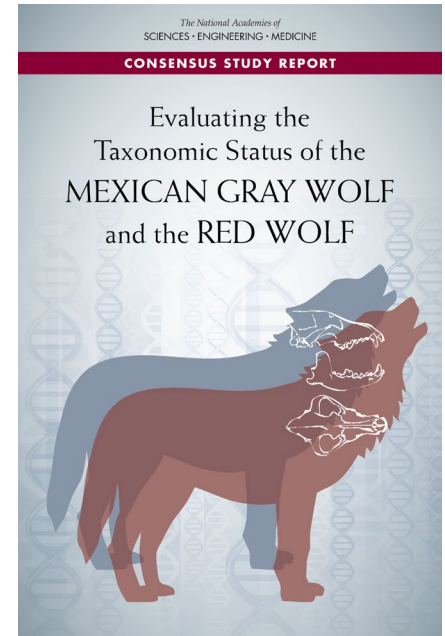


Evaluación del Estado Taxonómico del Lobo Gris Mexicano y del Lobo Rojo

La taxonomía—es decir, el estudio científico de la clasificación biológica—permite a los científicos nombrar y agrupar a los organismos vivos. Sin embargo, debido a que las especies son entidades dinámicas y no fijas, muchas veces las designaciones taxonómicas son controversiales. En un momento dado, diferentes poblaciones pueden encontrarse en distintas etapas en el proceso de formación o disolución de la especie. En muchos casos, la hibridación (es decir, el apareamiento entre los individuos de dos especies distintas y la producción de descendencia) puede introducir genes de una especie a otra.

En 2018, el Congreso de los Estados Unidos ordenó al Servicio de Pesca y Vida Silvestre (FWS) obtener una evaluación independiente sobre los estados taxonómicos del lobo rojo y del lobo gris mexicano. Hasta la fecha de escritura de este informe, el FWS considera al lobo rojo como una especie taxonómicamente válida y al lobo gris mexicano como una subespecie taxonómicamente válida. Ambos lobos están considerados en peligro de extinción bajo la Ley de Especies en Peligro de Extinción de los Estados Unidos. Este reporte evalúa los estados taxonómicos del lobo gris mexicano y del lobo rojo con base en una evaluación de diferentes tipos de datos, incluyendo evidencia morfológica y paleontológica, evidencia de singularidad genética y genómica, y evidencia ecológica y conductual.



Todos los organismos, desde el árbol más alto hasta el grillo más ruidoso y el microorganismo más pequeño, tienen nombre. Nombrar a las cosas vivas es una marca distintiva de la comunicación humana: permite a las personas explorar, clasificar, e interpretar el mundo que les rodea. Sin embargo, no todas las comunidades nombran a los organismos de la misma manera. Por ejemplo, 'puma', 'león de montaña' y 'gato montés' son nombres comunes para el mismo animal. Además, los nombres llevan consigo una agrupación implícita de objetos. Los científicos reconocen la trascendencia de los nombres y la importancia de establecer convenciones estandarizadas para otorgarlos, y por ello se esfuerzan en desarrollar reglas claras para nombrar y agrupar a los organismos vivos.

La taxonomía es el estudio de la clasificación biológica. La taxonomía moderna usa las relaciones evolutivas de los distintos linajes como base para establecer esta clasificación. Los miembros de una especie, que es una unidad fundamental de la taxonomía y de la evolución, comparten una historia evolutiva y un camino evolutivo común hacia el futuro. Sin embargo, puede resultar difícil determinar si la historia evolutiva o el futuro evolutivo de una población son lo suficientemente diferentes para designarla como una especie distinta. Como resultado, el estado taxonómico

preciso de un organismo puede ser muy controversial. Este es el caso actual del lobo gris mexicano (*Canis lupus baileyi*) y del lobo rojo (*Canis rufus*).

PRINCIPIOS RECTORES

La determinación del estado taxonómico del lobo gris mexicano y del lobo rojo requiere de una comprensión de los significados modernos de especies y subespecies. Aunque existen muchos conceptos modernos de especie, todos comparten el objetivo de identificar grupos de organismos cuya capacidad reproductiva mutua sostiene continuidad genética a través del tiempo y el espacio.

Los datos genómicos cada vez más revelan que el flujo genético entre distintos linajes taxonómicos por medio de la hibridación¹ es una característica común de la historia evolutiva de muchas especies ampliamente aceptadas, incluyendo especies de lobos. La separación genética y la falta de mezcla² ya no son criterios estrictos para determinar

1 El apareamiento y producción de crías entre individuos de especies diferentes.

2 La formación de nuevas combinaciones genéticas mediante la hibridación de grupos genéticamente distintos.

el estado taxonómico. Por ende, se necesita una variedad de enfoques para evaluar si un grupo dado de organismos constituye un linaje distinto que está evolucionando de manera independiente. En general, la combinación de múltiples tipos de datos y herramientas, tales como morfología, rasgos de comportamiento y roles ecológicos, y datos genéticos y genómicos puede brindar un cuadro más completo sobre la taxonomía y la historia evolutiva de las especies y las subespecies, y en este caso particular, de la taxonomía de los lobos.

EL USO DE LA GENÉTICA Y LA GENÓMICA PARA DETERMINAR LA TAXONOMÍA

Los datos ecológicos, morfológicos (por ejemplo, datos sobre el tamaño de un animal) y conductuales pueden ser útiles para identificar linajes distintos. Pero pueden surgir problemas cuando diferentes tipos de datos sugieren diferentes conclusiones. Los datos genéticos modernos y las herramientas analíticas actuales pueden ayudar a abordar estos retos. El análisis de datos genómicos de muestras antiguas, colectadas usando criterios paleontológicos o arqueológicos, en combinación con datos genómicos de las poblaciones modernas que habitan los mismos sitios pueden conducir a una comprensión clave sobre la historia de una población. Sin embargo, el ensamblaje de datos puede ser difícil. Por ejemplo, mientras que existen secuencias disponibles de múltiples genomas completos de un grupo de ejemplares modernos de cánidos norteamericanos, datos de muestras más antiguas son comparativamente más escasos.

EL ESTADO TAXONÓMICO DEL LOBO GRIS MEXICANO

Los lobos grises se dispersan sobre largas distancias a través de una variedad de ambientes. Este aspecto de su comportamiento se ha usado para argumentar que el reconocimiento de las subespecies norteamericanas de lobo gris, incluyendo el lobo mexicano, no se puede justificar biológicamente. La designación del lobo gris mexicano como una subespecie también se ha cuestionado por otros motivos, específicamente, si son lo suficientemente distintos, morfológica y genéticamente, para justificar ese estado. Además, algunos científicos han sugerido que la población actual de lobos grises mexicanos, la cual se derivó de individuos pertenecientes a tres linajes de cautiverio, incluye ascendencia de perros o de coyotes debido a hibridación pasada.

El hecho de que el lobo gris mexicano sea una subespecie válida depende de qué tan robusta es la evidencia disponible para responder a dos preguntas:

1. ¿Existe evidencia que apoye la distinción de los lobos grises mexicanos con respecto de las otras poblaciones norteamericanas de *Canis*?
2. ¿Existe evidencia de continuidad genética entre el linaje histórico del lobo gris mexicano y la población manejada actual?

Diferenciación de los lobos grises mexicanos con respecto a otras poblaciones norteamericanas de *Canis*

Desde su hallazgo, el lobo gris mexicano se ha considerado conductual, ecológica y morfológicamente distinto. Por ejemplo, el lobo gris mexicano representa una forma más pequeña de lobo gris y habita un ecosistema más árido que el resto de la especie. Su morfología y coloración también distinguen al lobo gris mexicano de otros lobos norteamericanos. La evidencia genética publicada hasta la fecha apoya abrumadoramente la hipótesis de que el lobo gris mexicano es una subespecie del lobo gris. De acuerdo con un gran número de estudios (con base en secuencias del ADN mitocondrial y loci de microsatélites, así como secuenciación de nueva generación y tecnologías genómicas), se ha determinado que esta subespecie de lobo es la más divergente genéticamente de los lobos grises de Norteamérica. No existe evidencia de sustento que los lobos grises mexicanos sean producto de hibridación con perros o que hayan hibridado recientemente con coyotes.

Continuidad entre el linaje histórico del lobo gris mexicano y las poblaciones actualmente manejadas

Mientras que las frecuencias alélicas de marcadores genéticos y la diferencias en la secuencia del ADN de la población actual no sustentan por sí solas la presencia de una especie distinta, el análisis de ADN antiguo refuerza la conclusión de que la población histórica del lobo gris mexicano representa un linaje evolutivo distinto dentro de la especie de lobo gris. Estudios que han analizado ADN antiguo extraído de especímenes históricos de museo en combinación con muestras modernas de ADN también han concluido que el linaje del lobo gris mexicano posiblemente derivó de una de las primeras olas colonizadoras de *Canis lupus* en el Nuevo Mundo. Además, la historia conocida de los lobos grises mexicanos actuales sugiere que hay continuidad entre ellos y el linaje histórico.

Síntesis de hallazgos y conclusión

Los lobos grises mexicanos son distintos de otros lobos grises norteamericanos en términos morfológicos, paleontológicos, genéticos, genómicos, conductuales y ecológicos. Por ende, el lobo gris mexicano, cuya



Lobo gris mexicano

clasificación actual es *Canis lupus baileyi*, es una subespecie taxonómicamente válida de lobo gris, *Canis lupus*.

EL ESTADO TAXONÓMICO DEL LOBO ROJO

Durante el siglo XX las poblaciones de lobo rojo fueron casi completamente erradicadas. Un número reducido de especímenes que morfológicamente se asemejaban al lobo rojo fueron capturados para establecer un programa de reproducción en cautiverio. Los descendientes de este programa se reintrodujeron en Carolina del Norte y ahora constituyen una población manejada en estado silvestre. Desde entonces, ha habido gran controversia sobre el estado taxonómico del lobo rojo. Esto se debe a que los individuos fundadores del programa de reproducción en cautiverio se capturaron en una región en donde ya había ocurrido entrecruzamiento sustancial entre lobos grises y lobos rojos que habitaban esta área con coyotes que llegaban desde el oeste.

El que los lobos rojos constituyan o no una especie válida depende de qué tan robusta es la evidencia para contestar tres preguntas:

1. ¿Existe evidencia de que la población histórica de lobo rojo constituyó un linaje distinto?
2. ¿Existe evidencia que apoye la distinción entre la población contemporánea de lobo rojo y las poblaciones de lobo gris y de coyote?
3. ¿Existe evidencia de continuidad entre la población histórica de lobo rojo silvestre y las poblaciones manejadas contemporáneas?

Distinción de la población histórica de lobos rojos

El registro paleontológico de cánidos en el este de los Estados Unidos indica la presencia de un cánido ligeramente más pequeño que los lobos grises y sustancialmente más grande que los coyotes durante los últimos 10,000 años. El espécimen más antiguo de este cánido, encontrado en Florida, data de aproximadamente 10,000, cuando los coyotes habían desaparecido del este de Norteamérica. Los coyotes regresaron a esta región en los años 1900, mucho después de que los lobos rojos fueran descritos como una especie distinta de los lobos grises.

Distinción entre las poblaciones contemporáneas de lobo rojo, lobo gris y coyote

El lobo rojo está más cercanamente emparentado con los coyotes que con los lobos grises del oeste. La población actual de lobo rojo tiene ascendencia genética que divergió de los coyotes 55,000 a 117,000 años atrás. Sin embargo, una parte de esta ascendencia genética no se ha encontrado en las poblaciones de referencia de lobos grises del oeste de Estados Unidos o de coyotes, representando así una variación única presente sólo en el lobo rojo. Esta observación también se refuerza con el hecho de que estudios actuales de una población de lobos en la Isla Galveston muestra que esta población comparte alelos privados con la población de lobos rojos de Carolina del Norte. El lobo rojo tiene un ADN



Lobo rojo

mitocondrial muy similar al de los coyotes, lo cual sugiere algún grado de mezcla histórica. Sin embargo, la evidencia genética no es compatible con la hipótesis de que el lobo rojo actual es producto de hibridación reciente entre lobos grises y coyotes.

Aunque no se sabe con precisión cuándo ocurrió la mezcla entre los lobos rojos y otros cánidos, los lobos rojos poseen ascendencia genética divergente de otros cánidos que precede la colonización Europea³.

La organización social y la conducta reproductiva de los lobos rojos son más similares a las de lobos grises que a las de coyotes, y los lobos rojos presentan apareamiento selectivo (esto es, eligen aparearse con lobos rojos y no con otros cánidos) cuando existen parejas disponibles.

Continuidad entre la población histórica y la población actual manejada de lobos rojos

La continuidad genética entre la población manejada de lobo rojo y la población histórica de lobos en el este de los Estados Unidos no se puede establecer firmemente sin datos genómicos provenientes de especímenes históricos. Sin embargo, los patrones de variación genética observados hasta ahora son compatibles con la hipótesis que plantea que los lobos rojos comparten una fracción de su historia evolutiva con un cánido distinto a las poblaciones de referencia modernas de lobos grises y de coyotes.

La conducta social de las poblaciones restauradas es muy similar a la reportada en la población natural. Por ejemplo, el requerimiento que tienen los lobos de un ámbito hogareño más grande que el de los coyotes es consistente con lo observado entre la población natural original y la población manejada existente en Carolina del Norte. La dieta de la población restaurada de lobos rojos incluye un mayor consumo de venados que lo observado en la población natural, pero esto bien puede deberse a la diferencia en la disponibilidad de presas o ser una función del tamaño corporal.

³ La evidencia sugiere que la mezcla entre los lobos rojos y otros cánidos tuvo lugar antes de los años 1500s (antes de que hubiera una colonización europea significativa en lo que hoy es el este de los estados Unidos), y por tanto no es resultado de cambios ecológicos inducidos por el hombre.

Síntesis de hallazgos

Los cuatro posibles arreglos taxonómicos para el lobo rojo son:

1. Es una especie distinta de lobo (*Canis rufus*)

Plausible. La evidencia disponible sugiere que la designación taxonómica más apropiada para el lobo rojo es como una especie distinta, que posiblemente experimentó una mezcla histórica.

2. Es una subespecie de lobo gris

Parece inapropiada. Los lobos rojos, histórica y actualmente, muestran evidencia genética de ser más cercanamente emparentados a los coyotes que a los lobos grises.

3. Es una subespecie de coyote

No es sostenible. Hay diferencias morfológicas y conductuales sustanciales entre coyotes y lobos rojos.

4. Es un grupo de individuos recientemente mezclados y por tanto no pertenecen ni a los lobos grises ni a los coyotes.

Puede ser rechazada, debido a presencia de ADN muy divergente en los lobos rojos; las estimaciones de mezcla con otros cánidos que precede la expansión de los coyotes; y la presencia de alelos únicos en lobos rojos, que también han sido encontrados en una población de lobos en la Isla Galveston, pero que no se han encontrado en otras poblaciones de referencia.

Las escalas temporales de divergencia y la cantidad de introgresión (transferencia genética a través de hibridación)

que ha ocurrido desde el momento de la divergencia de dos linajes pueden afectar las consideraciones taxonómicas. Los lobos rojos tienen una divergencia profunda con los coyotes, pero una larga proporción del genoma de la población actual de lobo rojo parece ser el producto de una mezcla relativamente reciente con coyotes. Los genomas de los lobos rojos actuales pueden representar una buena parte del genoma de la población histórica de lobo rojo, el cual se encuentra fragmentado y disperso entre distintos individuos.

La continuidad entre las poblaciones presente e histórica de lobo rojo se podría clarificar mediante el análisis de ADN genómico de especímenes históricos. Asimismo, análisis genéticos más precisos podrían ayudar a determinar la proporción exacta del genoma de lobo rojo que ha sido reemplazada a través de la mezcla reciente con coyotes.

Conclusiones

1. La evidencia disponible sugiere que la población histórica de lobo rojo constituyó una especie válida taxonómicamente.
2. Los lobos rojos actuales son distintos de los lobos grises y los coyotes actuales.
3. La evidencia disponible es compatible con la hipótesis de que parte de la ascendencia genética de la población actual de lobos rojos se puede rastrear hasta la población histórica de lobos rojos.
4. Aunque la adición de evidencia genómica proveniente del análisis de especímenes históricos podría cambiar la presente evaluación, la evidencia actualmente disponible sustenta el estado del lobo rojo (*Canis rufus*) como una especie taxonómicamente distinta.

COMMITTEE ON ASSESSING THE TAXONOMIC STATUS OF THE RED WOLF AND THE MEXICAN GRAY WOLF

Joseph Travis (Chair), Florida State University; **Fred W. Allendorf**, University of Montana; **Diane K. Boyd**, Montana Department of Fish, Wildlife, and Parks; **Liliana Cortés-Ortiz**, University of Michigan; **Lori S. Eggert**, University of Missouri; **Diane Genereux**, Broad Institute, Massachusetts Institute of Technology, Harvard University; **Michael Lynch (NAS)**, Arizona State University; **Jesús E. Maldonado**, Smithsonian Conservation Biology Institute, National Zoological Park; **Rasmus Nielsen**, University of California, Berkeley. Staff from the National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine: **Keegan Sawyer** (Study Director), **Camilla Ables** (Senior Program Officer), and **Jenna Briscoe** (Research Assistant).

For More Information . . . This Consensus Study Report Highlights was prepared by the National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine based on the Consensus Study Report *Evaluating the Taxonomic Status of the Mexican Gray Wolf and the Red Wolf* (2019). The study was sponsored by the U.S. Fish and Wildlife Service. Any opinions, findings, conclusions, or recommendations expressed in this publication do not necessarily reflect the views of any organization or agency that provided support for the project. Copies of the Consensus Study Report are available from the National Academies Press, (800) 624-6242; <http://www.nap.edu> or via the Board on Life Sciences web page at <http://www.nationalacademies.org/bls>.

The National Academies of
SCIENCES · ENGINEERING · MEDICINE

The nation turns to the National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine for independent, objective advice on issues that affect people's lives worldwide.
www.national-academies.org

Copyright 2019 by the National Academy of Sciences. All rights reserved.