

Estimas anuales del número de manadas de lobos en Asturias. Periodo 2013-2023



Estimas anuales del número de manadas de lobos en Asturias. Periodo 2013-2023

Autores:

José Vicente López-Bao

Emilio José García

Orencio Hernández Palacios

El presente informe, con fecha 15 de diciembre de 2023, recoge las actuaciones y resultados del “*Análisis estadístico de las estimas poblacionales de lobo en Asturias en la última década*”, adjudicado a la Fundación Universidad de Oviedo por la Consejería de Medio Rural y Cohesión Territorial del Principado de Asturias. El responsable de los trabajos desarrollados en este estudio científico-técnico es el Dr. José Vicente López-Bao, del Instituto Mixto de Investigación en Biodiversidad (Universidad de Oviedo – Consejo Superior de Investigaciones Científicas – Principado de Asturias).

Resumen ejecutivo

El lobo (*Canis lupus*) es un ejemplo ilustrativo sobre la controversia que se puede generar alrededor de las estimas poblacionales que se utilizan para informar procesos de toma de decisiones, o evaluar compromisos legales en materia de conservación (p.ej., la evaluación del estado de conservación de una población dentro del marco normativo europeo). El seguimiento de poblaciones de lobo basado en el número de manadas reproductoras suele centrarse en confirmar eventos de reproducción o, alternativamente, en estimar la probabilidad de eventos de reproducción. La combinación de la relación entre marcaje territorial y probabilidad de reproducción, con otra fuente de información, como es el resultado de las estaciones de escucha para obtener la respuesta de cachorros, integrando un modelo de ocupación con un modelo multi-estado permite estimar diferentes estados para un grupo de áreas de muestreo independientes (áreas de manadas potenciales): no ocupado, ocupado por lobos, pero sin reproducción, y ocupado por una manada reproductora de lobos. Esta aproximación permite estimar el número de manadas reproductoras a escala regional, así como el error que sería atribuible al muestreo de una forma estandarizada y comparable en el tiempo, además de visualizar de manera sencilla el grado de incertidumbre alrededor de las estimas. Con la información acumulada por parte de la guardería del Principado de Asturias en las diferentes actividades de seguimiento del lobo entre los años 2013 y 2023 se ha utilizado el procedimiento multi-método multi-estado para estimar anualmente el número de manadas reproductoras en Asturias. En base al estudio pormenorizado de toda la información disponible en Asturias sobre la especie desde finales de los noventa, se han establecido 54 áreas de muestreo para el territorio asturiano y áreas limítrofes (alrededor del 40% de las áreas de muestreo establecidas tienen un carácter transfronterizo entre Comunidades Autónomas). Para el periodo 2013-2023, la estima de áreas de muestreo ocupadas por manadas reproductoras ha oscilado entre 39.4 ± 3.4 y 50.4 ± 1.6 manadas reproductoras en el Principado de Asturias (cabe destacar el alto grado de solapamiento entre los errores de las diferentes estimas obtenidas). De media, durante este periodo, el número de manadas reproductoras se estima en torno a las 44-45 manadas reproductoras (media: 44.5) y, en el conjunto de la serie temporal analizada, se observa una cierta estabilidad en las estimas de manadas reproductoras. Las estimas con la mejor precisión se han obtenido para el año 2013, y a partir del año 2020, año en el que aumenta el esfuerzo en optimizar el seguimiento de la especie. A lo largo del periodo 2013-2023, no obstante, el esfuerzo realizado en el seguimiento de la especie ha variado notablemente. De hecho, solamente a partir de 2020 el porcentaje de áreas de manadas potenciales que se muestrean anualmente supera el 90%, tanto para muestreos con recorridos como para estaciones de escucha. El valor medio obtenido de las estimas anuales en el periodo 2013-2023 (44.5 manadas reproductoras) podría considerarse como valor de referencia sobre el que comparar futuras estimas anuales del número de manadas reproductoras, realizadas siguiendo los mismos procedimientos, de cara a valorar si la situación de la población de lobos en Asturias se mantiene estable, mejora o empeora. Por otra parte, la notable variación en el esfuerzo invertido en el seguimiento de la especie a lo largo del periodo estudiado ilustra la necesidad de establecer un protocolo que establezca los estándares mínimos de esfuerzo necesario en el seguimiento del lobo en Asturias.

1. Antecedentes

Los programas de seguimiento poblacional son uno de los aspectos más controvertidos alrededor de la conservación y gestión de fauna (p.ej., Nichols & Williams 2006; Jones et al. 2013; Stephens et al. 2015). Dicha controversia es más destacable en el caso de especies carismáticas, politizadas, y que además generan puntos de vista muy polarizados entre diferentes sectores de la sociedad sobre cómo debería ser la convivencia del ser humano con ellas. El lobo (*Canis lupus*) es un ejemplo ilustrativo sobre la controversia que se puede generar alrededor de las estimas poblacionales, particularmente cuando dichas estimas se utilizan para informar procesos de toma de decisiones (Linnell & Boitani 2012; Darimont et al. 2018) o evaluar compromisos legales en materia de conservación (p.ej., la evaluación del estado de conservación favorable o desfavorable dentro del marco normativo europeo; Epstein et al. 2016).

La calidad de la información utilizada en los programas de seguimiento, así como la robustez de los procedimientos de muestreo y de análisis utilizados, son aspectos importantes para alcanzar un nivel aceptable de apoyo social sobre las diferentes decisiones de conservación adoptadas basadas en los programas de seguimiento. Este factor es quizás cada vez más relevante dado el creciente interés por parte de la sociedad acerca del estado de las poblaciones de especies como el lobo, y los impactos que puedan tener diferentes decisiones sobre el estado de conservación de sus poblaciones.

Durante las últimas décadas, se han llevado a cabo diferentes esfuerzos para mejorar las estimas del tamaño de poblaciones de lobo, y sus tendencias temporales, basadas en indicadores como el número de manadas reproductoras (p.ej., Mech & Boitani 2003; Liberg et al. 2012; Marucco & Boitani 2012; Jiménez et al. 2016; Palacios et al. 2016; Åkesson et al. 2022). Las manadas de lobos son las unidades reproductoras en una población de lobos, estando estrechamente vinculadas a la demografía de la población y su estima es más sencilla en un contexto transfronterizo y a escala regional, lo que permite minimizar errores de sobreestimación. El número de manadas reproductoras es frecuentemente utilizado en programas de seguimiento de la especie, tanto en Europa, como en Norte-América (p.ej., Ausband et al. 2010; Blanco & Cortés 2012; López-Bao et al. 2018; Åkesson et al. 2022).

El seguimiento de poblaciones de lobo basado en el número de reproducciones asume cierta estabilidad en la relación entre el número de ejemplares en la población y el número de eventos reproductivos, y que un evento reproductivo equivale a una manada de lobos. No obstante, hay que tener en cuenta que una variación en el número de lobos no siempre se refleja en una variación en el número de manadas y que, además, se pueden dar casos de múltiples hembras reproductoras dentro de la misma manada, como se ha observado en diferentes partes del área de distribución global de la especie,

incluida la Península Ibérica (Mech & Boitani 2003; Rio-Maior et al. 2017; Ausband 2018; Smith et al. 2020). No obstante, el número de manadas reproductoras es un objetivo razonable para un programa de seguimiento a escala regional (a veces sobre rangos de distribución de más de 100,000 km², como en el caso de España), donde estimar el número de individuos con regularidad puede ser logísticamente muy costoso e inviable en muchos contextos.

La acumulación de información de este indicador a lo largo del tiempo puede permitir evaluar tendencias en las poblaciones. Las estimas de población a gran escala basadas en la estima del número de individuos, por ejemplo, combinando genética no invasiva y enfoques de captura-recaptura (p. ej., López-Bao et al. 2018; Bischof et al. 2020; Marucco et al. 2023), son menos frecuentes. Por otro lado, aparte del uso de métodos moleculares y de radio-seguimiento (Rio-Maior et al. 2018; Ausband 2018), en los últimos años se ha aumentado el esfuerzo en la aplicación de criterios espacio-temporales para tratar de identificar posibles casos de múltiples reproducciones dentro de la misma manada. Por ejemplo, la aplicación de criterios de distancia entre lugares de cría confirmados. Dependiendo del objetivo de conservación, además, en numerosas ocasiones se ha llegado a aplicar un factor de conversión sobre el número de manadas estimadas, con el objetivo de transformar el número de manadas en un número estimado de ejemplares (Chapron et al. 2016). Sin embargo, esta conversión es un tema de debate, (p.ej., Chapron et al. 2016; Bischof et al. 2019) y, en muchos casos, los datos necesarios para aplicar dichos factores de conversión adecuadamente no están disponibles, como el número promedio de individuos por manada (Boitani 2000; Llaneza et al. 2023), o la proporción de individuos en una población que no están integrados en las manadas (Mech & Boitani 2003; López-Bao et al. 2018).

El seguimiento basado en el número de manadas reproductoras suele centrarse en confirmar eventos de reproducción, ya sea en el periodo estival, como durante el invierno (en la Península Ibérica los seguimientos invernales están limitados por la falta de condiciones de nieve óptimas a lo largo de todo el rango de presencia de la especie) o, alternativamente, en estimar la probabilidad de eventos de reproducción. La confirmación directa de eventos de reproducción suele realizarse mediante sesiones de aullidos simulados (con el objetivo de que los cachorros respondan a los aullidos simulados), observaciones directas de ejemplares, cámaras trampa o recorridos en nieve (en función del número de individuos localizados en rastros en la nieve se interpreta como un evento reproductivo) (p.ej., Harrington & Mech 1983; Linnell et al. 1998; Liberg et al. 2012; Jimenez et al. 2016; Palacios et al. 2016; Akesson et al. 2022). Además, también se han desarrollado diferentes aproximaciones para inferir eventos de reproducción en base a la información indirecta recopilada en campo, y estimar así tanto la probabilidad de eventos particulares de reproducción, como estimar un número de manadas reproductoras a escala regional (p.ej., Mitchell et al. 2008; Ausband et al. 2010,

2014; Llana et al. 2014; Jiménez et al. 2016). Por ejemplo, se ha establecido un vínculo entre la intensidad del marcaje territorial con marcas territoriales (excrementos y rascaduras) y la probabilidad de que en una zona determinada con presencia de lobo se haya producido un evento de reproducción (Llana et al. 2014).

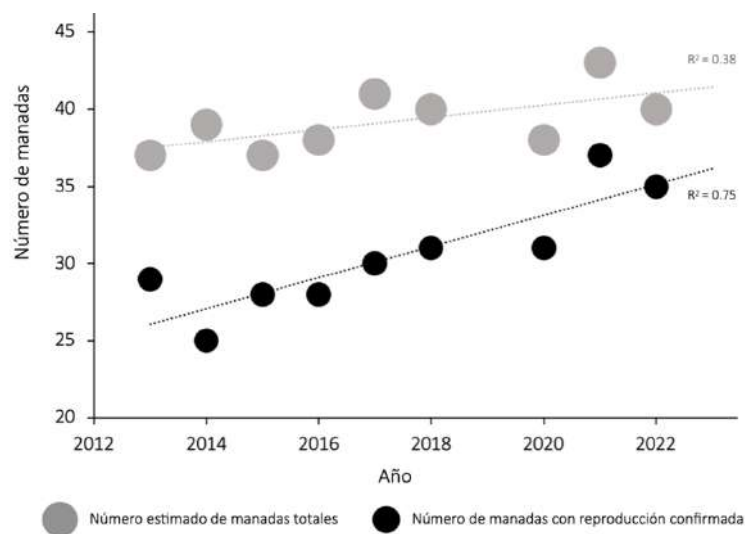
En la Península Ibérica, los programas de seguimiento llevados a cabo por las diferentes Comunidades Autónomas con presencia de lobo en España (las Comunidades Autónomas son la autoridad competente que deciden cómo se muestrean los lobos, con qué frecuencia, los criterios de interpretación de la información de campo que se utilizarán, si el programa de seguimiento contará con apoyo y asesoría científico-técnica, etc.), y por Portugal, se han basado principalmente en el uso de recorridos para detectar indicios de presencia de la especie (marcas territoriales: excrementos y rascaduras principalmente) y de estaciones de escucha y observación (métodos directos para observar cachorros), para determinar la reproducción de las manadas (Blanco & Cortés 2012; Llana et al. 2014). Se ha establecido cierto consenso sobre el uso del número de manadas de lobo como la unidad funcional en la que basar los programas de seguimiento de la especie. A nivel nacional, el número de manadas (reproductoras) como objetivo del seguimiento de la población se incluye en las dos estrategias sobre la conservación del lobo existentes hasta la fecha (2005 y 2022, no vinculantes legalmente), y este indicador se ha adoptado a nivel autonómico. Sin embargo, la recomendación sobre la frecuencia del seguimiento varía entre estrategias (2005: cada 10 años, 2022: cada 6 años de acuerdo con la regularidad necesaria para la elaboración de los informes sexenales sobre el estado de conservación de las poblaciones, enmarcado en el artículo 17 de la Directiva Hábitats).

El seguimiento de la población de lobos en Asturias se basa en la estima del número de manadas reproductoras, contemplado en el Decreto 23/2015, de 25 de marzo, por el que se aprueba el II Plan de Gestión del Lobo en el Principado de Asturias. Además, en el caso de Asturias, se viene desarrollando una estima del número de manadas reproductoras anualmente desde finales de la década de los noventa siendo, junto con Madrid, una de las pocas Comunidades Autónomas que ha establecido un programa de seguimiento anual de la especie, basado en manadas, en los últimos años de forma regular (cabe destacar que el Parque Nacional de los Picos de Europa viene realizando también un seguimiento anual de las manadas de lobo dentro y en el entorno del mismo en los últimos años).

La metodología básica anteriormente mencionada ha sido acordada por el Grupo de Trabajo del Lobo, dependiente del Comité de Flora y Fauna Silvestres para el desarrollo del diagnóstico de la situación del lobo en España para el periodo 2012-2014. Se trata de una metodología de seguimiento de la especie no solamente estandarizada, homogénea y reproducible, que permite la comparación de las estimas a lo largo del tiempo, sino abalada por numerosas publicaciones científicas, como se ha detallado anteriormente.

Esta metodología ha sido utilizada por Asturias en sus estimas anuales, donde las labores de seguimiento en campo se basan fundamentalmente en recolectar información sobre indicios de presencia de la especie (fundamentalmente marcas territoriales: excrementos y rascaduras) y la elaboración de estaciones de escucha (simulación de aullidos de lobo) y, en menor medida, estaciones de observación directa de la especie o el uso de cámaras trampa. Las labores de campo son efectuadas principalmente por miembros del cuerpo de agentes del medio natural del Principado de Asturias. Esta información se complementa también con otras fuentes de información, como los daños al ganado.

A partir de los resultados obtenidos por estos métodos de seguimiento, de manera tradicional se han clasificado las manadas de lobos en función de su éxito reproductor en “segura” (cuando se ha podido confirmar la reproducción de la manada) y “probable” (la reproducción no se ha confirmado por métodos directos, pero existe cierto grado de certeza de la presencia de una manada de lobos segura en el territorio). El uso de este tipo de criterios no ha escapado a las críticas. Como consecuencia, en los últimos años, se ha incrementado el esfuerzo para lograr estimar cuantitativamente el número de manadas reproductoras en una región, o la probabilidad de presencia de una manada de lobos reproductora en un territorio en base a la intensidad del marcaje territorial (p.ej. Llaneza et al. 2014; Jiménez et al. 2016). Así, el Principado de Asturias ha establecido un número mínimo de manadas totales (manadas con reproducción segura más probables) y un número mínimo de manadas con reproducción en el territorio asturiano, y su entorno. Así, desde el año 2013 (año en el que el Principado de Asturias aporta información para la estima de manadas a nivel nacional, MAPAMA 2016), la serie oficial sobre la evolución de manadas en el Principado de Asturias contempla una estima anual, excepto en 2019 (los datos para 2023 no están disponibles):

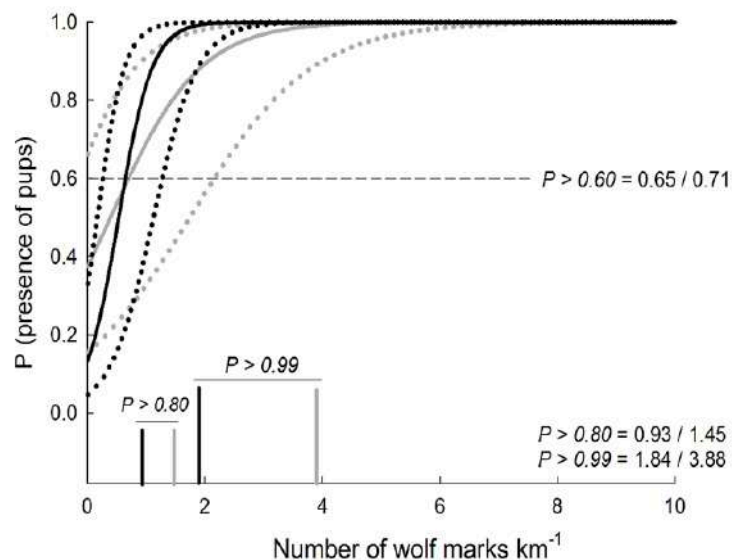


Evolución del número estimado de manadas de lobo y del número de manadas con reproducción confirmada en el Principado de Asturias para el periodo 2013-2023, según datos oficiales del Principado de Asturias, extraídos de sus memorias anuales de seguimiento.

De media, durante este periodo, el número de manadas totales se sitúa en torno a las 39-40 manadas (media: 39.2). Cabe destacar, no obstante, que probablemente en su mayoría estos números anuales sean valores mínimos (particularmente los datos referidos a manadas con reproducción confirmada), ya que no hay certeza de que se hayan confirmado todos los eventos de reproducción en el territorio. Además, estos valores no incluyen ningún parámetro asociado sobre el error y la precisión de las estimas, ni tienen en cuenta errores de observación, ni esfuerzo realizado. Los criterios para la determinación de manadas pueden haber variado en el tiempo, así como el esfuerzo invertido anualmente en el seguimiento de la especie. Por ello, es necesario estimar probabilísticamente el número de manadas reproductoras en la región, ya que es improbable detectar el 100% de los eventos de reproducción.

2. Estima probabilística del número de manadas reproductoras en Asturias

Los diferentes métodos propuestos en los últimos años para inferir la reproducción de una manada cuando no se ha podido confirmar por métodos directos se fundamentan, en mayor o menor medida, en la relación observada entre la intensidad de marcaje territorial (basado en la concentración de marcas territoriales en un área dada: excrementos y rascaduras) y la probabilidad de reproducción de una manada de lobos en dicha área (Llaneza et al. 2014).



Probabilidad de presencia de cachorros en un sitio dado en función de la concentración de indicios, según la concentración media (negro) y máxima (gris) de indicios. Las líneas continuas se refieren a la media y al índice de abundancia relativa máximo de las marcas territoriales de lobo (wolf marks), respectivamente (\pm error estándar, líneas de puntos). La línea horizontal rayada muestra el punto de corte de una probabilidad de reproducción de 0.60; mientras que las barras verticales negras y grises muestran los puntos de corte de una probabilidad de reproducción 0,80 y 0,99 para la concentración media de indicios y el índice de abundancia relativa máximo de indicios en un recorrido dentro de un sitio, respectivamente. Los números para estos puntos de corte se refieren al número de marcas territoriales por km para la media (izquierda) y el índice de abundancia relativa máximo (derecha).

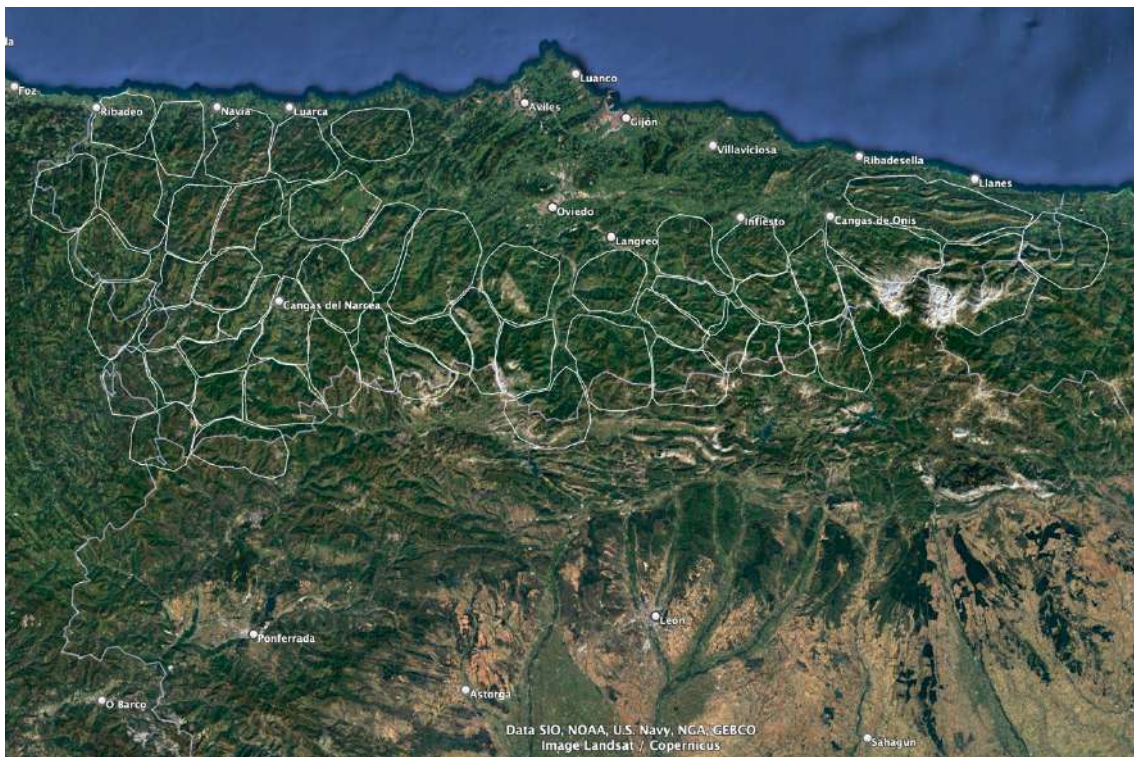
La combinación de esta relación entre marcaje territorial y probabilidad de reproducción, con otra fuente de información, como es el resultado de las simulaciones de aullidos para obtener la respuesta de cachorros (estaciones de escucha), integrando un modelo de ocupación con un modelo multi-estado (Jiménez et al. 2016) permite estimar diferentes estados para las áreas de muestreo: no ocupado, ocupado por lobos, pero sin reproducción, y ocupado por una manada reproductora de lobos. El uso de marcas territoriales permite discernir, con una alta probabilidad de detección, la ausencia o presencia de lobos en un área determinada. La combinación de la intensidad de detección de presencia de la especie (es decir, la intensidad de marcaje territorial en función del número de días que se haya muestreado cada sitio o el número de marcas territoriales encontradas, la cual está relacionada con la probabilidad de reproducción; Llana et al. 2014) con los resultados de las estaciones de escucha permite estimar la probabilidad de otros estados de las áreas que se muestrean, particularmente importante para el caso de aquellas áreas de muestreo donde no se haya confirmado la presencia de cachorros por métodos directos. De esta forma, la probabilidad de reproducción de una manada se estima probabilísticamente a partir de ambos conjuntos de datos combinados (Jiménez et al. 2016). Esta aproximación permite estimar el número de manadas reproductoras a escala regional, así como el error que sería atribuible al muestreo de una forma estandarizada y comparable en el tiempo, además de visualizar de manera sencilla el grado de incertidumbre alrededor de las estimas de manadas reproductoras; constituyendo una forma intuitiva de presentar los resultados del seguimiento de las poblaciones de lobo basado en el número de manadas reproductoras.

En el caso de las estaciones de escucha, los estudios previos recomiendan realizar varias repeticiones en el tiempo por cada una de las áreas de manada reproductora potencial que se estén evaluando. Es importante realizar este número de repeticiones incluso aunque se haya detectado la presencia de cachorros en un coro de aullidos. Esta información y las repeticiones son necesarias, por ejemplo, para estimar las probabilidades de reproducción en otras áreas de muestreo donde las estaciones de escucha hayan sido negativas detectando la presencia de cachorros, pero se haya detectado una intensidad de marcaje territorial notable o la respuesta solamente de adultos en las estaciones de escucha (Jiménez et al. 2016). Las repeticiones son además importantes para minimizar la probabilidad de determinar la presencia de cachorros por parte del observador en coros de aullidos cuando realmente no están presentes (Palacios et al 2017; alternativamente se puede realizar un análisis cuantitativo de la grabación del coro para aplicar un algoritmo que permite determinar la probabilidad de presencia de cachorros en el coro de aullidos, Palacios et al. 2016).

La información de campo necesaria para ejecutar esta aproximación es la misma que se ha expuesto anteriormente, realizando los muestreos de campo sobre áreas de muestreo que sean independientes en el espacio (es decir, áreas de manadas potenciales

independientes). Es importante un análisis pormenorizado de la información espacial disponible, de cara a evitar considerar dos áreas de muestreo como dos territorios de lobo independientes, por ejemplo, cuando en realidad sea el mismo territorio, lo que se traduciría en un error en las estimas. Toda la información disponible de recorridos (esfuerzo y presencia de marcas territoriales) y estaciones de escucha (respuesta negativa, respuesta positiva pero solo adultos, respuesta positiva con cachorros participando en el coro de aullidos) se asociará única y exclusivamente a un área de muestreo determinada. La aplicación de la metodología multi-método multi-estado requiere un número mínimo de áreas de muestreo, un esfuerzo mínimo de recorridos por área de muestreo en fechas diferentes, para localizar indicios de marcaje territorial (excrementos y rascaduras), y un esfuerzo mínimo de días de escuchas para obtener replicas, como se ha mencionado anteriormente (Jiménez et al. 2016).

En el caso de Asturias, en base al estudio pormenorizado de toda la información recopilada en los últimos años sobre indicios de marcas territoriales, escuchas, observaciones, y a la información espacial proporcionada por ejemplares de lobo marcados con emisores GPS en algunas zonas (áreas de campeo medio para una muestra de 14 ejemplares integrados en manadas durante su periodo de seguimiento: 198 km² rango: 82-396), se han podido establecer **54 áreas de muestreo en el territorio Asturiano y áreas limítrofes** (para el periodo 2013-2022; 55 áreas de muestreo para el año 2023).



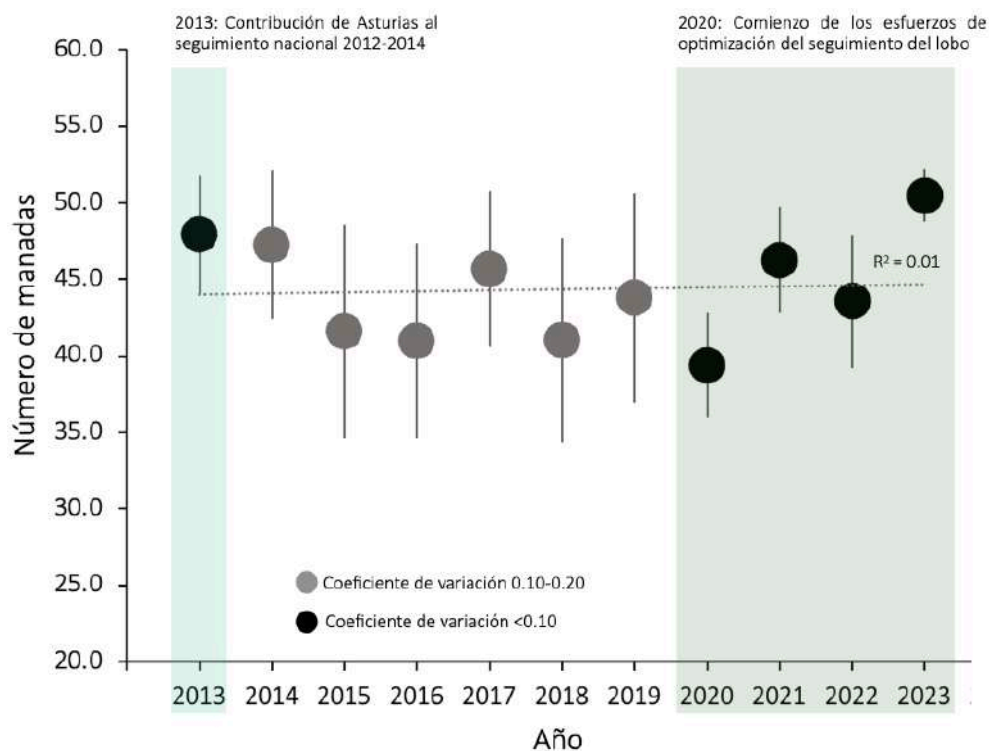
Áreas de muestreo de manadas potenciales en el Principado de Asturias.

Considerando toda la serie histórica de información disponible sobre eventos de reproducción confirmada de la especie en Asturias desde el año 1986, y teniendo en cuenta la distribución espacial de las áreas de muestreo de manadas potenciales, sobre un total de **613 eventos de reproducción**, solamente en **el 5.3% de estos casos se asignaron dos reproducciones** para una misma área potencial de manada. Dado que estas áreas de muestreo de manadas potenciales son dinámicas, tanto en sus límites, como en su número, desde 2020, para el caso de los eventos de reproducción múltiple se ha considerado la presencia de dos manadas de lobo diferentes cuando durante los dos años consecutivos previos se han confirmado dos eventos de reproducción. Es necesario resaltar además que, sobre estas áreas de muestreo establecidas, y en base a la información previa disponible sobre el seguimiento de la población de lobos en Asturias, se estima que **alrededor del 40% de las áreas de muestreo tienen un carácter transfronterizo entre Comunidades Autónomas**, lo cual evidencia la importancia de una coordinación efectiva entre Comunidades Autónomas en los esfuerzos de seguimiento de la especie.

Con la información recopilada de las labores de seguimiento del lobo por parte de la guardería del Principado de Asturias entre los años 2013 y 2023 se ha aplicado el procedimiento multi-método multi-estado (Jiménez et al. 2016) para estimar anualmente el número de manadas reproductoras en Asturias. Tomando como punto de partida las áreas de muestreo anteriormente mencionadas, se ha clasificado espacialmente toda la información disponible de recorridos y escuchas en función de su solapamiento espacial con las diferentes áreas de muestreo. En total, durante el periodo 2013-2023, se han creado 11 matrices de datos para los análisis, integrando **2,009 días en los que se realizaron estaciones de escucha, 1,943 días en los que se realizaron recorridos, 11,207 km de recorridos para localizar indicios, y 5,300 indicios (marcas territoriales).**

Se ha tenido en cuenta el esfuerzo de muestreo dentro de cada área de manada potencial (longitud de recorridos – km - cada día en cada área de muestreo). Se han integrado 3 cadenas de Monte Carlo Márkov, con 200,000 iteraciones cada una y se ha evaluado la convergencia de las cadenas de Monte Carlo Márkov a través del parámetro R (Gelman et al. 2013), confirmando que todos los parámetros obtenidos hayan mostrado valores de $R < 1.1$, indicando convergencia. Para cada estima anual se ha calculado el coeficiente de variación, como un indicador del nivel de precisión de la estima. Se ha considerado un nivel aceptable de coeficiente de variación por debajo del 20% (Pollock et al. 1990; Williams et al. 2022).

Para el **periodo 2013-2023**, la **estima de áreas de muestreo ocupadas por manadas reproductoras** ha oscilado entre **39.4 ± 3.4 (2020)** y **50.4 ± 1.6 (2023)** manadas reproductoras en el Principado de Asturias, respectivamente. **De media**, durante este periodo, **el número de manadas reproductoras se estima en torno a las 44-45 manadas reproductoras (44.5)** y, en el conjunto de la serie temporal, se puede observar una cierta estabilidad en las estimas, obteniendo al inicio de la serie de datos estimas similares a las de los últimos años. Las estimas con los mayores errores se observan entre 2015 y 2019 (entre 41.0 ± 6.6 y 45.7 ± 5.1), periodo que ha registrado una mayor variabilidad en el esfuerzo empleado (ver a continuación). Para el año 2023, un área de muestreo cumpliría además el criterio de dos años consecutivos con dos reproducciones confirmadas, por lo que se podrían considerar dos áreas de muestreo diferentes. En ese caso, la estima del año 2023 pasaría a 51.6 ± 1.6 , similar a la obtenida sin considerar ese criterio.

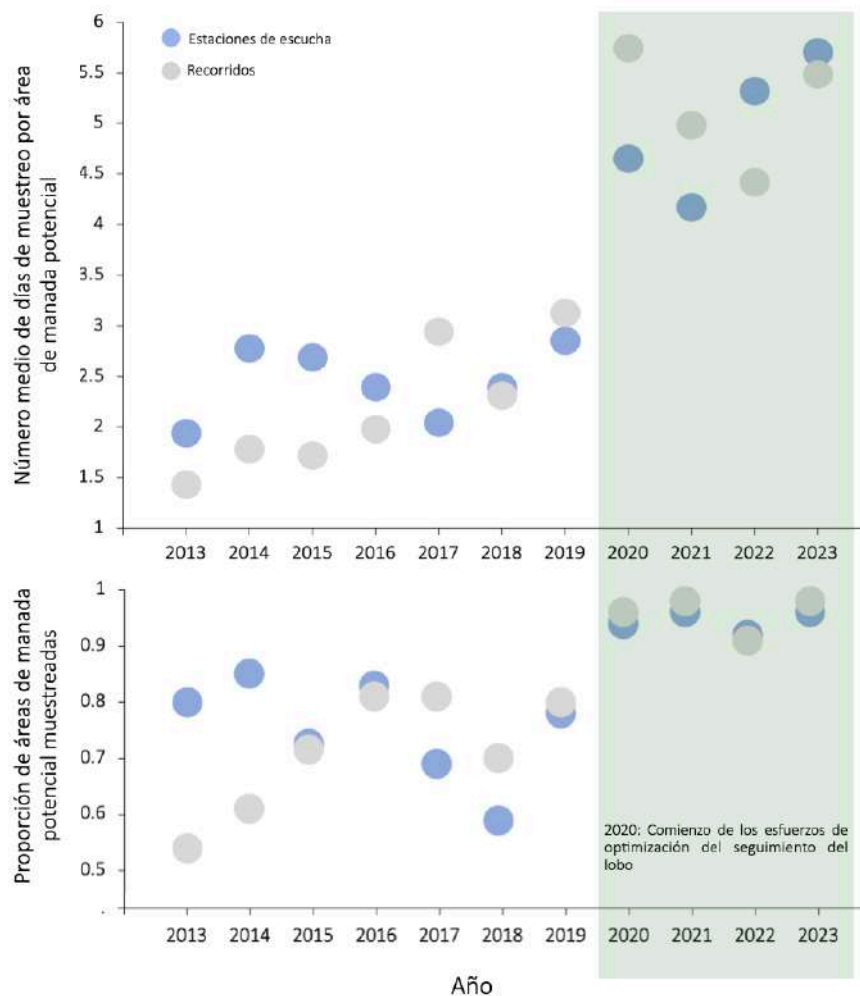


Evolución del número estimado de manadas reproductoras en Asturias para el periodo 2013-2023.

Aunque, en general, la precisión de las estimas (medida en base al coeficiente de variación) ha estado por debajo de 0.20 en todos los años estudiados, **las mejores precisiones de las estimas, es decir un coeficiente de variación <0.10, se han obtenido para el año 2013**, año en el que el Principado de Asturias realiza el seguimiento del lobo con vistas a contribuir al seguimiento nacional de la especie (2012-2014; MITECO 2016), **y a partir de 2020**, año en el que el Principado de Asturias comienza un periodo de re-evaluación del sistema de seguimiento de la especie para optimizar los esfuerzos de campo que se realizan. El número de áreas de muestreo donde se estima la presencia de lobos, pero no la reproducción (sitios en estado 1) está correlacionado positivamente con

el coeficiente de variación de la estima de áreas con manadas reproductoras ($r_p = 0.69$, $P = 0.019$).

A lo largo del periodo 2013-2023 el esfuerzo realizado ha variado notablemente, como se ilustra a continuación, en base al número medio de días de muestreo por área de manada potencial tanto para realizar recorridos, como para realizar estaciones de escucha, llegándose casi incluso a duplicar estos esfuerzos a partir del 2020, lo que se traduce en una mejora de la calidad de las estimas que se han obtenido a partir de ese año. De hecho, solamente **a partir de 2020 la proporción de áreas que se muestrean supera el 90%**, tanto para muestreos con recorridos como para estaciones de escucha. En años anteriores se observa una gran variabilidad en el porcentaje de áreas de muestreos que se quedaban sin muestrear con ambos métodos. Aun así, para cada año considerado, el porcentaje de sitios muestreados por recorridos con resultado positivo (es decir con presencia de la especie) ha sido por lo general elevado, oscilando entre el 78% y el 94% (media para todos los años: 90%), lo que es coherente con una distribución generalizada de la especie en el Principado de Asturias en los últimos años.



Esfuerzo medio realizado anualmente por área de manada potencial, medido como el número medio de días de muestreo (azul: estaciones de escucha; gris: recorridos) y proporción de áreas de manada potencial muestreadas cada año (sobre el total de 54 áreas de muestreo consideradas).

Los resultados de las estimas anuales del número de manadas reproductoras durante el periodo 2013-2023 sugieren que la población de lobo en Asturias se ha mantenido oscilando entre 39.4 ± 3.4 y 50.4 ± 1.6 manadas reproductoras (cabe destacar el solapamiento entre los errores de las diferentes estimas). El valor medio obtenido de las estimas anuales en la última década (44.5 manadas reproductoras) podría considerarse como valor de referencia sobre el que comparar futuras estimas anuales del número de manadas reproductoras realizadas siguiendo la misma aproximación, de cara a valorar si se mantiene, mejora o empeora la situación de la población en Asturias.

Asturias es una de las pocas Comunidades Autónomas que viene desarrollando una estima del número de manadas reproductoras anualmente desde finales de la década de los noventa. No obstante, la variación en el esfuerzo invertido en el seguimiento de la especie a lo largo del tiempo requiere **la elaboración de un protocolo que establezca unos estándares mínimos de procedimientos de campo, esfuerzo necesario y fechas de muestreo óptimas, para maximizar la comparabilidad de las diferentes estimas a lo largo del tiempo**; aplicando la misma metodología de muestreo que se viene aplicando en el Principado de Asturias, metodología de seguimiento estandarizada, homogénea y reproducible acordada por el Grupo de Trabajo del Lobo, dependiente del Comité de Flora y Fauna Silvestres. Esta misma metodología permite al Principado de Asturias continuar con los procedimientos utilizados hasta la fecha para estimar un número total de manadas, junto con el número de manadas reproductoras confirmadas (número mínimo) y, al mismo tiempo, estimar probabilísticamente tanto el número de manadas reproductoras en Asturias, como la probabilidad de reproducción en un área específica.

Bibliografía

Ausband DE, et al. (2010). Surveying predicted rendezvous sites to monitor gray wolf populations. *Journal of Wildlife Management*, 74, 1043-1049.

Ausband DE, et al. (2014). Monitoring gray wolf populations using multiple survey methods. *Journal of Wildlife Management*, 78, 335–346.

Ausband DE (2018). Multiple breeding individuals within groups in a social carnivore. *Journal of Mammalogy*, 99, 836-844.

Åkesson M, et al. (2022) Wolf monitoring in Scandinavia: evaluating counts of packs and reproduction events. *Journal of Wildlife Management* e22206.

Bischof R, et al. (2019). Estimating the size of the Scandinavian wolf population with spatial capture-recapture and conversion factors. Report to NINA.

Bischof R, et al. (2020). Estimating and forecasting spatial population dynamics of apex predators using transnational genetic monitoring. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117, 30531-30538.

Blanco JC, and Cortés Y. (2012). Surveying wolves without snow: a critical review of the methods used in Spain. *Hystrix*, 23, 35–48.

Boitani L (2000). Action plan for the conservation of wolves in Europe (*Canis lupus*) (No. 18-113). Council of Europe.

Chapron G, et al. (2016). Estimating wolf (*Canis lupus*) population size from number of packs and an individual based model. *Ecological Modelling*, 339, 33-44.

Darimont CT, et al. (2018). Political populations of large carnivores. *Conservation Biology* 32,747-749.

Epstein Y, et al. (2016). A legal-ecological understanding of favorable conservation status for species in Europe. *Conservation Letters*, 9, 81-88.

Harrington FH, et al. (1983). Pack size and wolf pup survival: their relationship under varying ecological conditions. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 13, 19-26.

Jiménez J, et al. (2016). Multimethod, multistate Bayesian hierarchical modeling approach for use in regional monitoring of wolves. *Conservation Biology*, 30, 883-893.

Jones JP, et al. (2013). The 'why', 'what' and 'how' of monitoring for conservation Key Topics in Conservation Biology 2 (eds D.W. Macdonald and K.J. Willis), pp. 327-343, John Wiley & Sons, Oxford.

Llaneza L, et al. (2014). Intensity of territorial marking predicts wolf reproduction: Implications for wolf monitoring. PLOS ONE, 9, e93015.

Llaneza, L., Sazatornil, V., García, E.J., Palacios, V. and López-Bao, J.V., 2023. Minimum average pack size in Iberian wolves. European Journal of Wildlife Research, 69, 58.

Liberg O, et al. (2012) Monitoring of Wolves in Scandinavia Hystrix 23:29–34

Linnell JDC, and Boitani L (2012). Building biological realism into wolf management policy: the development of the population approach in Europe. Hystrix, 23, 80–91.

Linnell J, et al. 1998. Methods for monitoring European large carnivores – A worldwide review of relevant experience. NINA Oppdragsmelding 549:1-38.

López-Bao JV, et al. (2018). Toward reliable population estimates of wolves by combining spatial capture-recapture models and non-invasive DNA monitoring. Scientific Reports, 8, 1-8.

MAPAMA (Spanish Ministry of Agriculture, Fisheries and Food)
Censo 2012–2014 de Lobo Ibérico (*Canis lupus*, Linnaeus, 1758) en España

Marucco F, and Boitani L. (2012). Wolf population monitoring and livestock depredation preventive methods in Europe. Hystrix, 23, 1–4.

Marucco F, et al. (2023). A multidisciplinary approach to estimating wolf population size for long-term conservation. Conservation Biology, e14132.

Mech LD, Boitani L (Eds.) (2003) Wolves: behavior, ecology, and conservation. University of Chicago Press.

Mitchell MS, et al. (2008). Estimation of successful breeding pairs for wolves in the Northern Rocky Mountains, USA. Journal of Wildlife Management 72, 881-891.

Nichols JD, and Williams BK. (2006). Monitoring for conservation. Trends in Ecology & Evolution, 21, 668-673.

Palacios V, et al. (2016). Decoding group vocalizations: The acoustic energy distribution of chorus howls is useful to determine wolf reproduction. PLOS ONE, 11, e0153858.

Pollock KH, et al. (1990). Statistical Inference for Capture-Recapture Experiments. *Wildlife Monographs* 107, 3–97.

Rio-Maior H, et al. (2018). Use of space and homesite attendance by Iberian wolves during the breeding season. *Mammalian Biology*, 92, 1-10.

Smith DW, Stahler DR, and MacNulty DR. eds. (2020). *Yellowstone wolves: science and discovery in the world's first national park*. University of Chicago Press.

Stephens PA, et al. (2015). Management by proxy? The use of indices in applied ecology. *Journal of Applied Ecology*, 52, 1-6.

Williams BK, et al. (2002). *Analysis and Management of Animal Populations*. Academic Press.

