

LINEAMIENTOS PARA EL MANEJO DE POBLACIONES DE ANFIBIOS

Estas pautas están sujetas a mejoras adicionales.

Por favor, consulte con el Arca de Anfibios (www.amphibianark.org) para cualquier actualización.



Creado en un taller de manejo de poblaciones de anfibios celebrado del 10 al 11 de diciembre de 2007 en el Zoológico de San Diego, San Diego, California, EE.UU., patrocinado por el Arca de los Anfibios.

Representantes de:

Arca de los Anfibios (AArk)
Asociación de Zoológicos y Acuarios (AZA)
Asociación Regional de Parques Zoológicos y Acuarios de Australasia (ARAZPA)
Centro de Manejo de Poblaciones de AZA, Zoológico Lincoln Park
Sociedad Zoológica de Chicago – Zoológico de Brookfield
Grupo Especialista de Conservación y Cría (CBSG) de la Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN
Zoológico Fresno Chaffee
Sociedad Zoológica de Londres (ZSL),
Zoológico de Londres
Jardín Zoológico de Minnesota
Rancho Sandfire Dragon
Jardines Zoológicos de Toledo
Asociación Mundial de Zoológicos y Acuarios (WAZA)
Sociedad Zoológica de San Diego

Citación recomendada para este documento:

Schad, K., editor. Amphibian Population Management Guidelines. Amphibian Ark Amphibian Population Management Workshop; 2007 December 10-11; San Diego, CA, USA. Amphibian Ark, www.amphibianark.org; 2008. 31 p.

TABLA DE CONTENIDOS

Introducción	3
Manejo De Datos Para Poblaciones De Anfibios	6
Lineamientos Básicos Para Un Buen Manejo Genético	10
Consideraciones Demográficas Para El Manejo De Poblaciones De Anfibios	13
Árbol De Decisión	15
Population Management Recommendations	16
Consideraciones Adicionales	35
Apéndice A: Explicaciones de las Recomendaciones de Manejo Poblacional	36
Apéndice B: Literatura Citada	40
Apéndice C: Aplicando Genética Molecular a Poblaciones de Anfibios en Cautiverio	42

Asistentes a la reunion y otros contactos importantes:

Asistente	Título	Institución	E-mail	Área de experiencia
Kristin Leus	CBSG Europe Programme Officer; Population Management Advisor; Co-Chair Amphibian Population Management Committee	Copenhagen Zoo; European Association of Zoos and Aquaria (EAZA); Amphibian Ark (AARK)	Kristin@cbsgeurope.eu	Primary Contact for Amphibian Population Management; Population Biology
Kristine Schad	Associate Population Biologist; Co-Chair Amphibian Population Management Committee	AZA Population Management Center; Amphibian Ark (AARK)	kschad@lpzoo.org	Primary Contact for Amphibian Population Management; Population Biology
Bob Maillouix	Owner	Sandfire Dragon Ranch, California		Amphibian Husbandry
R. Andrew Odum	Curator	Toledo Zoological Society	RAOdum@aol.com	Amphibian Husbandry
Mike Ready		Sandfire Dragon Ranch, California		Amphibian Husbandry
Andy Snider	Director of Animal Care and Conservation	Fresno Chaffee Zoo	asnider@fresnochaffeezoo.com	Amphibian Husbandry
Louise Bier	Consulting Population Biologist	AZA Population Management Center	lbier@lpzoo.org	Population Biology
Kevin Johnson	Amphibian Ark Taxon Officer	Australasian Regional Association of Zoological Parks and Aquaria (ARAZPA) & Amphibian Ark (AARK)	kevinj@amphibianark.org	Software Development
Richard Gibson	Curator Lower Vertebrates and Invertebrates; Amphibian Ark Taxon Officer	Zoological Society of London (ZSL)* & Amphibian Ark (AARK) *recently moved to Chester Zoo	Richard@amphibianark.org	Conservation Biology, Species Prioritization
Bob Lacy	Conservation Biologist	Chicago Zoological Society & IUCN/SSC Conservation Breeding Specialist Group (CBSG)	rlacy@ix.netcom.com	Population Biology; Management Software Development
Sarah Long	Senior Population Biologist	AZA Population Management Center	slong@lpzoo.org	Population Biology
Brandie Smith	Senior Biologist	Association of Zoos and Aquariums (AZA) *recently moved to National Zoological Park	smithbr@si.edu	Group Management; Population Biology
Bob Wiese	Director of Collections	Zoological Society of San Diego	BWiese@sandiegozoo.org	Population Biology
Kevin Willis	Biological Programs Director	Minnesota Zoo	Kevin.Willis@state.mn.us	Population Biology
Sharon Baker	Curatorial Assistant	Zoological Society of San Diego	SBaker@sandiegozoo.org	
Becky Bryning	Senior Systems Analyst/Programmer	Zoological Society of San Diego	RBryning@sandiegozoo.org	

Lineamientos para el Manejo de Poblaciones de Anfibios

Editado por Kristine Shad

*Associate Population Biologist; Co-Chair Amphibian Population Management Committee
AZA Population Management Center
kschad@lpzoo.org*

INTRODUCTION

Compilado por Brandie Smith, Association of Zoos and Aquariums

El mantenimiento de la variación genética en una población incrementa la probabilidad tanto de su mantenimiento a largo como a corto plazo incluyendo a sus individuos. Como base de la evolución, la variación genética permite a las poblaciones adaptarse a los cambios ambientales (Allendorf 1986; Lewontin 1974; Selander 1983) y muchos estudios han mostrado sus beneficios al estado físico individual (Hedrick et al. 1986; Allendorf and Leary 1986; Ralls et al. 1995; Lacy et al. 1993; Wildt et al. 1987). Las poblaciones pequeñas son especialmente susceptibles a la pérdida de variación genética a través del proceso de deriva genética (Nei et al. 1975). Esta fluctuación al azar en frecuencias alélicas puede impactar fuertemente la composición genética de las poblaciones pequeñas, acelerando su desaparición.

La ciencia del manejo de poblaciones ha avanzado enormemente a través de programas desarrollados para poblaciones cautivas (Ballou and Lacy 1995; Lacy et al. 1995; Ballou and Foose 1996). Zoológicos y acuarios manejados profesionalmente mantienen poblaciones de animales con propósitos de exhibición, conservación, investigación y educación (Hutchins and Conway 1995). Ya que estas poblaciones son pequeñas y están muy dispersas, son manejadas cooperativamente a través de programas de reproducción en cautiverio como los Planes de Supervivencia de Especies (SSP®) y Planes de Manejo de Poblaciones (PMP) de la Asociación de Zoológicos y Acuarios (AZA), los Programas de Manejo de Especies Australasiáticas (ASMP) de la Asociación Regional de Zoológicos y Acuarios de Australasia (ARAZPA) y los Programas de Especies en Peligro (EEP) de la Asociación Europea de Zoológicos y Acuarios (EAZA)¹. A través de estos programas, se realizan recomendaciones específicas de reproducción para ayudar a mantener poblaciones sostenibles que son genéticamente diversas y demográficamente estables.

La meta del manejo genético en cautiverio es detener la evolución. Más específicamente, el manejo se realiza para minimizar cambios en el pool génico para retener tantas características genéticas de los fundadores de la población como sea posible (Ballou and Lacy 1995). Los fundadores son individuos que se asume no están relacionados entre sí y que tienen descendientes vivos. Actualmente es posible retardar la pérdida de diversidad genética en poblaciones con pedigrí a través del manejo intensivo. La constitución genética de toda una población puede ser examinada por la información guardada en el pedigrí, se pueden realizar recomendaciones de reproducción animal por animal y se pueden evaluar los efectos del manejo a largo plazo.

La estrategia actual usada mundialmente por programas cooperativos de reproducción en cautiverio para minimizar la pérdida de diversidad genética, empareja individuos de acuerdo a su valor medio de parentesco (MK) (Ballou and Lacy 1995). Bajo esta estrategia, la importancia genética de un individuo puede ser evaluada basándose en el número y grado de familiares que este tiene en la población. Individuos con la menor media de parentesco son reproductores prioritarios. El parentesco medio ha probado ser la mejor estrategia para mantener la diversidad genética en poblaciones con pedigrí probado contra otras

¹ Existen también programas cooperativos de conservación de la AZCARM llamados Programas de Estrategias de Colaboración para la recuperación de Especies (ECRES)

alternativas tanto en modelos computacionales (Ballou and Lacy 1995) y con organismos vivos (Montgomery et al. 1997). El parentesco medio solamente es efectivo cuando se conoce todo el pedigrí y los emparejamientos pueden ser controlados. Esta estrategia es práctica para muchas especies en cautiverio tales como elefantes, dragones de Komodo, buitres, pero impráctica para especies con poca información o aquellas en las que tenemos menos control en los emparejamientos. Para estas especies, las recomendaciones son más indulgentes al tratar de minimizar el entrecruzamiento y prevenir la fijación de alelos en sub-poblaciones.

La Clase Anfibia incluye tres Ordenes – Anuros (ranas y sapos), Cecílidos y Caudados (salamandras y tritones) – y cubre más de 6,000 especies que exhiben un amplio rango de historias naturales y estrategias reproductivas. Aunque algunos anfibios siguen un modelo reproductivo que permite identificación individual, conociendo el parentesco y controlando los emparejamientos, muchas otras no.

Además, son muy importantes las consideraciones conductuales al mantener poblaciones de anfibios cautivas y pueden necesitarse condiciones específicas ambientales para lograr la reproducción en programas de reproducción en cautiverio (Pramuk and Gagliardo 2008).

Consecuentemente muchas especies de anfibios en cautividad no se amoldan al modelo de parentesco medio y un diverso rango de técnicas de manejo específicas deben ser implementadas para maximizar el mantenimiento de la diversidad genética. Estas técnicas son el tema de estos “Lineamientos de Manejo de Poblaciones de Anfibios.”

REFERENCIAS

- Allendorf F. 1986. Genetic drift and the loss of alleles versus heterozygosity. *Zoo Biology* 5:181-190.
- Allendorf F.W. and Leary R.F. 1986. Heterozygosity and fitness in natural populations of animals. In Soulé M.E. (ed.) *Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity*. Sunderland, MA: Sinauer Associates. p. 57-76.
- Ballou J.D. and Foose T.J. 1996. Demographic and genetic management of captive populations. In Kleiman D.G., Lumpkin S., Allen M., Harris H., Thompson K. (eds.) *Wild Mammals in Captivity*. Chicago, IL: University of Chicago Press. p. 263-283.
- Ballou J.D. and Lacy R.D. 1995. Identifying genetically important individuals for management of genetic diversity in pedigreed populations. In Ballou J.D., Foose T.J., Gilpin M. (eds.) *Population Management for Survival and Recovery*. New York, NY: Columbia University Press. p. 76-111.
- Hedrick P.W., Brussard P.F., Allendorf F.W., Beardmore J.A., and Orzack S. 1986. Protein variation, fitness and captive propagation. *Zoo Biology* 5. 91-99.
- Hutchins M. and Conway W.G. 1995. Beyond Noah's ark: the evolving role of modern zoological parks and aquariums in field conservation. *International Zoo Yearbook* 34:117-130.
- Lacy R., Ballou J.D., Princée F., Starfield A. and Thompson E.A. 1995. Pedigree analysis for population management. In Ballou J., Gilpin M., Foose T. (eds.) *Population Management for Survival and Recovery*. New York, NY: Columbia University Press. p. 57-75
- Lacy R., Petric A., and Warneke, M. 1993. Inbreeding and outbreeding in captive populations of

wild animal species. In Thornhill, N. (ed.) *The Natural History of Inbreeding and Outbreeding*. Chicago, IL: University of Chicago Press. p. 352-374.

Lewontin, R.C. 1974. *The Genetic Basis of Evolutionary Change*. New York, NY: Columbia University Press.

Montgomery M.E., Ballou J.D., Nurthen R.K., England P.R., Brisco D.A., and Frankham R. 1997. Minimizing kinship in captive breeding programs. *Zoo Biology* 16: 377-389.

Nei M., Maruyama T., and Chakraborty, R. 1975. The bottleneck effect and genetic variability in populations. *Evolution* 29:1-10.

Pramuk J.B. and Gagliardo R. 2008. General Amphibian Husbandry. In Poole V and Grow s (eds.) *Amphibian Husbandry Resource Guide*. Pp 4-52.

http://www.aza.org/ConScience/Documents/Amphibian_Husbandry_Resource_Guide_1.0.pdf

Ralls K., Ballou J.D., and Templeton A. 1995. Estimates of lethal equivalents and the cost of inbreeding in mammals. In Ehrenfeld D. (ed.) *Readings from Conservation Biology: Genes, Populations and Species*. p. 192-200.

Selander R.K. 1983. Evolutionary consequences of inbreeding. In Schonewald-Cox C.M., Chambers S.M., MacBryde B., Thomas L. (eds.) *Genetics and Conservation: A Reference for Managing Wild Animal and Plant Population*. Menlo Park, CA: Benjamin/Cummings. p. 201-215.

Wildt D.E., Bush M., and Goodrowe K.L. 1987. Reproductive and genetic consequences of founding isolated lion populations. *Nature* 329:328-31.

MANEJO DE DATOS PARA POBLACIONES DE ANFIBIOS

Compilado por Sarah Long and Kristine Schad, AZA Population Management Center

El manejo de poblaciones de anfibios en zoológicos depende de las bases de datos llamados “studbooks.” Un studbook es un registro de la historia cronológica de una población manejada. Es compilado de una base institucional con toda la información conocida de cada individuo en la población, incluyendo su parentesco con otros individuos y fechas de nacimientos y muertes. Los studbooks proporcionan datos para análisis demográfico y genético que ayudan a asegurar la supervivencia de las poblaciones en los zoológicos y acuarios. Los studbooks pueden ser creados fácilmente utilizando programas como SPARKS o PopLink (ver más abajo).

DEMOGRAFÍA

Definición: Demografía es la ciencia que estudia cómo el tamaño, estructura y distribución de una población ha cambiado en el pasado y cómo se espera que pueda cambiar en el futuro.

Metas: Alcanzar y mantener tamaños poblacionales deseados, estructuras de edades estables y distribuciones de sexo biológicamente apropiadas.

Implementación: Determinando y recomendando el número de nacimientos que ayudarán a la población a alcanzar sus metas demográficas.

Información requerida: Para planificar el número apropiado de nacimientos, necesitamos conocer información acerca de las capacidades reproductivas de los animales (p. ej., edad de primera y última reproducción, tamaño de postura/camada, intervalo entre nacimientos, probabilidades de reproducción a diferentes edades, etc.) y tasas de mortalidad (probabilidad de morir a diferentes edades, longevidad, etc.).

Datos crudos requeridos: Los datos de reproducción y mortalidad son esencialmente derivados de cuatro piezas cruciales de información — fechas de nacimiento, parentesco u otra medida de monitoreo reproductivo, fechas de muerte y sexo.

GENÉTICA DE POBLACIONES

Definición: Genética de poblaciones es el estudio de cómo se estructura la genética de una población, más específicamente, como la frecuencia de alelos (variantes de genes) están distribuidos dentro y entre poblaciones, y cómo estas distribuciones cambian con el tiempo.

Meta: Preservar la diversidad genética y evitar la consanguinidad.

Implementación: La diversidad genética es mantenida y la consanguinidad es evitada a través de una selección cuidadosa de individuos o grupos reproductores.

Información requerida: En orden de determinar qué machos, hembras, o grupos deben reproducirse, necesitamos saber su pedigrí. Los pedigrí nos dan información acerca del valor genético comparativo de cada animal o grupo (que tan único o comunes pueden ser sus alelos) y su relación entre sí. Si se desconoce o es incierto el parentesco de cada individuo o grupo, entonces las otras variables serán importantes como pistas de cómo los animales pueden estar relacionados (p. ej., fuente, ubicación y fecha de nacimiento o inmigración, etc.).

Datos crudos requeridos: La información del pedigrí y relación está basada en datos de parentesco que están marcados a través de generaciones desde los animales vivos hasta los fundadores nacidos en vida libre.

REGISTROS PARA MANEJO INDIVIDUAL

- Identificación individual, marca y registro de los diferentes fundadores y de sus descendientes si es posible.
 - Use cualquier método factible – microchip, implantes, fotografías de marcas únicas, contenedores separados (tanto para individuos como grupos), etc.
- Parentesco de los individuos
 - Registre el padre y madre siempre que sea posible.
- Sexo de cada individuo si es posible.

- Fecha de nacimiento/eclosión, ubicación y origen.
 - Si fue capturado de vida libre, registre la fecha, sitio de colecta, posible relación con otros individuos capturados de vida libre (esto es, muchos anfibios capturados en la misma fuente de agua), y fecha en la que el animal ingresó al cautiverio.
 - Si fue nacido en un zoológico/acuario, registre los padres y la ubicación donde fueron capturados.
- La ubicación y transferencia de animales (es decir, movimiento a una nueva exhibición, unión con nuevos individuos/grupo, transferencia a otra institución)
- Composición del recinto (es decir, quien está alojado con quién, en situación de reproducción o no)
- Fecha de muerte, ubicación, causa
 - Anotar si la muerte fue debida a causas naturales vs. eliminación

REGISTROS PARA MANEJO DE GRUPO

DATOS DE ENTRADA INICIALES

- Identificación, marcaje y registro de los diferentes fundadores o grupos fundadores con identificadores únicos.
 - Use cualquier método factible - etiquete cada recinto, etc.
- Haga seguimiento a los recintos, ubicación.
- Origen o parentesco del grupo (fundadores de vida silvestre, partido de otro grupo, combinación de otros grupos). Sea tan específico como sea posible para seguir el pedigrí y la composición genética del grupo
 - Si es capturado de vida libre, registre la fecha, ubicación de colecta, posible relación con otros individuos colectados de vida libre (esto es, muchos anfibios capturados en la misma fuente de agua), y fecha en que los animales ingresaron a cautiverio.
- Composición del grupo (quién está alojado con quién)
- Número de generación (p. ej., fundador, F1, F2, etc.)

COLECTA CONSTANTE DE DATOS

- Haga censos regularmente (semanal, mensualmente o con tanta frecuencia como le sea posible) y registre los datos asociados a esos conteos para identificar:
 - Número de individuos en cada estadio de vida (Huevos/posturas, metamorfos, adultos)
 - Cantidad de cada sexo (si es posible)
 - Número de muertes
 - Causa de muerte(natural o sacrificio por manejo)
- Registre cualquier evento y fecha asociadas con ellos:
 - Transferencias de grupos (nuevas exhibiciones, información de ubicación)
 - División de grupos (registre la identificación y ubicación de los nuevos grupos)
 - Combinación de grupos (registre la identificación y ubicación de los nuevos grupos combinados)
 - Eventos reproductivos o de desarrollo

REFERENCIAS

Ballou J.D. and Foote T.J. 1996. Demographic and genetic management of captive populations. In Kleiman D.G., Lumpkin S., Allen M., Harris H., Thompson K. (eds.) *Wild Mammals in Captivity*. Chicago, IL: University of Chicago Press. p. 263-283.

Population Group Management Workshop; 2002 May 16-18; Seattle, Washington. Association of Zoos and Aquariums; 2002.

PROGRAMAS

SPARKS - Análisis de la Población y Programa de Registro de Datos (Single Population Analysis & Records Keeping System, ISIS) es un programa que trabaja en el sistema MS-DOS, diseñado para ser usado en el manejo y análisis de bases de datos de studbooks. Un studbook es un registro electrónico de la historia de una población cautiva. Incluye información de cada individuo en una población, incluyendo pedigrí y fechas de nacimiento/muerte y transferencia entre instituciones. El studbook registra toda la historia de cada individuo en una población; estas historias colectivas describen la identidad genética y demográfica de la población.

El programa SPARKS está disponible para todos los miembros de ISIS (del inglés International Species Information System) en el CD de instalación.

PopLink es un programa de computadora basado en Windows diseñado para manejar y analizar bases de datos de studbook. Similar a SPARKS, PopLink puede ayudar a mantener, analizar y exportar los datos de una población cautiva que son relevantes para su manejo genético y demográfico. PopLink puede importar y exportar un studbook desde o hacia SPARKS, el cual es el programa que se está utilizando actualmente para manejar las bases de datos de los studbook. Los encargados de los studbook pueden usar rastrear y mantener todos los datos relevantes de una especie dentro de los zoológicos. Los biólogos poblacionales pueden utilizar PopLink para almacenar datos analíticos, la versión del studbook utilizada en los análisis demográficos y genéticos, en los cuales se basan las decisiones de manejo. PopLink contiene muchas herramientas que asisten en el desarrollo y mantenimiento de los datos analíticos necesarios para el manejo. PopLink fue desarrollado por el Lincoln Park Zoo.

PopLink es distribuido gratis por el Lincoln Park Zoo y puede ser descargado desde www.lpzoo.org/poplink. Cualquier pregunta o comentario puede ser hecha directamente a software@lpzoo.org.

El programa **PM2000** provee una serie de herramientas para análisis genético y demográfico y para el manejo de poblaciones animales con pedigrí (un studbook). PM2000 combina las capacidades de los programas GENES (desarrollado por Robert Lacy, Chicago Zoological Society), DEMOG (desarrollado por Laurie Bingaman-Lackey y Jon Ballou, National Zoological Park), y CAPACITY (desarrollado por Jon Ballou), y además se le han anexado nuevas características. PM2000 fue desarrollado por JP Pollak (Cornell University), Bob Lacy, y Jon Ballou.

PM2000 puede descargarse gratis desde <http://www.vortex9.org/pm2000install.zip>

Otras herramientas de manejo poblacional están actualmente en desarrollo por parte de la Zoological Society of London, Chicago Zoological Society, National Zoo (Washington) y probablemente otros lugares. Se espera que estas nuevas herramientas estén disponibles pronto para ayudar en el manejo de poblaciones de anfibios, especialmente aquellas especies en las cuales el pedigrí no puede ser rastreados con precisión y manejados a nivel de individuo.

MANEJO GENÉTICO DE POBLACIONES DE ANFIBIOS

Compilado por Sarah Long, AZA Population Management Center

Generalmente, los altos niveles de diversidad genética están asociados con los **MÁS ALTOS / MAYORES** valores de:

- Número de fundadores (fundadores = individuos no relacionados que pueden ayudar a establecer una población) (Vea Apéndice A, Figuras 1, 2 y 3)
 - Proporción de animales reproduciéndose (# de individuos reproduciéndose / total del # de individuos) (Vea Apéndice A, Figuras 4, 5a, y 5b)
 - Tasa de crecimiento de la población (Vea Apéndice A, Figuras 6 y 7)
 - Tamaño de la población (tamaño inicial y tamaño deseado) (Vea Apéndice A, Figura 4)
 - Número de crías que sobreviven hasta reproducirse
-

LINEAMIENTOS BÁSICOS PARA UN BUEN MANEJO GENÉTICO:

FUNDADORES

- Comience la población con al menos 20 fundadores, idealmente con igualdad de sexos (p. ej., 10.10). (Nota: a través de este documento, la notación X.Y será usada para identificar X número de machos y Y número de hembras.) (Ver Apéndice A, Fig. 1, 2 y 3)
 - Esto significa al menos 20 individuos (o grupo de individuos) que no están relacionados y que se reproducirán exitosamente. Tome en cuenta que se tendrán que capturar muchos más individuos para asegurarse que efectivamente 20 sobreviven y se reproducen.
 - La colecta de fundadores debe enfocarse a obtener tantos linajes únicos como sea posible (p. ej., colecte de diferentes lugares y si es posible de diferentes sitios en cada colecta para reducir la posibilidad de coleccionar individuos relacionados).

REPRODUCIENDO - ¿CUÁNTOS?

- Produzca un número similar de crías de cada fundador para igualar tamaños familiares dentro del espacio disponible para el taxon. (Vea Apéndice A, Figuras 4, 5a y 5b)
 - Produzca al menos 5 crías por fundador
 - Mantenga el número de crías igual entre fundadores – basado en la cantidad de espacio disponible, dé igual cantidad de espacio para las crías de cada fundador.

CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN – ¿CUÁN RÁPIDO DEBE CRECER LA POBLACIÓN?

- Especies con tiempo de generación cortos (longevidad reproductiva < 5 años) necesitarán que muchos individuos produzcan tantas crías como puedan tan rápido como sea posible. Un tamaño poblacional elevado también es beneficioso (tanto para evitar una crisis demográfica y para retener una mayor diversidad genética). (Vea Apéndice A, Figuras 6 y 7)

MEDIO AMBIENTE

- Las condiciones ambientales deben alentar la reproducción y minimizar la selección involuntaria en el ambiente de zoológicos altamente alterado. Sin embargo, las condiciones no deben ser tan estrechas y rígidas como para alentar la selección involuntaria hacia condiciones específicas cautivas. Las variaciones en el ambiente cautivo ayudarán a mantener la variación genética y permiten medir las posibles mejoras en el manejo.

REPRODUCIENDO – ¿QUÉ INDIVIDUOS/GRUPOS?

- Una vez que los fundadores se han reproducido exitosamente, manténgalos en los mismos pares/grupos; no mezcle y combine innecesariamente. Si una pareja potencial de fundadores falla en reproducirse, trate otras parejas y cualquier otra manipulación para intentar propagar sus genes.
- Priorice reproducir la generación parental antes que las crías nacidas de algunos de los mismos.
 - Los padres siempre serán más valiosos genéticamente que las crías.
 - Sin embargo, intente reproducir la segunda generación antes que los padres mueran para probar los métodos de cuidado.
 - Los descendientes pueden ser reproducidos con los fundadores cuando no hay otra opción.
- Priorice linajes poco representados (aquellos con menor número de descendientes) para reproducirse y empareje animales con valor genético similar:
 - Si los linajes no son iguales, reproduzca los más pequeños, osea líneas familiares poco representadas con otras líneas familiares poco representadas.
 - Si el espacio lo permite, reproduzca líneas familiares sobre-representadas con otras líneas familiares obre-representadas.

SACRIFICIO

- Sacrifique crías excedentes de la población cuando sea necesario de manera de igualar los linajes de fundadores y para mantener el objetivo de tamaño poblacional.

- “Sacrificio” es usado acá para referir cualquier método de remoción permanente de individuos de la población reproductora primaria, tales como:
 - Transferencia a cualquier población no reproductora (para investigación, exhibición, etc).
 - Liberación al medio silvestre si esto es apropiado
 - Eutanasia (cuando los animales son eutanasiados, se debe preservar material biológico).
- Para evitar selección prejuiciosa:
 - El número de individuos/grupos a ser sacrificados debe ser basado en el equilibrio del tamaño familiar.
 - La selección de los individuos/grupos de un linaje familiar a ser sacrificado debe ser realizada al azar (p. ej., no señale para ser sacrificados solamente a renacuajos de rápido desarrollo, los que naden más lento, los más feos, etc.).
 - Si los individuos y pedigrí son rastreados, entonces sacrificando a los individuos con la mayor media de parentesco alcanzaremos los dos objetivos anteriores.
 - Si el sacrificio es necesario, debe ser hecho en los primeros estadios de desarrollo sin comprometer la estabilidad y supervivencia de la población.
- El sacrificio debe seguir las políticas apropiadas de disposición (gubernamentales, de la institución, asociación, etc).

CONSIDERACIONES ESPECIALES PARA POBLACIONES MANEJADAS COMO GRUPO –

Básicamente, las mismas reglas descritas anteriormente aplican para los grupos, pero es importante mencionar algunas consideraciones especiales:

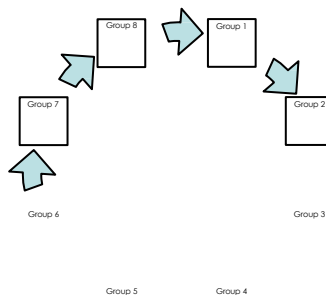
TAMAÑO DEL GRUPO

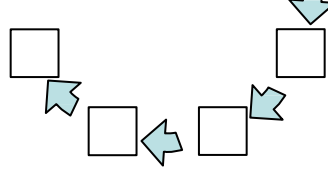
- Mantenga el tamaño del grupo lo más pequeño como sea posible según la biología de la especie mientras se satisfagan los cuidados necesarios para el manejo en cautiverio.
- Mantenga tantos grupos como el espacio y la biología reproductiva lo permita.
- Iguale el tamaño familiar entre grupos al mantener el número de nacimientos lo más parecido posible.
- Si los individuos reproductivamente exitosos dentro de los grupos pueden ser identificados, considere removerlos de los grupos después que se reproduzcan para permitir a otros individuos reproducirse.

ESTRATEGIAS DE REPRODUCCIÓN EN GRUPO

Hay muchas estrategias para retener la diversidad genética en poblaciones de animales viviendo en grupos:

- Una vez que ocurre la reproducción, transfiera sistemáticamente individuos entre grupos como “round robin.” Nosotros recomendamos uno de estos métodos:





- Transferir cerca de 5 individuos por generación – Este número puede aumentar si la mortalidad es alta y la fecundidad es baja.
- Transfiera todos los juveniles – Mueva todos los juveniles fuera de su grupo natal para establecer un nuevo grupo generacional antes de que alcancen la madurez sexual.
- Transfiera todos los individuos del mismo sexo – Mueva todos los machos (o hembras) de un grupo al grupo siguiente para evitar entrecruzamiento con la descendencia y mezclar las líneas genéticas.

O

B. Mantenga cada grupo fundador junto indefinidamente y permítales cruzarse (y entrecruzarse) sin mezclarlos con otros grupos. Este método no implica mantener toda la población de una especie como un grupo sencillo (es decir “no poner todos los huevos dentro de la misma canasta”). En vez, este método asume una sub-división inicial en muchos grupos más pequeños, para salvaguardarlos de eventos catastróficos, y después seguir adelante con reproducción aislada del grupo. Esta estrategia puede mantener linajes fundadores en cada grupo, pero también involucra el riesgo de una pérdida genética rápida, si algunos grupos se pierden. La población debe ser monitoreada para identificar signos de depresión por entrecruzamiento, de tal manera que puedan implementarse transferencias para revertir el entrecruzamiento si este es una amenaza para el éxito. Eventualmente pueden ser necesarias las transferencias si se desarrolla depresión por entrecruzamiento.

O

C. Divida los fundadores iniciales por la mitad y siga ambas estrategias, A y B para incrementar las oportunidades de éxito reproductivo.

REFERENCIAS

Ballou J.D. and Foose T.J. 1996. Demographic and genetic management of captive populations. In Kleiman D.G., Lumpkin S., Allen M., Harris H., Thompson K. (eds.) *Wild Mammals in Captivity*. Chicago, IL: University of Chicago Press. p. 263-283.

Ballou J.D. and Lacy R.D. 1995. Identifying genetically important individuals for management of genetic diversity in pedigreed populations. In Ballou J.D., Foose T.J., Gilpin M. (eds.) *Population Management for Survival and Recovery*. New York, NY: Columbia University Press. p. 76-111.

Frankham R., Ballou J.D., and Briscoe D.A. 2002. *Introduction to Conservation Genetics*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Lacy R.C. 1995. Clarification of genetic terms and their use in the management of captive populations. *Zoo Biology* 14:565-577.

Princée F.P.G. 1995. Overcoming the constraints of social structure and incomplete pedigree data through low-intensity genetic management. In J.D. Ballou, M. Gilpin, and T.J. Foose, eds., *Population management for survival and recovery. Analytical methods and strategies in small population conservation*, pp. 124-154. New York, Columbia University Press.

CONSIDERACIONES DEMOGRÁFICAS PARA EL MANEJO DE POBLACIONES DE ANFIBIOS

Compilado por Lisa Faust, Alexander Center for Applied Population Biology, Lincoln Park Zoo

Establecer poblaciones estables y viables de anfibios en cautiverio depende inicialmente de trabajar en las técnicas de cuidado para asegurar la supervivencia y reproducción de los individuos capturados en vida libre. Una vez que esas técnicas están establecidas, la decisión de cuán grande debe mantenerse una población para asegurar su viabilidad a largo plazo, debe ser considerada idealmente para cada población individual por parte de un biólogo de poblaciones experimentado. Es difícil generalizar acerca de un número mágico como tamaño mínimo de población viable desde una perspectiva demográfica ya que los patrones demográficos de las especies de anfibios en vida silvestre caen en un amplio rango de historias de vida y las metas para una población cautiva pueden variar. Las poblaciones de anfibios pueden ser especies muy "rápidas" con alta fecundidad, alta mortalidad y grandes fluctuaciones en tamaños poblacionales en el tiempo o especies "lentas" con menor fecundidad y mortalidad que tienen tamaños poblacionales más estables o pueden estar entre los dos extremos de historias naturales (para un buen resumen, vea Green 2000).

Sin embargo, la teoría demográfica e investigaciones pre-existentes acerca de anfibios pueden darnos una orientación inicial mínima acerca de las consideraciones demográficas importantes para el manejo de anfibios en cautiverio. Si el tamaño de una población es muy pequeño, se hace susceptible a la estocacidad, que es la variabilidad en supervivencia y reproducción que puede ser debida a procesos demográficos o ambientales lo cual puede resultar en una mayor disminución de la población o la extinción. Una regla general es que las poblaciones son menos susceptibles a la estocacidad demográfica si esta están compuestas por al menos 100 individuos (Morris and Doak 2002).

Además, el tamaño total de la población no es el único factor importante de la viabilidad de una población, ya que los diferentes estadios de vida pueden ser más o menos importantes para la persistencia a largo plazo. Biek et al. (2002) revisaron varias poblaciones de anfibios con un rango en demografía (aunque la mayoría seguiría siendo considerada especie "rápida") para determinar la importancia de los diferentes estadios de vida para la tasa de crecimiento poblacional a largo plazo. Ellos encontraron que las tasas vitales post-metamórficas fueron más críticas para el crecimiento a largo plazo que las tasas vitales pre-metamórficas. Esto indica que, una vez que las técnicas básicas de cuidado han sido trabajadas, mejorar la tasa de supervivencia en los estados post-metamórficos es el objetivo más importante para incrementar el tamaño de una población cautiva.

Una consideración adicional importante para el manejo del riesgo demográfico incluye la protección de las poblaciones por pérdidas catastróficas esencialmente a través de "no poner todos los huevos en la misma canasta." Al establecer una nueva población cautiva, sería extremadamente riesgoso establecer toda la población en un mismo acuario debido al riesgo de catástrofes comunes tales como fallas de electricidad, enfermedades, contaminación del agua, problemas con la comida, etc. Estos riesgos pueden ser mitigados dispersando la población en múltiples acuarios en la misma área, en múltiples localidades de la misma institución o en múltiples instituciones.

Ultimadamente, una vez que las técnicas de cuidado han sido perfeccionadas para un nuevo taxa, los manejadores y biólogos de poblaciones deben evaluar su biología poblacional. Una meta de tamaño poblacional puede ser establecida basándose en las metas genéticas, y luego pueden planearse tácticas de manejo demográfico para alcanzar el tamaño poblacional meta basados en las tasas de supervivencia y fecundidad poblacional. Los anfibios pueden variar enormemente con respecto a la fecundidad, aunque las consideraciones de cuidado y las altas mortalidades de los estadios tempranos estrecharán el rango que alcanza la metamorfosis. Desde una perspectiva de

manejo poblacional, la consideración importante para el crecimiento poblacional es el número de prole por cría que sobrevive hasta la edad reproductiva. Sacrificar individuos de grandes posturas para reducir números a un nivel manejable debe generalmente apuntar a dejar un número igual por postura o debe usar estrategias de parentesco medio para determinar cuales sacrificar.

REFERENCIAS

Biek R., Funk W.C., Maxell B.A., and Mills L.S. 2002. What is Missing in Amphibian Decline Research Insights from Ecological Sensitivity Analysis. *Conservation Biology* 16(3): 728-734.

Green D.M. 2000. "How do Amphibians Go Extinct" from L. M. Darling, editor. 2000. *Proceedings of a Conference on the Biology and Management of Species and Habitats at Risk*, Kamloops, B.C., 15 - 19 Feb., 1999. Volume One. B.C. Ministry of Environment, Lands and Parks, Victoria, B.C. and University College of the Cariboo, Kamloops, B.C. 490pp.

Morris W.F. and Doak D.F. 2002. *Quantitative Conservation Biology*. Sinauer Associates Inc. Sunderland, MA. 479 pp.

ÁRBOL DE DECISIÓN



Edad a la Madurez	Longevidad Reproductiva
< 1 año	1 año

Especie ejemplo: *Acris crepitans*

Problema de Manejo Poblacional: Estas especies perderán diversidad genética muy rápido; así que se requieren muchos fundadores y grandes tamaños poblacionales.

MANEJO INDIVIDUAL

- El Manejo Individual puede que no sea factible para este tipo de especie. Sin embargo, si usted escoge manejar individualmente, entonces utilice las recomendaciones de manejo de grupo expuestas más adelante para asegurar la viabilidad a largo plazo de la población.

MANEJO DE GRUPO

¿Cuántos fundadores se deben colectar?

- Usted quiere 50.50 fundadores que sobrevivan y se reproduzcan. Colecte más basado en su estimado de tasa de éxito reproductivo y de supervivencia. (Esto es, si usted espera que el 50% de los animales colectados sobrevivan y se reproduzcan, debería colectar 100.100 especímenes). Trate de colectar una relación de sexo lo más parecida posible.
- Mantenga los fundadores en grupos tan pequeños como sea posible (p. ej., en pares) para dar igual oportunidad a todos los fundadores. Si los fundadores son mantenidos en grupos grandes, usted puede necesitar más fundadores para asegurar 50.50 reproductores.

¿Cuál es la meta de tamaño poblacional?

- El tamaño poblacional meta está definido como el número de tamaño poblacional mínimo necesario para alcanzar las metas genéticas. Este tamaño de meta genética puede diferir del tamaño de la meta necesario para alcanzar las metas demográfica, de investigación o de reintroducción.
- El tamaño meta depende de la duración del programa (p. ej., corto vs largo plazo) y del tiempo generacional de la especie.
- El tamaño meta fue estimado usando un tiempo de generación de 6 meses y un tamaño poblacional efectivo de 0.15.
- Estos tamaños meta fueron estimados para mantener el 90% de la diversidad genética por la duración del programa.

Duración del Programa (Años)	Meta Genética Mínima Tamaño Poblacional
10	635
15	950
25	1590
40	2540
55	3490
70	4430
85	5480
100	6330

¿Cuán rápido debe usted aumentar la población hacia el tamaño meta?

- Aumente la población fundadora hacia el tamaño meta tan rápido como le sea posible debido a la corta vida útil (o al menos cinco crías por fundador).
- Después de alcanzar el tamaño meta, cada año determine el número de crías necesarias para mantener el tamaño poblacional.

¿Quién debe reproducirse?

Tamaño del Grupo

- Mantenga el tamaño del grupo tan pequeño como sea efectivo para la biología de la especie, si es

posible trate de mantener ocho grupos separados.

- Iguale el tamaño familiar a través de los grupos al mantener los tamaños de postura tan parecidos como sea posible.
- Si se pueden identificar dentro de los grupos a los individuos exitosos en la reproducción, considere retirarlos de los grupos para permitir a otros individuos reproducirse.

Estrategias de Reproducción en Grupo: Hay muchas estrategias para mantener la diversidad genética en poblaciones de animales viviendo en grupo:

- A. Una vez se haya dado la reproducción, sistemáticamente transfiera individuos entre grupos a manera de "round robin". Recomendamos uno de estos métodos:
 - Transfiera 5 individuos por generación – Este número puede que necesite incrementarse si la mortalidad es alta o la fecundidad es baja.
 - Transfiera todos los juveniles – Mueva todos los juveniles fuera de su grupo natal para establecer grupos nuevos de siguiente generación antes de que estos alcancen la madurez sexual.
 - Transfiera todos los de un mismo sexo – Mueva todos los machos (o hembras) de un grupo al siguiente para evitar entrecruzamiento con las crías y mezclar líneas genéticas.
- B. Mantenga cada grupo fundador junto indefinidamente y permita que se crucen sin mezclarlos con otros grupos. Esta estrategia es mejor para poblaciones que tiene problemas de enfermedades, cuidados o logísticos que prohíben moverlos entre grupos.
- C. Divida las poblaciones fundadoras iniciales en la mitad y siga ambas estrategias A y B para incrementar la probabilidad de éxito reproductivo.

Edad a la Madurez	Longevidad Reproductiva
< 1 año	2 - 5 años

Especies Ejemplo: Eleutherodactylus, Nectophrynoides, algunos Hyperoliidae

Problema de Manejo Poblacional: Estas especies perderán diversidad genética muy rápido. Cuando se maneja en grupos, se necesita grandes tamaños poblacionales para asegurar un tamaño poblacional adecuado.

MANEJO INDIVIDUAL

- El Manejo Individual puede no ser posible para estas especies tipo. Sin embargo, si usted decide manejarla individualmente use las recomendaciones de grupo expuestas más adelante para asegurar una viabilidad a largo plazo de la población.

MANEJO DE GRUPO

¿Cuántos fundadores coleccionar?

- Usted quiere 25.25 fundadores que sobrevivan y se reproduzcan. Colecte más cantidad basado en su tasa estimada de supervivencia y éxito reproductivo. (Por ejemplo, si usted espera el 50% de los animales recolectados sobrevivan y se reproduzcan, entonces debería coleccionar 50.50 especímenes.) Trate de obtener una relación de sexo tan pareja como sea posible.
- Mantenga los fundadores en grupos lo más pequeños posibles (p. ej., en pares) para dar igual oportunidad para reproducirse a todos los fundadores. Si los fundadores son mantenidos en grupos grandes, usted necesitará más fundadores para asegurar 25.25 reproductores.

¿Cuál es la meta de tamaño poblacional?

- El tamaño poblacional meta está definido como el número de tamaño poblacional mínimo necesario para alcanzar las metas genéticas. Este tamaño de meta genética puede diferir del tamaño de la meta necesario para alcanzar las metas demográfica, de investigación o de reintroducción.
- El tamaño meta depende de la duración del programa (p. ej., corto vs largo plazo) y del tiempo generacional de la especie.
- El tamaño meta fue estimado usando un tiempo de generación de 2 años y un tamaño poblacional efectivo de 0.15.
- Estos tamaños meta fueron estimados para mantener el 90% de la diversidad genética por la duración del programa.

Duración del Programa (Años)	Meta Genética Mínima Tamaño Poblacional
≤ 25	400
40	635
55	875
70	1110
85	1350
100	1585

¿Cuán rápido debe usted aumentar la población hacia el tamaño meta?

- Aumente la población fundadora hacia el tamaño meta tan rápido como le sea posible debido a la corta vida útil (o al menos cinco crías por fundador).
- Después de alcanzar el tamaño meta, cada año determine el número de crías necesarias para mantener el tamaño poblacional.

¿Quién debe reproducirse?

Tamaño del Grupo

- Mantenga el tamaño del grupo tan pequeño como sea efectivo para la biología de la especie, si es posible trate de mantener ocho grupos separados.
- Iguale el tamaño familiar a través de los grupos al mantener los tamaños de postura tan parecidos como sea posible.
- Si se pueden identificar dentro de los grupos a los individuos exitosos en la reproducción, considere retirarlos de los grupos para permitir a otros individuos reproducirse.

Estrategias de Reproducción en Grupo: Hay muchas estrategias para mantener la diversidad genética en poblaciones de animales viviendo en grupo:

- A. Una vez se haya dado la reproducción, sistemáticamente transfiera individuos entre grupos a manera de "round robin". Recomendamos uno de estos métodos:
 - Transfiera 5 individuos por generación – Este número puede que necesite incrementarse si la mortalidad es alta o la fecundidad es baja.
 - Transfiera todos los juveniles – Mueva todos los juveniles fuera de su grupo natal para establecer grupos nuevos de siguiente generación antes de que estos alcancen la madurez sexual.
 - Transfiera todos los de un mismo sexo – Mueva todos los machos (o hembras) de un grupo al siguiente para evitar entrecruzamiento con las crías y mezclar líneas genéticas.
- B. Mantenga cada grupo fundador junto indefinidamente y permita que se crucen sin mezclarlos con otros grupos. Esta estrategia es mejor para poblaciones que tiene problemas de enfermedades, cuidados o logísticos que prohíben moverlos entre grupos.
- C. Divida las poblaciones fundadoras iniciales en la mitad y siga ambas estrategias A y B para incrementar la probabilidad de éxito reproductivo.

Edad a la Madurez	Longevidad Reproductiva
1 -5 años	< 5 años

Especies Ejemplo: algunos Hyliidae, algunos Hyperoliidae, Scaphiophryne

Problema de Manejo Poblacional: Estas especies tienen expectativa de vida corta, así que se pueden perder las oportunidades de reproducción si se espera demasiado. Aún teniendo un tiempo de generación relativamente corto, de todas formas serán necesarias grandes tamaños poblacionales.

MANEJO INDIVIDUAL

¿Cuántos fundadores coleccionar?

- Usted quiere 10.10 fundadores que sobrevivan y se reproduzcan. Colecte más cantidad basado en su tasa estimada de supervivencia y éxito reproductivo. (Por ejemplo, si usted espera el 50% de los animales recolectados sobrevivan y se reproduzcan, entonces debería coleccionar 20.20 especímenes.) Trate de obtener una relación de sexo tan pareja como sea posible.

¿Cuál es la meta de tamaño poblacional?

- El tamaño poblacional meta está definido como el número de tamaño poblacional mínimo necesario para alcanzar las metas genéticas. Este tamaño de meta genética puede diferir del tamaño de la meta necesario para alcanzar las metas demográfica, de investigación o de reintroducción.
- El tamaño meta depende de la duración del programa (p. ej., corto vs largo plazo) y del tiempo generacional de la especie.
- El tamaño meta fue estimado usando un tiempo de generación de 3 años y un tamaño poblacional efectivo de 0.30.
- Estos tamaños meta fueron estimados para mantener el 90% de la diversidad genética por la duración del programa.

Duración del Programa (Años)	Meta Genética Mínima Tamaño Poblacional
≤ 25	135
40	215
55	290
70	370
85	450
100	530

¿Cuán rápido debe usted aumentar la población hacia el tamaño meta?

- Aumente la población fundadora hacia el tamaño meta tan rápido como le sea posible (o al menos cinco crías por fundador).
- Después de alcanzar el tamaño meta, cada año determine el número de crías necesarias para mantener el tamaño poblacional.

¿Quién debe reproducirse?

- Reproduzca de acuerdo a la estrategia de la media de parentesco (Lacy 1995, Pollak et al. 2005).
- Reproduzca los fundadores tanto como pueda; trate de mantener un número similar de crías de todos los fundadores.
- Haga al menos alguna prueba de reproducción de animales nacidos en cautiverio para asegurarse que la población puede mantenerse aún cuando se pierdan los fundadores.
- No es necesario mantener discretas las generaciones si los animales son individualmente rastreados.

Edad a la Madurez	Longevidad Reproductiva
1 - 5 años	< 5 años

MANEJO DE GRUPO

¿Cuántos fundadores coleccionar?

- Usted quiere 25.25 fundadores que sobrevivan y se reproduzcan. Colecte más cantidad basado en su tasa estimada de supervivencia y éxito reproductivo. (Por ejemplo, si usted espera el 50% de los animales recolectados sobrevivan y se reproduzcan, entonces debería coleccionar 50.50 especímenes.) Trate de obtener una relación de sexo tan pareja como sea posible.
- Mantenga los fundadores en grupos lo más pequeños posibles (p. ej., en pares) para dar igual oportunidad para reproducirse a todos los fundadores. Si los fundadores son mantenidos en grupos grandes, usted necesitará más fundadores para asegurar 25.25 reproductores.

¿Cuál es la meta de tamaño poblacional?

- El tamaño poblacional meta está definido como el número de tamaño poblacional mínimo necesario para alcanzar las metas genéticas. Este tamaño de meta genética puede diferir del tamaño de la meta necesario para alcanzar las metas demográfica, de investigación o de reintroducción.
- El tamaño meta depende de la duración del programa (p. ej., corto vs largo plazo) y del tiempo generacional de la especie.
- El tamaño meta fue estimado usando un tiempo de generación de 3 años y un tamaño poblacional efectivo de 0.15.
- Estos tamaños meta fueron estimados para mantener el 90% de la diversidad genética por la duración del programa.

Duración del Programa (Años)	Meta Genética Mínima Tamaño Poblacional
≤ 25	265
40	425
55	590
70	740
85	900
100	1060

¿Cuán rápido debe usted aumentar la población hacia el tamaño meta?

- Aumente la población fundadora hacia el tamaño meta tan rápido como le sea posible (o al menos cinco crías por fundador).
- Después de alcanzar el tamaño meta, cada año determine el número de crías necesarias para mantener el tamaño poblacional.

¿Quién debe reproducirse?

Tamaño del Grupo

- Mantenga el tamaño del grupo tan pequeño como sea efectivo para la biología de la especie, si es posible trate de mantener ocho grupos separados.
- Iguale el tamaño familiar a través de los grupos al mantener los tamaños de postura tan parecidos como sea posible.
- Si se pueden identificar dentro de los grupos a los individuos exitosos en la reproducción, considere retirarlos de los grupos para permitir a otros individuos reproducirse.

Estrategias de Reproducción en Grupo: Hay muchas estrategias para mantener la diversidad genética en poblaciones de animales viviendo en grupo:

A. Una vez se haya dado la reproducción, sistemáticamente transfiera individuos entre grupos a manera de "round robin". Recomendamos uno o más de estos métodos:

- Transfiera 5 individuos por generación – Este número puede que necesite incrementarse si la mortalidad es alta o la fecundidad es baja.

- Transfiera todos los juveniles – Mueva todos los juveniles fuera de su grupo natal para establecer grupos nuevos de siguiente generación antes de que estos alcancen la madurez sexual.
- Transfiera todos los de un mismo sexo – Mueva todos los machos (o hembras) de un grupo al siguiente para evitar entrecruzamiento con las crías y mezclar líneas genéticas.

○

B. Mantenga cada grupo fundador junto indefinidamente y permita que se crucen sin mezclarlos con otros grupos. Esta estrategia es mejor para poblaciones que tiene problemas de enfermedades, cuidados o logísticos que prohíben moverlos entre grupos.

○

C. Divida las poblaciones fundadoras iniciales en la mitad y siga ambas estrategias A y B para incrementar la probabilidad de éxito reproductivo.

Edad a la Madurez	Longevidad Reproductiva
1 - 5 años	5 - 15 años

Especies Ejemplo: Dendrobatidae, Typhlonectes, Tylotriton/Echinotriton, Theloderma, Cynops, Leptodactylus, Ceratobatrachus, Mantella, Atelopus

Problema de Manejo Poblacional: Estas especies tienen historias de vida que muchas veces empiezan a aproximarse a las de los grandes vertebrados, y por eso las estrategias de manejo poblacional pueden muchas veces ser más parecidas a las usadas para muchas aves y mamíferos. Sin embargo, aunque el manejo genético se hace más fácil, hay mayor riesgo de fallo demográfico para especies mantenidas en pequeños grupos.

MANEJO INDIVIDUAL

¿Cuántos fundadores coleccionar?

- Usted quiere 10.10 fundadores que sobrevivan y se reproduzcan. Colecte más cantidad basado en su tasa estimada de supervivencia y éxito reproductivo. (Por ejemplo, si usted espera el 50% de los animales recolectados sobrevivan y se reproduzcan, entonces debería coleccionar 20.20 especímenes.) Trate de obtener una relación de sexo tan parecida como sea posible.

¿Cuál es la meta de tamaño poblacional?

- El tamaño poblacional meta está definido como el número de tamaño poblacional mínimo necesario para alcanzar las metas genéticas. Este tamaño de meta genética puede diferir del tamaño de la meta necesario para alcanzar las metas demográfica, de investigación o de reintroducción.
- El tamaño meta depende de la duración del programa (p. ej., corto vs largo plazo) y del tiempo generacional de la especie.
- El tamaño meta fue estimado usando un tiempo de generación de 6 años y un tamaño poblacional efectivo de 0.30.
- Estos tamaños meta fueron estimados para mantener el 90% de la diversidad genética por la duración del programa.

Duración del Programa (Años)	Meta Genética Mínima Tamaño Poblacional
≤ 25	70*
40	110
55	150
70	190
85	225
100	265

*Note que este tamaño meta es el mínimo recomendado para alcanzar las metas genéticas, pero puede ser demasiado pequeño para alcanzar las metas demográficas. En general, un tamaño poblacional de 100 es muchas veces considerado el mínimo necesario para alcanzar las metas demográficas.

¿Cuán rápido debe usted aumentar la población hacia el tamaño meta?

- Aumente la población fundadora hacia el tamaño meta tan rápido como le sea posible (o al menos cinco crías por fundador).
- Después de alcanzar el tamaño meta, cada año determine el número de crías necesarias para mantener el tamaño poblacional.

¿Quién debe reproducirse?

- Reproduzca de acuerdo a la estrategia de la media de parentesco (Lacy 1995, Pollak et al. 2005).
- Reproduzca los fundadores tanto como pueda; trate de mantener un número similar de crías de todos los fundadores.
- Haga al menos alguna prueba de reproducción de animales nacidos en cautiverio para asegurarse que la población puede mantenerse aún cuando se pierdan los fundadores.
- No es necesario mantener discretas las generaciones si los animales son individualmente rastreados.

Edad a la Madurez	Longevidad Reproductiva
1 - 5 años	5 - 15 años

MANEJO DE GRUPO

¿Cuántos fundadores coleccionar?

- Usted quiere 25.25 fundadores que sobrevivan y se reproduzcan. Colecte más cantidad basado en su tasa estimada de supervivencia y éxito reproductivo. (Por ejemplo, si usted espera el 50% de los animales recolectados sobrevivan y se reproduzcan, entonces debería coleccionar 50.50 especímenes.) Trate de obtener una relación de sexo tan pareja como sea posible.
- Mantenga los fundadores en grupos lo más pequeños posibles (p. ej., en pares) para dar igual oportunidad para reproducirse a todos los fundadores. Si los fundadores son mantenidos en grupos grandes, usted necesitará más fundadores para asegurar 25.25 reproductores.

¿Cuál es la meta de tamaño poblacional?

- El tamaño poblacional meta está definido como el número de tamaño poblacional mínimo necesario para alcanzar las metas genéticas. Este tamaño de meta genética puede diferir del tamaño de la meta necesario para alcanzar las metas demográfica, de investigación o de reintroducción.
- El tamaño meta depende de la duración del programa (p. ej., corto vs largo plazo) y del tiempo generacional de la especie.
- El tamaño meta fue estimado usando un tiempo de generación de 6 años y un tamaño poblacional efectivo de 0.15.
- Estos tamaños meta fueron estimados para mantener el 90% de la diversidad genética por la duración del programa.

Duración del Programa (Años)	Meta Genética Mínima Tamaño Poblacional
≤ 25	140
40	225
55	300
70	370
85	450
100	530

¿Cuán rápido debe usted aumentar la población hacia el tamaño meta?

- Aumente la población fundadora hacia el tamaño meta tan rápido como le sea posible (o al menos cinco crías por fundador).
- Después de alcanzar el tamaño meta, cada año determine el número de crías necesarias para mantener el tamaño poblacional.

¿Quién debe reproducirse?

Tamaño del Grupo

- Mantenga el tamaño del grupo tan pequeño como sea efectivo para la biología de la especie, si es posible trate de mantener ocho grupos separados.
- Iguale el tamaño familiar a través de los grupos al mantener los tamaños de postura tan parecidos como sea posible.
- Si se pueden identificar dentro de los grupos a los individuos exitosos en la reproducción, considere retirarlos de los grupos para permitir a otros individuos reproducirse.

Estrategias de Reproducción en Grupo: Hay muchas estrategias para mantener la diversidad genética en poblaciones de animales viviendo en grupo:

A. Una vez se haya dado la reproducción, sistemáticamente transfiera individuos entre grupos a manera de "round robin." Recomendamos uno o más de estos métodos:

- Transfiera 5 individuos por generación – Este número puede que necesite incrementarse si

la mortalidad es alta o la fecundidad es baja.

- Transfiera todos los juveniles – Mueva todos los juveniles fuera de su grupo natal para establecer grupos nuevos de siguiente generación antes de que estos alcancen la madurez sexual.
- Transfiera todos los de un mismo sexo – Mueva todos los machos (o hembras) de un grupo al siguiente para evitar entrecruzamiento con las crías y mezclar líneas genéticas.

○

B. Mantenga cada grupo fundador junto indefinidamente y permita que se crucen sin mezclarlos con otros grupos. Esta estrategia es mejor para poblaciones que tiene problemas de enfermedades, cuidados o logísticos que prohíben moverlos entre grupos.

○

C. Divida las poblaciones fundadoras iniciales en la mitad y siga ambas estrategias A y B para incrementar la probabilidad de éxito reproductivo.

Edad a la Madurez	Longevidad Reproductiva
1 - 5 años	> 15 años

Especies Ejemplo: Salamandra, algunos Ambystoma

Problema de Manejo Poblacional: Estas especies tienen historias de vida muy parecidas a la de los grandes vertebrados. El manejo poblacional se beneficiaría al moverse hacia el manejo individual, más que al manejo de grupo siempre que sea posible.

MANEJO INDIVIDUAL

¿Cuántos fundadores coleccionar?

- Usted quiere 10.10 fundadores que sobrevivan y se reproduzcan. Colecte más cantidad basado en su tasa estimada de supervivencia y éxito reproductivo. (Por ejemplo, si usted espera el 50% de los animales recolectados sobrevivan y se reproduzcan, entonces debería coleccionar 20.20 especímenes.) Trate de obtener una relación de sexo tan pareja como sea posible.

¿Cuál es la meta de tamaño poblacional?

- El tamaño poblacional meta está definido como el número de tamaño poblacional mínimo necesario para alcanzar las metas genéticas. Este tamaño de meta genética puede diferir del tamaño de la meta necesario para alcanzar las metas demográficas, de investigación o de reintroducción.
- El tamaño meta depende de la duración del programa (p. ej., corto vs largo plazo) y del tiempo generacional de la especie.
- El tamaño meta fue estimado usando un tiempo de generación de 7 años y un tamaño poblacional efectivo de 0.30.
- Estos tamaños meta fueron estimados para mantener el 90% de la diversidad genética por la duración del programa.

Duración del Programa (Años)	Meta Genética Mínima Tamaño Poblacional
≤ 25	60*
40	95*
55	125
70	160
85	195
100	230

*Note que este tamaño meta es el mínimo recomendado para alcanzar las metas genéticas, pero puede ser demasiado pequeño para alcanzar las metas demográficas. En general, un tamaño poblacional de 100 es muchas veces considerado el mínimo necesario para alcanzar las metas demográficas.

¿Cuán rápido debe usted aumentar la población hacia el tamaño meta?

- Aumente la población fundadora hacia el tamaño meta en una generación (o al menos cinco crías por fundador).
- Después de alcanzar el tamaño meta, cada año determine el número de crías necesarias para mantener el tamaño poblacional.

¿Quién debe reproducirse?

- Reproduzca de acuerdo a la estrategia de la media de parentesco (Lacy 1995, Pollak et al. 2005).
- Reproduzca los fundadores tanto como pueda; trate de mantener un número similar de crías de todos los fundadores.
- Haga al menos alguna prueba de reproducción de animales nacidos en cautiverio para asegurarse que la población puede mantenerse aún cuando se pierdan los fundadores.
- No es necesario mantener discretas las generaciones si los animales son individualmente rastreados.

Edad a la Madurez	Longevidad Reproductiva
1 - 5 años	> 15 años

MANEJO DE GRUPO

¿Cuántos fundadores colectar?

- Usted quiere 25.25 fundadores que sobrevivan y se reproduzcan. Colecte más cantidad basado en su tasa estimada de supervivencia y éxito reproductivo. (Por ejemplo, si usted espera el 50% de los animales recolectados sobrevivan y se reproduzcan, entonces debería colectar 50.50 especímenes.) Trate de obtener una relación de sexo tan pareja como sea posible.
- Mantenga los fundadores en grupos lo más pequeños posibles (p. ej., en pares) para dar igual oportunidad para reproducirse a todos los fundadores. Si los fundadores son mantenidos en grupos grandes, usted necesitará más fundadores para asegurar 25.25 reproductores.

¿Cuál es la meta de tamaño poblacional?

- El tamaño poblacional meta está definido como el número de tamaño poblacional mínimo necesario para alcanzar las metas genéticas. Este tamaño de meta genética puede diferir del tamaño de la meta necesario para alcanzar las metas demográfica, de investigación o de reintroducción.
- El tamaño meta depende de la duración del programa (p. ej., corto vs largo plazo) y del tiempo generacional de la especie.
- El tamaño meta fue estimado usando un tiempo de generación de 7 años y un tamaño poblacional efectivo de 0.15.
- Estos tamaños meta fueron estimados para mantener el 90% de la diversidad genética por la duración del programa.

Duración del Programa (Años)	Meta Genética Mínima Tamaño Poblacional
≤ 25	115
40	185
55	250
70	320
85	390
100	455

¿Cuán rápido debe usted aumentar la población hacia el tamaño meta?

- Aumente la población fundadora hacia el tamaño meta en una generación (o al menos cinco crías por fundador).
- Después de alcanzar el tamaño meta, cada año determine el número de crías necesarias para mantener el tamaño poblacional.

¿Quién debe reproducirse?

Tamaño del Grupo

- Mantenga el tamaño del grupo tan pequeño como sea efectivo para la biología de la especie, si es posible trate de mantener ocho grupos separados.
- Iguale el tamaño familiar a través de los grupos al mantener los tamaños de postura tan parecidos como sea posible.
- Si se pueden identificar dentro de los grupos a los individuos exitosos en la reproducción, considere retirarlos de los grupos para permitir a otros individuos reproducirse.

Estrategias de Reproducción en Grupo: Hay muchas estrategias para mantener la diversidad genética en poblaciones de animales viviendo en grupo:

A. Una vez se haya dado la reproducción, sistemáticamente transfiera individuos entre grupos a manera de "round robin." Recomendamos uno o más de estos métodos:

- Transfiera 5 individuos por generación – Este número puede que necesite incrementarse si la mortalidad es alta o la fecundidad es baja.

- Transfiera todos los juveniles – Mueva todos los juveniles fuera de su grupo natal para establecer grupos nuevos de siguiente generación antes de que estos alcancen la madurez sexual.
- Transfiera todos los de un mismo sexo – Mueva todos los machos (o hembras) de un grupo al siguiente para evitar entrecruzamiento con las crías y mezclar líneas genéticas.

○

B. Mantenga cada grupo fundador junto indefinidamente y permita que se crucen sin mezclarlos con otros grupos. Esta estrategia es mejor para poblaciones que tiene problemas de enfermedades, cuidados o logísticos que prohíben moverlos entre grupos.

○

C. Divida las poblaciones fundadoras iniciales en la mitad y siga ambas estrategias A y B para incrementar la probabilidad de éxito reproductivo.

Edad a la Madurez	Longevidad Reproductiva
> 5 años	≤ 15 años

Problema de Manejo Poblacional: Crecimiento poblacional muy lento cuando la fecundidad es baja y la posibilidad de reemplazo de la población con progenie predominantemente de uno o algunos apareamientos cuando la fecundidad es alta, significa que cada apareamiento y cada individuo es importante para el éxito de la población.

MANEJO INDIVIDUAL

¿Cuántos fundadores coleccionar?

- Usted quiere 10.10 fundadores que sobrevivan y se reproduzcan. Colecte más cantidad basado en su tasa estimada de supervivencia y éxito reproductivo. (Por ejemplo, si usted espera el 50% de los animales recolectados sobrevivan y se reproduzcan, entonces debería coleccionar 20.20 especímenes.) Trate de obtener una relación de sexo tan pareja como sea posible.

¿Cuál es la meta de tamaño poblacional?

- El tamaño poblacional meta está definido como el número de tamaño poblacional mínimo necesario para alcanzar las metas genéticas. Este tamaño de meta genética puede diferir del tamaño de la meta necesario para alcanzar las metas demográfica, de investigación o de reintroducción.
- El tamaño meta depende de la duración del programa (p. ej., corto vs largo plazo) y del tiempo generacional de la especie.
- El tamaño meta fue estimado usando un tiempo de generación de 5 años y un tamaño poblacional efectivo de 0.30.
- Estos tamaños meta fueron estimados para mantener el 90% de la diversidad genética por la duración del programa.

Duración del Programa (Años)	Meta Genética Mínima Tamaño Poblacional
≤ 25	80*
40	130
55	175
70	225
85	270
100	320

*Note que este tamaño meta es el mínimo recomendado para alcanzar las metas genéticas, pero puede ser demasiado pequeño para alcanzar las metas demográficas. En general, un tamaño poblacional de 100 es muchas veces considerado el mínimo necesario para alcanzar las metas demográficas.

¿Cuán rápido debe usted aumentar la población hacia el tamaño meta?

- Aumente la población fundadora hacia el tamaño meta en una generación (o al menos cinco crías por fundador).
- Después de alcanzar el tamaño meta, cada año determine el número de crías necesarias para mantener el tamaño poblacional.

¿Quién debe reproducirse?

- Reproduzca de acuerdo a la estrategia de la media de parentesco (Lacy 1995, Pollak et al. 2005).
- Reproduzca los fundadores tanto como pueda; trate de mantener un número similar de crías de todos los fundadores.
- Haga al menos alguna prueba de reproducción de animales nacidos en cautiverio para asegurarse que la población puede mantenerse aún cuando se pierdan los fundadores.
- No es necesario mantener discretas las generaciones si los animales son individualmente rastreados.

Edad a la Madurez	Longevidad Reproductiva
> 5 años	≤ 15 años

MANEJO DE GRUPO

¿Cuántos fundadores coleccionar?

- Usted quiere 25.25 fundadores que sobrevivan y se reproduzcan. Colecte más cantidad basado en su tasa estimada de supervivencia y éxito reproductivo. (Por ejemplo, si usted espera el 50% de los animales recolectados sobrevivan y se reproduzcan, entonces debería coleccionar 50.50 especímenes.) Trate de obtener una relación de sexo tan pareja como sea posible.
- Mantenga los fundadores en grupos lo más pequeños posibles (p. ej., en pares) para dar igual oportunidad para reproducirse a todos los fundadores. Si los fundadores son mantenidos en grupos grandes, usted necesitará más fundadores para asegurar 25.25 reproductores.

¿Cuál es la meta de tamaño poblacional?

- El tamaño poblacional meta está definido como el número de tamaño poblacional mínimo necesario para alcanzar las metas genéticas. Este tamaño de meta genética puede diferir del tamaño de la meta necesario para alcanzar las metas demográfica, de investigación o de reintroducción.
- El tamaño meta depende de la duración del programa (p. ej., corto vs largo plazo) y del tiempo generacional de la especie.
- El tamaño meta fue estimado usando un tiempo de generación de 5 años y un tamaño poblacional efectivo de 0.15.
- Estos tamaños meta fueron estimados para mantener el 90% de la diversidad genética por la duración del programa.

Duración del Programa (Años)	Meta Genética Mínima Tamaño Poblacional
≤ 25	160
40	255
55	350
70	445
85	540
100	635

¿Cuán rápido debe usted aumentar la población hacia el tamaño meta?

- Aumente la población fundadora hacia el tamaño meta en una generación (o al menos cinco crías por fundador).
- Después de alcanzar el tamaño meta, cada año determine el número de crías necesarias para mantener el tamaño poblacional.

¿Quién debe reproducirse?

Tamaño del Grupo

- Mantenga el tamaño del grupo tan pequeño como sea efectivo para la biología de la especie, si es posible trate de mantener ocho grupos separados.
- Iguale el tamaño familiar a través de los grupos al mantener los tamaños de postura tan parecidos como sea posible.
- Si se pueden identificar dentro de los grupos a los individuos exitosos en la reproducción, considere retirarlos de los grupos para permitir a otros individuos reproducirse.

Estrategias de Reproducción en Grupo: Hay muchas estrategias para mantener la diversidad genética en poblaciones de animales viviendo en grupo:

A. Una vez se haya dado la reproducción, sistemáticamente transfiera individuos entre grupos a manera de "round robin." Recomendamos uno o más de estos métodos:

- Transfiera 5 individuos por generación – Este número puede que necesite incrementarse si

la mortalidad es alta o la fecundidad es baja.

- Transfiera todos los juveniles – Mueva todos los juveniles fuera de su grupo natal para establecer grupos nuevos de siguiente generación antes de que estos alcancen la madurez sexual.
- Transfiera todos los de un mismo sexo – Mueva todos los machos (o hembras) de un grupo al siguiente para evitar entrecruzamiento con las crías y mezclar líneas genéticas.

○

- B. Mantenga cada grupo fundador junto indefinidamente y permita que se crucen sin mezclarlos con otros grupos. Esta estrategia es mejor para poblaciones que tiene problemas de enfermedades, cuidados o logísticos que prohíben moverlos entre grupos.

○

- C. Divida las poblaciones fundadoras iniciales en la mitad y siga ambas estrategias A y B para incrementar la probabilidad de éxito reproductivo.

Edad a la Madurez	Longevidad Reproductiva
> 5 años	> 15 años

Especies Ejemplo: Cryptobranchus, Andrias

Problema de Manejo Poblacional: La diversidad genética puede ser mantenida con población es relativamente pequeñas, pero estas pequeñas poblaciones pueden ser vulnerables a colapso demográfico o pérdida debido a que catástrofes ambientales locales golpeen una de las pocas instalaciones.

MANEJO INDIVIDUAL

¿Cuántos fundadores coleccionar?

- Usted quiere 10.10 fundadores que sobrevivan y se reproduzcan. Colecte más cantidad basado en su tasa estimada de supervivencia y éxito reproductivo. (Por ejemplo, si usted espera el 50% de los animales recolectados sobrevivan y se reproduzcan, entonces debería coleccionar 20.20 especímenes.) Trate de obtener una relación de sexo tan pareja como sea posible.

¿Cuál es la meta de tamaño poblacional?

- El tamaño poblacional meta está definido como el número de tamaño poblacional mínimo necesario para alcanzar las metas genéticas. Este tamaño de meta genética puede diferir del tamaño de la meta necesario para alcanzar las metas demográfica, de investigación o de reintroducción.
- El tamaño meta depende de la duración del programa (p. ej., corto vs largo plazo) y del tiempo generacional de la especie.
- El tamaño meta fue estimado usando un tiempo de generación de 10 años y un tamaño poblacional efectivo de 0.30.
- Estos tamaños meta fueron estimados para mantener el 90% de la diversidad genética por la duración del programa.

Duración del Programa (Años)	Meta Genética Mínima Tamaño Poblacional
≤ 25	45*
40	65*
55	90*
70	115
85	140
100	160

*Note que este tamaño meta es el mínimo recomendado para alcanzar las metas genéticas, pero puede ser demasiado pequeño para alcanzar las metas demográficas. En general, un tamaño poblacional de 100 es muchas veces considerado el mínimo necesario para alcanzar las metas demográficas.

¿Cuán rápido debe usted aumentar la población hacia el tamaño meta?

- Aumente la población fundadora hacia el tamaño meta en una generación (o al menos cinco crías por fundador).
- Después de alcanzar el tamaño meta, cada año determine el número de crías necesarias para mantener el tamaño poblacional.

¿Quién debe reproducirse?

- Reproduzca de acuerdo a la estrategia de la media de parentesco (Lacy 1995, Pollak et al. 2005).
- Reproduzca los fundadores tanto como pueda; trate de mantener un número similar de crías de todos los fundadores.
- Haga al menos alguna prueba de reproducción de animales nacidos en cautiverio para asegurarse que la población puede mantenerse aún cuando se pierdan los fundadores.
- No es necesario mantener discretas las generaciones si los animales son individualmente rastreados.

Edad a la Madurez	Longevidad Reproductiva
> 5 años	> 15 años

MANEJO DE GRUPO

¿Cuántos fundadores coleccionar?

- Usted quiere 25.25 fundadores que sobrevivan y se reproduzcan. Colecte más cantidad basado en su tasa estimada de supervivencia y éxito reproductivo. (Por ejemplo, si usted espera el 50% de los animales recolectados sobrevivan y se reproduzcan, entonces debería coleccionar 50.50 especímenes.) Trate de obtener una relación de sexo tan pareja como sea posible.
- Mantenga los fundadores en grupos lo más pequeños posibles (p. ej., en pares) para dar igual oportunidad para reproducirse a todos los fundadores. Si los fundadores son mantenidos en grupos grandes, usted necesitará más fundadores para asegurar 25.25 reproductores.

¿Cuál es la meta de tamaño poblacional?

- El tamaño poblacional meta está definido como el número de tamaño poblacional mínimo necesario para alcanzar las metas genéticas. Este tamaño de meta genética puede diferir del tamaño de la meta necesario para alcanzar las metas demográfica, de investigación o de reintroducción.
- El tamaño meta depende de la duración del programa (p. ej., corto vs largo plazo) y del tiempo generacional de la especie.
- El tamaño meta fue estimado usando un tiempo de generación de 10 años y un tamaño poblacional efectivo de 0.15.
- Estos tamaños meta fueron estimados para mantener el 90% de la diversidad genética por la duración del programa.

Duración del Programa (Años)	Meta Genética Mínima Tamaño Poblacional
≤ 25	80*
40	130
55	180
70	225
85	270
100	320

*Note que este tamaño meta es el mínimo recomendado para alcanzar las metas genéticas, pero puede ser demasiado pequeño para alcanzar las metas demográficas. En general, un tamaño poblacional de 100 es muchas veces considerado el mínimo necesario para alcanzar las metas demográficas.

¿Cuán rápido debe usted aumentar la población hacia el tamaño meta?

- Aumente la población fundadora hacia el tamaño meta en una generación (o al menos cinco crías por fundador).
- Después de alcanzar el tamaño meta, cada año determine el número de crías necesarias para mantener el tamaño poblacional.

¿Quién debe reproducirse?

Tamaño del Grupo

- Mantenga el tamaño del grupo tan pequeño como sea efectivo para la biología de la especie, si es posible trate de mantener ocho grupos separados.
- Iguale el tamaño familiar a través de los grupos al mantener los tamaños de postura tan parecidos como sea posible.
- Si se pueden identificar dentro de los grupos a los individuos exitosos en la reproducción, considere retirarlos de los grupos para permitir a otros individuos reproducirse.

Estrategias de Reproducción en Grupo: Hay muchas estrategias para mantener la diversidad genética en poblaciones de animales viviendo en grupo:

- Una vez se haya dado la reproducción, sistemáticamente transfiera individuos entre grupos a manera

de "round robin." Recomendamos uno o más de estos métodos:

- Transfiera 5 individuos por generación – Este número puede que necesite incrementarse si la mortalidad es alta o la fecundidad es baja.
- Transfiera todos los juveniles – Mueva todos los juveniles fuera de su grupo natal para establecer grupos nuevos de siguiente generación antes de que estos alcancen la madurez sexual.
- Transfiera todos los de un mismo sexo – Mueva todos los machos (o hembras) de un grupo al siguiente para evitar entrecruzamiento con las crías y mezclar líneas genéticas.

○

- B. Mantenga cada grupo fundador junto indefinidamente y permita que se crucen sin mezclarlos con otros grupos. Esta estrategia es mejor para poblaciones que tiene problemas de enfermedades, cuidados o logísticos que prohíben moverlos entre grupos.

○

- C. Divida las poblaciones fundadoras iniciales en la mitad y siga ambas estrategias A y B para incrementar la probabilidad de éxito reproductivo.

CONSIDERACIONES ADICIONALES

- Manejo manipulado para minimizar la adaptación al cautiverio.
- Evitar selección intencional y no intencional.
- Curva de aprendizaje de manejo – cuando lleve nuevas especies a cautiverio, posiblemente empiece tanto con parejas como grupos para entender la mejor manera de reproducirlos.
- Paternidad múltiple en poblaciones manejadas individualmente.
- Investigación sobre manejo.
- Capacidad de mantenimiento.
- Número de instituciones involucradas en mantener cada especie.
- Duración del programa en cautiverio.
- Preocupación con enfermedades.
- Cumplimiento de las recomendaciones.
- Entrenamiento para aquellos involucrados en el manejo de anfibios en cautiverio.
- Problemas con el ingreso de datos – la mayoría de los programas no fueron construidos para las historias de vida de los anfibios.
- Taxonomía siempre cambiante de los anfibios.
- “Reglas de oro,” que deben ser investigadas más a fondo:
 - Prioridad Alta
 - Desarrollo de métodos de sexado para anfibios
 - Modelos de manejo en grupos
 - Efectividad e implicaciones por la posibilidad de selección para la resistencia o inmunidad al hongo quitrido *Batrachochytrium dendrobatidis* (*Bd*).
 - Prioridad Intermedia
 - Estabilidad demográfica y fluctuaciones debido a que la demografía en cautiverio puede ser diferente de la del medio silvestre.
 - Prevalencia de diferentes problemas reproductivos: paternidad múltiple, partenogénesis, almacenamiento de semen, etc.
 - Prioridad Baja
 - Se necesita desarrollar un banco de tejido para preservar material genético/individuos.
 - Lineamientos para modelos de Ne/N por tanque
 - Investigación de historia natural
 - Recrear el estudio de salmones de Griffith, pero con anfibios - selección inadvertida para adaptaciones en cautiverio.

APÉNDICE A
Explicaciones de las Recomendaciones de Manejo Poblacional
 Compilado por Kevin Willis, Minnesota Zoo

Recomendación de la Pregunta 1: ¿Cuántos fundadores coleccionar?

Figura 1: La probabilidad de que una muestra de N animales contendrá al menos un individuo de cada sexo. Esto asume que la fuente de la población tiene una relación de 50%/50% machos/hembras. Cualquier grupo con un tamaño de 5 animales o mayor tiene un 90% de oportunidad de incluir al menos uno de cada sexo. Esto asume un muestreo al azar de individuos y comportamientos no sexualmente dimórficos. La ecuación es $P = 1 - 0.5^{(N-1)}$.

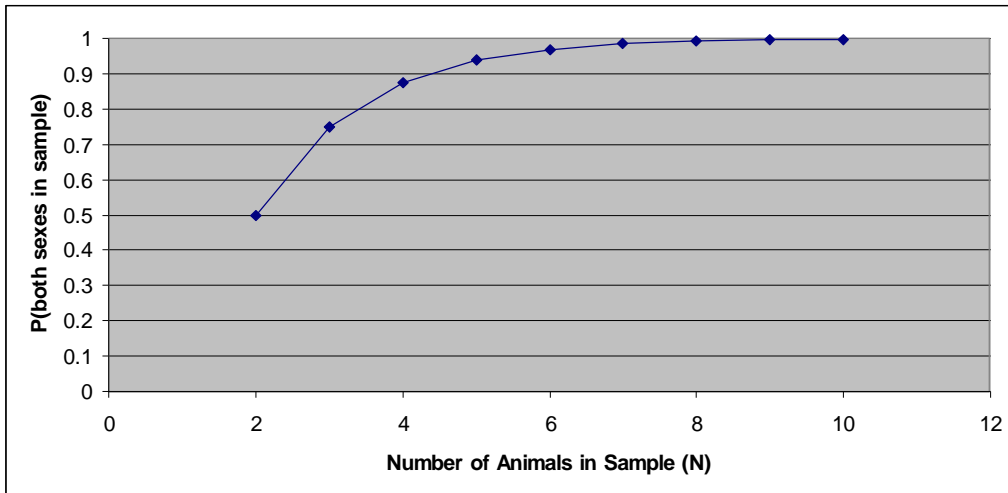


Figura 2: El porcentaje promedio de la diversidad genética de la población inicial capturada en una muestra de N animales seleccionados al azar. Esto asume que la población es tanto homogénea (es decir, sin estructuración sub-poblacional) y en equilibrio Hardy-Weinberg). Cualquier número de fundadores mayor de 20 le permitirá empezar con un potencial de 97.5% de diversidad genética. La ecuación es $GD = 1 - 1/(2N)$.

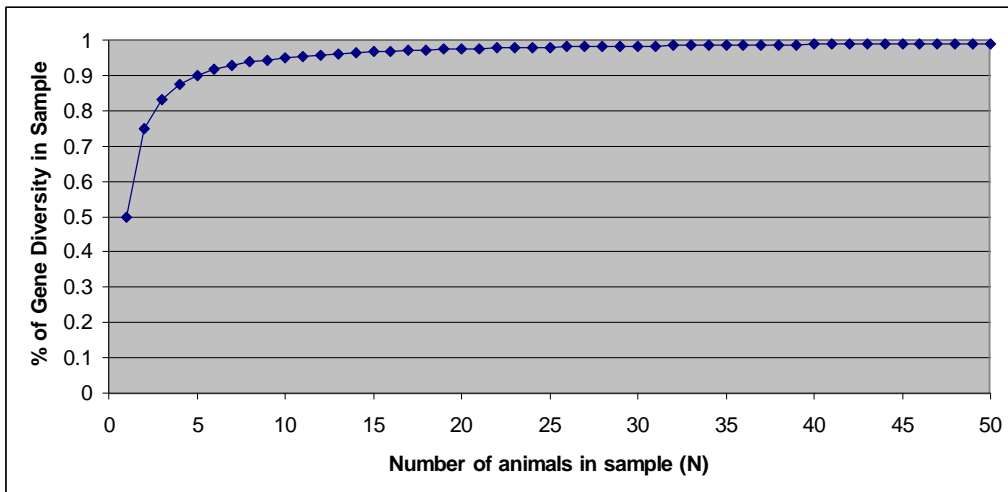
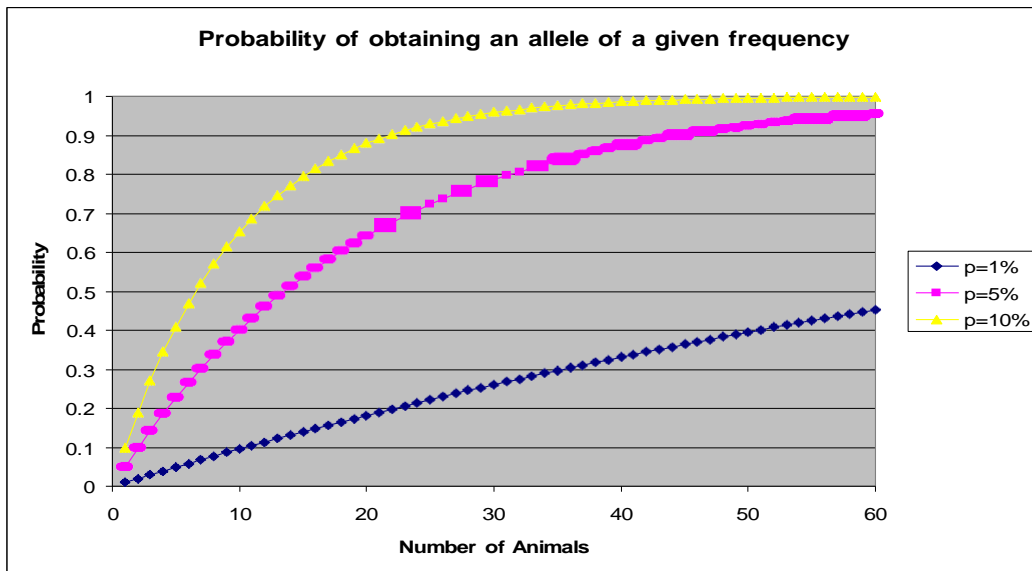


Figura 3: Probabilidad de obtener un alelo de una frecuencia dada. Además de la diversidad genética, la probabilidad de que sean colectados alelos en una muestra de N individuos es también de interés. Esto es un poco más complejo mientras la frecuencia de alelos es también un factor. En esta figura la probabilidad de obtener un alelo de frecuencia p en una muestra de N individuos seleccionados al azar es dada por los valores de p y tamaños de muestra de 1 a 60 animales. La ecuación es $1 - (1-p)^N$.



Recomendación de la Pregunta 2: ¿Cuál el tamaño poblacional meta?

Figura 4: La diversidad genética se pierde en promedio cada generación al aumentar inversamente la proporción del tamaño efectivo poblacional de la población. La tasa promedio de pérdida es $1/[2N_e]$ de la diversidad genética remanente por generación, donde N_e es el tamaño poblacional reproductivo efectivo, y factores como el número de animales que producen crías, influencia la relación entre el tamaño poblacional total y el tamaño poblacional efectivo. Acá se muestra una relación entre el tamaño poblacional (N) y la tasa mínima de pérdidas (en donde $N_e = 2 * N$), una tasa típica de pérdida (con $N_e = 0.3 * N$) para una población manejada intensivamente, y una tasa típica de pérdida (con $N_e = 0.15 * N$) para una población no manejada (reproducción en grupo o al azar).

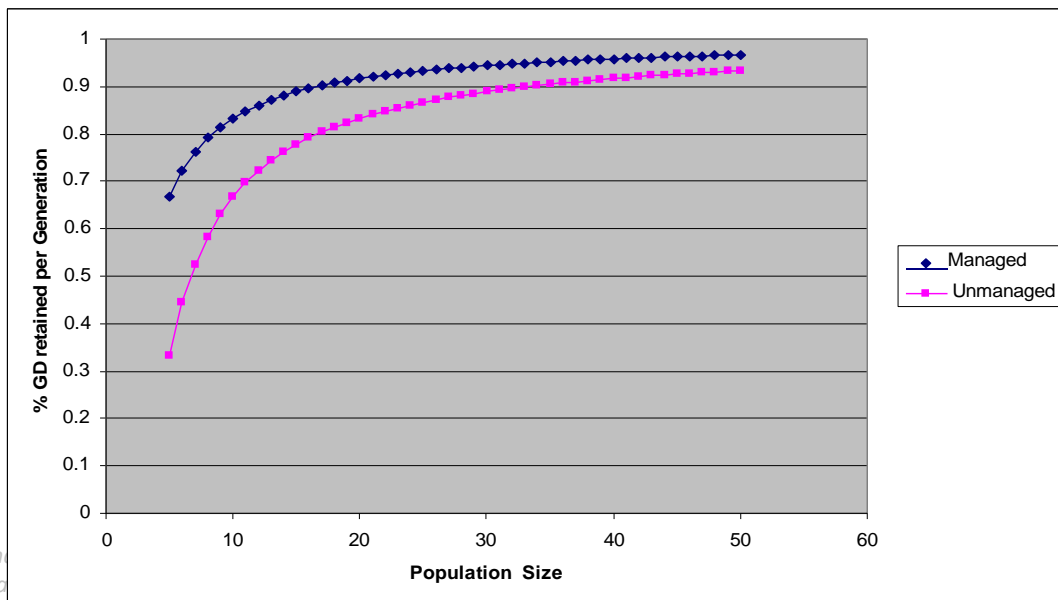


Figura 5a: El número de generaciones hasta que la diversidad genética cae por debajo del 90% para una población de tamaño N con una tasa de pérdida como se define en la figura 4. La diversidad genética se pierde con cada generación. La ecuación general es $G = \log(0.75) / \log(1 - 1/(0.3 \cdot 2N))$ para una población intensamente manejada y una población no manejada (reproducción en grupo o al azar).

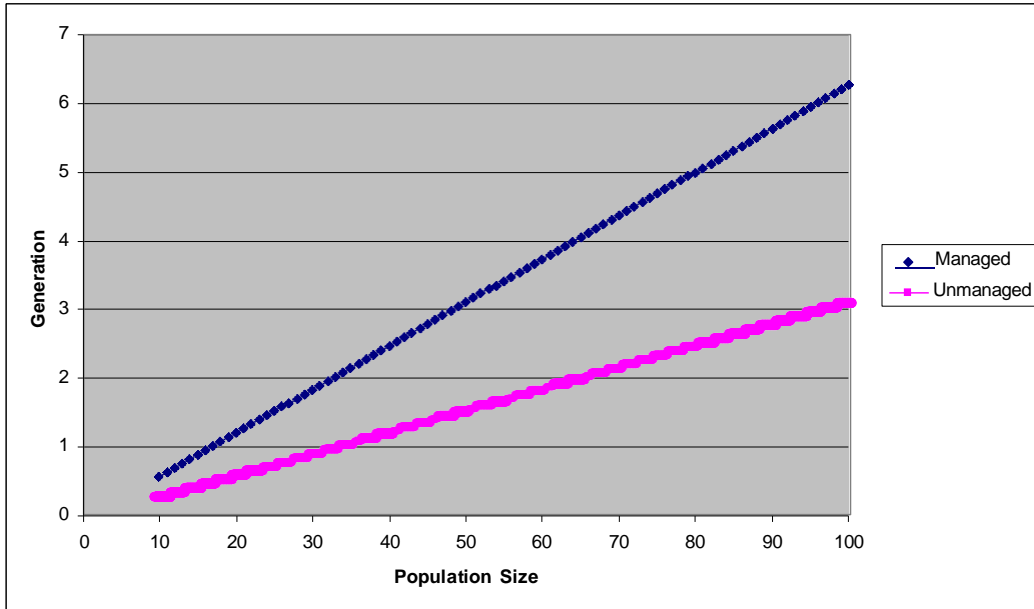
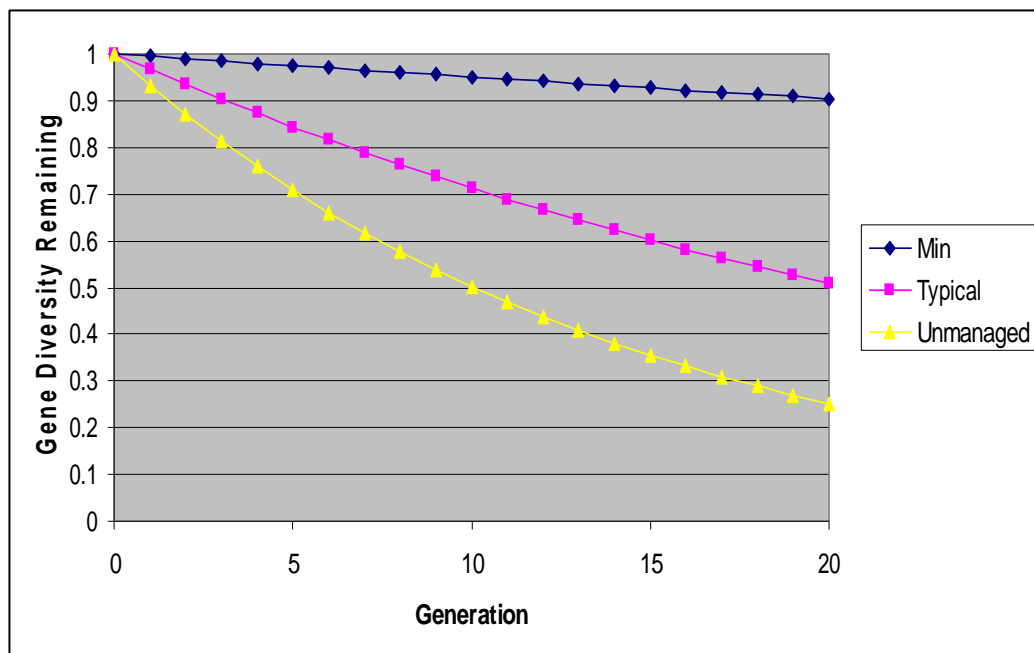


Figura 5b: Proporción de diversidad genética remanente de cada generación por 20 generaciones basado en una población de 50 animales con una tasa de pérdida de diversidad genética como se define en la figura 4. La diversidad genética se pierde con cada generación y se pierde más rápido con manejo menos intensivo (como con grupos). La ecuación general es $GD_t = (1 - 1/[4N])^t$ para una población intensamente manejada y una población no manejada (reproducción en grupo o al azar). Note que esta es una vista alterna de los datos de la figura 5, pero ilustra los mismos principios básicos.



Recomendación de la Pregunta 3: ¿ Cuán rápido debe crecer la población a su tamaño meta?

Figura 6: La diversidad genética permanece para cada generación después de la población fundadora. La diversidad genética remanente in la generación t para una población de tamaño inicial X y un tamaño meta N que crece a diferentes tasas. La formula es $GD(t+1) = GD^t * (1 - 1/2N)^{(year/G)}$; donde G = al intervalo generacional, GDt es la diversidad genética en el tiempo t, GD(t+1) no es GD tiempo (t+1) sino GD en el tiempo t+1, y N es el tamaño poblacional efectivo. El gráfico es para poblaciones para poblaciones con una tamaño efectivo de 50, todos empezando con GD=1, y valores de G = 2, 4 y 8.

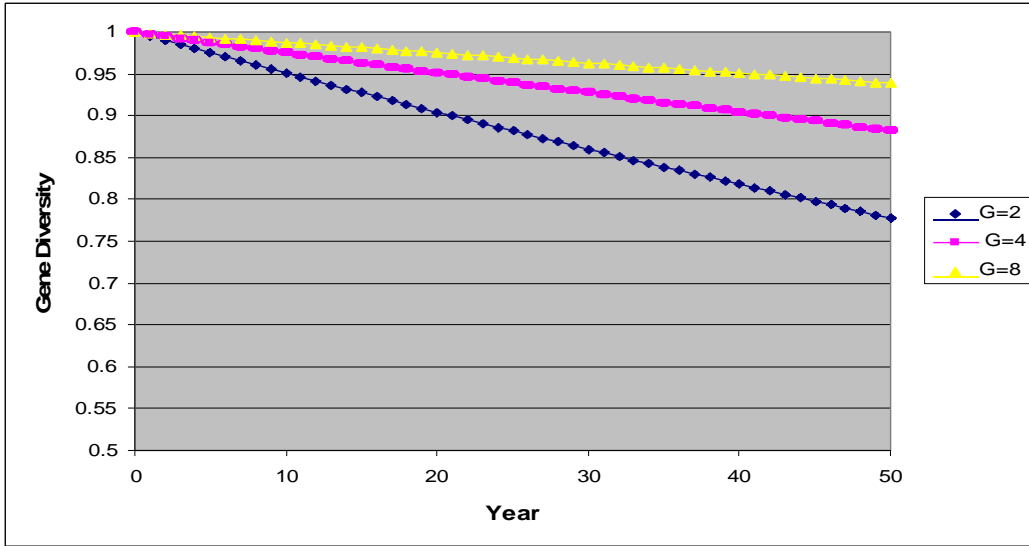
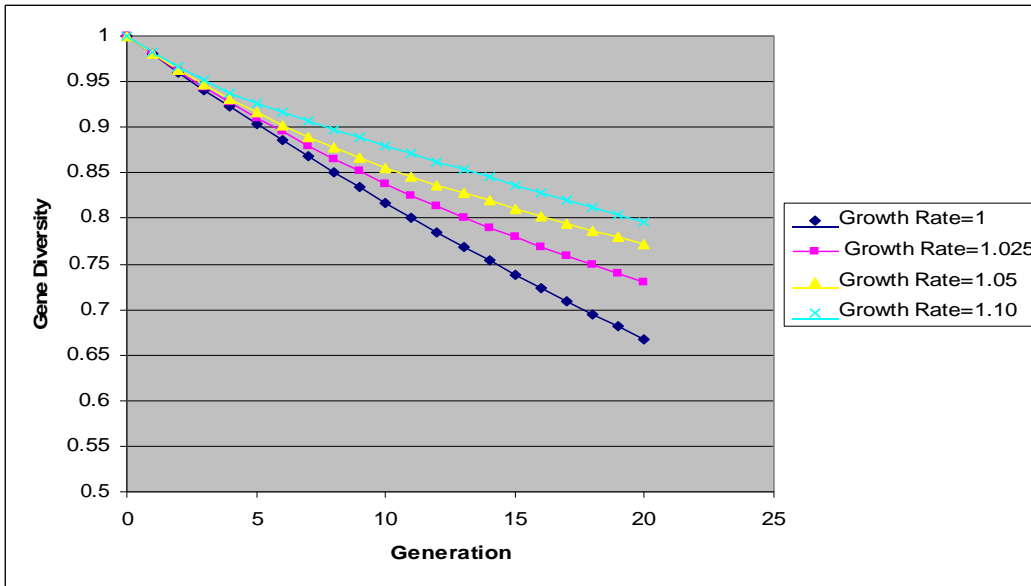


Figura 7: La diversidad genética se pierde con cada generación y disminuye más rápidamente con tasas de crecimiento poblacional menores. En este ejemplo, cada población comienza con un tamaño efectivo de 25 individuos y crece a un tamaño máximo efectivo de 50 individuos. Cada línea representa una diferente tasa de crecimiento por generación. La tasa de crecimiento es multiplicada por el número de individuos efectivo en esta generación para determinar el número de individuos efectivo en la siguiente generación y la tasa de pérdida de diversidad genética sigue una ecuación de flujo estándar.



APÉNDICE B Literatura Citada

- Allendorf F. 1986. Genetic drift and the loss of alleles versus heterozygosity. *Zoo Biology* 5:181-190.
- Allendorf F.W. and Leary R.F. 1986. Heterozygosity and fitness in natural populations of animals. In Soulé M.E. (ed.) *Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity*. Sunderland, MA: Sinauer Associates. p. 57-76.
- Ballou J.D. and Foose T.J. 1996. Demographic and genetic management of captive populations. In Kleiman D.G., Lumpkin S., Allen M., Harris H., Thompson K. (eds.) *Wild Mammals in Captivity*. Chicago, IL: University of Chicago Press. p. 263-283.
- Ballou J.D. and Lacy R.D. 1995. Identifying genetically important individuals for management of genetic diversity in pedigreed populations. In Ballou J.D., Foose T.J., Gilpin M. (eds.) *Population Management for Survival and Recovery*. New York, NY: Columbia University Press. p. 76-111.
- Biek R., Funk W.C., Maxell B.A., and Mills L.S. 2002. What is Missing in Amphibian Decline Research Insights from Ecological Sensitivity Analysis. *Conservation Biology* 16(3): 728-734.
- Frankham R., Ballou J.D., and Briscoe D.A. 2002. *Introduction to Conservation Genetics*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Green D.M. 2000. "How do Amphibians Go Extinct" from L. M. Darling, editor. 2000. Proceedings of a Conference on the Biology and Management of Species and Habitats at Risk, Kamloops, B.C., 15 - 19 Feb., 1999. Volume One. B.C. Ministry of Environment, Lands and Parks, Victoria, B.C. and University College of the Cariboo, Kamloops, B.C. 490pp.
- Hedrick P.W., Brussard P.F., Allendorf F.W., Beardmore J.A., and Orzack S. 1986. Protein variation, fitness and captive propagation. *Zoo Biology* 5. 91-99.
- Hutchins M. and Conway W.G. 1995. Beyond Noah's ark: the evolving role of modern zoological parks and aquariums in field conservation. *International Zoo Yearbook* 34:117-130.
- Lacy R.C. 1995. Clarification of genetic terms and their use in the management of captive populations. *Zoo Biology* 14:565-577.
- Lacy R., Ballou J.D., Princée F., Starfield A., and Thompson E.A. 1995. Pedigree analysis for population management. In Ballou J., Gilpin M., Foose T. (eds.) *Population Management for Survival and Recovery*. New York, NY: Columbia University Press. p. 57-75
- Lacy R., Petric A., and Warneke, M. 1993. Inbreeding and outbreeding in captive populations of wild animal species. In Thornhill, N. (ed.) *The Natural History of Inbreeding and Outbreeding*. Chicago, IL: University of Chicago Press. p. 352-374.
- Lewontin R.C. 1974. *The Genetic Basis of Evolutionary Change*. New York, NY: Columbia University Press.
- Montgomery M.E., Ballou J.D., Nurthen R.K., England P.R., Brisco D.A., and Frankham R. 1997. Minimizing kinship in captive breeding programs. *Zoo Biology* 16: 377-389.
- Morris W.F. and Doak D.F. 2002. *Quantitative Conservation Biology*. Sinauer Associates Inc.

Sunderland, MA. 479 pp.

Nei M., Maruyama T., and Chakraborty R. 1975. The bottleneck effect and genetic variability in populations. *Evolution* 29:1-10.

Pollak J.P., Lacy R.C., and Ballou J.D. 2005. Population Management 2000, version 1.211. Chicago Zoological Society, Brookfield, IL.

Population Group Management Workshop; 2002 May 16-18; Seattle, Washington. Association of Zoos and Aquariums; 2002.

Pramuk J.B. and Gagliardo R. 2008. General Amphibian Husbandry. In Poole V and Grow s (eds.) *Amphibian Husbandry Resource Guide*. Pp 4-52.

[http://www.aza.org/ConScience/Documents/Amphibian Husbandry Resource Guide 1.0.pdf](http://www.aza.org/ConScience/Documents/Amphibian_Husbandry_Resource_Guide_1.0.pdf)

Princée F.P.G. 1995. Overcoming the constraints of social structure and incomplete pedigree data through low-intensity genetic management. In J.D. Ballou, M. Gilpin, and T.J. Foose, eds., Population management for survival and recovery. Analytical methods and strategies in small population conservation, pp. 124-154. New York, Columbia University Press.

Ralls K., Ballou J.D., and Templeton A. 1995. Estimates of lethal equivalents and the cost of inbreeding in mammals. In Ehrenfeld D. (ed.) *Readings from Conservation Biology: Genes, Populations and Species*. p. 192-200.

Selander R.K. 1983. Evolutionary consequences of inbreeding. In Schonewald-Cox C.M., Chambers S.M., MacBryde B., Thomas L. (eds.) *Genetics and Conservation: A Reference for Managing Wild Animal and Plant Population*. Menlo Park, CA: Benjamin/Cummings. p. 201-215.

Wildt D.E., Bush M., and Goodrowe K.L. 1987. Reproductive and genetic consequences of founding isolated lion populations. *Nature* 329:328-31.

APÉNDICE C

Aplicando Genética Molecular a Poblaciones de Anfibios en Cautiverio

Andrea S. Putnam y Jamie A. Ivy, San Diego Zoo Global (Marzo de 2017)

El manejo genético de las poblaciones de anfibios en cautiverio puede verse obstaculizado por ambigüedades como pedigrís desconocidos, identificación de especies y potencial hibridación. En algunos de estos casos, los datos moleculares (ADN), pueden ayudar a resolver problemas de manejo. Si bien el costo de generar datos moleculares a escalas pequeñas y genómicas es cada vez más asequible, se debe tener cuidado para garantizar que se apliquen los marcadores y análisis de ADN correctos a las preguntas de manejo. **Para evitar trampas comunes y garantizar resultados exitosos, recomendamos encarecidamente que contacte a un asesor de manejo de población con experiencia en asesorar poblaciones en cautiverio antes de colaborar con un grupo de investigación al realizar la recolección de datos moleculares.** Para cada tipo de pregunta de manejo enumerada a continuación, se da una breve descripción de las mejores prácticas con respecto al alcance del muestreo poblacional y el tipo de datos moleculares que se deben recopilar:

Identificación de especies: idealmente, la taxonomía de las especies de interés (y especies estrechamente relacionadas) se habrá evaluado en el rango geográfico de la especie y ha sido publicada en una revista indexada utilizando múltiples tipos de datos (frecuencia alélica, distancia genética, morfología, p.ej). Los individuos dentro de una población cautiva pueden posteriormente analizarse y compararse utilizando el mismo enfoque que la investigación publicada, aprovechando los datos de referencia ya generados y disponibles. Los datos de secuencia del ADN nuclear o mitocondrial, o un panel de polimorfismos de un solo nucleótido (SNP) son los tipos más comunes de datos moleculares utilizados para identificar individuos a nivel de especie. Para las especies que aún no tienen una taxonomía bien definida a nivel molecular, puede ser necesario realizar un extenso trabajo de laboratorio en especímenes capturados en el medio silvestre o en museos para establecer un punto de referencia para la selección de poblaciones en cautiverio. En otras palabras, primero se deben identificar claramente las diferencias moleculares de diagnóstico entre las especies antes de que la asignación de especies pueda realizarse para individuos de taxonomía incierta.

Citas:

Meyer CP, Paulay G. DNA barcoding: error rates based on comprehensive sampling. *PLoS Biol* 3.12 (2005): e422.

Pante E, Abdelkrim J, Viricel A, Gey D, *et al.* Use of RAD sequencing for delimiting species. *Heredity* 114.5 (2015): 450-459.

Stoeckle M. Taxonomy, DNA, and the bar code of life. *BioScience* 53.9 (2003): 796-797.

Hibridación: similar a la identificación de especies, la detección de híbridos es más factible cuando la taxonomía de ambas especies parentales potenciales o subespecies se ha resuelto a nivel molecular. Las diferencias diagnósticas moleculares entre las unidades taxonómicas de interés (especies o subespecies) deben identificarse claramente antes de poder investigar la hibridación. La detección de la hibridación ancestral, o la hibridación profunda en el pedigrí de una población cautiva, puede ser particularmente difícil para determinar si se pueden establecer pocas diferencias de diagnóstico entre las unidades de interés taxonómicas. De nuevo, un panel de SNP o datos de secuencia son típicamente los datos genéticos de elección. A veces se emplean datos mitocondriales, aunque este tipo de datos es limitante porque solo permite la identificación de la hibridación dentro de la porción materna de un genoma.

Citas:

Hohenlohe PA, Day MD, Amish SJ, *et al.* Genomic patterns of introgression in rainbow and westslope cutthroat trout illuminated by overlapping paired-end RAD sequencing. *Molecular Ecology*. 22

(2013):3002–3013.

Hvilsom C, Frandsen P, Børsting C, Carlsen F, Sallé B, *et al.* Understanding geographic origins and history of admixture among chimpanzees in European zoos, with implications for future breeding programmes. *Heredity* 110(2013): 586–93.

Ito H, Langenhorst T, Ogden R, Inoue-Murayama M. Population genetic diversity and hybrid detection in captive zebras. *Scientific reports* 5 (2015):13171.

Paternidad: para identificar a los padres de un individuo, es importante obtener muestras genéticas de todos los padres potenciales y del individuo en cuestión; normalmente será imposible descartar como padre a cualquier individuo que no haya sido muestreado. En los análisis de parentesco, los datos de microsatélites se utilizan con frecuencia y generalmente son aceptables. Los marcadores de microsatélites a menudo son específicos de cada especie, aunque los microsatélites pueden compartirse en un género, y el desarrollo de nuevos marcadores de microsatélites para una especie puede requerir mucha mano de obra. Para especies en las que hay muy poca diversidad genética (por ejemplo, una población en cautiverio con pocos fundadores y un pedigrí profundo), puede ser necesario utilizar datos de SNP en lugar de microsatélites para resolver el parentesco.

Citas:

Hauser L, Baird M, Hilborn R, Seeb LW, Seeb JE. An empirical comparison of SNPs and microsatellites for parentage and kinship assignment in a wild sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) population. *Molecular Ecology Resources* 11 (2011):150–161.

Jones AG, Small CM, Paczolt KA, Ratterman NL. A practical guide to methods of parentage analysis. *Molecular Ecology Resources* 10 (2010):6–30.

Parentesco: los datos moleculares se pueden utilizar para resolver los parentescos entre animales cuando se desconocen los pedigríes. Sin embargo, el mayor desafío para resolver ancestros desconocidos es muestrear adecuadamente a los individuos dentro de la población y usar las herramientas genómicas correctas para el análisis. El muestreo de toda la población viva es óptimo porque las metodologías de análisis actuales solo permiten estimar los parentescos entre los animales muestreados; si no se toman muestras de todos los animales, todavía habrá agujeros en la matriz de parentesco de la población viva (análoga a la paternidad desconocida que causa agujeros en los pedigríes). En algunos casos, se pueden utilizar datos de solo un subconjunto de una población, pero solo con la asesoría cercana de un asesor de población. La recolección de datos de SNP a través de la secuenciación del genoma de representación reducida (RAD) o un chip SNP es el marcador molecular de elección para la estimación del parentesco, ya que los microsatélites producen estimaciones imprecisas con altas variaciones de muestreo. Una vez que se han identificado los SNP, se debe tener en cuenta cómo los investigadores estiman las relaciones entre los animales. Los métodos generalmente utilizados para estimar la relación en poblaciones silvestres a menudo no se pueden aplicar a poblaciones cautivas establecidas. Esto se debe a que las poblaciones en cautiverio a menudo son endogámicas, no se aparean al azar y se diseminan a través de varias instituciones. Actualmente, el uso de índices de similitud, como los valores de intercambio de alelos, se considera el estimador menos sesgado del parentesco en poblaciones en cautiverio (para más información, ver la sección de Discusión de Ivy, Putnam *et al.*, 2016). Las poblaciones que tienen más probabilidades de beneficiarse del uso de herramientas genómicas para resolver ancestros desconocidos son aquellas en las que el resultado tendrá un gran efecto en el manejo de la población. Las poblaciones en las que los fundadores aún viven y/o se sigue el pedigrí actual son ejemplos de poblaciones que pueden ser las más beneficiadas. Si se mantendrán padres desconocidos en una población, los datos moleculares también se deben usar continuamente para resolver los parentescos.

Citas:

Ivy JA, Miller A, Lacy RC, DeWoody JA. Methods and prospects for using molecular data in captive breeding programs: an empirical example using parma wallabies (*Macropus parma*). *Journal of*

Heredity 100.4 (2009): 441-454.

Ivy JA, Putnam AS, Navarro AY, Gurr J, Ryder OA. "Applying SNP-derived molecular coancestry estimates to captive breeding programs." *Journal of Heredity* 107.5 (2016): 403-412.

Nuijten RJM, Bosse M, Crooijmans RPMA, et al. . "The Use of Genomics in Conservation Management of the Endangered Visayan Warty Pig (*Sus cebifrons*)."
International journal of genomics 2016 (2016).

**Este capítulo del documento fue creado en el taller de manejo de poblaciones de anfibios llevado a cabo el 10-11 de Diciembre del 2007 en el Zoológico de San Diego, San Diego, California, U.S.A patrocinado por Amphibian Ark.
Si quiere mayor información o tiene alguna duda por favor contactar a Kristine Schad o Kristine Leus.**

Asistentes al taller y otros contactos importantes:

Nombre	Trabajo	Institución	E-mail	Área de Experiencia
Kristin Leus	CBSG Europe Programme Officer; Population Management Advisor; Co-Chair Amphibian Population Management Committee	Copenhagen Zoo; European Association of Zoos and Aquaria (EAZA); Amphibian Ark (AARK)	Kristin@cbsgeurope.eu	Primary Contact for Amphibian Population Management; Population Biology
Kristine Schad	Associate Population Biologist; Co-Chair Amphibian Population Management Committee	AZA Population Management Center; Amphibian Ark (AARK)	kschad@lpzoo.org	Primary Contact for Amphibian Population Management; Population Biology
Bob Mailloux	Owner	Sandfire Dragon Ranch, California		Amphibian Husbandry
R. Andrew Odum	Curator	Toledo Zoological Society	RAOdum@aol.com	Amphibian Husbandry
Mike Ready		Sandfire Dragon Ranch, California		Amphibian Husbandry
Andy Snider	Director of Animal Care and Conservation	Fresno Chaffee Zoo	asnider@fresnochaffeezoo.com	Amphibian Husbandry
Louise Bier	Consulting Population Biologist	AZA Population Management Center	lbier@lpzoo.org	Population Biology
Kevin Johnson	Amphibian Ark Taxon Officer	Australasian Regional Association of Zoological Parks and Aquaria (ARAZPA) & Amphibian Ark (AARK)	kevinj@amphibianark.org	Software Development

Richard Gibson	Curator Lower Vertebrates and Invertebrates; Amphibian Ark Taxon Officer	Zoological Society of London (ZSL)* & Amphibian Ark (AARK) *recently moved to Chester Zoo	Richard@amphibianark.org	Conservation Biology, Species Prioritization
Bob Lacy	Conservation Biologist	Chicago Zoological Society & IUCN/SSC Conservation Breeding Specialist Group (CBSG)	rlacy@ix.netcom.com	Population Biology; Management Software Development
Sarah Long	Senior Population Biologist	AZA Population Management Center	slong@lpzoo.org	Population Biology
Brandie Smith	Senior Biologist	Association of Zoos and Aquariums (AZA) *recently moved to National Zoological Park	smithbr@si.edu	Group Management; Population Biology
Bob Wiese	Director of Collections	Zoological Society of San Diego	BWiese@sandiegozoo.org	Population Biology
Kevin Willis	Biological Programs Director	Minnesota Zoo	Kevin.Willis@state.mn.us	Population Biology
Sharon Baker	Curatorial Assistant	Zoological Society of San Diego	SKBaker@sandiegozoo.org	
Becky Bryning	Senior Systems Analyst/Programmer	Zoological Society of San Diego	RBryning@sandiegozoo.org	