

MÉTODOS DE CENSO EN VERTEBRADOS TERRESTRES

José Luis Tellería
Departamento de Biología Animal I
(Zoología de Vertebrados)
Facultad de Biología, Universidad Complutense
28040 Madrid
telleria@bio.ucm.es

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

Importancia de la cuantificación. Un comentario previo sobre los métodos de censo

DISEÑO DE UN CENSO: CRITERIOS

Algunos conceptos previos. Importancia de la distribución espacial y temporal de las especies. Muestreo estratificado.

PROBLEMAS EN EL CENSO DE LOS VERTEBRADOS

Detectabilidad y capturabilidad. Clasificación de los métodos de censo

MÉTODOS DE CENSO: DESCRIPCIÓN

Conteos directos

Manejo de población: Capturas totales. Manejo de índices. Marcaje y recaptura

Estimas de densidad: Itinerarios de censo. Batidas. Restos fecales

Índices de abundancia: Observación directa. Capturas. Huellas

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

RECURSOS EN LA RED

INTRODUCCIÓN

Importancia de la cuantificación

Los métodos de censo nos ayudan a cuantificar la abundancia de las poblaciones de vertebrados. Esto es muy importante por las siguientes razones:

- En primer lugar, porque nos permite expresar con claridad cualquier información sobre la abundancia de las especies: siempre será más informativo indicar que hay 3, 30 o 300 individuos en una población que comentar que hay "pocos", "bastantes" o "muchos".
- En segundo lugar, porque la cuantificación nos permite incorporar la potencia analítica y modelizadora de la Estadística al estudio de los factores que determinan la abundancia de las especies (uno de los objetivos de su estudio zoológico).
- En tercer lugar, por que el conocimiento del número de individuos de una población puede ser fundamental desde una perspectiva conservacionista (hay tamaños críticos por debajo de los cuales las poblaciones se desploman) o aplicada (conviene saber cuantos individuos hay en una población para calcular cuantos pueden capturarse).

Por lo tanto, es importante que nos preocupemos por conocer los diferentes métodos de censo así como los problemas asociados a su aplicación.

Un comentario previo sobre los métodos de censo

La aplicación de los métodos de censo exige conocer y aplicar con rigor los *presupuestos* en los que se basan (por ejemplo, igual detectabilidad de todos los individuos, los animales se distribuyen agregadamente, el investigador no se confunde, etc.). Es decir, plantean un protocolo de actuación sobre un escenario muy concreto que, de no darse, puede llevarnos a unos resultados equivocados. De esto se deducen dos consecuencias importantes:

En primer lugar, hemos de ser cuidadosos a la hora de seleccionar el método de censo. Es decir, hemos de buscar aquel que -cubriendo nuestros objetivos- se adapte mejor a las características de los animales censados.

En segundo lugar, hemos de ser críticos con la aplicación del método elegido pues cualquier desviación de sus presupuestos puede dar al traste con la fiabilidad de los resultados.

Esta predisposición crítica es fundamental pues es posible que la única forma de valorar la calidad de nuestros resultados se a través de un análisis

escrupuloso del grado de cumplimiento de los presupuestos del método alicado. Esto implica el dominio de una serie de conceptos relativos al diseño y ejecución de los censos.

DISEÑO DE UN CENSO

Algunos conceptos previos

La cuantificación de la abundancia de una especie puede realizarse por diferentes motivos y/o en diferentes circunstancias. Por ello, los parámetros objeto de nuestro censo pueden ser de tres tipos diferentes:

Tamaño de una población (N): Es el número de individuos que ocupa una determinada zona (por ejemplo, en un coto de caza hay 250 liebres).

Densidad de una población (d): Es el número de individuos por unidad de superficie (en el mismo coto hay 2.5 liebres/ha). La densidad nos permite conocer el tamaño (N) si conocemos la superficie (S) del área en cuestión ($N=d.S$; si el coto tienen 100 ha, la población será de $2,5 \times 100 = 250$ liebres)

Índice de abundancia (I): Es una cantidad que refleja las variaciones temporales o espaciales del tamaño (N) o densidad (d) o de una población, pero que no estima esos parámetros ($I=K.N$ o $I=K.d$). Aquí, I es el número de animales detectados aplicando un esfuerzo dado y K es la proporción de los N (o d) individuos detectados. Las variaciones de I nos permitirán conocer, sobre la base de controlar K, las variaciones de N (por ejemplo, si a igualdad de esfuerzo de caza se capturan 180 liebres en una temporada y 90 en la siguiente, podemos suponer que la población se ha reducido a la mitad).

También conviene conocer dos conceptos útiles en la evaluación de la calidad de nuestro censo:

Exactitud: Es el grado de semejanza entre el número de individuos estimados y el realmente existente. Se aplica a la valoración de nuestras estimas del tamaño o densidad, pero no a los índices de abundancia.

Precisión: Es el grado de repetibilidad de los resultados obtenidos mediante la aplicación reiterada de un método de censo sobre una misma población. Se aplica a las estimas del tamaño y densidad así como a los índices.

No es fácil conocer la exactitud y precisión de los métodos (Fig. 1). No lo es en el caso de la exactitud porque esto requiere conocer el tamaño real (o la densidad real) de la población estudiada. La precisión la podemos medir mediante la repetición de nuestras estimas. Aunque esto es mucho más asequible, no siempre es fácil hacerlo por limitaciones de tiempo o

presupuesto. Por eso, son muy importante los estudios en los que se analice la exactitud y precisión de los métodos en uso.

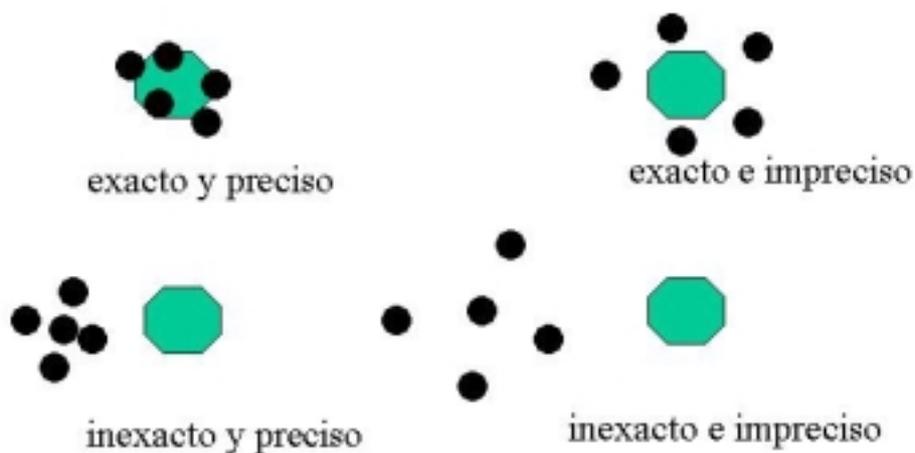


Fig. 1. *Relaciones entre exactitud y precisión.* Las estimas repetidas (círculos negros) del tamaño de una población (polígono) pueden dar lugar a cuatro tipo de resultados. La mejor situación es la primera, cuando las estimas se aproximan a los valores reales y no varían entre sí.

Importancia de la distribución espacial y temporal de las especies

Los animales suelen distribuirse de forma desigual en el espacio, una percepción que suele depender en buena parte de nuestra escala de aproximación a las poblaciones censadas. Por ejemplo, la población B de la Figura 2 puede corresponder a alguno de los grupos representados en la figura A. Por eso, el estudio previo del patrón de distribución de la población objeto de estudio es fundamental a la hora de diseñar la escala de actuación adecuada. Esta, a su vez, nos va a marcar las pautas para una adecuada elección del diseño y método de censo.

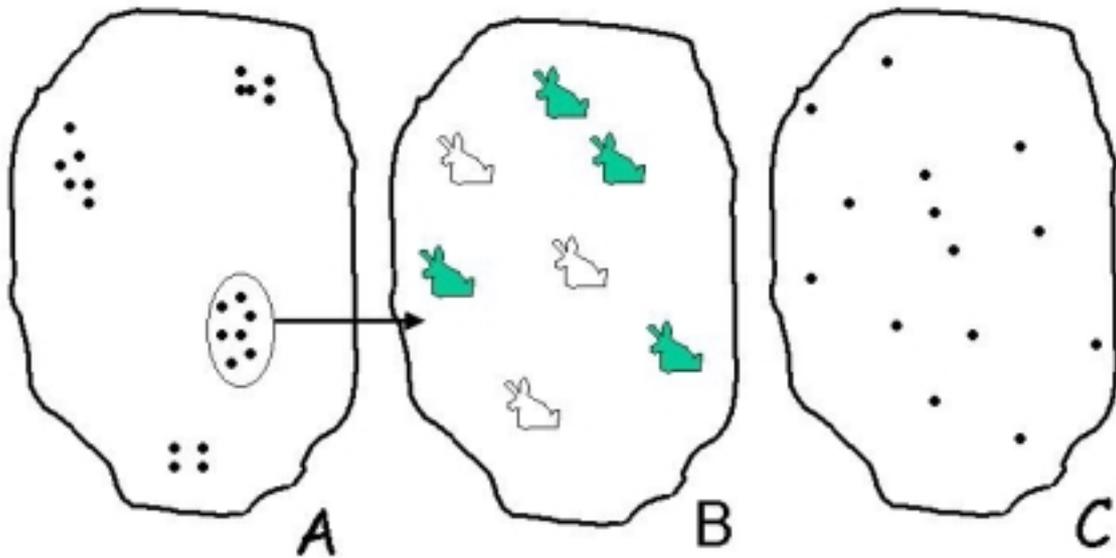


Figura 2. *Distribución de los animales*. A. Población distribuida en agregados, uno de los cuales puede dar lugar, con un cambio de escala, a la situación B. Esta se corresponde con una población donde todos sus individuos son susceptibles de ser manipulados por nosotros en la ejecución del censo (por ejemplo, capturándolos o marcándolos). C. Población distribuida uniformemente en una gran área de estudio.

Población con distribución agregada

En ciertas ocasiones, los vertebrados se distribuyen bajo la forma de agregados de individuos. Este es el caso de aquellas especies que se concentran en determinados enclaves para reproducirse (por ejemplo, garceras, buitreras, madrigueras, etc), que ocupan hábitats muy concretos (por ejemplo, aves acuáticas, ciertos ungulados rupícolas) o que, por diversas razones, tienden a congregarse periódicamente en determinados lugares (ciervos en la berrea, concentraciones de aves planeadoras en ciertos estrechos marítimos, etc.). En la medida de que se trate de especies fácilmente observables (por ejemplo, las garzas, patos y otras aves acuáticas), estaremos en condiciones de hacer una enumeración cuidadosa de los individuos de cada uno de los agregados. Se trata de una situación privilegiada que favorece la realización de un conteo de estructura casi intuitiva (ver *Conteos directos*). .

Es frecuente, sin embargo, que los individuos sean difíciles de detectar y/o discriminar a lo largo del censo por permanecer ocultos o aparecer ante nosotros de forma desordenada. Se originan así pérdidas de animales, dobles contactos, etc. que impiden un recuento fiable de sus efectivos. Esto nos lleva a diseñar los censos sobre la base de aplicar nuestro esfuerzo de control a una parte de la población estudiada. Esta estrategia de aproximación diferirá, sin embargo, según podamos manipular o no a los individuos de las poblaciones en estudio.

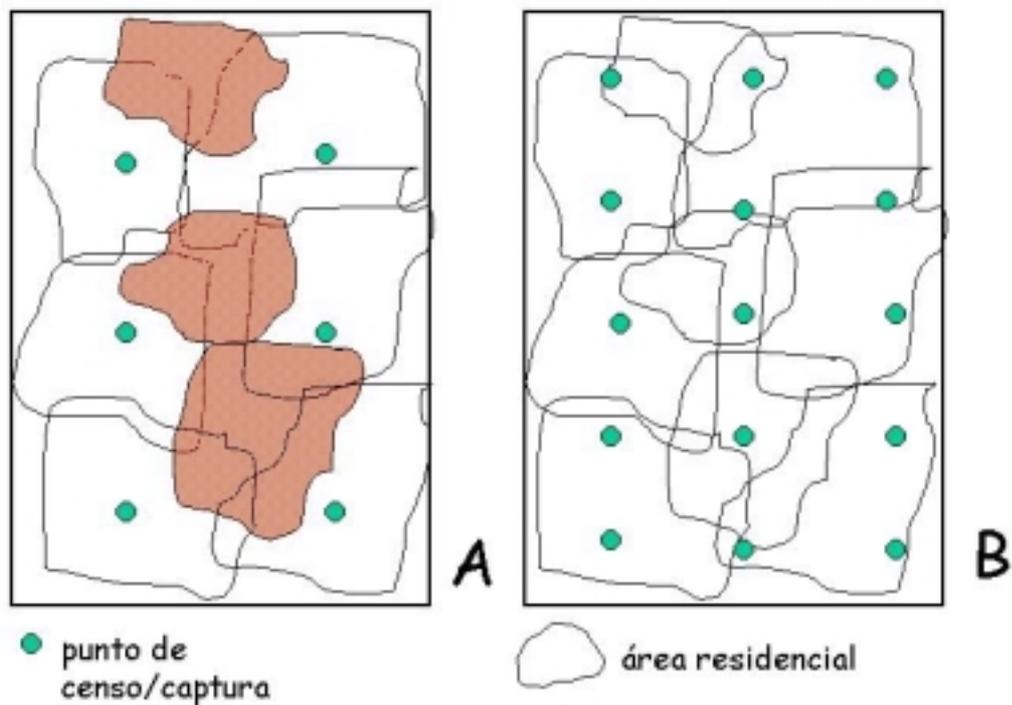


Figura 3. Una baja densidad de puntos de censo (trampas, observadores...) puede dejar *en sombra* una parte importante de la población (3 de 9 individuos en A) al no coincidir las áreas residenciales de los animales con los lugares prospectados. Eso no ocurre cuando la distribución espacial del esfuerzo es correcta (B).

Población manipulable

Hay ocasiones en las que los individuos de la población censada pueden manipularse (marcarse, capturarse...). Se trata de aquellos casos en los que el área ocupada por la población es suficientemente manejable como para que podamos capturar una parte de sus individuos. Con la información procedente de esta parte conocida de la población, realizaremos una estimación del total de sus efectivos. En este caso, es importante que todos los individuos estén al alcance de nuestro censo para evitar que una fracción importante de la población quede "a la sombra" de nuestras pesquias (Figura 3).

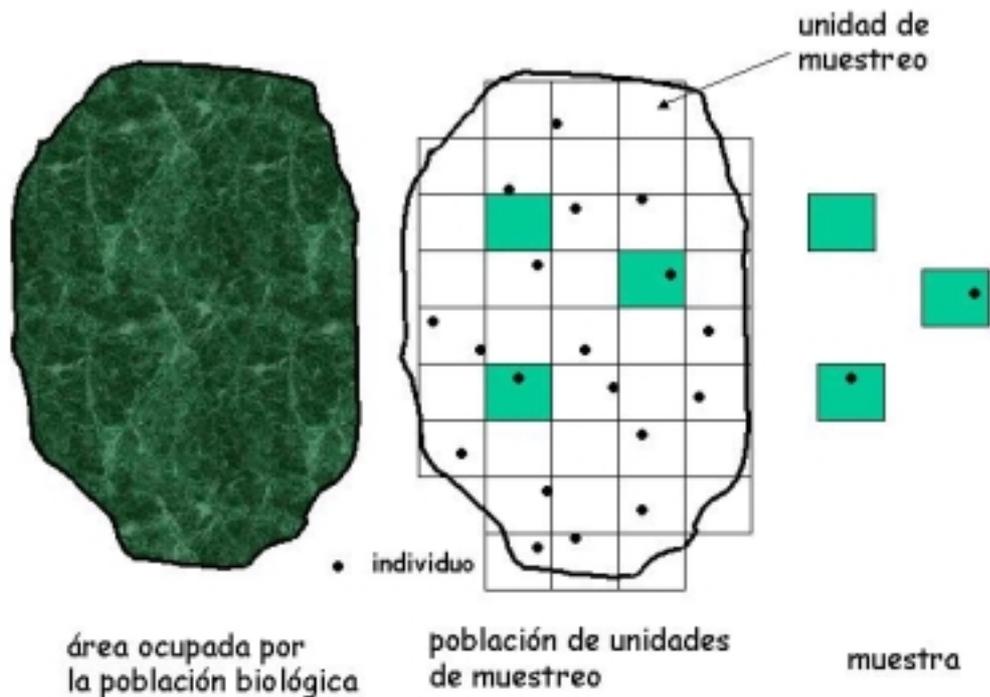


Figura 4. *Muestreo de una población.* Distribución de las unidades de muestreo y de la muestra en un área ocupada por una población de animales.

Población con distribución uniforme

Cuando la población a censar ocupa un área grande, inabordable para aplicar con rigor alguno de los métodos de censo arriba comentados (no es posible delimitar grupos aislados ni garantizar que un porcentaje importante de los individuos no queden *en sombra*), se delimitan sectores de menor tamaño, asequibles a nuestras posibilidades de control, donde se realizan

estimas parciales de la abundancia mediante la aplicación de algún método de censo (Figura 4). Esta situación, muy común en los vertebrados terrestres, exige el diseño de un muestreo que, básicamente, consiste en subdividir el área de estudio en un entramado de unidades superficiales menores, normalmente del mismo tamaño, donde con la ayuda de los *métodos de censo* es más fácil contabilizar a los animales. Estas reciben el nombre de *unidades de muestreo*. Al conjunto de las m unidades delimitadas sobre el área de censo se les denomina *población de unidades de muestreo*. Sobre esta población de unidades de muestreo se selecciona (por algún procedimiento aleatorio, es el caso del conocido *muestreo aleatorio simple*) una *muestra* compuesta por un número n de unidades de muestreo sobre las que se cuantifica el número de individuos (u_i). A partir de estos valores se calcula la media \bar{u} que, por extrapolación al conjunto de la población de unidades de muestreo (m), nos da el tamaño (N) de la población ($N = \bar{u} \cdot m$). Estamos hablando, por lo tanto, de aquellos métodos que nos permiten una estima de densidades. En otras ocasiones, sin embargo, solo llegamos a conocer la distribución espacial o temporal de los valores medios obtenidos mediante el muestreo de una parte de u_i . Es decir, nos referimos a la estima de índices de abundancia (I), donde $I_i = k \cdot u_i$ es el valor obtenido en cada unidad de muestreo.

Muestreo estratificado

En aquellas aproximaciones que se basan en la obtención de valores medios (estimas de densidad, índices de abundancia), nos interesa conocer la precisión de nuestros resultados. Es decir, su grado de repetibilidad. Todos sabemos que esto suele medirse mediante los parámetros de la dispersión (varianza S^2 , desviación típica S y error estándar es) y que el rango $\bar{u} \pm t_{0.05} \cdot es$ nos marca, por ejemplo, el intervalo dentro del que tendríamos el 95% de probabilidad de obtener una nueva estima de u . El error estándar de la media es, por lo tanto, un índice del grado de repetibilidad de los resultados obtenidos que nos indica, en última instancia, la fiabilidad de nuestras estimas. Los errores pequeños son particularmente útiles si queremos comparar medias (por ejemplo, en el caso de los índices de abundancia) o realizar, por extrapolación, el cálculo del tamaño de una población (densidades).

Como el error estándar está inversamente relacionado con el tamaño de la muestra ($es = S/\sqrt{n}$), podemos considerar que nuestros resultados serán tanto más precisos en cuanto mayor sea n . Como el incremento de n siempre es costoso (en tiempo, trabajo y dinero), puede buscarse un procedimiento alternativo para disminuir el error estándar a través de un

diseño adecuado de la distribución espacial de las unidades de muestreo. Es el denominado *muestreo estratificado* (Figura 5).

La mayor fuente de variación de los resultados de un muestreo se asocia a la distribución heterogénea y parcelada de los animales sobre el área de censo (distribución agregada). Y esta es una situación muy frecuente en la naturaleza, donde el paisaje se compone de unidades ambientales de estructura dispar. Allí, los animales seleccionan ciertos hábitats más adecuados para su subsistencia, ignorando otros en los que sus densidades son pequeñas o nulas. Los sectores de condiciones homogéneas desde el punto de vista de la especie censada, reciben el nombre de *estratos*. Estos se delimitan a través de nuestro conocimiento sobre la especie o, en última instancia, mediante una prospección previa de los lugares que ocupa. Mediante el *muestreo aleatorio estratificado* diferenciaremos los sectores ocupados de aquellos que no lo están, concentrando nuestro esfuerzo en los primeros. Se combate así buena parte de la variabilidad asociada a la distribución de los animales según hábitats (estratos) que dispara el error estándar de la media (Figura 5). Este diseño ahorra esfuerzo y aumenta la precisión. Además y a través de las densidades calculadas según estratos, se obtiene información interesante sobre el papel de los diferentes hábitats en el mantenimiento de las especies.

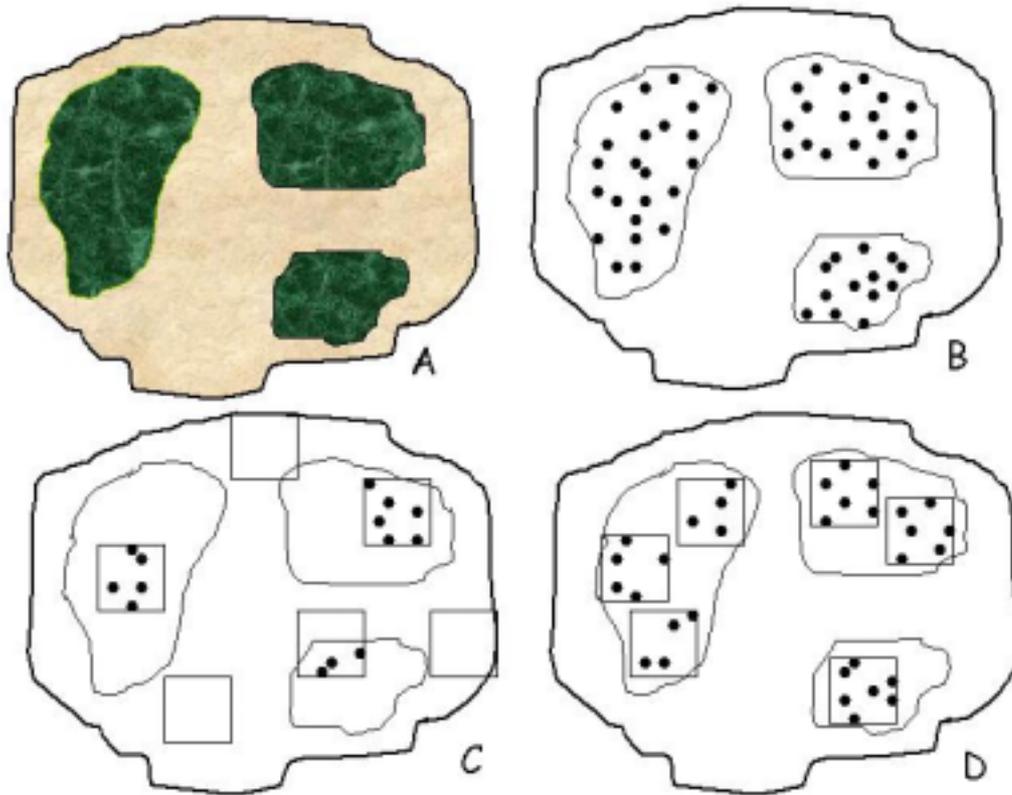


Figura 5. *Ventajas del muestreo estratificado*. En un área de 3000 ha cubierta por dos tipos de hábitat (A), los animales viven acantonados en aquellos sectores que les son más adecuados (B). Un muestreo al azar, con unidades de 100 ha, distribuirá nuestro esfuerzo de censo (por ejemplo, 6 unidades de 100 ha) por todo el área, ocupando sectores donde el animal no está presente (C) mientras que un muestreo estratificado lo concentrará en el hábitat ocupado por la población (D). El muestreo no estratificado (C) nos da una densidad media (\pm e.s.) de 2.33 ± 1.12 animales/100 ha que, extrapolado a las 3000 ha del área, estima una población de 69.9 individuos y un intervalo de confianza al 95% que oscila entre -15.9 (es decir, 0) y 156 individuos (!). El muestreo estratificado (D), sin embargo, nos da una media de 5.33 ± 0.49 animales/100 ha que, extrapolado a las 1000 ha del hábitat ocupado por la especie, estima una población de 53 individuos, con un intervalo de confianza al 95% que oscila entre 40.6 y 66.0 animales. Dado que la población real es de 53 animales, el muestreo estratificado ha aumentado considerablemente la exactitud y precisión de nuestra estima.

PROBLEMAS EN EL CENSO DE LOS VERTEBRADOS

Detectabilidad y capturabilidad

Una vez analizada la distribución espacial de los animales y elegido el diseño de nuestro censo, hemos de proceder a su recuento. Surgen aquí los problemas relacionados con la poca accesibilidad de los vertebrados (no ocurre esto con otros grupos de animales, plantas, objetos, etc. o con ciertas evidencias indirectas de su presencia, como es el caso de sus huellas). De hecho, solo en los censos directos asumimos una situación en la que podemos contarlos sin más problemas (aunque los haya; ver censos directos).

En circunstancias normales, sin embargo, el número I de animales que vemos o capturamos en cada unidad o sector de censo (recordemos, nuevamente, el algoritmo $I = k.N$) es función de un número elevado variables:

$$I = K.N_i \text{ y } K = f(a, b, c, d \dots)$$

donde:

K es la *detectabilidad* o *capturabilidad* de la población. Es decir, la proporción de animales detectables por observación directa o capturables mediante algún método adecuado.

N es el número de animales realmente existentes

a es la eficacia del observador o del método de captura. Se sabe que dos personas diferentes pueden detectar cosas diferentes al realizar un mismo censo por causa de su desigual entrenamiento, acuidad visual o auditiva, interés, cansancio... Igualmente, diferentes sistemas de trampeo dan lugar a diferentes capturas cuando se aplican sobre una misma población al variar la adecuación de sus mecanismos de atracción y/o captura.

b es el comportamiento de la especie. Hay especies más o menos accesibles a nuestras observaciones (por ejemplo, es más fácil ver un animal grande que uno pequeño, una especie ruidosa que una silenciosa, etc.) o capturas (hay especies neofóbicas o neofílicas, que huyen o se ven atraídas por las trampas, etc.)

c son las condiciones del medio, que puede ser más o menos permeable a nuestras observaciones (un mismo observador verá mejor a un animal en un hábitat despejado que en uno cubierto por árboles o arbustos) o propicios a la atracción de los animales hacia las trampas (por

ejemplo, las trampas cebadas atraerán menos individuos en un hábitat repleto de comida que en uno donde estén pasando hambre).

Es el esfuerzo que aplicamos a la búsqueda o captura de los animales en el área censada. Si recorremos un km buscando una especie dada, veremos más individuos que si solo nos movemos 100 m; igualmente, capturaremos más ratones en una superficie de muestreo si colocamos 20 trampas que si solo colocamos 5.

De todo esto se deduce que la *detectabilidad* o *capturabilidad* de las poblaciones puede variar notablemente según las circunstancias, dando lugar a problemas de interpretación de los datos brutos obtenidos: ¿si varía I se debe a que refleja los cambios de N -situación ideal para rastrear la evolución numérica de la población- o a que ha cambiado la impermeabilidad del medio, el comportamiento de la especie o la destreza de los censadores?. Los *métodos de censo* son, precisamente, procedimientos por los que se aborda este problema: buscan conocer K o, por lo menos, controlar sus efectos.

Clasificación de los métodos de censo

Los métodos de censo sirven, básicamente, para conocer el efecto de K . Es decir, para estudiar las características de este parámetro y así permitirnos utilizar I o calcular N y d . Atendiendo a este hecho, podemos estudiar la forma en que los métodos de censo abordan el estudio de K siguiendo la clasificación de los animales según tipos de distribución:

Población con distribución contagiosa

Como ya hemos comentado, los conteos directos aplicados en estas circunstancias adolecen de la singularidad de suponer que $K=1$. Es decir, asumen que el número de individuos detectados (I) es igual al número de individuos existente en la población censada (N).

Poblaciones manipulables

Hay varias formas de abordar el estudio de estas poblaciones. A grandes rasgos, y dejando al margen el método combinado del Manejo de Índices, podemos describir dos estrategias básicas:

Control de capturas. Si el valor de K es función del esfuerzo que aplicamos al estudio de la población ($K=f(d)$; ver arriba), podemos asumir que una acumulación progresiva de trabajo ($d_1 < d_2 < d_3 \dots$) de identificación (por ejemplo, mediante capturas sucesivas) a lo largo de tiempo $t_1 < t_2 < t_3 \dots$ nos permitirá identificar un número creciente de los individuos que componen la población ($N_1, N_2, N_3 \dots$). Así llegaremos a

un punto a partir del que se estabilizarán los resultados por haber controlado a la totalidad - o una parte significativa- de la población (ver Control de capturas).

Marcaje y recaptura. Podemos marcar una parte de la población (M) para calcular k. Es decir, generamos una subpoblación diferenciada y de tamaño conocido. Si de los M individuos marcados solo detectamos I en una segunda vuelta, entonces ya sabemos el porcentaje de individuos accesible a nuestras prospecciones (es $k=I/M$). En resumen, hemos manipulado a la población para obtener información sobre su tamaño (ver Marcaje y recaptura).

Población ampliamente distribuida

Estimas de densidad. Los dos grupos de métodos arriba descritos (capturas y marcaje) sirven también para calcular el número de individuos de las unidades de muestreo a las que nos referimos en este apartado. Hay, sin embargo, una serie de métodos específicos de esta aproximación:

Itinerarios de censo. Son métodos que se basan en la observación directa de los animales y reciben este nombre porque las unidades de muestreo son las bandas de terreno definidas por el itinerario que recorre un observador. Este va ubicando en el espacio a los individuos observados con el fin de estudiar posteriormente la evolución de su detectabilidad en función de la distancia a su línea de progresión. Es decir, asumen que $K=f(x)$, donde x es la distancia a la que se detectan los individuos. Este método considera que la disminución de la detectabilidad con la distancia variará según el efecto múltiple de los observadores, las especies, los hábitat, etc. Pero que en el punto donde se encuentra el observador ($x=0$) el valor de K es siempre 1 (se ven todos los animales). Su estrategia de acción consiste, por lo tanto, en estudiar la evolución de K con la distancia con el fin de corregir las pérdidas producidas por los individuos no detectados (ver itinerarios de censo).

Batidas. Se aplica a grandes animales que pueden ser detectados visualmente. Consiste en aplicar en cada unidad de muestreo un esfuerzo de búsqueda lo suficientemente grande como para asumir que $K=1$. Es decir, que los animales observados (I) son todos los existentes (N) (ver batidas).

Restos fecales. Se basan en el conocimiento previo de K, que es la *tasa de defecación* de la especie censada (número de excrementos depositados por unidad de tiempo). Aquí se asume que los restos fecales objetos de censo no presentan ningún problema de detectabilidad/capturabilidad por lo que conociendo cuantos

excrementos depositan por unidad de tiempo estamos en condiciones de conocer el número de individuos (N) que han dado lugar a los I excrementos contados en nuestra unidad de muestreo (ver censo de restos fecales).

Índices de abundancia

No intentan conocer K, sino que asumen que este parámetro permanece constante por lo que las variaciones en I reflejan fielmente los cambios de N. Este presupuesto exige que seamos particularmente cuidadosos a la hora de utilizar esta familia de métodos. Es decir, que velemos para que tanto el esfuerzo aplicado como la respuesta de las especies, el efecto del medio, etc. sea siempre el mismo. Estos índices consisten en registrar el número de animales detectados por unidad de espacio o tiempo (índices por observación directa), el número de capturas por trampa o cazador (índices basados en capturas) o en el número de huellas o señales de los animales detectadas por unidad de esfuerzo (huellas y señales).

MÉTODOS DE CENSO: DESCRIPCIÓN

Conteos directos.

Son aquellos que aprovechan las facilidades dadas por determinadas especies para ser censados. Se aplican en aquellas especies fácilmente detectables y que presentan una distribución agregada y estable durante la ejecución del censo (grupos de rebecos asociados a ciertas peñas, grupos de ciervos y ciervas en la berrea, concentraciones invernales de patos en los embalses, garceras, buitreras, etc.). También se les denomina *censo en dos tiempos* puesto que en un primer tiempo se identifica el número y distribución de los agregados y en un segundo tiempo se cuenta simultáneamente el número de individuos presentes en cada uno (Fig. 6). Su exactitud dependerá del porcentaje de individuos de cada población implicados en ese comportamiento, así como de la destreza y rapidez de los observadores a la hora de ejecutar simultáneamente los conteos de cada grupo. Esta simultaneidad será tanto más necesaria en cuanto más se muevan los animales entre agregados: mientras que un censo invernal de patos exige rapidez en el recuento de los agregados (pues estas aves pueden moverse entre ellos), el censo de aves coloniales puede desarrollarse a lo largo de todo el período reproductor.

La asunción de que no hay errores en los conteos de los grupos puede venirse abajo en determinadas condiciones, especialmente si se trabaja con personal no entrenado. Por ejemplo, es frecuente acumular errores al realizar estimas de grandes grupos de animales (Figura 6). En los censos de

grandes concentraciones de animales suele solventarse este problema recurriendo a personal bien adiestrado (uno puede educarse en la estima de cantidades) y al uso de la fotografía y posterior recuento de los individuos.

El *método cartográfico* es una variante de este tipo de censos que se enfoca, específicamente, a la enumeración de agregados de individuos en especies escasas y, por lo tanto, de distribución fácilmente discriminable sobre un mapa. Consiste en cartografiar las observaciones de los individuos, grupos de individuos o nidos/madrigueras con el objeto de diferenciarlos entre sí. Por este procedimiento, y a través de la acumulación de información sobre su distribución en el espacio, se sabe *a posteriori* cuantos hay. La individualización de cada agregado es uno de los principales problemas de este método. En el caso de nidos y madrigueras, su ubicación espacial ayuda a discriminarlos sin demasiados problemas; en el caso de los agregados de individuos, es necesario diferenciarlos por su composición (un individuo solitario, una hembra con crías, un grupo de n individuos, etc.); y en el caso de los individuos aislados es importante diferenciarlos por la existencia de contactos simultáneos o por información adicional de las características del animal (joven o adulto, macho o hembra, coloración, tamaño y características de las huellas....). El censo de los escasos Osos Pardos de la Cordillera Cantábrica se basa, en buena medida, en esta estrategia de censo.

En esta aproximación se puede estudiar la *exactitud* de nuestras estimas, incluso la probabilidad de detectar a los grupos, mediante el siguiente procedimiento: Se han de realizar dos censos simultáneos donde los observadores de cada equipo no compartan su información. Se supone, además, que la observación de cada animal o grupo es un evento independiente de probabilidad p (luego la probabilidad de no observar a un grupo será $1-p$). Podemos asumir entonces que la probabilidad de que cada grupo sea visto por los dos equipos (A), por uno u otro de los equipos (B) o por ninguno de ellos (C) será de p^2 , $2p(1-p)$ y $(1-p)^2$ respectivamente. Si mediante la cartografía de las observaciones y posterior comparación de los resultados se determinan A y B, podemos calcular C (los animales perdidos) y p (la probabilidad de detección de los N grupos presentes en la población). Para ello establecemos la relación $B/A = 2p(1-p)N / p^2N = 2p(1-p) / p^2$, de donde es fácil deducir que $p = 2A / (2A + BC)$ y que, por lo tanto, $C = B^2 / 4A$.

Ejemplo. *Censo de elefantes (Loxodonta africana) por el método cartográfico.* En el censo de la población de elefantes de un parque nacional africano, se organizaron dos recuentos aéreos independientes. Las avionetas de los dos equipos sobrevolaron el área a 150m de altura y a una

velocidad de 180 km/hora (al ser iguales las condiciones del vuelo, se acepta que la probabilidad de detección de los grupos por ambos equipos es también es la misma). Una verificación posterior de la ubicación de los animales registrados demostró que solo 11 grupos habían sido contabilizados por ambos equipos y que 35 habían sido detectados por uno u otro equipo. Aplicando los criterios arriba expuestos, la probabilidad de detección de los grupos fue de $P = 2 \times 11 / ((2 \times 11) + 35) = 0.39$, y el número de animales no detectados por ninguno de los equipos $C = 35^2 (4 \times 11) = 28$. Luego el número total de grupos fue la suma de A, B y C; es decir, un total $11 + 35 + 28 = 74$ grupos de elefantes.

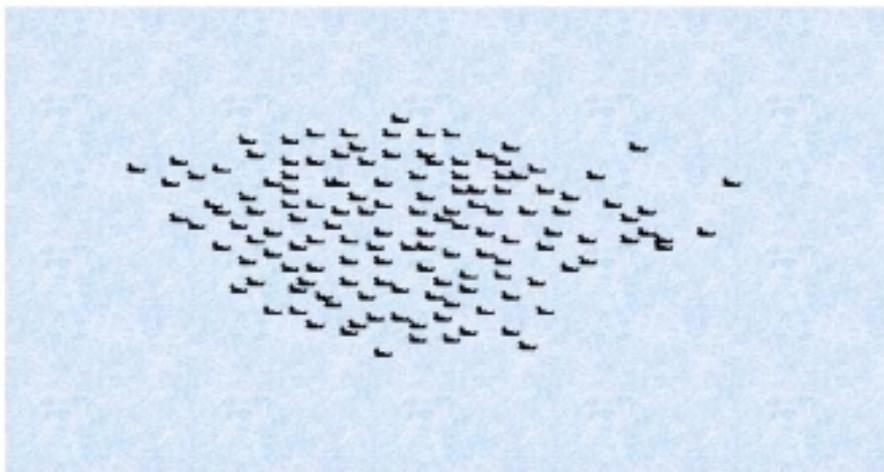
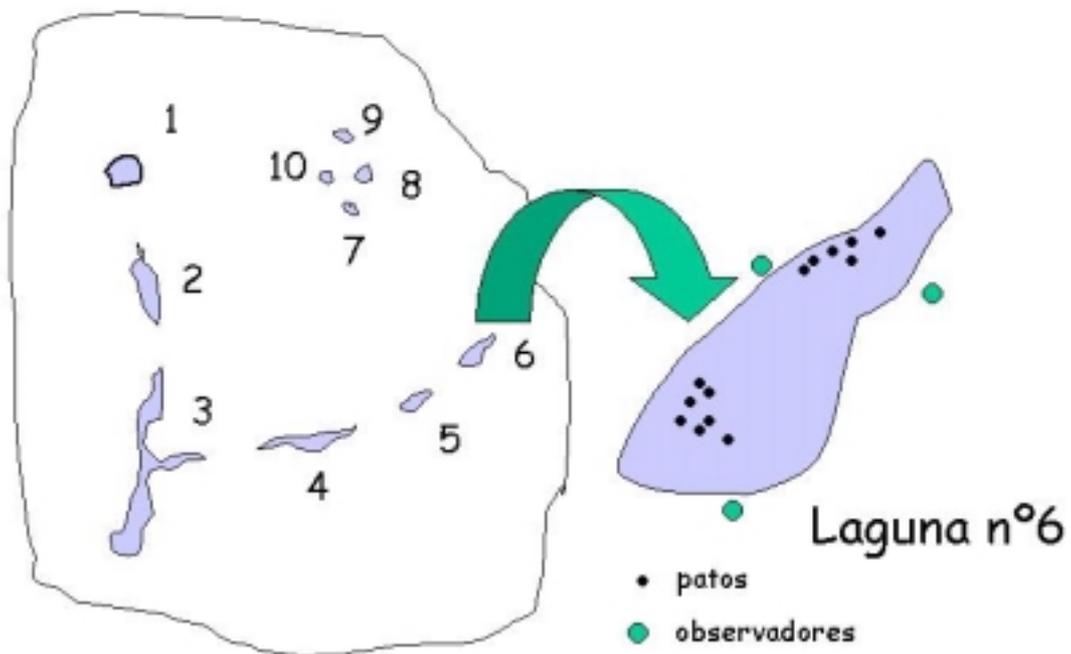


Figura 6. *Censo en dos tiempos*. Primero se localizan y registran los agregados (por ejemplo, las lagunas y embalses en un censo de patos) y luego se enumera el número de individuos en cada agregado. Por cierto, realice una estima visual del número de patos del bando... ¿cuántos hay?... Repítalo otra vez... ¿está ahora tan seguro de asumir el presupuesto de que $K=1$?

MANEJO DE POBLACIÓN

Son métodos que actúan sobre el conjunto de la población, normalmente mediante la captura y/o marcaje de una parte de sus individuos. Así se obtiene información sobre su tamaño. Son métodos que pueden ser utilizados en el contexto de muchos cotos y reservas de caza aprovechando la información facilitada por los propios cazadores. En otros contextos, son de aplicación más problemática por exigir la captura de los animales (ino su muerte!), algo siempre complicado por razones logísticas y legales.

Capturas acumuladas

Consiste en registrar las capturas periódicas de los animales del área gestionada. Estas van disminuyendo con el paso del tiempo (ej. la estación de caza) al hacerlo la población de la que se obtienen. Cuando se tienen ya una serie de controles (en cuantos más mejor), se establece una regresión lineal entre las capturas periódicas (y) y las acumuladas hasta cada control (x). La ecuación, del tipo $y=a-bx$, nos permite calcular el tamaño de la población (N) en el supuesto teórico de que, por haber sido esquilada totalmente, nos diera un valor de $y=0$. Según esta lógica, cuando $0=a-bx$ tendremos que $x=N$ (las capturas acumuladas coinciden con el tamaño de la población) por lo que $N=a/b$. Esta estrategia, que asume que la población no pierde individuos por otras causas durante el censo (mortalidad, migraciones...) también se utiliza en el censo de micromamíferos u otros pequeños vertebrados (anfibios, reptiles) sobre parcelas previamente delimitadas. Estas son sometidas a una serie de sesiones de captura (por ejemplo, días de trampeo, sesiones de búsqueda de individuos...) en las que -como siempre- hay que controlar el hecho de que ningún individuo quede "a la sombra" de nuestro esfuerzo de captura.

Ejemplo. Censo de una población de liebres (*Lepus capensis*)

Durante cinco semanas sucesivas se ha cazado una población de liebres, obteniéndose un total de 78 capturas distribuidas temporalmente de la forma descrita en la figura 7A. Con estos datos, se calcula la ecuación de la figura 7B.

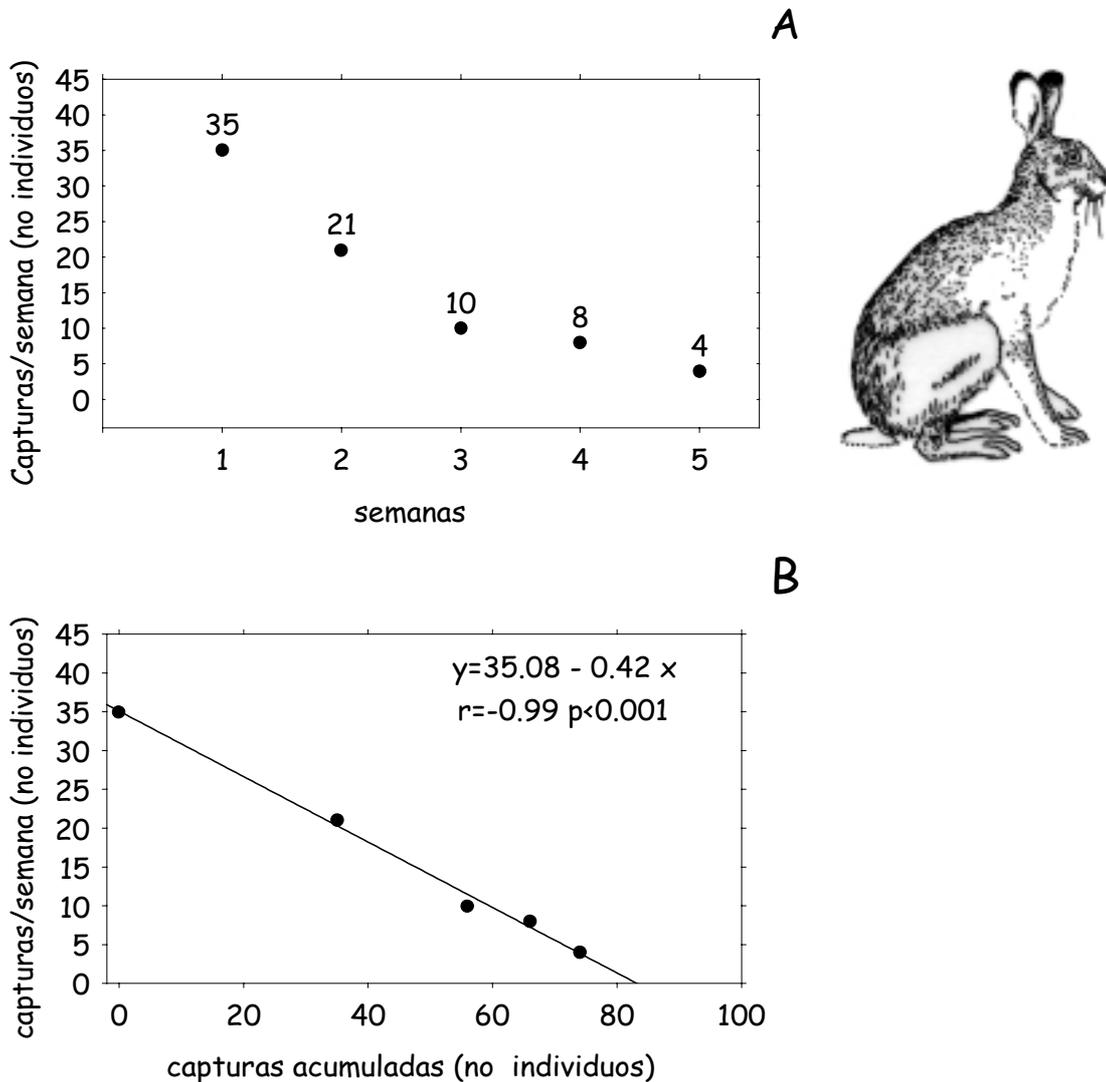


Figura 7. Distribución de capturas (A) y modelo de capturas acumuladas para la estima del tamaño poblacional (B).

Para calcular el tamaño (N) de la población, calculamos la regresión entre las capturas semanales y las acumuladas

$$y = 35.08 - 0.42 x$$

y la igualamos a 0 con el objeto de despejar X, que sería la captura total acumulada en el hipotético momento en que las capturas semanales hubieran sido cero por no quedar ya individuos en la población

$$0 = 35.08 - 0.42 x$$

despejando x

$$x = 35.08 / 0.42 = 83.5$$

luego había 83 u 84 animales antes de iniciar las capturas.

Manejo de índices

Una clase de individuos. Este método se basa en la obtención de índices de abundancia (de cualquier tipo) antes (I_1) y después (I_2) de que en la población se hubieran extraído (o añadido) C individuos (por ejemplo, tras una batida, reintroducción, etc). A partir de estos datos, puede calcularse el tamaño N_1 de la población mediante el siguiente razonamiento:

$$N_1 = I_1 J = I_2 J + C$$

donde J es un coeficiente de transformación.

Como $J = N_1 / I_1$, tenemos que el tamaño de la población antes de la cacería es $N_1 = I_2 (N_1 / I_1) + C$. Despejando, en principio, los individuos extraídos, tenemos que $N_1 I_1 - N_1 I_2 = C I_1$, de donde despejando N_1 obtenemos

$$N_1 = (C I_1) / (I_1 - I_2)$$

Se puede seguir idéntico razonamiento para el caso de una introducción. Ha de destacarse

Ejemplo. Censo de caballos cimarrones (*Equus caballus*)

Para estimar el número de caballos cimarrones de una zona de Oregón, se realizaron una serie de itinerarios fijos antes y después de que se extrajeran 357 individuos de la población. En esos itinerarios, realizados siempre en las mismas condiciones (misma velocidad, etc.) y por los mismos lugares, se observaron 301 (I_1) y 76 (I_2) caballos respectivamente. El tamaño de la población puede calcularse, entonces, mediante la ecuación $N = 357 \times 301 / (301 - 76) = 479$ animales.

Dos clases de individuos. Se aplica en poblaciones donde hay dos tipos de individuos, A y B (por ejemplo, machos/hembras, jóvenes/adultos, fases de coloración, etc), y donde se cazan/introducen C_A y C_B individuos. En el caso, por ejemplo, de la extracción de animales nos encontraríamos con que la población pasa de N_1 a N_2 y que la proporción de animales de la clase A pasa de P_{1A} a P_{2A} . Nosotros sabemos que $P_{1A} = N_{1A} / N_1$ y que $P_{2A} = N_{2A} / N_2$; además, $N_1 = N_{1A} + N_{1B}$ y $N_2 = N_{2A} + N_{2B}$. Sobre esta información, podemos establecer la siguiente relación:

$$N_{2A} = P_{1A} N_1 - C_A = P_{2A} (N_1 - C_A - C_B) = P_{2A} N_1 - P_{2A} (C_A + C_B)$$

$$P_{1A} N_1 - P_{2A} N_1 = C_A - P_{2A} (C_A + C_B)$$

$$N_1 (P_{1A} - P_{2A}) = C_A - P_{2A} (C_A + C_B)$$

de donde podemos despejar N_1

$$N_1 = \frac{C_A - P_{2A} (C_A + C_B)}{P_{1A} - P_{2A}}$$

Ejemplo. *Censo de faisanes (Phasianus colchicus) en una reserva de caza.*

Los conteos realizados por la reserva antes de la apertura de la veda dieron un total de 600 avistamientos de machos y 800 de hembras. Durante el período de caza se cobraron 8000 machos y 500 hembras. Los censos realizados tras este período, dieron un total de 200 avistamientos de machos y 1800 hembras. Si consideramos que la clase A agrupa a los machos y la B a las hembras, tenemos que $P_{1A}=600/1.400= 0.4286$ y que $P_{2A}=200/2000=0.1000$. Como sabemos que $C_A=8.000$ y $C_B=500$, podemos calcular el tamaño de la población antes de la caza (N_1):

$$N_1 = (8000 - 0.1 (8.000 + 500)) / (0.4286 - 0.1000) = 21.759 \text{ faisanes}$$

Marcaje y recaptura.

Consiste en marcar M animales de la población en estudio de los que se recapturan (por captura real u observación) un total de I' . A partir de estos dos valores es posible calcular el coeficiente de detectabilidad/capturabilidad ($K=I'/M$) que puede aplicarse al cálculo de $N=I/K$ (donde N es el tamaño real de la población e I es el número de individuos observados/capturados). Estos métodos, en sus planteamientos más básicos, asumen que todos los individuos son igualmente capturables, que las marcas no se pierden y que, tras el marcado, los animales no rehuyen la recaptura. Pueden asumir, sin embargo, que una parte de los individuos marcados mueran o abandonen el área. Las poblaciones donde esto ocurre se llaman *poblaciones abiertas* en contraposición a las que mantienen fijos sus efectivos (*poblaciones cerradas*). Varios de los programas desarrollados para aplicar estas metodologías contemplan todas estas situaciones (ver Recursos en la red). Desarrollaremos aquí dos casos simples para ver la lógica de esta metodología.

Poblaciones cerradas.

Un marcaje y una recaptura (Método de Petersen)

Si $M/N = m/n$, tendremos que $N = (M.n)/m$, donde N es el tamaño de la población, M el número de individuos marcados en el tiempo 1, n el número de individuos recapturados (inspeccionados) en el tiempo 2 y m el número de individuos marcados entre los n recapturados.

Ejemplo. *Censo de una población de ratilla asturiana (Microtus arvalis)*

Para estimar la densidad de ratillas en un pastizal, se ha establecido una malla de captura de 0.74 ha, compuesta por 864 trampas de vivo separadas 8 m entre sí. El primer día, se capturaron un total de 60 individuos diferentes que fueron marcados con una pintura aplicada al dorso (M). El

segundo día, se controlaron 69 animales (n) de los que 20 (m) llevaban las marcas. Asumiendo que, dada la cortedad del período de estudio (2 días), era improbable la marcha, muerte, etc, de un número significativo de ratillas, puede aplicarse el algoritmo de Petersen para poblaciones cerradas. En consecuencia $N=(60 \times 69)/20=207$ animales.

POBLACIONES ABIERTAS

Triple captura (Método de bailey)

Se trabaja con la población censada a lo largo de tres tiempos diferentes:

Tiempo	Animales marcados	Animales examinados	Recapturas de M ₁	Recapturas de M ₂
1	M ₁			
2	M ₂	n ₂	m ₁₂	
3		n ₃	m ₁₃	M ₂₃

A partir de la información así generada, se calcula el tamaño de la población en el tiempo 2 (N₂) aplicando el razonamiento del método de Petersen $N_2=(M_1' n_2)/m_{12}$ [1] donde M₁' es el número de individuos marcados en el tiempo 1 que quedan en el tiempo 2. Como desconocemos su número (porque pueden haberse muerto, marchado, etc. una parte de los animales marcados) establecemos la relación $M_1'/M_2= m_{13}/ m_{23}$. Esta asume que la tasa de pérdidas de individuos marcados en 1 es igual en el intervalo de 1 a 2 que en el 2 al 3. Despejando obtenemos que $M_1'=(m_{13} M_2)/ m_{23}$. En consecuencia, solo nos queda sustituir M₁' en [1] para calcular el tamaño de la población: $N_2=(M_2 m_{13} n_2) / (m_{12} m_{23})$.

Ejemplo. *Censo de una colonia de murciélagos trogloditas (Miniopterus schreibersi).*

En una campaña de marcaje de quirópteros se visitó en tres semanas consecutivas una cueva ocupada por murciélagos trogloditas. Dado que se trata de una especie migradora se decidió aplicar el método de Bailey para poblaciones abiertas. La distribución de los marcajes y recapturas permitió establecer la siguiente tabla:

Semana	marcados	controlados	recapturados de 1	recapturados de 2
1	M ₁ = 100			
2	M ₂ = 390	n ₂ = 470	m ₁₂ = 80	
3		n ₃ = 1410	m ₁₃ = 49	M ₂₃ = 90

Aplicando el algoritmo de Bailey

$$N_2 = (390 \times 49 \times 470) / (80 \times 90) = 1.247 \text{ murciélagos.}$$

Métodos dedicados a la obtención de densidades

Estos métodos buscan la caracterización del número de individuos en cada unidad de muestreo con el objeto de calcular la media y, por extrapolación, el tamaño de la población.

Itinerarios de censo

Consiste en registrar a los individuos observados a lo largo de la *línea de progresión* (L) del observador que, a medida que avanza, anota la distancia a la que los animales son observados (Figura 8). El método presupone que los animales son detectados en su posición natural (es decir, que no se han alejado o acercado a la línea de progresión), que el observador no se confunde al calcular las distancias y que los animales tienen una detectabilidad $K=1$ sobre la línea de progresión (esto puede no ser cierto en el caso de especies hipogeas o arborícolas...). A partir de esta información se calcula la *función de detección* de las especies (probabilidad de detección en función de su lejanía al observador) con la que, tras calcular el porcentaje de individuos no detectados, se realiza una estimación de la densidad. La forma normal de aplicar esta metodología es a través del popular programa DISTANCE (ver Recursos en la red).

Hay, sin embargo, algunas aproximaciones empíricas de esta metodología de uso bastante extendido. El *transecto* o *taxiado* es la forma más sencilla de itinerario de censo. Define *a priori* una *banda de recuento* (w) en la que asume que la detectabilidad es del 100%. Si la banda de recuento se establece a ambos lados de la línea de progresión, y en el itinerario se contactan n animales, la densidad (o número de individuos existentes en esa unidad de muestreo) será $d=n/(2.w.L)$. El método de Emlen es una variante del transecto que tiene la ventaja de realizar una estimación empírica de la detectabilidad de las especies en las bandas estudiadas (Figura 9). También asume que en la banda más próxima al observador la detectabilidad es del 100%. Tal asunción debiera verificarse en un estudio previo (por ejemplo, dos observadores siguen al censador anotando los individuos que este no ha detectado; también pueden llevar perros con correa para levantar a los individuos encamados...).

Los itinerarios de censo son métodos muy populares, económicos y se aplican a todos los animales que puedan ser detectados visualmente (paseriformes, codornices, perdices, liebres, ungulados...). Para su ejecución pueden utilizarse diferentes sistemas de locomoción según las características y abundancia de las especies a censar (a pie, a caballo, en

automóvil y, en el caso de grandes mamíferos que han de censarse sobre extensas regiones, ultraligero, helicóptero o avioneta).

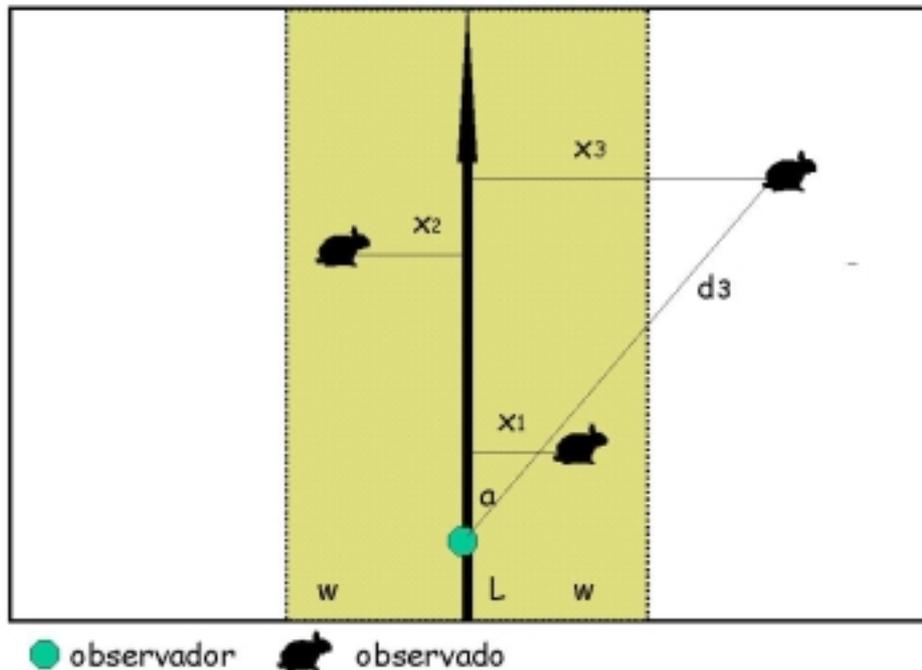


Figura 8. *Datos a registrar en un itinerario de censo.* A lo largo de un itinerario de censo, el observador registra la distancia recorrida (L). Si está realizando un transecto, se limitará a registrar aquellos animales registrados dentro de la banda de recuento (w) y si pretende aplicar el programa DISTANCE© deberá anotar la distancia de los individuos a la línea de progresión (x_i) o, en su defecto, la distancia (d) a la que observa al animal y el ángulo al que este se encuentra con respecto a la línea de progresión (a).

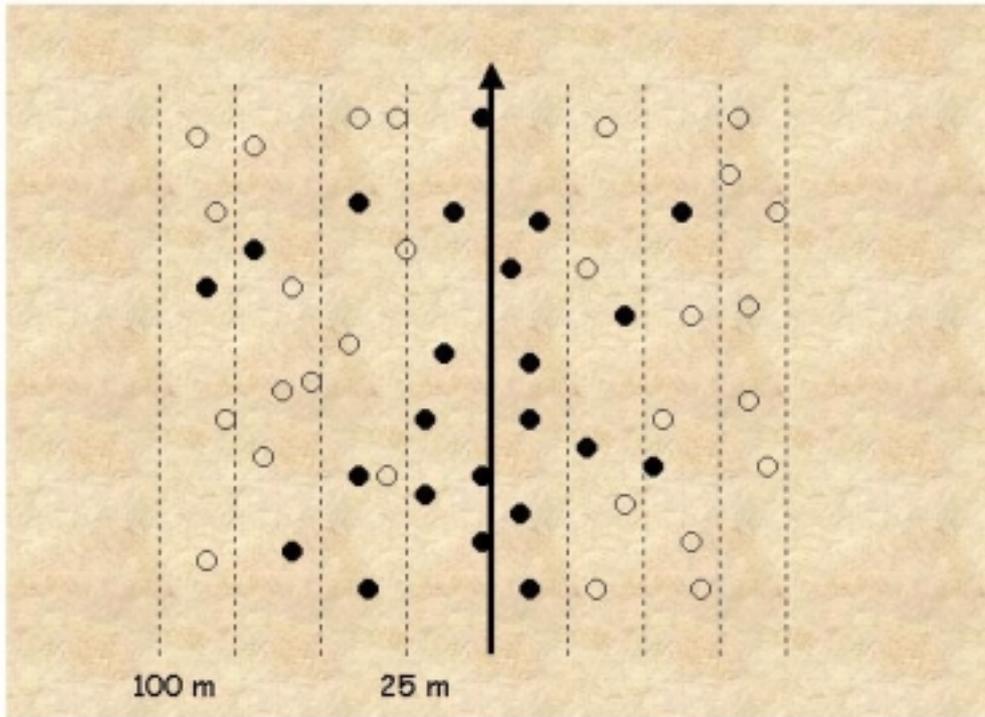


Figura 9. *Determinación del coeficiente de detectabilidad (k) por el método de Emlen.* Queremos saber el porcentaje de animales detectados en una banda de recuento de 100 m que vamos a utilizar, posteriormente, en el censo de una especie. Para ello, la subdividimos arbitrariamente en cuatro bandas paralelas de 25 m. Asumimos también arbitrariamente (porque lo sabemos, lo hemos estudiado, etc.) que en la primera de las bandas detectamos a todos los individuos; $K=1$). Según esto, al realizar un censo podemos asumir que en los primeros 25 m vemos todos los animales existentes (13 en nuestro caso; los animales observados son los puntos negros); en la banda de 25 a 50 vemos 5, pero deberíamos haber visto 13 según nuestro presupuesto ($K=5/13=0.38$); en la banda de 50 a 75 hemos visto 4 de 13 ($K=0.31$) y 1 de 13 en la banda 75-100 ($k=0.08$). Es decir, hay una pérdida paulatina de detectabilidad al aumentar la distancia de las bandas. Si queremos utilizar la banda de 100 m para contar animales, entonces debemos saber que la detectabilidad es $k=(13+5+4+1)/(13 \times 4) = 0.44$, de forma que dividiremos por este coeficiente todos los individuos observados para conocer los realmente existentes. Este último valor se utilizará para calcular la densidad dividiéndolo por la superficie censada ($100m \times 2 \times L$, donde L es la longitud de nuestro itinerario).

Batidas

La batida es un procedimiento de censo aplicado a los grandes mamíferos de medios forestales. Consiste en delimitar un área rodeada por observadores (en contacto visual entre sí) que es barrida sistemáticamente por una línea de batidores (Figura 10). Los animales son registrados por los observadores al abandonar del área censada. Su fiabilidad depende del número de personas implicadas (una red de observadores muy laxa facilitará la salida descontrolada de los animales) y de la intensidad con que se registre el área (por ello, los resultados mejoran notablemente cuando se utilizan perros adiestrados). Este método, reputado como uno de los más exactos para el grupo aludido, presenta el grave problema del elevado costo de su realización (se necesitan muchas personas; ver Tabla 1) de no contar con la participación desinteresada de aquellos cazadores que practiquen esta modalidad de caza.

Tabla 1. Características medias de algunas batidas efectuadas en diferentes bosques de la provincia de Burgos durante una temporada de caza.

Tipo de bosque	Nº de batidas	Superficie censada (ha)	Nº medio de cazadores	Nº medio de perros	Nº jabalíes	Nº corzos	Nº ciervos	Nº lobos
<i>Fagus sylvatica</i>	42	3150	21,2	20,9	74	126	6	1
<i>Quercus pyrenaica</i>	144	10800	22,8	18,6	319	262	10	6
<i>Quercus rotundifolia</i>	76	5700	24,2	26,6	267	61	-	5
<i>Pinus sylvestris</i>	157	11800	19,7	15,4	194	303	10	-

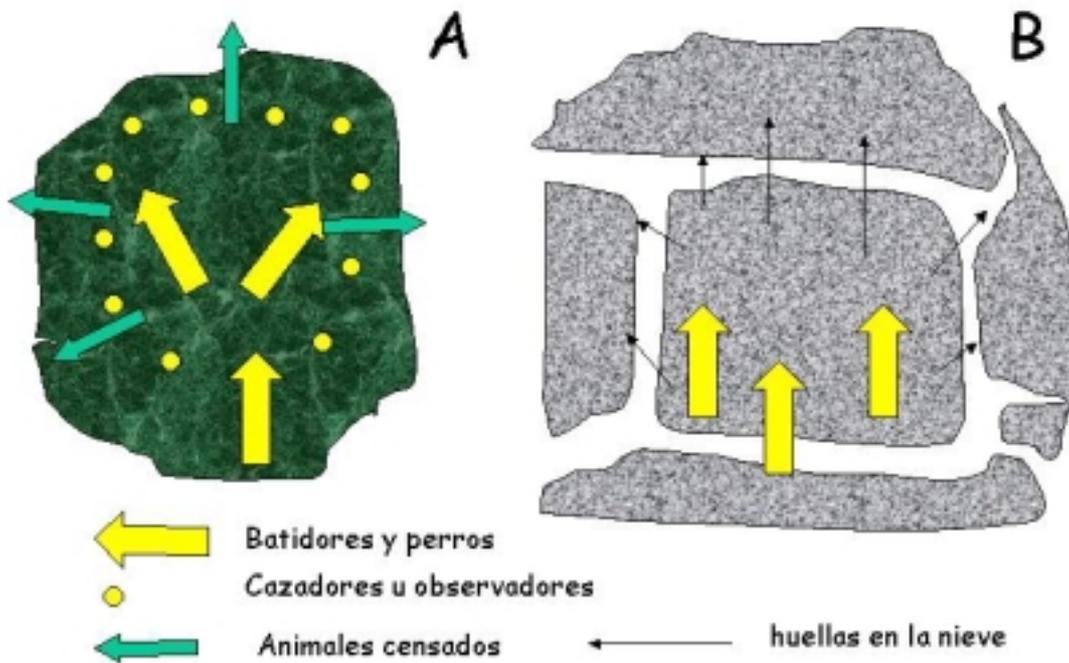


Figura 10. *Las batidas como método de censo.* Las batidas son sistemas tradicionales de caza que se aplican a diferentes especies de ungulados (por ejemplo, ciervos y jabalís). En su forma habitual (A), consisten en rodear una zona con un entramado de puestos donde los cazadores (u observadores) están en contacto visual entre sí. A continuación, penetra un número de batidores y perros en la zona delimitada que empujan a los animales hacia la línea de puestos donde son contados. En países con nevadas frecuentes (B), pueden ahorrarse los observadores si el sector a censar se delimita previamente mediante marcas en el arbolado, caminos o cortafuegos. Antes de la batida, se cuenta el número de huellas de las especies censadas que "salen" del sector a batir. Tras la batida, se vuelven a contar y su diferencia con las registradas previamente nos da el número de animales huidos del área en cuestión.

Restos fecales

Los restos fecales producto del metabolismo animal pueden permitirnos calcular el tamaño de la población que lo produce. Para ello, se delimitan una elevado número de unidades de muestreo (cuadrículas o círculos de 1 m de lado o radio normalmente) en el área de estudio. Se las limpia de restos fecales y se las deja un número d de días. Se vuelve luego y se cuentan los restos para obtener un número medio n de restos por cuadrícula. Si conocemos la tasa de defecación (T) de la especie (número de restos fecales producidos por día), estaremos en condiciones de calcular en número

medio de individuos por unidad de muestreo (u) pues $u=n/(d.T)$. Este método, sencillo y económico, se utiliza habitualmente en la estima de las poblaciones de cérvidos, aunque requiere conocer la tasa de defecación (Tabla 1). Esto requiere un investigación previa pues la tasa depende del tipo de alimento ingerido (algo que varía según especies y, dentro de especies, según el hábitat y el momento del ciclo anual). Además, es importante conocer la tasa de descomposición de los restos fecales (si estos duran menos que los d días utilizados en el estudio, se infravalorarán los resultados). La tasa varía según la consistencia y composición de los excrementos (algo que depende de la dieta); pero también puede verse afectada por la climatología (la lluvia la favorece), la cobertura vegetal que los proteja o la abundancia de insectos coprófagos. Su ejecución es similar a la descrita en la presentación del muestreo estratificado de la Figura 5.

Tabla 1. Tasas de defecación (número de grupos fecales por día) de algunos ungulados comunes.

Especie	Área de estudio	Período	Tasa
<i>Odocoileus virginianus</i>	Michigan	Invierno	12.0
<i>Ammotragus lervia</i>	N. Méjico	Verano	13.0
<i>Dama dama</i>	Inglaterra	Verano	11.4
<i>Dama dama</i>	N. Zelanda	Zoo	11.3
<i>Capreolus capreolus</i>	Checoslovaquia	Invierno	15.6
<i>Cervus elaphus</i>	N. Zelanda	Zoo	10.0

Métodos dedicados a la obtención de índices de abundancia.

Son aquellos que solo persiguen la obtención de I , sin preocuparse de diseñar ninguna estrategia que les permita conocer d o N (es decir, la densidad o tamaño de la población censada). La lógica de su aplicación consiste en controlar el esfuerzo (d) aplicado a la obtención de una serie de registros así como en asumir la constancia -o efecto insignificante- de todas las variables determinantes de los coeficientes de capturabilidad y detectabilidad (K ; es decir, a, b, c, \dots) Así, las variaciones de I reflejarán también las variaciones de las poblaciones controladas. Esto es difícil de asumir en muchas circunstancias por lo que la aplicación de estos métodos debiera ser particularmente crítica. Es decir, se ha ponderar si los patrones de abundancia observados son o no el resultado de algún artefacto.

Los índices de abundancia tiene una serie de ventajas nada despreciables. Son métodos sencillos, versátiles y económicos que permiten trabajar con grandes tamaños de muestra. Esto ayuda a obtener índices

precisos y facilita el estudio de la variación espacial y temporal de la abundancia en grandes regiones. Además, combinados con otros procedimientos, pueden utilizarse para el cálculo del tamaño de las poblaciones estudiadas (ej. estableciendo estudios previos que permitan conocer qué densidades reales se asocian a un índice dado; ver también el método de *manejo de índices*).

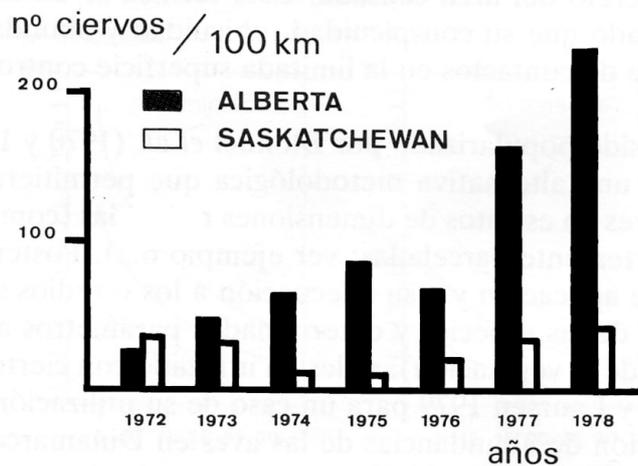
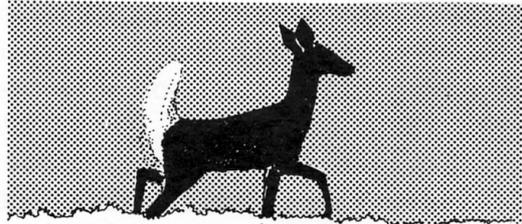


Figura 11. Evolución de la abundancia de ciervos de cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en dos estados de Canadá. Los índices de abundancia media se obtuvieron mediante el recorrido nocturno de 16 itinerarios fijos, que sumaban 500 km y discurrían por los mismos lugares, en un automóvil a poca velocidad (unos 20 km/hora) desde el que se contabilizaba a los animales con ayuda de dos faros adicionales manejado por el conductor y el copiloto.

Observación directa. Se aplica a aquellas especies que pueden ser detectadas visual o auditivamente. Consiste en contar a los animales observados a lo largo de itinerarios en los que controlamos la distancia recorrida; o censados desde estaciones de censo en las que controlamos el tiempo invertido en detectarlos. Los índices se dan entonces en número de individuos observados por Km, 10 km, etc. o por 5 minutos, 30 minutos o una hora. Se aplican para el control rutinario de la abundancia interanual de las especies cinegéticas (por ejemplo, Figura 11) o de potencial interés conservacionista. El caso más espectacular de aplicación de esta metodología se da en el North American Breeding Bird Survey. Este programa de seguimiento de aves comunes se inició en 1966 con el censo de

600 itinerarios distribuidos por toda Norte América y de los que se responsabilizaban otros tantos observadores (la mayoría aficionados a las aves). Hoy se controlan 2900 itinerarios anualmente, que configuran una espléndida red del seguimiento de la evolución regional e interanual de las poblaciones de varios cientos de especies. El método consiste en seleccionar un itinerario de 24.5 millas que se recorre en automóvil por la mañana de los períodos señalados, realizando una parada cada media milla (total = 50 estaciones de censo) para contar todas las aves vistas u oídas en un radio de 0.25 millas durante 3 minutos de observación.

Capturas. La obtención de índices de abundancia mediante la aplicación de un esfuerzo de caza controlado puede realizarse desde dos aproximaciones diferentes.

Por un lado, pueden obtenerse índices a partir de los resultados aportados por la aplicación sistemática de diferentes tipos de trampa. En el caso de anfibios, reptiles y micromamíferos, los índices se obtienen mediante la instalación de una serie de trampas durante un período de tiempo controlado. Con el fin de evitar el problema de la saturación, se colocan trampas de uso múltiple (pueden capturarse varios individuos secuencialmente) o estaciones de captura provistas de trampas de uso único. Ha de procurarse el uso de trampas incruentas y extremarse el cuidado de los animales ya que por razones legales y éticas ha de evitarse a toda costa la muerte de los animales. En aves, suelen utilizarse las redes japonesas como sistema de captura. Y el esfuerzo suele medirse en número de aves por red y día, por metro cuadrado de red y hora, etc. Hay programas internacionales de seguimiento de ciertos grupos poco detectables (por ejemplo, carriceros *G. Acrocephalus* y otros) centrados en su captura sistemática con redes instaladas en localidades mantenidas año tras año.

Por otro lado, esta información puede provenir de la participación activa de los cazadores deportivos o profesionales. Se trata de las famosas estadísticas de caza que, conociendo las capturas anuales de ciertas especies y el esfuerzo aplicado para obtenerlas cada año (por ejemplo, número de licencias), nos permiten ilustrar su evolución interanual. Datos de este tipo, útiles para conocer la evolución numérica y/o la abundancia de las especies en tiempos pasados, pueden encontrarse todavía en antiguas estadísticas o diarios de caza hoy olvidados. Recordemos que Elton ilustró la famosa evolución cíclica de las poblaciones de lince y liebres en el extremo septentrional de América (un ejemplo obligado de cualquier manual de Ecología de Poblaciones) usando las estadísticas de las compras de pieles acumuladas durante décadas por la Compañía de la Bahía de Hudson.

Huellas. Todos los animales dejan huellas variadas de sus actividades (rastros, excrementos, mudas, cadáveres, nidos, alteraciones en la vegetación...) cuya abundancia puede ser proporcional a la de las poblaciones que las producen. En consecuencia, el conteo de tales evidencias indirectas de la presencia animal nos puede proveer, a menudo, de un índice de abundancia.

Puede verse una discusión metodológica sobre el uso de este tipo de índices en el desmán y la nutria en la serie *Naturalia Hispanica* de la Dirección general de Conservación de la Naturaleza del ministerio de medio Ambiente ("Desmán *Galemys pyreniacus* en la Península Ibérica" y "Nutria *Lutra lutra* en España; dirección: <http://www.mma.es/docs/conservnat/naturalia/html>)

Bibliografía general básica

- Bibby, C.J., N.D.Burgess, D.A. Hill y S.H. Mustoe 2000. *Bird census Techniques*. 2^ª ed. Academic Press, Londres.
- Bookhout, T.A.. (ed.) 1994. *Research and management techniques for wildlife and habitats*. The Wildlife Society, Washington.
- Buckland, S.T., D.R.Anderson, K.P. Burnham y J.L.Laake 1993. *Distance Sampling. Estimating abundance of biological populations*. RUWPA-University of San Andrews, Fife (Escocia).
- Caughley, G. 1977. *Analysis of Vertebrate Populations*. Wiley, Londres.
- Cochran, W. 1977. *Técnicas de muestreo*. CECSA, México.
- Seber, G.A.F. 1982. *The estimation of animal abundance and related parameters*. Griffin, Londres.
- Tellería, J.L. 1986. *Manual para el censo de los vertebrados terrestres*. Raices, Madrid.
- White, G.C., D.R.Anderson, K. P. Burnham y D.L.Otis 1982. *Capture-recapture and Removal Methods for sampling Closed Populations*. Los Alamos National Laboratory, Los Alamos.

Recursos en la red

Afortunadamente para los investigadores interesados en censar poblaciones de vertebrados, es posible conseguir en la red varios de los programas de censo más actuales y completos. A continuación se dan algunas de las direcciones donde pueden obtenerse libremente. Se recomienda encarecidamente que respeten escrupulosamente las condiciones de uso planteadas por sus autores, así como los derechos de los mismos sobre un material que es de su propiedad. También es importante recordar, que el

manejo de estos programas requiere un cuidadoso estudio de sus características y utilidades.

Research Unit for Wildlife Population Assessment (RUWPA). Es una unidad de investigación adscrita al Centre for Research into Ecological and Environmental Modelling (CREEM) en la Universidad de St. Andrews (Escocia). Ofrece diferente software de interés. Dirección: <http://www.ruwpa.mcs.st-and.ac.uk/>

Ecology Software Server. Es un servicio del Illinois Natural History Survey que ofrece programas sobre una variada gama de temas relacionados con el estudio de campo de los vertebrados (estimaciones de densidad, radio-telemetría, etc.). Dirección: <http://nsm1.nsm.iup.edu/rgendron/software.shtml>

Department of Fishery and Wildlife Biology y Colorado Coop. Fish and Wildlife Unit, Universidad de Colorado. Este Departamento ofrece acceso a una serie de programas interesantes como el MARK para Windows (marcaje y recaptura), CAPTURE (marcaje y recaptura en poblaciones cerradas), DISTANCE (ver arriba), etc. Dirección: <http://www.cnr.colostate.edu/~gwhite/software.html>