abiertos con flujos de especies, materiales y energía, que deben entenderse en el contexto de su entorno. Las comunidades ecológicas no son conjuntos de especies al azar, pero tampoco existe una ruta predeterminada a seguir por un tipo de comunidad particular.

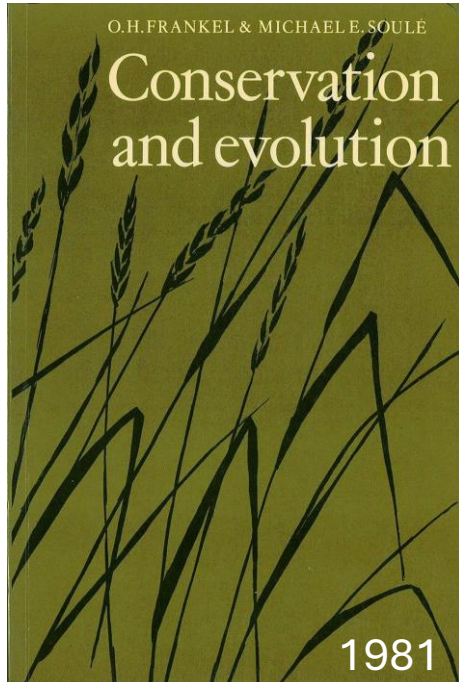
La presencia humana. Debe ser incluida en el plan de conservación. Mantener a la gente fuera rara vez será una solución a largo plazo para proteger la biodiversidad. Los humanos siempre han formado parte, tanto de los sistemas naturales degradados, como de los sistemas naturales saludables. Se requiere que la presencia humana sea sostenible en los ecosistemas globales.



Biología de la conservación

- aborda la biología de las especies, comunidades y ecosistemas que se ven perturbados, ya sea directa o indirectamente, por las actividades humanas u otros agentes
- Generar información científica de base para el diseño e implementación de las políticas de conservación
- anticipar, prevenir y reducir los daños ecológicos
- Que se mantengan en el tiempo todos los recursos y funcionalidad del ecosistema, incluyendo su potencial evolutivo

Genética dentro de la Biología de la Conservación



Sir Otto Frankel
1900-1998

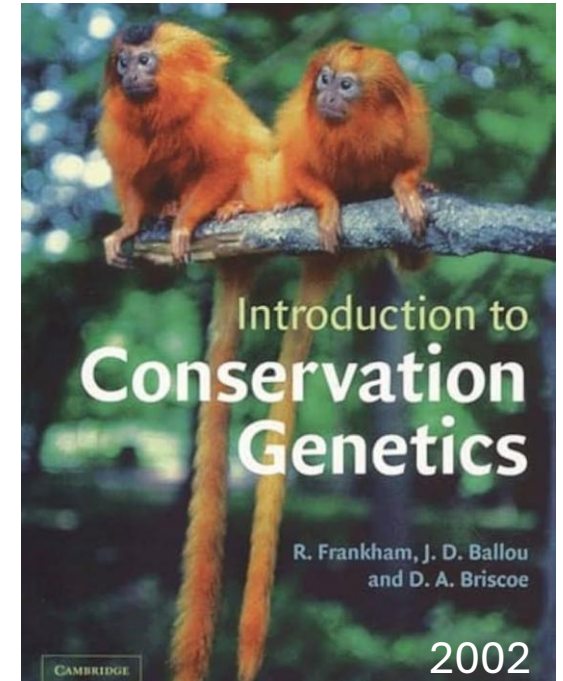
- Fue en gran medida responsable del reconocimiento de los factores genéticos en la biología de la conservación
- Frankel colaboró e influyó fuertemente en Michael Soulé
- Juntos escribieron el primer libro sobre biología de la conservación que consideraba el factor genético
- Aplicación de la teoría y los métodos de la genética de poblaciones y genética evolutiva para abordar cuestiones relevantes para la conservación

Genética de la Conservación

- La formalización de la genética de la conservación como campo de investigación es relativamente reciente.
- El primer libro de texto dedicado a la genética de la conservación se publicó en 2002.
- Esta área de estudio ha sido reconocida como una subdisciplina dentro del campo de la genética.



Richard Frankham
1942

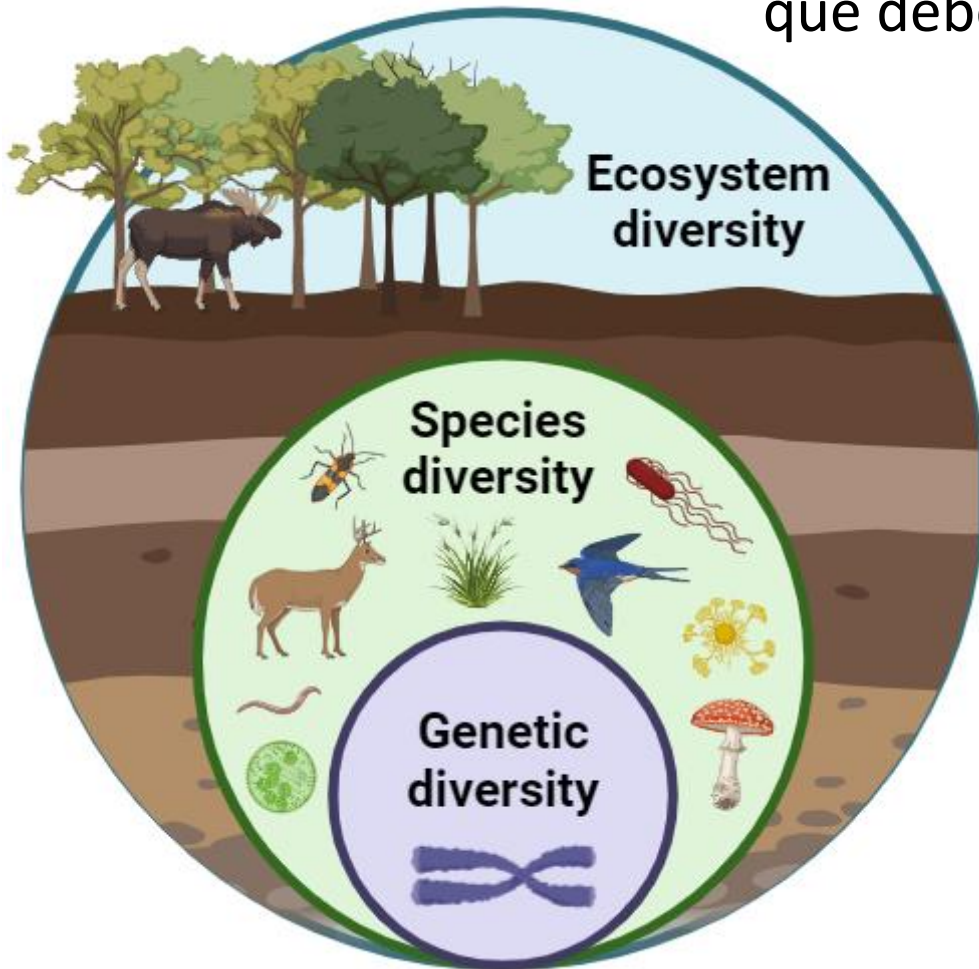


GENÉTICA DE LA CONSERVACIÓN

El uso de herramientas genéticas y de ecología molecular al servicio de la biología de la conservación.

- La “genética de la conservación” tiene como objetivo aplicar métodos genéticos para la conservación y restauración de la biodiversidad (Frankham et al 2002).

Diversidad genética, una de las dimensiones de la biodiversidad que debe ser conservada



Genética de la Conservación

- Aborda **factores** que influyen significativamente en la extinción de especies y poblaciones (endogamia, pérdida de diversidad genética y acumulación de mutaciones)
- Proporciona **herramientas** útiles para obtener información a distintos niveles biológicos que son relevantes para la conservación

Factores genéticos que impactan en el riesgo de extinción

Endogamia y Depresión Endogámica

Endogamia: Descendientes a partir de individuos emparentados

La endogamia es inevitable en **poblaciones pequeñas y cerradas**, es decir, sin intercambio genético con otras poblaciones

Factores genéticos que impactan en el riesgo de extinción

Endogamia y Depresión Endogámica

Endogamia: Descendientes a partir de individuos emparentados

La endogamia es inevitable en **poblaciones pequeñas y cerradas**, es decir, sin intercambio genético con otras poblaciones

Depresión endogámica: Cuando la endogamia provoca una disminución en la aptitud o fitness (reproducción y supervivencia)

Factores genéticos que impactan en el riesgo de extinción

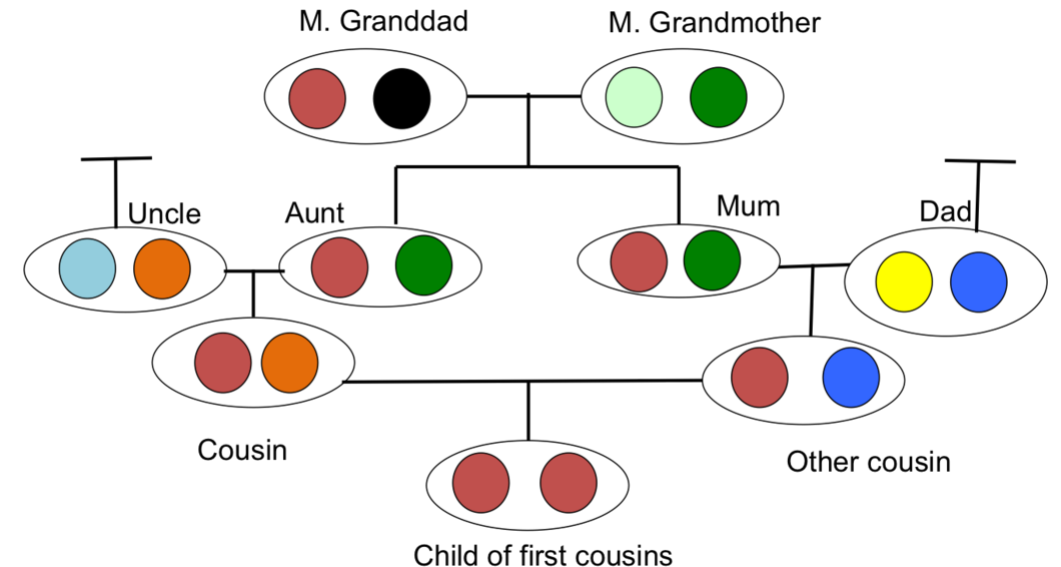
Endogamia y Depresión Endogámica

Endogamia: Descendientes a partir de individuos emparentados

La endogamia es inevitable en **poblaciones pequeñas y cerradas**, es decir, sin intercambio genético con otras poblaciones

Depresión endogámica: Cuando la endogamia provoca una disminución en la aptitud o fitness (reproducción y supervivencia)

- las especies acumulan alelos dañinos raros y parcialmente recesivos
- Dominancia direccional: los alelos beneficiosos son dominantes y los dañinos parcialmente recesivos
- La endogamia aumenta la homocigosis en estos loci, permitiendo expresar su efecto dañino



Factores genéticos que impactan en el riesgo de extinción

Depresión Endogámica

Endogamia aumenta la homocigosis de alelos dañinos preexistentes

Mutational Meltdown

Acumulación de nuevas mutaciones dañinas

En poblaciones pequeñas la selección natural es menos efectiva para eliminar estas mutaciones

Se manifiesta en todos los componentes de la aptitud (fitness), incluyendo:

- Capacidad de apareamiento y fertilización.
- Producción y calidad de esperma en machos.
- Fecundidad, supervivencia y resistencia a enfermedades.
- Habilidad para evitar depredadores y capacidad de crianza en hembras.
- Rasgos equivalentes en plantas, como la producción de semillas y su viabilidad.

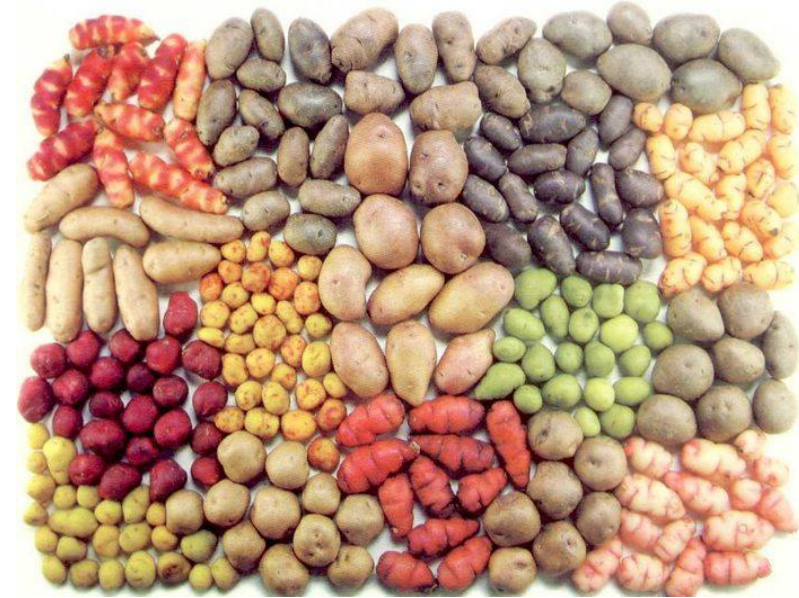
Factores genéticos que impactan en el riesgo de extinción

Diversidad Genética y Potencial Evolutivo

Las poblaciones y especies experimentan cambios ambientales y, ante un cambio ambiental direccional persistente, deben evolucionar o se extinguirán.

La capacidad de evolucionar depende de la diversidad genética para la adaptación, de las fuerzas selectivas y del tamaño poblacional efectivo (N_e)

Especies amenazadas tienen, por definición, tamaños poblacionales más pequeños que las especies no amenazadas, y en consecuencia menor diversidad genética, por lo que tendrán una menor capacidad de evolución que las especies taxonómicamente relacionadas y no amenazadas.



Herramientas genéticas útiles para la conservación

Conservación Ex Situ. Poblaciones de cautiverio

Tres problemas genéticos principales en la gestión de poblaciones de cautiverio:

- depresión endogámica
- pérdida de diversidad genética
- adaptaciones genéticas al cautiverio que son perjudiciales cuando las especies regresan a la naturaleza

Herramientas genéticas útiles para la conservación

Conservación Ex Situ. Poblaciones de cautiverio

Tres problemas genéticos principales en la gestión de poblaciones de cautiverio:

- depresión endogámica
- pérdida de diversidad genética
- adaptaciones genéticas al cautiverio que son perjudiciales cuando las especies regresan a la naturaleza

Para los primeros dos puntos se recomienda la **gestión por parentesco medio** (*mean kinship management*) como el método óptimo para manejar el cruzamiento de los individuos con pedigrí

Herramientas genéticas útiles para la conservación

Conservación Ex Situ. Poblaciones de cautiverio

Tres problemas genéticos principales en la gestión de poblaciones de cautiverio:

- depresión endogámica
- pérdida de diversidad genética
- adaptaciones genéticas al cautiverio que son perjudiciales cuando las especies regresan a la naturaleza

Para los primeros dos puntos se recomienda la **gestión por parentesco medio** (*mean kinship management*) como el método óptimo para manejar el cruzamiento de los individuos con pedigrí

Se puede intentar reducir la adaptación genética al cautiverio al minimizar la selección artificial, prolongar el intervalo generacional y, especialmente, mediante el uso deliberado de la fragmentación poblacional

Pero la adaptación al cautiverio es muy difícil de evitar. Por eso como estrategia de conservación sólo se recomienda en casos extremos

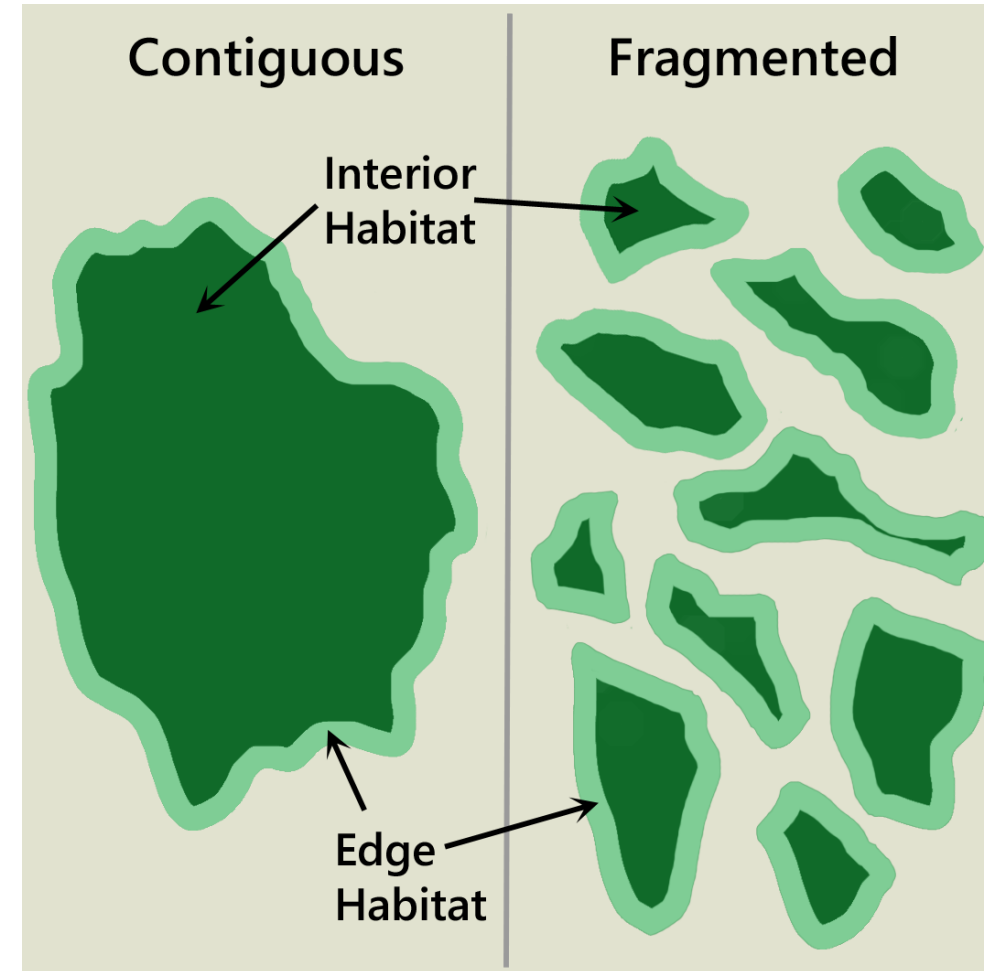
Herramientas genéticas útiles para la conservación

Conservación In Situ. En poblaciones silvestres

gestión genética de poblaciones silvestres se centra en la gestión de poblaciones fragmentadas

En poblaciones fragmentadas, con fragmentos genéticamente aislados, los impactos genéticos adversos ocurren a un ritmo mucho más rápido que en la especie en su totalidad

La extinción de poblaciones es un paso en el camino hacia la extinción de especies



rescate genético: flujo génico desde otros segmentos poblacionales

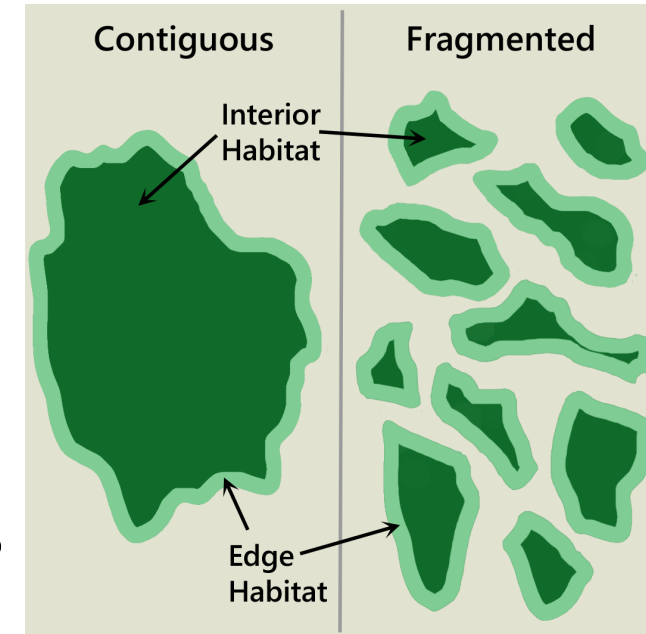
Herramientas genéticas útiles para la conservación

Conservación In Situ. En poblaciones silvestres

rescate genético: flujo génico desde otros segmentos poblacionales

Frankham et al. 2017 proponen hacerse las siguientes preguntas:

- ¿El fragmento poblacional necesita rescate genético?
- Si es así, ¿existe alguna otra población de la misma especie que pueda rescatarlo?
- Si es así, ¿será beneficioso o perjudicial el aumento del flujo génico?
- Si es beneficioso, ¿los beneficios previstos justificarán el costo y el esfuerzo?



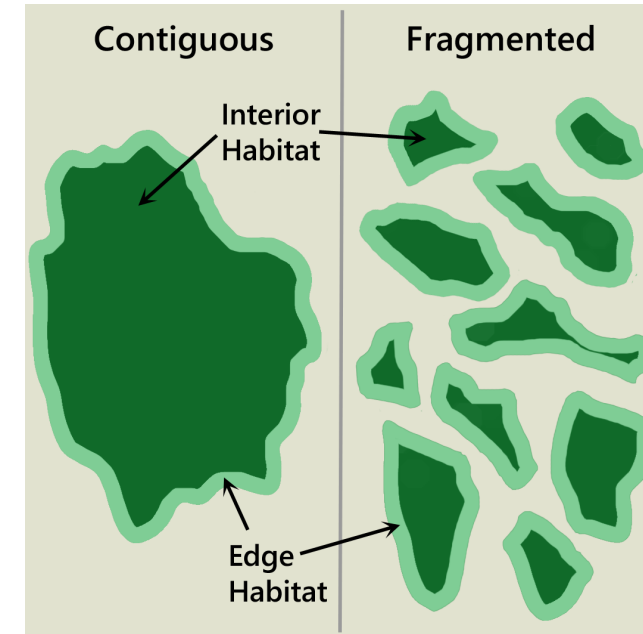
Herramientas genéticas útiles para la conservación

Conservación In Situ. En poblaciones silvestres

rescate genético: flujo génico desde otros segmentos poblacionales

Razones por las que el rescate genético no es tan frecuente:

- depresión por exogamia/dilución de la adaptación local
- falta de datos cuantitativos sobre su eficacia
- directrices excesivamente estrictas
- costo
- riesgos de propagación de enfermedades, plagas y parásitos
- alteración de los sistemas sociales en algunos animales
- traslado de material biológico entre jurisdicciones políticas
- barreras regulatorias

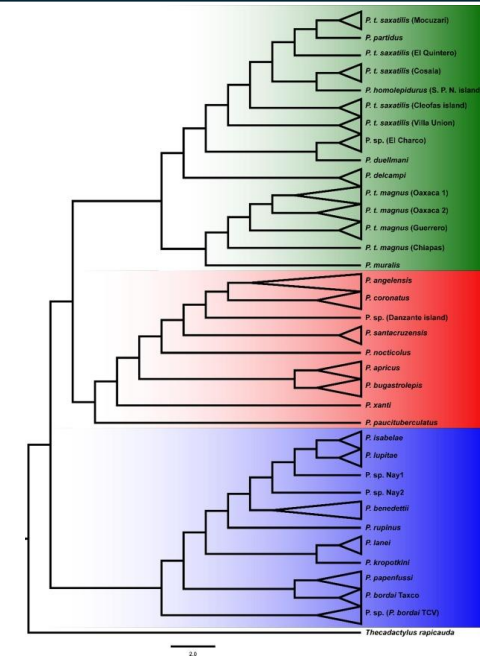


Herramientas genéticas útiles para la conservación

Delimitación taxonómica

Un paso fundamental en la gestión de la conservación es decidir qué poblaciones deben ser manejadas por separado y cuáles pueden ser gestionadas en conjunto

Genética puede ayudar a delimitar especies, unidades evolutivas significativas (ESU) o unidades de manejo (MU)



Herramientas genéticas útiles para la conservación

Delimitación taxonómica

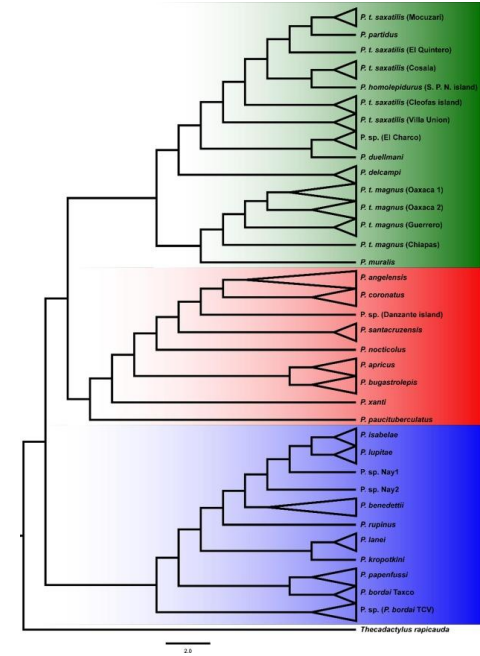
Un paso fundamental en la gestión de la conservación es decidir qué poblaciones deben ser manejadas por separado y cuáles pueden ser gestionadas en conjunto

Genética puede ayudar a delimitar especies, unidades evolutivas significativas (ESU) o unidades de manejo (MU)

Forense

Actualmente, se emplean enfoques genéticos moleculares para detectar actividades ilegales relacionadas con la caza furtiva y el comercio de especies amenazadas, así como para aportar pruebas en procesos judiciales contra los responsables.

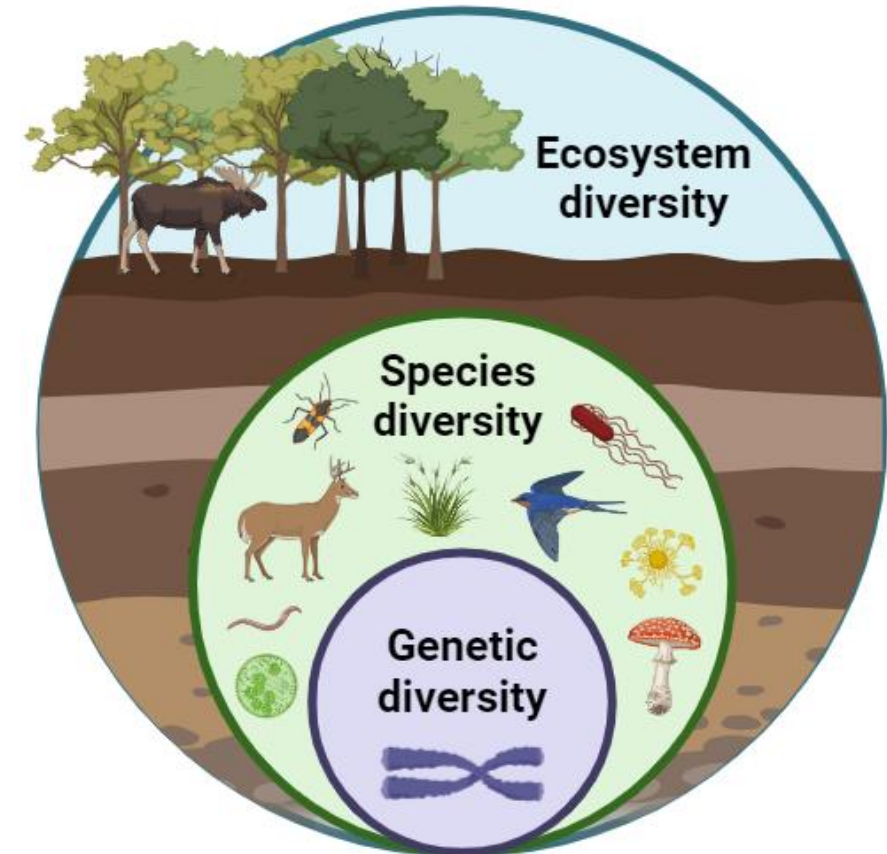
A partir de distintos tipos de muestras se puede determinar la especie y su origen geográfico



Herramientas genéticas útiles para la conservación

Para comprender la biología de las especies y ecosistemas

- Estimación del tamaño poblacional mediante muestreo no invasivo
- Estimación del tamaño efectivo poblacional
- Determinación de la historia demográfica: expansiones y cuellos de botella
- Medición de la migración y el flujo genético
- Delineación de la estructura poblacional
- Determinar el grado de conectividad de poblaciones
- Identificación de poblaciones o especies emparentadas
- Determinación de los sistemas de apareamiento
- Determinación del modo de herencia
- Paternidad
- Sexado de los animales
- Detección de enfermedades
- Análisis de la dieta
- Identificación de especies que integran un ecosistema



Sin embargo...

es realmente necesario considerar la dimensión genética en los programas de conservación?



Sin embargo...

es realmente necesario considerar la dimensión genética en los programas de conservación?



Inicialmente se dudaba si la endogamia tenía efectos perjudiciales sobre la aptitud reproductiva (reproducción y supervivencia) en especies silvestres. Se demostró que si los tiene.

Sin embargo...

es realmente necesario considerar la dimensión genética en los programas de conservación?



Inicialmente se dudaba si la endogamia tenía efectos perjudiciales sobre la aptitud reproductiva (reproducción y supervivencia) en especies silvestres. Se demostró que sí los tiene.

Reconocimiento de la importancia del potencial evolutivo en la biología de la conservación y del papel fundamental que juega la genética a este respecto

La endogamia y la pérdida de diversidad genética reducen la reproducción, la supervivencia y la capacidad de adaptación evolutiva, aumentando el riesgo de extinción

Sin embargo...

es realmente necesario considerar la dimensión genética en los programas de conservación?



Inicialmente se dudaba si la endogamia tenía efectos perjudiciales sobre la aptitud reproductiva (reproducción y supervivencia) en especies silvestres. Se demostró que sí los tiene.

Reconocimiento de la importancia del potencial evolutivo en la biología de la conservación y del papel fundamental que juega la genética a este respecto

La endogamia y la pérdida de diversidad genética reducen la reproducción, la supervivencia y la capacidad de adaptación evolutiva, aumentando el riesgo de extinción

El debate continúa respecto al papel de la genética y su importancia relativa en los programas de conservación

Sin embargo...

es realmente necesario considerar la dimensión genética en los programas de conservación?



Principales argumentos en contra:

- Factores no genéticos suelen llevar a las especies a la extinción antes de que los factores genéticos puedan afectarlas

Russell Lande (década 80') propuso que los factores demográficos (actividades humanas, eventos catastróficos, fluctuaciones demográficas y ambientales) llevarían a las especies a la extinción antes que los factores genéticos tuvieran un impacto significativo. Esta hipótesis se popularizó ampliamente.

Sin embargo...

es realmente necesario considerar la dimensión genética en los programas de conservación?



Principales argumentos en contra:

- Factores no genéticos suelen llevar a las especies a la extinción antes de que los factores genéticos puedan afectarlas

Russell Lande (década 80') propuso que los factores demográficos (actividades humanas, eventos catastróficos, fluctuaciones demográficas y ambientales) llevarían a las especies a la extinción antes que los factores genéticos tuvieran un impacto significativo. Esta hipótesis se popularizó ampliamente.

- La genética es una distracción costosa. Existe más por ganar, especialmente en el corto plazo, enfrentando los problemas inmediatos, tales como la pérdida de hábitat

Sin embargo...

es realmente necesario considerar la dimensión genética en los programas de conservación?



Principales argumentos en contra:

- Factores no genéticos suelen llevar a las especies a la extinción antes de que los factores genéticos puedan afectarlas

Russell Lande (década 80') propuso que los factores demográficos (actividades humanas, eventos catastróficos, fluctuaciones demográficas y ambientales) llevarían a las especies a la extinción antes que los factores genéticos tuvieran un impacto significativo. Esta hipótesis se popularizó ampliamente.

- La genética es una distracción costosa. Existe más por ganar, especialmente en el corto plazo, enfrentando los problemas inmediatos, tales como la pérdida de hábitat
- Abundan los ejemplos de endogamia extrema o de especies con baja diversidad genética, así que la genética es irrelevante.

- Factores no genéticos suelen llevar a las especies a la extinción antes de que los factores genéticos puedan afectarlas

Factores que llevan a las especies a la extinción:

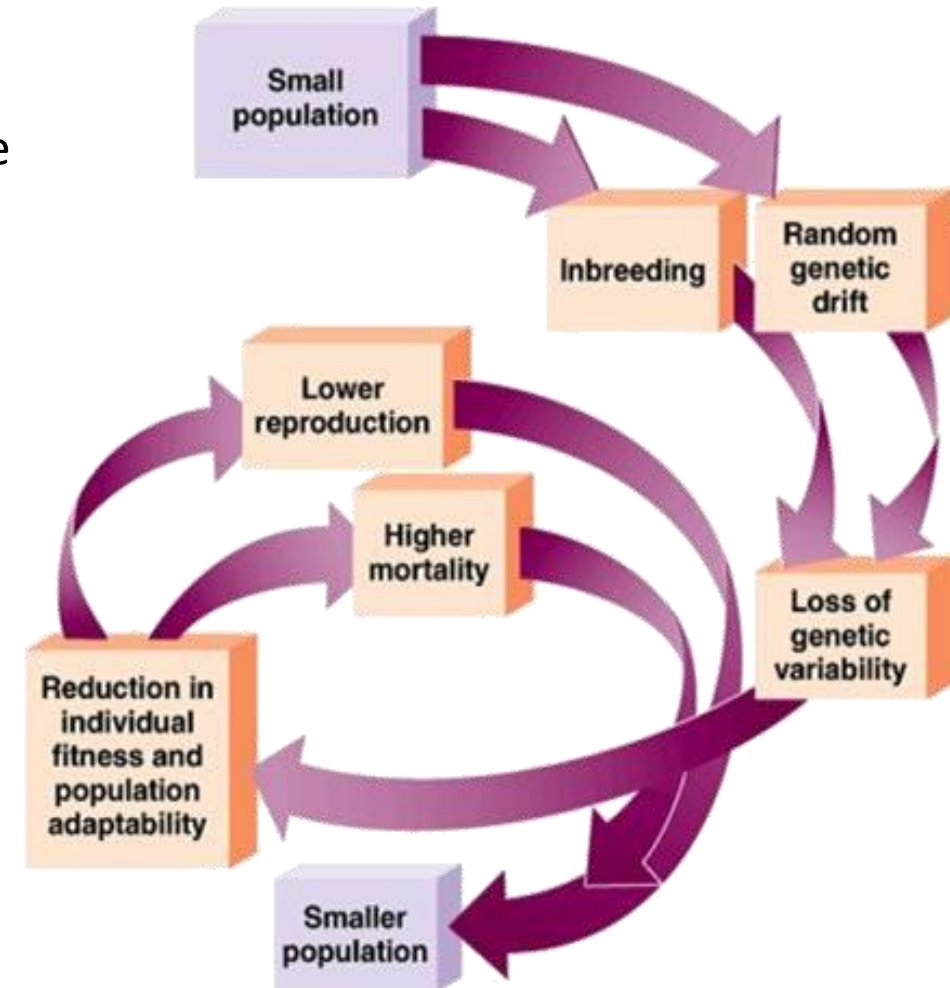
Deterministas: aquellos que pueden hacer que las especies pasen de un crecimiento poblacional promedio a largo plazo, a una disminución poblacional.

(sobreexplotación, pérdida de hábitat, especies exóticas, enfermedades)

Estocásticos: una vez que una población se vuelve pequeña y se aísla, su dinámica y destino pueden quedar dominados por una serie de procesos aleatorios o estocásticos.

Así, aunque se detengan o reviertan las causas deterministas originales del declive, la inestabilidad provocada por la acción de los procesos estocásticos puede provocar su extinción.

The Extinction Vortex:



➤ La genética es una distracción costosa

Si se ignoran los factores genéticos, los programas de conservación de especies amenazadas pueden fracasar, incluso si la causa original del declive no fue genética



pollo de las praderas (*Tympanuchus cupido*)

Antaño, esta ave abundaba en las praderas de Illinois

El crecimiento de la agricultura (reducción de hábitat), más el crecimiento poblacional (caza, recolección de huevos) hicieron que en 1990 casi había desaparecido del estado

En 1994 sólo quedaban 40 pollos de las praderas en Illinois en santuarios donde se restauró el hábitat

Problemas reproductivos, muerte de juveniles

Traslocaron 200 individuos de estados cercanos y luego de esto más polluelos sobrevivieron hasta la edad reproductiva y la diversidad genética se disparó.

Sin embargo, luego de 20 años volvió a decaer, el espacio no es suficiente para sustentar una población viable a largo plazo. Sólo se sustenta con intervención humana.

- Abundan los ejemplos de endogamia extrema o de especies con baja diversidad genética, así que la genética es irrelevante.

Endogamia sin depresión endogámica

Baja diversidad genética que no ha sido confrontada con cambios ambientales, enfermedades o parásitos

Vemos las que sobreviven, las que escaparon a estos efectos, pero hay muchos otros ejemplos que demuestran el efecto perjudicial que pueden llegar a tener la endogamia y la pérdida de diversidad genética




Genómica de la Conservación



Genómica de la Conservación

Existe una creciente conciencia de que la genómica (el estudio del genoma completo de un organismo) y la genómica funcional (el estudio de la porción transcrita y/o traducida del genoma) tienen el potencial de transformar la biología de la conservación

Genómica de la Conservación



Mayor número de marcadores moleculares en una gama más amplia de organismos. Se espera que la aplicación de un mayor número de marcadores mejore la fiabilidad de las conclusiones

Desarrollo de nuevos tipos de marcadores, como los polimorfismos de un solo nucleótido (SNP). Estos marcadores ofrecen ventajas prácticas para la genética de la conservación, como la posibilidad de analizar ADN aún más degradado que con otros marcadores basados en PCR, como los microsatélites

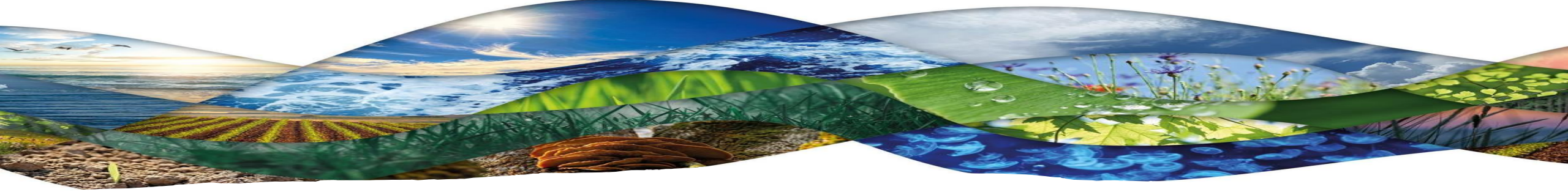
Genómica de la Conservación

Análisis de la variación con potencial importancia funcional

Genética clásica - marcadores neutrales, ya que es un principio subyacente importante de muchos de los modelos teóricos aplicados

Promesa de la Genómica de la conservación: identificar los determinantes moleculares de la variación perjudicial y adaptativa

Podemos definir la genómica de la conservación como un conjunto de herramientas que nos permite extender la genética de la conservación tradicional para alcanzar una visión integrada de la variación genética a ser conservada y sobre esta base mejorar las estrategias de gestión.



- La viabilidad a largo plazo de las comunidades naturales suele implicar la persistencia de la diversidad, con poca o ninguna ayuda humana.
- Pero en el futuro previsible, este papel pasivo de los gestores resulta poco realista, y prácticamente todos los programas de conservación necesitarán ser reforzados artificialmente.

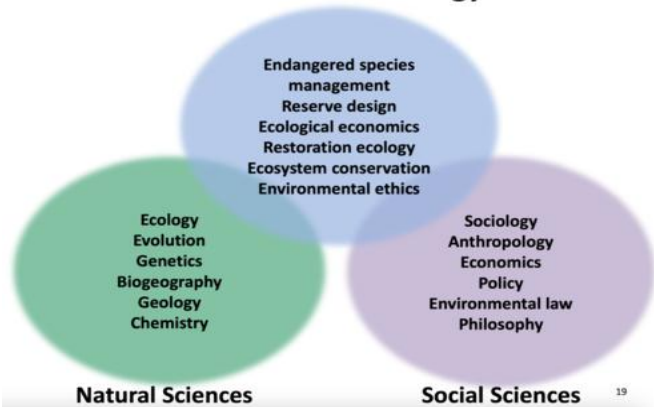
Por ejemplo, incluso las reservas naturales y parques nacionales más grandes se ven afectados por factores antropogénicos en su entorno y suelen ser demasiado pequeños para albergar poblaciones viables de grandes carnívoros.

Además, la caza furtiva, la fragmentación del hábitat y la afluencia de animales domésticos asilvestrados y plantas exóticas requieren prácticas poco comunes como el sacrificio selectivo, la erradicación, inmunización, protección del hábitat y traslocaciones.



Hasta que una amable negligencia vuelva a ser una posibilidad, la biología de la conservación puede brindar algunas de las bases teóricas y empíricas para enfrentar estos variados enigmas de gestión

Conservation Biology



Hasta que una amable negligencia vuelva a ser una posibilidad, la biología de la conservación puede brindar algunas de las bases teóricas y empíricas para enfrentar estos variados enigmas de gestión



Gracias!