



Metodologías de orientación para censos de albatros y petreles

Anton Wolfaardt, Joint Nature Conservation Committee, Reino Unido
&

Richard Phillips (Convenor, Population and Conservation Status Working Group) British Antarctic Survey, Reino Unido

Enero de 2013, actualizado en enero de 2020

INTRODUCCIÓN

La estimación exacta de las cifras es fundamental para determinar el estado de conservación y para identificar los factores claves que influyen sobre los cambios en el tamaño de las poblaciones y la demografía de las aves marinas. Diagnosticar las causas de las reducciones (u otras trayectorias de las poblaciones) es mucho más complejo si no se cuenta con información sobre los tiempos y la magnitud de los cambios en las poblaciones que se observan en los diferentes sitios. Los albatros y los petreles están entre las aves más amenazadas del mundo (Brooke, 2004, Robertson y Gales, 1998). En la actualidad, 17 de las 22 especies de albatros están enumeradas en la Lista Roja de la UICN como especies en peligro de extinción (BirdLife International 2011). La reducción sostenida en muchas poblaciones de albatros y petreles llevó a establecer el Acuerdo sobre la Conservación de Albatros y Petreles (ACAP), que entró en vigencia en 2004, y que hasta el momento ha sido ratificado por 13 países (www.acap.aq). El Acuerdo ACAP, junto con su Plan de Acción, describe una serie de medidas de conservación que las Partes contratantes deben implementar para mejorar el estado de conservación de estas aves marinas amenazadas, que incluye el monitoreo del estado y las tendencias de especies incluidas en el ACAP (Anon 2006). Al considerar el monitoreo de las poblaciones de especies incluidas en el ACAP, resulta útil distinguir entre el monitoreo anual (o regular) de terrenos/sitios del estudio y censos intermitentes de islas o archipiélagos enteros a una escala mucho mayor. Este documento se enfoca en estos últimos (los censos), pero también considera el monitoreo de poblaciones desde una perspectiva más general.

Se han utilizado diferentes métodos para censar especies enumeradas en el ACAP que anidan en la superficie, lo cual incluye conteos y barridos desde tierra, muestreo por transectos y cuadrantes para estimar densidades, que luego son extrapolados a áreas más extensas, fotografías aéreas y fotografías tomadas desde embarcaciones (p. ej., Prince 1982; Moore 1996; Cuthbert & Sommer 2004; Poncet et al. 2006; Robertson et al. 2007; Huin & Reid 2007; Delord et al. 2008; Robertson et al. 2008; Strange 2008; Ryan et al. 2009; Baker et al. 2009).

Robertson et al. (2008) compararon la exactitud y los aspectos prácticos de cinco métodos diferentes para censar albatros de cejas negras *Thalassarche melanophris* en el archipiélago Ildelfonso, en Chile: 1) fotografía aérea con validación en terreno, 2) fotografías tomadas desde embarcaciones, 3) conteos desde tierra, 4) muestreos por cuadrantes y 5) muestreos de distancia entre puntos. De los cinco métodos, se consideró que la fotografía aérea con validación en terreno era el que brindaba mayor exactitud; los demás métodos subestimaban la población entre un 9% (muestreo por cuadrantes) y un 55% (fotografías tomadas desde embarcaciones) (Robertson et al. 2008).

El objeto del presente documento es brindar directrices para ayudar a las Partes del ACAP en el desarrollo y la implementación de planes para censar las especies contempladas por el ACAP. Se enfoca, principalmente, en especies que anidan en la superficie, pero también incluye algunas directrices generales para especies que anidan en madrigueras. Las pautas para mejorar la estimación de la población de petreles que anidan en madrigueras también se encuentran disponibles en la página web de ACAP (<https://acap.aq/es/resources/guias-de-conservacion-acap>).

ALGUNAS PAUTAS

- Es importante determinar claramente, desde el inicio, cuáles son los objetivos de un programa de vigilancia de la población, ya que estos objetivos determinarán, en gran medida, cuál es el mejor enfoque. Al considerar los censos de poblaciones reproductoras, es importante determinar si la prioridad es obtener una estimación general del tamaño de la población, o si el foco debe estar en monitorear las tendencias de las poblaciones. Estos dos métodos no se excluyen entre sí, pero si la prioridad es monitorear las tendencias de las poblaciones, esto puede hacerse monitoreando regularmente una muestra representativa de las colonias, sin necesidad de estudiar toda la población (ver, más adelante, la sección sobre monitoreo a largo plazo).
- El programa de monitoreo debe tener una escala suficiente, es decir, basarse en una muestra cuyo tamaño sea suficiente para detectar cambios en el tamaño de la población que sean significativos en términos estadísticos. Esto dependerá del error del muestreo y del grado de variación anual en los números correspondientes a la reproducción.
- El método debería ser practicable y estar adaptado a las especies y colonias en cuestión. No necesariamente un método que funciona bien en un contexto determinado podrá trasladarse a todos los demás sitios para esa especie.
- El método debería conducir a la estimación más exacta posible, teniendo en cuenta las limitaciones prácticas.
- Independientemente del método utilizado, siempre habrá errores asociados con la estimación. Es importante reconocer la existencia de estos errores para minimizarlos a través de una planificación rigurosa, y cuantificar los errores siempre que sea posible para ajustar los conteos de acuerdo con ello.
- A largo plazo, diferentes observadores deberían poder repetir el método, a fin de evitar dificultades para distinguir los cambios en las poblaciones de los cambios metodológicos.
- El método debería permitir que las perturbaciones a las especies silvestres y sus respectivos hábitats se mantengan dentro de límites aceptables.

Recomendación clave

El monitoreo anual de las poblaciones en sitios o terrenos seleccionados y representativos, combinado con censos menos frecuentes (cada 5-10 años) de todo el sitio de reproducción o archipiélago, se considera como el enfoque óptimo para monitorear el estado y las tendencias de las especies del ACAP. Este enfoque facilitará un mejor entendimiento de la variación anual en los números relativos a la reproducción y, por tanto, permitirá evaluar las tendencias de las poblaciones contando con toda la información necesaria.

MÉTODOS CENSALES

Se han utilizado diferentes métodos para censar especies incluidas en el ACAP que anidan en la superficie. Algunos de estos son:

- *Conteos directos*: un conteo a nivel del suelo de todas las aves que están empollando. Se inspecciona cada nido para determinar la presencia de un huevo. En general, los conteos directos se llevan a cabo cuando los investigadores tienen fácil acceso a la colonia, en colonias de hasta varios miles de aves y cuando el equipo responsable cuenta con tiempo suficiente en el sitio de reproducción. Este enfoque suele utilizarse en combinación con conteos por barrido.
- *Conteos por barrido*: un conteo visual (*in situ*) de los nidos ocupados, o aparentemente ocupados, llevado a cabo desde una distancia (fuera de la colonia), ya sea debido a la topografía (p. ej., los albatros *Phoebastria* que anidan en los acantilados), al tamaño del área que se pretende estudiar o porque la especie es susceptible a la perturbación humana (p. ej., los petreles gigantes del sur en algunos lugares). Los conteos por barrido se pueden llevar a cabo desde tierra (p. ej., Cuthbert & Sommer 2004; Ryan et al. 2009), o desde una embarcación (Poncet et al. 2006).
- *Método de área y densidad*: este método se ha utilizado en las colonias muy numerosas en las que resulta difícil realizar un conteo completo directo, e implica medir las áreas de las colonias, las densidades de los nidos dentro de las colonias utilizando transectos o cuadrantes, y combinar estas dos mediciones para estimar la cantidad total de nidos activos (Huin & Reid 2007).
- *Fotografía desde tierra o desde una embarcación*: implica tomar fotografías de colonias desde tierra o desde una embarcación. Luego, las fotografías se unen y se cuentan (p. ej., Lawton et al. 2003; Poncet et al. 2006).
- *Fotografía aérea*: tomar fotografías de una colonia desde una aeronave o helicóptero con alas fijas. En algunos de los primeros intentos, se utilizaron fotografías aéreas verticales a gran altitud (4156 m) para estimar el tamaño (área) de las colonias reproductoras de albatros de ceja negra en las Islas Malvinas (Falkland Islands)¹, en combinación con estimaciones de densidad de conteos directos desde tierra por cuadrantes (Prince 1982; Thompson & Rothery 1991). Más recientemente, se realizaron estudios aéreos que consisten en volar en circuitos a baja altitud y tomar fotografías secuenciales superpuestas que luego se unen utilizando software para formar fotomontajes, a partir de los cuales los nidos aparentemente ocupados se pueden contar en pantalla (p. ej., Arata et al. 2003; Robertson et al. 2007; Strange 2008; Robertson et al. 2008; Baker et al. 2009). Con los avances tecnológicos recientes, tanto en lo que respecta a cámaras como a lentes, y con el software de procesamiento de imágenes, la fotografía aérea se ha vuelto mucho más fácil de usar, y se ha transformado en un método más preciso para estudiar poblaciones reproductoras. Cada vez es más usado como el método censal preferido para aves marinas que anidan en la superficie, especialmente en lugares alejados; p. ej., los albatros *Thalassarche chrysostoma* de ceja negra y de cabeza gris en Chile (Arata et al. 2003; Lawton et al. 2003; Robertson et al. 2007; Robertson et al. 2008), albatros de ceja negra en las Islas Malvinas (Falkland Islands)¹ (Strange 2007; 2008), albatros de frente blanca en Nueva Zelanda (Baker et al. 2007; 2008; 2009), petreles gigantes del sur

¹ Existe una disputa entre el Gobierno de la República Argentina y el Gobierno del Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte en relación a la soberanía de las Islas Malvinas (Falkland Islands), Islas Georgias del Sur e Islas Sándwich del Sur (South Georgia and the South Sandwich Islands) y áreas marítimas circundantes.

Macronectes giganteus en las Islas Malvinas (Falkland Islands)¹ (Reid & Huin 2008) y alcatraces comunes Gannets *Morus bassanus* en Gran Bretaña e Irlanda (Wanless et al. 2005). Dados los avances recientes en materia de equipamiento fotográfico y software, en la actualidad, se utiliza fotografía aérea de alta definición para llevar a cabo estudios de aves marinas en el mar en el Reino Unido (Thaxter & Burton 2009, I. Mitchell, JNCC, *in litt*).

UNIDAD DE CONTEO Y CRONOGRAMA DEL CENSO

El objetivo de un censo sobre aves reproductoras es estimar la cantidad total de parejas que intentan reproducirse (poner un huevo) en un año determinado. Es importante definir claramente la unidad de conteo y programar el censo para llevarlo cabo lo más cerca posible del período óptimo para medir este parámetro. Si el censo se lleva a cabo demasiado temprano en la temporada reproductiva, el conteo no incluirá a todas las aves que intentan reproducirse. Si se realiza demasiado tarde, no incluirá a las aves que pusieron huevos, pero que sufrieron fallas en la incubación y abandonaron la colonia antes del censo. En ambos casos, los resultados del censo subestiman la cantidad de aves que intentan reproducirse, aunque muchas veces será posible aplicar factores de corrección adecuados. Los censos también pueden sobreestimar el tamaño de las poblaciones reproductoras si las aves flotantes (parejas y aves no reproductoras) se incluyen en el conteo (ver la sección sobre fuentes de error).

Con el objeto de minimizar estos sesgos, se considera que la mejor práctica es estudiar la población (contando la cantidad de sitios con nidos activos) poco después de que la mayoría de las aves han puesto huevos, y realizar correcciones según las fallas reproductivas antes de la fecha del estudio, y de ser posible, también según los errores de conteo y detección (ver más abajo). Obviamente, existen diversos factores logísticos y vinculados con el clima que influirán para determinar en qué momento será posible realizar el censo; no obstante, el objetivo debe ser llevar a cabo el conteo lo más cerca posible de este período óptimo, e idealmente, realizar correcciones según las diferencias entre la cantidad de aves que efectivamente pusieron huevos y la cantidad contada en la fecha del estudio. A medida que se amplía la diferencia entre el período óptimo para realizar el censo y la fecha del estudio, se reduce la exactitud del conteo como estimación de la población, y se incrementa la necesidad de factores de corrección adecuados. De hecho, una extrapolación considerable entre la fecha óptima y la fecha del censo dará como resultado un nivel de confianza mucho menor en la estimación de la población.

Es mucho más sencillo realizar correcciones según las fallas en la nidificación que estimar la cantidad de parejas adicionales que pondrán huevos después de un censo que tiene lugar en medio del período de puesta de huevos, lo cual explica por qué el momento óptimo para contar las colonias es poco después de que todas, o prácticamente todas las aves hayan puesto huevos.

También es importante tener áreas o zonas de conteo claramente definidas y mapeadas, que puedan ser fácilmente reconocidas por futuros investigadores. La estandarización de estas áreas facilitará la repetición de conteos en años posteriores y permitirá una evaluación más precisa de los cambios en las poblaciones a medida que transcurre el tiempo. Dicho enfoque también permitirá el uso de software como TRIM (Pannekoek & van Strien 2005), el software generalmente utilizado por el ACAP para evaluaciones de especies: para imputar datos faltantes, estimar tamaños de poblaciones con intervalos de confianza adecuados y realizar estudios de tendencias en las estimaciones de poblaciones de un modo que resulte sólido en relación con las estadísticas.

FUENTES DE ERROR

Existe una serie de fuentes de error en relación con los estudios sobre la reproducción de los albatros; algunos son de tipo general y otros son más específicos según el método censal. Es importante reconocer estos posibles sesgos, minimizarlos a través de una planificación rigurosa, e idealmente, corregirlos a través de estudios de calibración apropiados.

1. Cronograma del censo

Ver arriba. Si el censo se realiza demasiado temprano, no captará a todas las aves intentaron reproducirse ese año. Si se realiza demasiado tarde, no tendrá en cuenta las aves que sufrieron fallas en la reproducción antes de que se llevara a cabo el censo. Para destacar la magnitud potencial de este error, se ha determinado que más del 20% de los albatros de ceja negra de Bird Island, Islas Georgias del Sur (South Georgia)¹, sufren fallas antes de alcanzar la mitad del período de incubación (Poncet et al. 2006; BAS, datos sin publicar).

2. Incertidumbre respecto del estado (capacidad para determinar el estado de las aves)

a) Aves que se encuentran en nidos vacíos. Robertson et al. (2008) determinó que aproximadamente el 7% de los nidos de albatros de ceja negra estudiados en el archipiélago Ildfonso, Chile, estaban ocupados por aves sin huevos. No obstante, sugirieron que, posiblemente, estas fueran aves que efectivamente habían puesto huevos que luego se habían perdido antes del conteo; por lo tanto, debían incluirse en la estimación de la cantidad de aves que intentaban reproducirse. Esta sugerencia se apoya en datos de Bird Island, Islas Georgias del Sur (South Georgia)¹, donde la mayoría de las aves aparentemente no reproductoras que ocupaban sitios de nidificación al momento del censo eran aves que habían sufrido fallas en la reproducción (Poncet et al., 2006). No obstante, en New Island en las Islas Malvinas (Falkland Islands)¹, es frecuente observar aves no reproductoras (es decir, que no son aquellas que han sufrido fallas en la reproducción) en nidos (P. Catry *in litt.*), de manera que no puede presuponerse que todas las aves que se encuentran en nidos sean aves reproductoras o aves que han sufrido fallas en la reproducción.

b) Aves flotantes. En este documento, se considera que son aves que deambulan por la colonia, que podrían ser parejas de las aves que se encuentran en los nidos en ese momento, aves que han sufrido fallas en la reproducción o aves no reproductoras. Este error es, la mayoría de las veces, un problema para los estudios que utilizan fotografía aérea y fotografías tomadas desde embarcaciones, pero también puede aplicarse a otros métodos censales.

Es importante tener en cuenta que la cantidad de aves que se encuentran en nidos vacíos/aves flotantes, y, por tanto, la proporción de aves contadas respecto de la cantidad de aves reproductoras, varía durante el día y de acuerdo con las condiciones climáticas (Poncet et al. 2006; Robertson et al. 2008).

3. Errores de detección

a) Sesgo de percepción (error del observador o error de conteo). Esto refleja una serie de factores, que incluyen la dificultad cada vez mayor de realizar conteos exactos en colonias numerosas, las condiciones climáticas (velocidad del viento, precipitaciones, niebla, etc.), la variación entre distintos observadores (particularmente, de acuerdo con el nivel de experiencia) y la capacidad, a distancia, de distinguir las aves de otros elementos (nieve, rocas, etc.) y de asignar especies en colonias mixtas. Todos estos factores pueden influir en la exactitud del conteo. La comparación del

color de la cabeza, la forma del pico, y el tamaño y la forma del pico suelen ser suficiente para distinguir a los albatros de colonias mixtas con cormoranes y pingüinos, y este y otros sesgos se pueden minimizar mediante el uso de fotografías de alta resolución (Robertson et al. 2008). El conteo en pantalla de las aves reproductoras a través de fotografías aéreas es relativamente sencillo utilizando el software que se encuentra disponible, se puede realizar de manera lenta y sistemática, marcando con un punto cada ave contada. En este sentido, el enfoque puede ser más fácil y probablemente tenga mayor exactitud que los conteos de campo de colonias numerosas. No obstante, tiene la desventaja de que unir fotografías suele demandar mucho tiempo.

b) Sesgo de disponibilidad. Esto refleja la capacidad para tomar muestras o contar todo el hábitat disponible, que se reduce si los nidos no están visibles desde el punto de observación debido a accidentes topográficos. Esto es un problema especialmente cuando la topografía es compleja o cuando los nidos están muy dispersos, como en el caso de los petreles gigantes del norte *Macronectes halli*. Esto no solamente es un problema para las fotografías aéreas. De hecho, en algunos casos, particularmente en terrenos heterogéneos o complejos, en los conteos desde tierra, es posible que se pasen por alto pequeñas colonias que, desde el aire podrían observarse fácilmente (Robertson et al. 2008), o las que se encuentran en promontorios con un aspecto que no resulta visible desde tierra. Debido a su plumaje oscuro y a que suelen anidar en los acantilados, los albatros oscuros *Phoebastria fusca* y los albatros tiznados *P. palpebrata* pueden ser difíciles de detectar a distancia, especialmente en condiciones climáticas rigurosas (Ryan et al. 2009). Los censos del albatros ondulado *Phoebastria irrorata* deben dar cuenta de los sesgos de detección que se producen porque algunos nidos están ocultos por la vegetación. Las tasas de detección de nidos se pueden estimar utilizando métodos de remuestreo o monitoreando una submuestra de nidos marcados en un marco de marcaje y recaptura (Frederick et al. 2006) para estimar la proporción de la población que se encuentra ausente o no es detectada.

4. Problemas técnicos y estadísticos

a) Errores asociados con deficiencias en el montaje de fotografías. Naturalmente, esto sólo se aplica a los estudios fotográficos, que podrían realizarse desde el aire, desde el mar o desde tierra. Una vez que se han tomado las fotografías, se unen utilizando software adecuado para realizar fotomontajes (Lawton & Robertson 2006). Es posible que una pequeña cantidad de albatros cerca de las líneas de unión sea omitida o contada dos veces (Robertson et al. 2008). Esto se debe al paralaje, que es el desplazamiento o la diferencia en la posición aparente de un objeto que se ve en diferentes líneas de visión, y que surge si las fotografías fueron tomadas en distintos ángulos. Esta fuente de error no se considera significativa. En el estudio de albatros de ceja negra en Ildfonso, el 1,3% de las aves que se encontraban en las líneas de unión no fue contado, y las líneas de unión afectaron menos de un 6% del hábitat de nidificación de los albatros (Robertson et al. 2008). De manera similar, se consideró que el error asociado con las líneas de unión de los fotomontajes de albatros de frente blanca *Thalassarche steadi* fue de menos de 200 aves del conteo total de aproximadamente 97.000; (Baker et al. 2009). Aunque esta es una fuente de error de poca consideración, el paralaje se puede minimizar asegurando que las fotografías se tomen desde una posición lo más cercana posible a la posición perpendicular a la colonia o al paisaje, y asegurando que la longitud focal de la lente permanezca constante para las fotos secuenciales que formarán un montaje.

b) Errores de extrapolación. Cuando se realiza una extrapolación a partir de cifras de densidad obtenidas en transectos o cuadrantes de la población reproductora total, es importante minimizar los errores de muestreo. Probablemente, un GPS manual será el dispositivo más simple y práctico para medir el tamaño de las áreas de muestreo y de toda la colonia. La exactitud de los dispositivos de GPS estándares ha mejorado significativamente, pero siempre tienen, como mínimo, un margen de error de 5-10 m. Su exactitud depende de diversos factores, como las posiciones satelitales, el ruido en la señal de radio, las condiciones atmosféricas y las barreras naturales que afectan la señal (cubierta forestal o topográfica). El error puede minimizarse utilizando tecnología de GPS diferencial o asistida, pero esto resulta mucho más costoso que un GPS estándar. Las mediciones de la densidad de las aves que se encuentran en nidos a partir de cuadrantes o transectos deben ser representativas de la variación de la densidad en la colonia. Aun con un protocolo de muestreo correctamente diseñado, se producirán errores en las estimaciones derivadas de estas muestras.

MINIMIZAR Y CORREGIR ERRORES

A fin de obtener estimaciones exactas de la población reproductora total a partir de los datos de los conteos, se deberán realizar los mayores esfuerzos posibles para minimizar los errores identificados anteriormente, a través de una planificación rigurosa de los estudios, y para corregir los conteos a través de estudios de calibración adecuados. Algunas recomendaciones fundamentales son las siguientes:

- Contar las colonias lo más cerca posible del período óptimo para el estudio (ver arriba).
- Las colonias deben estar divididas en unidades de conteo manejables, utilizando rasgos topográficos u otros puntos de referencia que estén claramente definidos y mapeados.
- Las correcciones según fallas en la nidificación entre el momento en que las aves ponen huevos y las fechas en las cuales se estudian las colonias se pueden obtener a partir de las tasas de fallas en la nidificación obtenidas en terrenos de muestreo que han sido objeto de estudios intensivos. Estos terrenos deben ser lo suficientemente pequeños para realizar un conteo exacto en forma diaria (potencialmente, hasta 500 nidos para especies que se reproducen con una densidad suficiente), e idealmente, deberían ser monitoreados a diario, desde la primera llegada de las aves hasta el fin del período en que ponen huevos, y, como mínimo, a intervalos de 3-4 días, desde esa fecha hasta el final del censo. Idealmente, en estas verificaciones diarias se debería contar la cantidad de aves en las siguientes categorías: 1) reproductores activos en los nidos, 2) parejas adyacentes a los nidos 3) aves que han sufrido fallas en la reproducción/en reproducción diferida/subadultas en los nidos (sin huevo) y 4) aves flotantes (que han sufrido fallas en la reproducción/en reproducción diferida/subadultas) presentes en la colonia. Idealmente, estos estudios deberían llevarse a cabo en más de un terreno de estudio y, preferentemente, en más de un sitio de la isla, a fin de garantizar que las tasas de fallas obtenidas sean lo más representativas posible de la población total.
- A fin de realizar correcciones según la variación diurna en la proporción de nidos activos respecto de las aves que han sufrido fallas en la reproducción/en reproducción diferida/subadultas (categorías 3 y 4 anteriores), que es una particular fuente de error cuando se utiliza fotografía, se deben realizar conteos sistemáticos, tal como se describió anteriormente, en los terrenos de muestreo, a lo largo de todo el día, durante el período censal. En estudios previos, dichos conteos se realizaron a intervalos de dos horas, desde las 08.00 hasta las 18.00 (Poncet et al. 2006; Robertson et al. 2008).

- Los conteos desde tierra de colonias solamente servirán como estudios de calibración útiles, o como validación en terreno, para las fotografías aéreas si se llevan a cabo al mismo tiempo que se toman las fotografías aéreas.
- Para medir la precisión (repetibilidad) de los conteos y la diferencia entre contadores, es necesario contar con múltiples conteos de las áreas de muestreo realizados por más de un observador. Esto resulta conveniente tanto para conteos desde tierra como para conteos en pantalla de fotografías aéreas.

Es posible cuantificar el error que se genera al unir fotografías para conformar un fotomontaje. Esto puede hacerse comparando la cantidad de nidos que se encuentran en el borde de una línea de unión con la cantidad contada cerca del centro de las fotografías de la misma área tomadas en un recorrido de vuelo posterior (Robertson et al. 2008). En los hábitats uniformes, tal vez no sea posible definir los bordes de las líneas de unión para los montajes superpuestos. En ese caso, sería difícil cuantificar el error de unión. Dado que es posible que la magnitud de este error sea muy pequeña (Robertson et al. 2008; Baker et al. 2009), no es tan importante como algunas de las fuentes de error mencionadas anteriormente.

ELECCIÓN DEL MÉTODO CENSAL

La elección del método censal dependerá de una serie de factores, como la especie censada, el sitio, las limitaciones logísticas y prácticas y el presupuesto disponible. Robertson et al. (2008) consideraron que la fotografía aérea era el método censal que brindaba mayor exactitud para los albatros de ceja negra del archipiélago Ildfonso. En el caso de las especies y sitios que se pueden estudiar mediante fotografías aéreas, este método tiene una serie de ventajas respecto de otros enfoques. Algunos de estos son:

- El estudio se puede programar de manera que todas las colonias sean analizadas durante el período óptimo (poco después de que la mayoría de las aves hayan puesto huevos). Esto se debe a que el proceso de tomar fotografías aéreas lleva mucho menos tiempo que los conteos desde tierra. El componente que lleva tiempo en los censos fotográficos aéreos es el procesamiento, la unión de fotomontajes y el conteo en pantalla de las imágenes procesadas. Todo eso se puede realizar después del período óptimo para censar a la población en cuestión. Lawton y Robertson (2006) ofrecen una guía práctica sobre procesamiento de fotografías de un censo de aves marinas.
- Una vez que los protocolos han sido establecidos, es relativamente fácil estandarizarlos.
- La fotografía aérea evita la necesidad de que los trabajadores de campo censan colonias enteras desde tierra, lo cual inevitablemente tiene como resultado algún grado de alteración. Es conveniente combinar la fotografía aérea con conteos simultáneos de validación en terreno para maximizar la exactitud, pero esto se puede lograr contando aves en unos pocos terrenos de estudio. Las fotografías aéreas de colonias de albatros generalmente se han tomado a una altitud de 120 m-400 m, sin signos evidentes de alteración a las aves que se encuentran en nidos (Robertson et al. 2008, Strange 2008).
- Las fotografías aéreas ofrecen un registro de archivo permanente del censo. En este sentido, es el más objetivo y transparente de los métodos censales disponibles, y permite a los futuros investigadores volver a examinar las fotografías originales, repetir el proceso de unión de fotomontajes y volver a contar las aves que se encuentran en nidos. Esta calidad de archivo objetiva significa que, si las metodologías cambiaran en el futuro, las fotografías aéreas aún podrían utilizarse para evaluar los cambios en las poblaciones. Los protocolos de almacenamiento y acceso deben definirse claramente, de manera que todas las partes puedan acceder sin dificultades a las fotografías aéreas y los datos asociados.

No todas las colonias pueden ser censadas con exactitud mediante fotografías aéreas. Independientemente del método que se utilice, se deben considerar y tener en cuenta las diversas fuentes de error, y se deben implementar de un modo estandarizado, para que se pueda confiar en que las diferencias en las estimaciones se deben a cambios reales en las poblaciones y no a diferencias o cambios metodológicos.

CENSOS DE MAYOR ESCALA COMO PARTE DE UN PROGRAMA DE MONITOREO DE POBLACIONES

Los objetivos finales de un censo sobre aves marinas son obtener una estimación reciente para la población de ese sitio o grupo de sitios, y usar las estimaciones para monitorear las tendencias de las poblaciones. Idealmente, un programa de monitoreo de poblaciones debería incluir censos intermitentes de gran escala de todo el sitio, junto con monitoreos más regulares e intensivos de los números de las poblaciones, el éxito reproductivo y otros parámetros tales como la supervivencia, en sitios de estudios a largo plazo. Desde una perspectiva de conservación, es particularmente importante monitorear las tendencias de las poblaciones.

Usar únicamente censos de gran escala para monitorear las tendencias de las poblaciones presenta una serie de dificultades. La alta variabilidad anual en las cifras de reproducción de algunas especies, especialmente en relación con especies bianuales (Croxall et al. 1998; Nel et al. 2002; Delord et al. 2008), hace que el análisis de las tendencias a largo plazo sea más difícil, especialmente si se basa en unos pocos puntos de obtención de datos derivados de censos intermitentes. Esto se complica aún más debido a las diferencias específicas de cada sitio. Por ejemplo, si bien un promedio del 75% de los albatros de ceja negra que se reproducen exitosamente en Islas Georgias del Sur (South Georgia)¹ y el 67% de las aves con fallas en la reproducción regresan para reproducirse al año siguiente, el nivel de diferimiento de la reproducción de aves establecidas es mucho mayor durante los años de baja disponibilidad de alimento (Croxall et al. 1998). En comparación, la incidencia de la reproducción diferida por parte de los albatros de ceja negra en New Island, en el archipiélago de las Islas Malvinas (Falkland Islands)¹, es inusualmente baja para un albatros *Thalassarche* (Catry et al. 2011). Las tasas de fallas en la nidificación también pueden ser sumamente variables en los distintos años (p. ej., Prince et al. 1994), y es importante que esta variación anual en la probabilidad de reproducción se tenga en cuenta al interpretar las tendencias de las poblaciones desde una cantidad limitada de puntos de obtención de datos.

CENSOS DE ESPECIES QUE ANIDAN EN MADRIGUERAS

Si bien las secciones anteriores se han enfocado fundamentalmente en las especies que anidan en la superficie, muchos de los principios y directrices se aplican de manera amplia a las especies que anidan en madrigueras. No obstante, dado que los métodos de estudio que se utilizan para estos dos grupos de aves son bastante diferentes, en la siguiente sección se ofrecen algunas otras directrices que se pueden utilizar en censos de petreles que anidan en madrigueras. Estas y otras limitaciones se explican con mayor detalle en las guías que ACAP desarrolló específicamente para los petreles que anidan en madrigueras (<https://acap.ag/es/resources/guias-de-conservacion-acap>).

Censar las colonias de petreles que anidan en madrigueras implica tomar muestras de una proporción de la población, y extrapolar estimaciones de densidad, área y ocupación para determinar la cantidad de madrigueras “activas” u “ocupadas” en el sitio de reproducción. Es importante que la unidad de conteo esté claramente definida. Las madrigueras “activas”, por ejemplo, pueden referirse a la cantidad de nidos que contienen algún ave, reproductora y/o no reproductora, mientras que las madrigueras “ocupadas” pueden hacer referencia a nidos en los cuales se ha confirmado la reproducción (p. ej., Cuthbert and Davis 2002). En muchos casos, confirmar la reproducción resultará difícil o invasivo, de manera que las estimaciones de población suelen ser de nidos aparentemente ocupados.

Las estimaciones de población de aves marinas que anidan en madrigueras generalmente se basan en la cantidad o la densidad de nidos en un área o hábitat en particular, la proporción de estos nidos que se considera que están ocupados por aves reproductoras, y el área total de los diferentes hábitats estudiados en el sitio de reproducción (si solamente se estudió una muestra de los hábitats). En general, la densidad de los nidos difiere entre los tipos de hábitats o de vegetación (p. ej., Lawton et al. 2006), y la ocupación de las madrigueras puede variar de acuerdo con el tiempo y el espacio. En consecuencia, es importante obtener estimaciones de densidad específicas para cada hábitat, a fin de asegurar que los transectos o cuadrantes sean representativos de la diversidad de hábitats del sitio de reproducción, y estimar de manera precisa los niveles de ocupación de las madrigueras y las áreas ocupadas de cada tipo de hábitat o colonia.

PPAUTAS Y CUESTIONES QUE SE DEBEN TENER EN CUENTA AL REALIZAR UN CENSO DE PETRELES QUE ANIDAN EN MADRIGUERAS

- Al llevar a cabo conteos por barrido de las madrigueras, un porcentaje de los nidos de madrigueras no se detectarán, especialmente en áreas con vegetación densa. Aun los observadores experimentados pueden subestimar, en un porcentaje que va del 15 al 20%, la cantidad de madrigueras que existen en un área (Ryan & Moloney 2000, Ryan & Dorse 2006). Esto subraya la importancia de llevar a cabo inspecciones más intensivas de las áreas de muestreo, para tener en cuenta este sesgo vinculado con las personas responsables del conteo.
- Varias madrigueras pueden compartir una entrada común, y una única madriguera puede tener múltiples entradas. Se necesitan evaluaciones detalladas de la ocupación de las madrigueras (ver a continuación) para resolver esta potencial fuente de error.
- La entrada de las madrigueras de las especies estudiadas puede confundirse con otras especies de aves marinas que anidan en madrigueras. En estos casos, es importante establecer criterios objetivos para distinguir los nidos de diferentes especies.
- Las madrigueras pueden estar ocupadas por aves no reproductoras; la proporción de madrigueras ocupadas por aves no reproductoras puede verse afectada por las condiciones climáticas (Ryan et al. 2006).
- Salvo que se incorpore en el análisis, la heterogeneidad espacial y temporal de la ocupación de madrigueras reduce la exactitud de las estimaciones del censo.

- Las tasas de ocupación de madrigueras se pueden evaluar utilizando diferentes métodos, que pueden combinarse. El uso de una cinta que reproduce el sonido de la llamada de la especie en la entrada de la madriguera se considera una medida relativamente objetiva y precisa de la ocupación de las madrigueras para muchas especies. Este recurso tiende a ser más exitoso durante las primeras etapas de la incubación (Berrow 2000, Ryan et al. 2006, Ryan & Ronconi 2011). Las tasas de respuesta de las especies que anidan en madrigueras cuando se reproduce el sonido de las llamadas pueden variar en los distintos años, según las condiciones climáticas (Berrow 2000). Es posible que las aves que se encuentran en madrigueras poco profundas no respondan a la reproducción del sonido de las llamadas (Ryan et al. 2006). Dado que es posible que un porcentaje de las aves reproductoras no responda a la reproducción del sonido de las llamadas, las entradas a las madrigueras pueden inspeccionarse para detectar signos de actividad reciente, como la presencia de materiales recientes utilizados en la construcción de nidos, signos de excavación o alteración en la entrada de la madriguera o en su interior. Este enfoque puede ser subjetivo, y es más conveniente utilizar una serie de criterios estándares para registrar los signos de uso reciente. Más aún, utilizar los signos de actividad puede llevar a sobreestimar la ocupación real (Rexer-Huber et al. 2014). Introducir un brazo en toda la longitud de la madriguera también puede ser un método para determinar la ocupación, sea al tocar al ave o al generar una respuesta por parte de esta. Este método también se puede utilizar para confirmar la presencia de un huevo, y por tanto, la situación reproductiva. No obstante, no siempre será posible confirmar la situación reproductiva (si la madriguera es demasiado profunda). En ese caso, la madriguera debería clasificarse como indeterminada. Se pueden utilizar inspecciones intensivas de nidos de muestra para determinar cuántos de estos nidos indeterminados estaban ocupados realmente. Esto implicará abrir madrigueras y/o cavar orificios de acceso, lo cual resulta invasivo y debe evitarse en la mayor medida posible. Finalmente, se puede utilizar un dispositivo infrarrojo para examinar madrigueras, que proporcionará una evaluación precisa de la ocupación de las madrigueras (Dyer & Hill 1992); no obstante, estos métodos no son viables ni resultan exactos para todas las especies y sitios (Hamilton 2000, Cuthbert & Davis 2002, Ryan et al. 2006). Al obtener estimaciones de poblaciones, se debe evaluar, informar y tener en cuenta la exactitud de los métodos censales.
- Es necesario asegurarse de que los cuadrantes o transectos sean representativos de todos los hábitats del sitio de reproducción.
- Estas y otras consideraciones se describen con mayor detalle en las pautas de ACAP para el estudio de petreles que anidan en madrigueras (<https://acap.aq/es/resources/guias-de-conservacion-acap>)

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Graham Robertson, Barry Baker, Mark Tasker, Ian Mitchell, Rosemary Gales, Paulo Catry y Kate Huyvaert por su asesoramiento y sus comentarios sobre un borrador previo de este documento.

¿CÓMO CITAR ESTE DOCUMENTO?

Wolfaardt A. & Phillips R. 2020. *Metodología de orientación para censos de albatros y petreles*. Acuerdo sobre la Conservación de Albatros y Petreles. <https://www.acap.aq/es/resources/guias-de-conservacion-acap/2185-pautas-sobre-bioseguridad-y-cuarentena-para-los-sitios-de-reproduccion-del-acap/file>. Última consulta realizada.

REFERENCIAS

- Anon. 2006. Agreement on the Conservation of Albatrosses and Petrels. ACAP2 Agreement: Final. Amended, Second Meeting of Parties, Christchurch, New Zealand, 13-17 November. www.acap.aq. 25pp.
- Arata, J., Robertson, G., Valencia, J. & Lawton, K. 2003: The Evangelistas Islets, Chile: a new breeding site for Black-browed Albatrosses. *Polar Biology* **26**: 687-690.
- Baker, B.G., Jenz, K., & Cunningham, R. 2009. Data collection of demographic, distributional and trophic information on the White-capped Albatross to allow estimation of effects of fishing on population viability - 2008 field season. Report prepared for the New Zealand Ministry of Fisheries, PRO2006-01H, June 2009 (unpublished). Latitude 42 Environmental Consultants (www.latitude42.com.au), Kettering Australia.
- Baker, B.G., Jenz, K., Double, M.C., & Cunningham, R. 2007. Data collection of demographic, distributional and trophic information on selected seabird species to allow estimation of effects of fishing on population viability. Report prepared for the New Zealand Ministry of Fisheries, PRO2006-01F, April 2007 (unpublished). Latitude 42 Environmental Consultants (www.latitude42.com.au), Kettering Australia.
- Baker, B.G., Jenz, K., Double, M.C., & Cunningham, R. 2008. Data collection of demographic, distributional and trophic information on selected seabird species to allow estimation of effects of fishing on population viability. Report prepared for the New Zealand Ministry of Fisheries, PRO2006-01G, July 2008 (unpublished). Latitude 42 Environmental Consultants (www.latitude42.com.au), Kettering Australia.
- Berrow, S.D. 2000. The use of acoustics to monitor burrow-nesting White-chinned Petrels *Procellaria aequinoctialis* at Bird Island, South Georgia. *Polar Biology* **23**: 575-579.
- BirdLife International. 2011. Albatross species factsheets. Downloaded from <http://www.birdlife.org/datazone> on 16 July 2011.
- Catry, P., Forcada, J. & Almeida, A. 2011: Demographic parameters of Black-browed Albatrosses *Thalassarche melanophris* from the Falkland Islands. *Polar Biology* **34**: 1221-1229.
- Croxall, J.P., Prince, P.A., Rothery, P. & Wood, A.G. 1998: Population changes in albatrosses at South Georgia. In: *Albatross biology and conservation* (Robertson, G. & Gales, R., eds). Surrey Beatty & Sons, Chipping Norton, pp. 69-83.
- Cuthbert, R.J. & Davis, L.S. 2002. Adult survival and productivity of Hutton's Shearwater. *Ibis* **244**: 423-432.
- Cuthbert, R.J. & Sommer, E.S. 2004: Population size and trends of four globally threatened seabirds at Gough Island, South Atlantic Ocean. *Marine Ornithology* **32**: 97-103.
- Delord, K., Besson, D., Barbraud, C. & Weimerskirch, H. 2008: Population trends in a community of large Procellariiforms of Indian Ocean: potential effects of environment and fisheries interactions. *Biological Conservation* **141**: 1840-1856.
- Dyer, P.K. & Hill, G.J.E. 1991. A solution to the problem of determining the occupancy status of Wedge-tailed Shearwater burrows. *Emu* **91**: 20-25.
- Frederick, P.C., Heath, J.A., Bennetts, R. & Hafner, H. 2006. Estimating nests not present at the time of breeding surveys: an important consideration in assessing nesting populations. *Journal of Field Ornithology* **77**: 212-219.
- Hamilton, S. 2000. How precise and accurate are data obtained using an infra-red scope on burrow-nesting Sooty Shearwaters *Puffinus griseus*? *Marine Ornithology* **28**: 1-6.
- Huin, N. and Reid, T. 2007. Census of the Black-browed albatross population of the Falkland Islands: 2000 and 2005. Falklands Conservation, Stanley, Falkland Islands.

- Lawton, K. & Robertson, G. 2006: Instructions for processing aerial photographs for a seabird census. *Unpublished Manuscript*.
- Lawton, K., Robertson, G., Valencia, J., Wienecke, B. & Kirkwood, R. 2003: The status of Black-browed Albatrosses *Thalassarche melanophrys* at Diego de Almagro Island, Chile. *Ibis* **145**: 502-505.
- Lawton, K., Robertson, G., Kirkwood, R., Valencia, J., Schlatter, R. & Smith, D. 2006: An estimate of population sizes of burrowing seabirds at the Diego Ramirez archipelago, Chile, using distance sampling and burrow-scoping. *Polar Biology* **29**: 229-238.
- Moore, P.J. 1996: Light-mantled sooty albatross on Campbell Island, 1995-96: a pilot investigation. *New Zealand Dept. of Conservation. Science for Conservation Series* **43**: 1-23.
- Nel, D.C., Ryan, P.G., Crawford, R.J.M., Cooper, J. & Huyser, O.A.W. 2002: Population trends of albatrosses and petrels at sub-Antarctic Marion Island. *Polar Biology* **25**: 81-89.
- Pannekoek, E. and van Strien, A. 2005. TRIM 3 manual (TRends and Indices for Monitoring data). Statistics Netherlands, Voorburg.
- Poncet, S., Robertson, G., Phillips, R.A., Lawton, K., Phalan, B., Trathan, P.N. & Croxall, J.P. 2006: Status and distribution of Wandering, Black-browed and Grey-headed albatrosses breeding at South Georgia. *Polar Biology* **29**: 772-781.
- Prince, P.A. 1982: The Black-browed Albatross *Diomedea melanophrys* population at Beauchêne Island, Falkland Islands. *Comité National Français des Recherches Antarctiques* **51**: 111-117.
- Prince, P.A., Rothery, P., Croxall, J.P. & Wood, A.G. 1994: Population dynamics of Black-browed and Grey-headed albatrosses *Diomedea melanophrys* and *D. chrysostoma* at Bird Island, South Georgia. *Ibis* **136**: 50-71.
- Reid, T.A. & Huin, N. 2008: Census of Southern Giant Petrel population of the Falkland Islands 2004/2005. *Bird Conservation International* **18**: 118-128.
- Rexer-Huber, K., Parker, G.C., Ryan, P.G. & Cuthbert, R.J. 2014. Burrow occupancy and population size in the Atlantic Petrel *Pterodroma incerta*: a comparison of methods. *Marine Ornithology* **42**: 137-141
- Robertson, G., Moreno, C.A., Lawton, K., Arata, J., Valencia, J. & Kirkwood, D. 2007: An estimate of the population sizes of Black-browed (*Thalassarche melanophrys*) and Grey-headed (*T. chrysostoma*) Albatrosses breeding in the Diego Ramirez Archipelago, Chile. *Emu* **107**: 239-244.
- Robertson, G., Moreno, C.A., Lawton, K., Kirkwood, D. & Valencia, J. 2008: Comparison of census methods for Black-browed Albatrosses breeding at Ildefonso Archipelago, Chile. *Polar Biology* **31**: 153-162.
- Ryan, P.G. & Moloney, C.L. 2000. The status of Spectacled Petrels *Procellaria conspicillata* and other seabirds at Inaccessible Island. *Marine Ornithology* **28**: 93-100.
- Ryan, P.G. & Ronconi, R.A. 2011. Continued increase in numbers of Spectacled Petrels *Procellaria conspicillata*. *Antarctic Science* **23**: 332-336.
- Ryan, P.G., Dorse, C. & Hilton, G.M. 2006. The conservation status of the Spectacled Petrel *Procellaria conspicillata*. *Biological Conservation* **131**: 575-583.
- Ryan, P.G., Jones, M.G.W., Dyer, B.M., Upfold, L. & Crawford, R.J.M. 2009: Recent population estimates and trends in numbers of albatrosses and giant petrels breeding at the sub-Antarctic Prince Edward Islands. *African Journal of Marine Science* **31**: 409-417.
- Strange, I. J. 2007: New Island, Falkland Islands. A South Atlantic Wildlife Sanctuary for Conservation Management. Design in Nature, Falkland Islands.
- Strange, I.J. 2008. Aerial surveys of Black-browed Albatross *Thalassarche melanophrys* breeding colonies in the Falkland Islands: the methodology employed and comparisons with surveys carried out in 1986-2005-2006 and 2007. Design in Nature & Falkland Islands Wildlife, Stanley, Falkland Islands.
- Thaxter, C.B. & Burton, N.H.K. 2009: High definition imagery for surveying seabirds and marine mammals: A review of recent trials and development of protocols.
- Thompson, K.R. & Rothery, P. 1991: A census of Black-browed Albatross *Diomedea melanophrys* population on Steeple Jason Islands, Falkland Islands. *Biological Conservation* **56**: 39-48.

Wanless, S., Murray, M. & Harris, M.P. 2005: The status of Northern Gannet in Britain & Ireland in 2003/04. *British Birds* **98**: 280-294.