

Metodologia

Àmbit d'estudi

L'àmbit d'estudi de l'Atles va ser el comprès estrictament dins el territori de Catalunya (Figura 1). A les unitats d'estudi (quadrats UTM 10x10 km) frontereres, quan una porció pertany a l'Aragó, el País Valencià, Andorra o França només es va prospectar la part administrativament catalana. Pel que fa a l'àmbit marí, es van incorporar les dades des de la línia de la costa fins al límit de la plataforma continental (Figura 1).

Període d'estudi

Les prospeccions de camp d'aquest Atles es van realitzar els hiverns 2006/07, 2007/08 i 2008/09. Només s'hi van incloure dades anteriors per a l'elaboració de les tendències temporals i la determinació de la procedència de les poblacions hivernals, dades, però, que en cap cas es van incorporar als mapes de distribució i abundància.

D'acord amb les dades obtingudes pels projectes desenvolupats per l'Institut Català d'Ornitologia que aporten informació sobre la fenologia migratòria dels ocells a Catalunya (Anuaris d'Ornitologia, MIGRACIÓ, PERNIS, etc.), es va determinar que el període d'estudi més adequat era el comprès entre el 15 novembre i el 15 de febrer. En latituds similars el període d'estudi dels atles hivernals són semblants però poden variar uns 15 dies amunt o avall. Així, a l'Atles d'ocells hivernants de Madrid (del Moral *et al.* 2002) i de la Toscana (Tellini Florenzano *et al.* 1997) el període es va definir de l'1 de desembre al 15 de febrer, mentre que al del Baix Alentejo (Elias *et al.* 1998) va ser del 27 de novembre al 31 de gener.

Dins del període definit com hivern en aquest Atles, a Catalunya la majoria dels ocells són hivernants estrictes, però alguns poden estar encara en pas postnupcial o ja en pas prenupcial, o fins i tot s'estan reproduint (*e.g.* el duc). Això depèn de cada espècie, població o fins i tot individu, i en la mesura del coneixement que se'n té, és tractat convenientment en cada cas a les fitxes d'espècies.

Mostratges específics de l'Atles

Els atles d'ocells són obres on es representa la distribució geogràfica de les espècies d'un territori concret. En l'actualitat, a més, molts atles mostren



Localització de l'àmbit d'estudi. Al llarg de tot el llibre es mostren com a referència geogràfica els límits de les comarques catalanes i, en el cas de les espècies pelàgiques, el límit de la plataforma continental.

Location of the study area. Throughout the book, the boundaries of the counties (comarques) of Catalonia are given as a geographical reference. In the case of pelagic species, the limit of the continental shelf is also indicated.

Methodology

Study area

The study area of the Atles was restricted strictly to Catalonia (Figure 1) and in squares shared with neighbouring regions and countries of Aragon, Valencia, Andorra and France only areas actually within the administrative Catalan territory were surveyed. Offshore, data from the coastline to the edge of the continental shelf were included (Figure 1).

Study period

The field surveys for this atlas were conducted in the winters of 2006/07, 2007/08 and 2008/09. Previous records were only used for the study of temporal trends and determining the origin of winter populations and are not included in the distribution and abundance maps.

On the basis of data obtained from the projects developed by the Catalan Ornithological Institute on the phenology of migratory birds in Catalonia (Anuaris d'Ornitologia, MIGRACIÓ, PERNIS, etc.), it was determined that the most suitable study period was November 15-February 15, similar to the period used by other winter atlases from similar latitudes: in Madrid (del Moral *et al.* 2002) and Tuscany (Tellini Florenzano *et al.* 1997) the study period was December 1-February 15, while in the Baixo Alentejo (Elias *et al.* 1998) it encompassed November 27-January 31.

Within the period defined as winter in this atlas, the majority of birds in Catalonia are strictly wintering, although some may still be on postnuptial or prenuptial migration, or even breeding (*e.g.* Eagle Owl). Species, populations and even individual birds vary and are dealt with -as far as our knowledge allows- on a case-by-case basis in the species accounts.

Specific sampling of the Atles

Bird atlases depict the geographical distribution of species in a particular territory. Today, in addition, many atlases include numerous high resolution maps, demographic parameters and even data on the ecology of the species (Gibbons *et al.* 2007). All this, coupled with the need to apply methodologies that best suit the particularities of each species and each geographical area made it necessary to design more than one type of sampling technique.

In the Atles 4 different sampling strategies were developed, which, combined with information from other bird monitoring projects (see Non-specific sam-

Fig. 1



mapes d'abundància d'alta resolució, paràmetres de tipus demogràfic i, fins i tot, dades sobre l'ecologia de les espècies (Gibbons *et al.* 2007). Tot això, unit a la necessitat d'aplicar mètodes que s'adaptin el millor possible a les particularitats de les diferents espècies i de les diferents parts del territori, obliga a dissenyar diverses tipologies de mostratge.

En aquest Atlas es van desenvolupar 4 tipus de mostratges diferents, els quals, integrats amb la informació recopilada per altres projectes de seguiment d'ocells en curs (vegeu *Mostratges no específics de l'Atlas*), servien per donar resposta a les qüestions plantejades. Aquests mostratges específicament dissenyats per a l'Atlas van ser el mostratge de quadrat, el mostratge intensiu, el mostratge d'ocells marins des de la costa i el mostratge complementari.

Mostratge de quadrat

El mostratge de quadrat o extensiu constitueix segurament la base fonamental d'aquest Atlas i es planteja en termes generals com una prospecció sistemàtica de tota l'avifauna d'un territori mitjançant unitats de mostratge distribuïdes regularment al llarg d'una quadrícula. Com en el 75% dels atlas ornitològics (Gibbons *et al.* 2007), es va escollir com a base el reticle UTM *Universal Transverse Mercator*, i d'igual manera que en els atlas anteriorment realitzats a Catalunya (Muntaner *et al.* 1984, Estrada *et al.* 2004), la unitat triada va ser el quadrat de 10x10 km.

Objectius

Els objectius d'aquest mostratge eren: 1) produir mapes de presència per a totes les espècies, a resolució de quadrats 10x10 km i a esforç constant, 2) generar dades útils per elaborar mapes d'abundància, 3) determinar les preferències d'hàbitats i d'altituds de les espècies, i 4) determinar una estimació poblacional per a moltes espècies escasses, generalment mal representades a la resta de mostratges.

Disseny

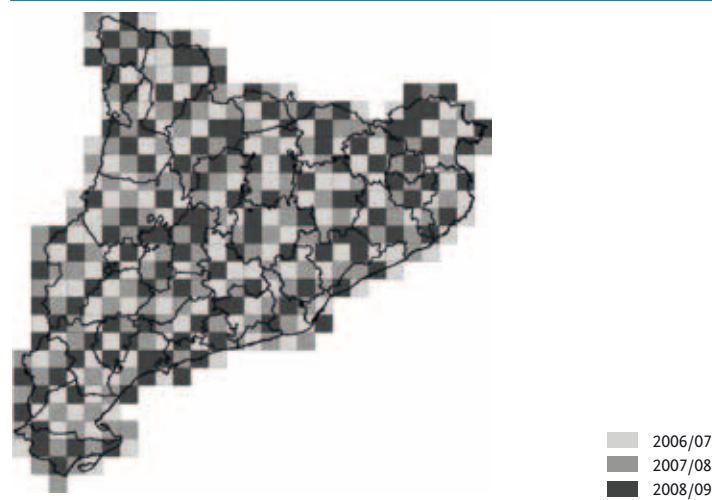
El disseny del mostratge de quadrat es va centrar en dos aspectes bàsics: la distribució espaciotemporal dels mostratges i la determinació de l'esforç destinat en cada quadrat. Ambdós aspectes estaven condicionats pel nombre d'observadors i pel temps disponible.

Distribució espaciotemporal dels mostratges

La primera determinació que es va prendre va ser repartir equitativament la prospecció dels 386 quadrats UTM 10x10 km de Catalunya entre els tres hiverns del període d'estudi. Mentre que a la temporada de nidificació les variacions interanuals en la distribució de les espècies sol ser de petita magnitud, aquesta pot canviar força entre hiverns a causa, per exemple, de les variacions meteorològiques. Per aquest motiu, el mostratge de quadrat es va distribuir de manera tal que cada hivern aportés una mostra geogràficament representativa del conjunt del territori. Això es va aconseguir fent una selecció aleatòria dels quadrats de Catalunya per mostrejar cada hivern, tot minimitzant el mostreig simultani de quadrats contingus (Figura 2). Aquest procés de repartiment de quadrats per a cadascun dels tres hiverns d'estudi es va fer en paral·lel al realitzat per al mostratge intensiu (vegeu *Mostratge intensiu*).

Determinació i estandardització de l'esforç

Tenint en compte que l'objectiu essencial del mostratge de quadrat era produir mapes de presència per a totes les espècies obtinguts sota unes condicions d'esforç constant, la determinació del temps de mostratge (nombre d'hores de prospecció) va constituir un pas essencial per ajustar de manera realista la capacitat de mostratge (el temps que de mitjana podria invertir un col·laborador) als seus objectius. Trobar totes les espècies presents en una superfície gran com la UTM 10x10 km requereix invertir un nombre d'hores de cens molt gran (de fet, tendeix a l'infinit). Per aquesta raó, diversos autors convenen que detectar un 75% del total és una xifra acceptable per poder efectuar comparacions entre unitats de mostratge (Brose *et al.* 2003, M. Kéry, com. pers.).



Disseny espaciotemporal del mostratge de quadrat de l'Atlas.
Spatiotemporal design of the square sampling of the Atlas.

pling of the Atlas), were developed to answer the questions raised. The surveys specifically designed for the Atlas consisted of 1) square sampling, 2) intensive sampling, 3) coastal sampling of seabirds and 4) complementary sampling.

Square sampling

Square or extensive sampling represents the basis of this atlas and was planned as a systematic survey of all the birds present in an area using a regular grid of squares as the basic sampling units. As in 75% of other bird atlases (Gibbons *et al.* 2007), the UTM Universal Transverse Mercator system was chosen as a reference grid and, as in the previous Catalan atlases (Muntaner *et al.* 1984, Estrada *et al.* 2004), the chosen scale was 10x10 km squares.

Objectives

The objectives of this sampling technique were 1) to produce distribution maps for all species at a resolution of 10x10 km squares based on constant effort; 2) to provide data for generating maps of abundance; 3) to determine species' habitat and altitudinal preferences; and 4) to calculate population estimates for many rare species that have generally been poorly represented in the other surveys.

Design

The design of the methodology for sampling focussed on two basic aspects: the spatiotemporal distribution of the sampling and the determination of the effort devoted to each square. Both aspects were conditioned by the number of observers and the time available.

Spatiotemporal distribution of sampling

The first step was to evenly distribute the 386 10x10 km UTM squares in Catalonia between the three winters of the study period. While interannual variation in species distribution is usually small from one breeding season to the next, numbers of winter birds may change substantially, for example, due to short-term weather patterns. For this reason, the square sampling was distributed so that each winter would provide data from a geographically representative sample of the whole territory. This was achieved by a random selection of the squares of Catalonia to be sampled each winter and by minimizing the simultaneous sampling of neighbouring squares (Figure 2). This process of distribution for each of the three winters of the study period was also performed for the intensive sampling (see Intensive sampling).

Determination and standardization of the effort

Given that the essential purpose of the square sampling was to produce maps for all species located after constant effort, the standardization of the sampling time

Els resultats d'un estudi pilot realitzat l'hivern 2005/06 van establir que perquè un observador mitjà detectés entre el 71 i el 81% de les espècies presents en un quadrat UTM 10x10 km (100 km²) necessitaria invertir-hi 8 hores de cens (Herrando *et al.* 2006a). Per a aquells quadrats on la superfície per mostrejar era inferior a 100 km², l'esforç de mostrejar variava entre 1 i 8 hores depenent de la superfície del quadrat UTM 10x10 km a mostrejar (Taula 1, Figura 3). Com a norma general, del total d'hores a realitzar, una hora de cens havia de ser realitzada obligatòriament durant el crepuscle per mirar de detectar espècies nocturnes, començant mitja hora abans de la posta del sol. A causa de les dificultats d'accés, els 7 quadrats enterament d'alta muntanya i els 7 quadrats amb superfície inferior a 2 km² van ser exclosos d'aquesta norma i, per tant, van comptar amb una hora menys d'esforç.

Taula 1 / Table 1

Superfície (km ²) Area (km ²)	Esforç (hores) Effort (hours)	Percentatge de quadrats Percentage of squares
≥ 60	8	82
40-60	6	4
20-40	4	4
2-20	3	8
<2	1	2

Nombre d'hores de mostrejar invertides en funció de la superfície de territori català del quadrat UTM 10x10 km.
Number of sampling hours depending on the area of Catalan territory within a 10x10 km UTM square.

Les hores de cens estandarditzat es van subdividir en unitats d'una hora. D'aquesta manera es podien obtenir dades de freqüència relativa com a estimadors indirectes de l'abundància de les espècies (vegeu *Mapes d'abundància*).

El mostrejar de quadrat va constar d'aquest component de nombre d'hores estandarditzat, però també permetia anotar, com a fora de cens, les observacions realitzades durant els desplaçaments entre zones prospectades o en el temps extra que de manera opcional l'observador decidís invertir per trobar espècies no detectades durant els mostrats amb temps controlat (vegeu *Fitxa de quadrat*).

Estimacions poblacionals

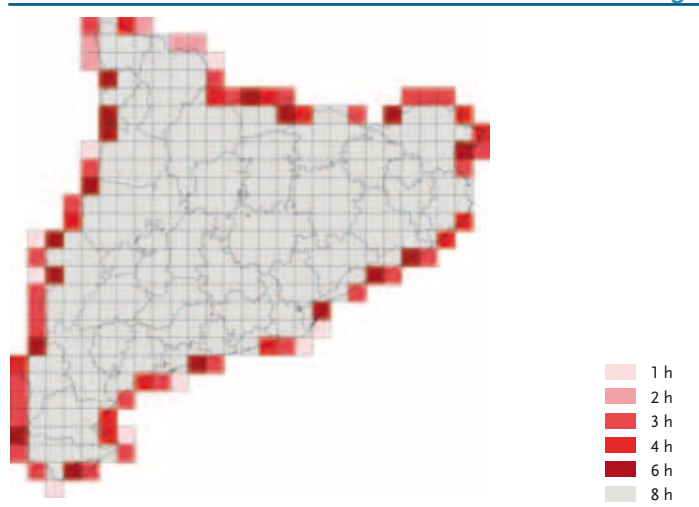
Els responsables de cada mostrejar de quadrat havien de fer, per a les espècies escasses, una estimació qualitativa del nombre d'individus que detectessin dintre dels 100 km² assignats. Aquestes espècies eren aquelles la població de les quals, en principi, no podria ser estimada a partir d'altres mostrats. Les estimacions es basaven en intervals d'individus, codificats mitjançant una lletra (Taula 2).

Basant-nos en l'experiència adquirida en el darrer Atlas (Estrada *et al.* 2004) i en altres treballs com l'Atlas d'ocells nidificants dels Països Baixos (SOVON Vogelonderzoek Nederland 2002), els rangs aplicats per fer aquestes estimacions de camp van ser més estrets que a l'Atlas de nidificants.

Per ajudar a interpretar les estimacions poblacionals i alhora l'estatus hivernal de les espècies transsaharianes (*e.g.* el xot o el falciot pàl·lid), l'observador havia d'anotar la data de la darrera observació del primer període de mostrejar i la primera del segon període (vegeu *Temporalització*).

Temporalització

El mostrejar de quadrat només havia de realitzar-se un sol hivern (Figura 2) i una sola vegada en cadascun dels dos períodes estipulats (A: 15 de



Esforç de mostrejar de quadrat dissenyat en cada unitat UTM 10x10 km.
Sampling effort designed for each 10x10 km UTM unit in the square sampling.

was an essential step for a realistic matching of the sampling capacity (mean time invested by a collaborator) to the objectives. Finding all the species present in an area as large as a 10x10 km UTM square requires an investment of a huge number of hours (this figure actually tends to infinity), although authors agree that 75% of the total species may be an acceptable figure for drawing comparisons between sampling units (Brose *et al.* 2003, M. Kéry, pers. com.).

The results of a pilot study conducted in winter 2005/06 revealed that on average an observer detected between 71 and 81% of the species in a 10x10 km UTM square (100 km²) during 8 hours of fieldwork (Herrando *et al.* 2006a). For squares of less than 100 km², the necessary sampling effort varied between 1 and 8 hours depending on the area to be sampled (Table 1, Figure 3). As a general rule, out of all the hours invested in a given square, one should start an hour before sunset to try to detect nocturnal species. Because of the difficulty of access, 7 squares located entirely in the high Pyrenees and 7 others of less than 2 km² were taken to be exceptions and an hour less effort was spent there.

The standardized censuses were subdivided into units of one hour in order to obtain data about relative occurrence as an indirect estimation of the abundance of a species in a given square (see Abundance maps).

Square sampling consisted of a fixed number of hours, but also allowed including observations as extra-census data, *e.g.* observations made during journeys between surveyed areas or in the time optionally invested in finding species not detected during the time-controlled sampling (see Square sheet).

Population estimates

In the case of certain rare species, participants had to evaluate qualitatively the number of birds in each 100 km². These species were those whose populations could not be estimated using other sampling strategies. These estimated abundances were given alphabetic codes corresponding to ranges for the numbers of birds estimated to be present (Table 2).

Based on the experience derived from the previous atlas (Estrada *et al.* 2004) and works such as the Breeding Bird Atlas of the Netherlands (Nederland SOVON Vogelonderzoek 2002), the ranges of the estimates applied were narrower than in the Catalan Breeding Bird Atlas 1999-2002.

Taula 2 / Table 2

Codi / Code	A	B	C	D	E	F	G	H
Nombre d'individus / No. of individuals	1-5	6-10	11-50	51-100	101-500	501-1.000	1.001-5.000	5.001-10.000

Codis d'abundància i les seves equivalències quant a nombre d'individus en les estimacions de camp realitzades pels col·laboradors.
Abundance codes and their numerical equivalents for data generated by collaborators' field estimates. Number punctuation according to non-English usage.

novembre-31 de desembre, B: 1 de gener-15 de febrer). No hi havia restriccions quant a les dates sempre que estiguessin dintre de cada període de cens i que entre les prospeccions del primer i del segon període es deixessin transcórrer un mínim de 10 dies. Els dos períodes eren independents i, per tant, al segon període s'havia de començar de zero: efectuar el mateix nombre de censos d'una hora, trobar el màxim nombre d'espècies i estimar-ne abundàncies.

Metodologia de camp

L'objectiu del participant consistia en detectar el màxim nombre possible d'espècies dintre de cada quadrat UTM 10x10 km invertint un nombre d'hores determinat (Taula 2). Per aconseguir-ho havia d'intentar visitar tots els ambients del quadrat que prospectava. Per a cada hora de cens estandarditzat calia d'omplir una llista d'espècies detectades. Podia efectuar els censos en un sol dia o repartir-los en diverses jornades de prospecció. Així mateix, podia visitar més d'una zona en una mateixa hora de cens, neutralitzant el temps invertit en el desplaçament. Seguint aquests directrius, l'observador mateix havia d'escollir les zones on feia els censos.

Aquest procés s'havia de repetir en cadascun dels dos períodes de cens, però no era necessari visitar exactament les mateixes zones. Els censos havien de fer-se sempre sota condicions meteorològiques òptimes o acceptables.

L'observador podia utilitzar telescopi o prismàtics en funció del tipus d'hàbitat i de la seva experiència. El cens crepuscular s'havia d'efectuar en zones on presumiblement es poguessin trobar rapinyaires nocturns. Es va recomanar realitzar els censos a les hores de màxima activitat dels ocells i invertir hores extra per trobar espècies la presència de les quals se sospitava o coneixia, però que no havien estat detectades dintre de les hores de cens, com per exemple els rapinyaires nocturns; en aquest darrer cas, però, les dades eren incorporades com a fora de cens. També es va recomanar en aquest període complementari l'ús de gravacions per detectar espècies difícilment observables o escasses.

Fitxa de quadrat

Al mostratge de quadrat es va recollir tota la informació en fitxes de camp on s'anotaren les dades sobre l'observador, les característiques del mostratge i les espècies detectades (Figura 4). L'organització de la fitxa era la següent:

1. Bloc de dades generals de l'observador i del mostratge. En aquest bloc s'inclouia: 1) la UTM 10x10 km concreta mostrejada, algun municipi de referència i l'any; 2) les dades de contacte de l'observador; 3) les dates i hores de realització de cada cens d'una hora de cadascun dels dos períodes.
2. Resum de la metodologia de mostratge. En aquest bloc s'inclouia un gràfic per facilitar la determinació de l'hora d'inici del cens crepuscular en diferents localitats catalanes distribuïdes en un gradient nord-sud i est-oest.
3. Bloc de dades sobre la presència d'espècies. Aquest bloc contenia una columna amb la llista de les 210 espècies que en aquell moment es va suposar que podrien ser de presència regular a Catalunya a l'hivern. Al final de la columna es van deixar unes files en blanc per ser utilitzades en cas que fos detectada una espècie no inclosa a la llista impresa. Les següents 8 columnes estaven destinades a recopilar les dades de presència recollides en cada hora de cens. A continuació hi havia una columna per a les espècies detectades fora de cens. Finalment, les darreres dues columnes estaven destinades a anotar estimacions poblacionals i coordenades concretes dels punts on es localitzaven determinades espècies. L'estimació poblacional feia referència a una valoració qualitativa del nombre d'exemplars estimat per a tot el quadrat (100 km²), i les coordenades s'anotaven en una resolució d'UTM 1x1 km. Les espècies per a les quals es demanava estimacions poblacionals i coordenades UTM 1x1 km van ser aquelles per a les quals es va preveure que la resta de mostratges no recollirien prou dades per generar mapes d'abundància ni estimacions poblacionals suficientment consistents. En un primer moment, de les 210 espècies anotades a la fitxa, n'hi havia 91 per a les quals es demanava l'estimació poblacional del qua-

To help the interpretation of the population estimates and also the status of wintering trans-Saharan species (e.g. Scops Owl or Pallid Swift), observers were also asked to record the date of the last observation during the first sampling period and the first during the second period of such species (see Timetable).

Timetable

Sampling squares were visited in one winter (Figure 2) during two stipulated periods (period A: November 15-December 31, period B: January 1-February 15). There were no restrictions on the actual dates, although the time elapsing between the first and second periods had to be at least 10 days. The two periods were independent and so the second sampling started from zero; the same number of census hours were employed in each period in finding the maximum number of species and estimating their abundances.

Field methodology

The aim was to detect the maximum number of species within each 10x10 km UTM square by investing a certain number of hours (Table 2). Participants had to try to visit all the habitats present in the surveyed square. For each one-hour standardized census, the species detected were listed. Censuses could be carried out on the same day or spread out over several days. Collaborators could visit more than one area during a given one-hour census, although the time spent travelling from one site to another was neutralised. Following these guidelines, participants had to choose the areas in which to carry out the censuses.

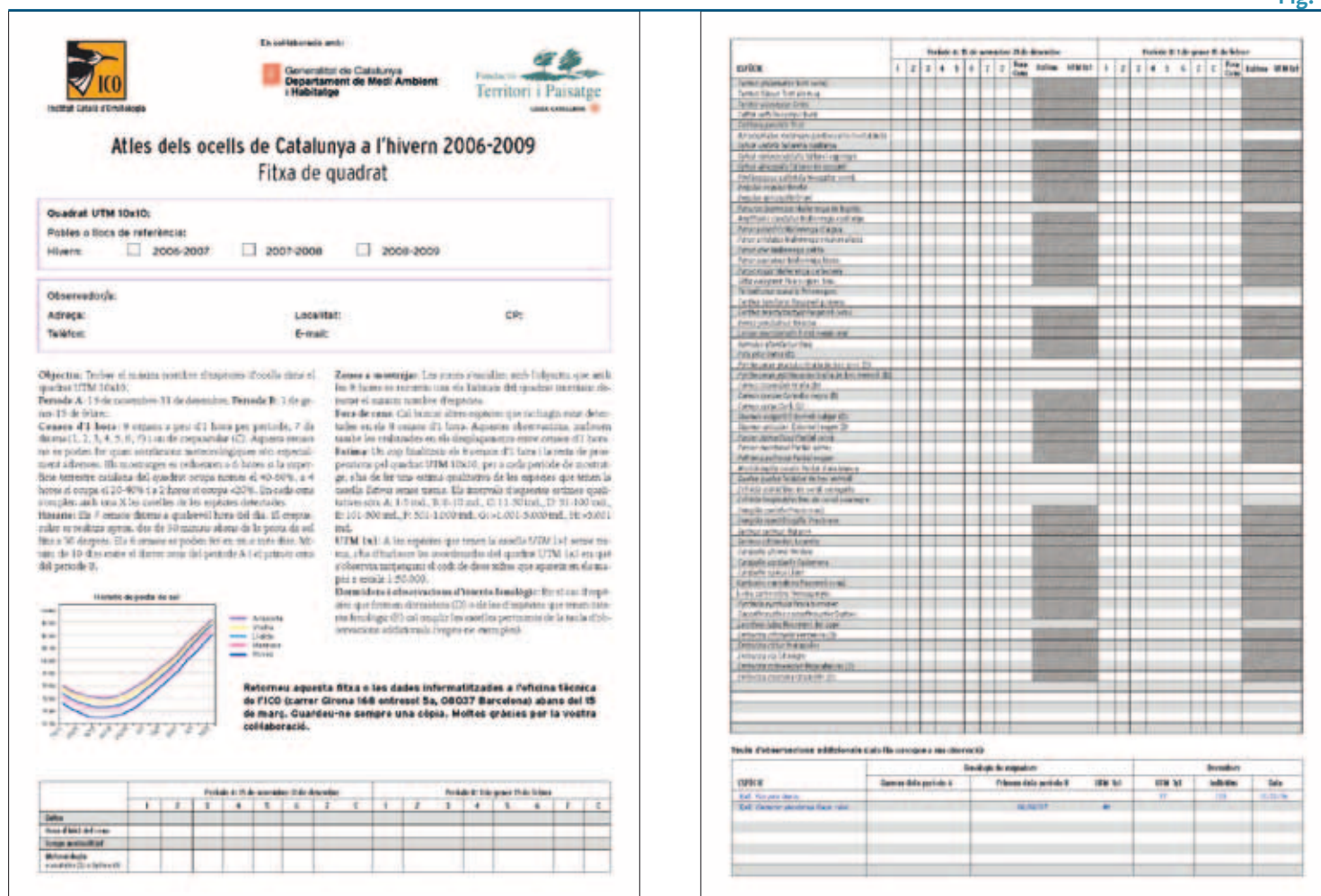
This process was repeated in each of the two census periods, although it was not necessary to visit exactly the same areas both times. The census had always to be conducted under optimal or acceptable weather conditions.

The observers used binoculars or telescopes depending on habitat types and personal experience. The dusk census had to be conducted in areas where nocturnal birds were thought to be present. Conducting censuses during periods of maximum activity of birds and then investing further effort in finding species whose presence was suspected or known (but which had not been detected during the standardised sampling – for example, owls) was encouraged. However, these later findings were always incorporated as being from outside the censuses. The use of recordings of calls to detect rare or cryptic species was also recommended for these non-standardised surveys.

Square sampling data sheet

Information from the square sampling was recorded on data sheets where observers noted the characteristics of the survey and the list of detected species (Figure 4). The organization of the sheet was as follows:

1. *Section for general data on the sample and the observer, including 1) the specific 10x10 km UTM square sampled, the municipality it was in and the year; 2) contact details of the observer; and 3) date and time of completion of each census for each of the two periods.*
2. *Summary of sampling methodology. This section included a chart to help determine the starting time of the dusk census in different areas of Catalonia according to north-south and east-west gradients.*
3. *Section for recording the presence of species. A column with a list of the 210 species assumed to regularly winter in Catalonia was incorporated on the left of the sheet, with at the bottom space for additional species. The next 8 columns were used to annotate the presence of the species in each of the 8 one-hour census. Then, there was a column for species detected outside the censuses. Finally, the last two columns were used to record population estimates and note the coordinates of specific points at which certain species were found. The population estimates represent a qualitative assessment of the number of individuals within the square (100 km²); coordinates were given at a resolution of 1x1 km UTM squares. Population estimates and 1x1 km UTM coordinates were requested for species for which it was anticipated that the rest of the samplings would not gather enough data to generate abundance maps or sufficiently robust population estimates. Initially, of the 210 species included in the list, a population estimate for the square was*



Primera (esquerra) i última pàgines (dreta) de la fitxa de quadrat.
 First (left) and last pages (right) of the square sampling sheet.

drat i 99 per a les quals es demanava les coordenades UTM 1x1 km; però després del primer hivern de mostratges es va fer una revisió dels resultats i se n'hi van incloure 25 més per als dos casos. Per a les espècies detectades no incloses a la llista impresa a la fitxa calia sempre anotar les estimacions i les coordenades.

4. Bloc de dades addicionals. Aquest bloc recollia dos tipus d'informació: 1) Fenologia dels migradors. Per a les espècies les dates de la migració pre-nupcial o postnupcial de les quals podien solapar-se amb les del període d'estudi, com per exemple l'oreneta cuablanca o el colltort, es va demanar la darrera data en què es detectà la seva presència al període A i la primera data en què es detectà al període B, així com les coordenades UTM 1x1 km. 2) Dormidors: per a les espècies de les quals es trobaven dormidors comunals, com per exemple l'estornell vulgar, es va demanar la data de detecció del dormidor, el nombre d'individus que el conformaven i la UTM 1x1 km on es localitzava. Les espècies per a les quals es demanava aquest tipus d'informació s'assenyalaven a la fitxa amb una F o una D (fenologia i dormidor, respectivament) al costat del seu nom a la columna que contenia la llista d'espècies.

Mostratge intensiu

El mostratge intensiu va prioritzar la concentració d'un determinat esforç en una àrea relativament petita de cada quadrat UTM 10x10 km amb el propòsit d'extreure informació precisa sobre l'abundància i la localització dels ocells. Aquesta aproximació va aportar dades particularment útils per a les espècies comunes.

asked for in the case of 91 species; likewise, for 99 species the 1x1 km UTM coordinates were asked for. However, these species lists were reviewed after the first season of sampling and 25 further species were added for the remaining two years. For species detected but not included in the list of species on the sheet, estimates and coordinates were always recorded.

4. Section for additional data. 1) Migratory phenology. For species for which spring or autumn migration dates potentially overlapped with the study period (e.g. House Martin or Wryneck), the last date they were detected in the first sampling period (A) and the first date in the second sampling period (B) were asked for, as well as the 1x1 km UTM coordinates. 2) Roosts. For species such as the European Starling with communal roosts, the date and the UTM 1x1 km location of the roost were asked for, as well as the number of individuals involved. The species for which such information was requested were marked with a capital letter next to their name in the column containing the list of species.

Intensive sampling

The intensive sampling prioritized the concentration of the sampling effort in a relatively small part of the 10x10 km UTM square in order to generate accurate information about the location and abundance of birds. This approach provided particularly useful data for the commoner species.

The intensive sampling adopted the methodology, design and infrastructure of the Catalan Common Bird Survey (SOCC) and was adapted to the requirements of the coverage and spatial representation of the Atles. This decision was taken with the aim of incorporating data from this common bird survey into the

El mostreig intensiu va adoptar la metodologia, el disseny i la infraestructura del Seguiment d'Ocells Comuns de Catalunya (SOCC), i el va adaptar a les necessitats de cobertura i representació espacial de l'Atlas. Aquesta decisió es va prendre amb l'objectiu d'incorporar a l'Atlas el programa de monitoratge d'ocells comuns existent, una mesura emmarcada en la integració als treballs de cartografia dels projectes estandarditzats ja implantats en un territori (e.g. Brotons *et al.* 2007), maximitzant l'ús de les dades dels col·laboradors i minimitzant l'esforç dedicat al disseny i posada en funcionament d'un nou sistema de mostreig. La metodologia de camp del SOCC consistia bàsicament en comptar el nombre d'ocells de cada espècie detectada al llarg d'un itinerari de cens predeterminat d'aproximadament 3 km.

Objectius

El mostreig intensiu de l'Atlas es va implantar per assolir diferents objectius: 1) conèixer la distribució de les espècies, 2) generar mapes d'abundància relativa d'alta resolució, 3) determinar densitats per hàbitat i per rangs altitudinals, 4) obtenir estimacions poblacionals, 5) establir variacions espaciotemporals en l'abundància, i 6) determinar tendències poblacionals.

Disseny

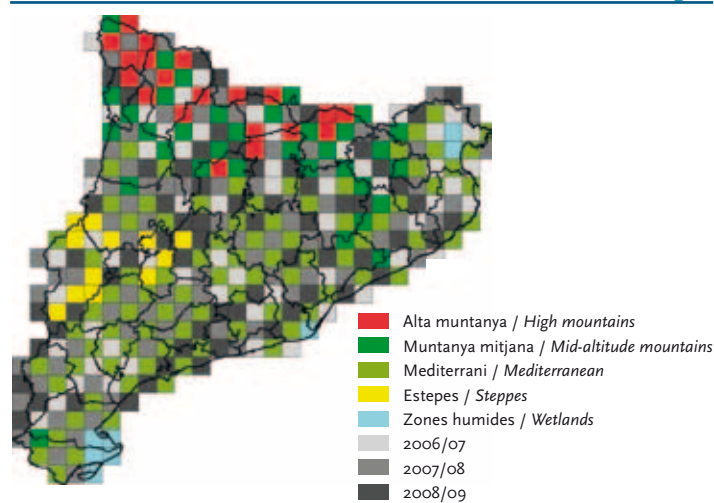
Distribució espaciotemporal dels mostratges

L'adequada distribució espaciotemporal dels mostratges intensius havia de constituir una de les bases per analitzar de forma consistent els canvis en la distribució i abundància de les espècies comunes al llarg del període d'estudi. Per dur-ho a terme, es va escollir novament el quadrat UTM 10x10 km com a unitat bàsica i es va fer una distribució espaciotemporal dels 160 quadrats que es va considerar que calia mostrejar en cadascun dels tres hiverns per assolir els objectius esmentats (ICO 2006). Aquest procediment va consistir en:

1. Estratificació del mostreig. A partir de les dades d'Estrada *et al.* (2004), es van definir 5 factors principals d'acord amb els resultats d'una Anàlisi de Correspondències entre els quadrats UTM 1x1 km i les llistes d'espècies que hi eren presents, factors que es van interpretar com a corresponents als 5 hàbitats principals per als ocells (mediterrani, muntanya mitjana, alta muntanya, zones humides i zones estèpiques). A continuació, cada quadrat UTM 10x10 km de Catalunya es va assignar a un d'aquests 5 hàbitats principals en funció de les espècies presents.
2. Repartiment del nombre de quadrats per mostrejar en cada estrat. En aquest repartiment es va destinar proporcionalment un major esforç en aquells hàbitats principals que ocupaven una superfície més reduïda. Així, es va seleccionar el 100% dels quadrats UTM 10x10 km per a les zones humides (8 quadrats), 86% per a les zones estèpiques (12 quadrats), 45% per a l'alta muntanya (20 quadrats), 40% per a la muntanya mitjana (34 quadrats) i 34% per a la zona mediterrània (86 quadrats).
3. Localització de les unitats per mostrejar per a cada estrat. Es va realitzar una aleatorització, tot imposant com a condició que es minimitzés la selecció de quadrats contigus per tal de maximitzar la representació espacial del mostreig de cada estrat.

Aquests 160 quadrats constituïen la mostra que havia de ser mostrejada tots els hiverns i es van anomenar quadrats prioritaris. A la resta de quadrats se'ls va assignar un determinat hivern de prospecció partint de l'assignació realitzada en el mostreig de quadrat (Figura 5) amb el propòsit de fer coincidir temporalment ambdós mostratges i facilitar així la seva realització simultània. En tot aquest procés de selecció es van descartar els 22 quadrats fronterers i costaners on no hi cabia físicament un transecte SOCC.

Un cop determinada la llista de quadrats UTM 10x10 km per cobrir cada any, es va procedir a la localització concreta dels itineraris dins de cada quadrat. Per fer això es van tenir en compte els requeriments habituals en el disseny d'un itinerari SOCC, com ara que els 3 km de cens siguin el més rectilinis possibles,



Disseny aleatori estratificat del mostreig intensiu de l'Atlas. Les unitats de mostreig en color corresponen als quadrats UTM 10x10 km prioritaris la cobertura dels quals calia realitzar els tres hiverns del període d'estudi, mentre els grisos només s'havien de mostrejar un hivern determinat.

Stratified random design of the intensive sampling. The sampling units in colour correspond to the priority 10x10 km UTM squares that had to be sampled in each of the three winters of the study period, while the grey squares were only sampled in a single given winter.

Atlas and ensured the integration into the mapping of the standardized projects already underway (e.g. Brotons *et al.* 2007), the best-possible use of data from collaborators and a minimization of the effort involved in the design and launch of a new sampling system. The SOCC field methodology consists basically of counts of species detected along a predetermined census route of about 3 km.

Objectives

The intensive sampling of the Atlas aimed: 1) to determine species distribution; 2) to generate fine-grained maps of relative abundance; 3) to determine bird densities according to habitat and altitudinal range; 4) to obtain population estimates; 5) to establish spatiotemporal variations in abundance; and 6) to determine population trends.

Design

Spatiotemporal distribution of sampling

An appropriate spatiotemporal distribution of the intensive sampling was one of the key elements for robust analyses of changes in distribution and abundance in common species found throughout the study period. We again chose 10x10 km UTM squares as the basic sampling unit and a set of 160 of these squares was surveyed in all three years to achieve the objectives described above (ICO 2006). This procedure consisted of:

1. Sampling stratification. From the results of a Correspondence Analysis between UTM 1x1 km coordinates and lists of species found in each square in Estrada *et al.* (2004), we identified 5 major factors corresponding to 5 main habitats for birds (Mediterranean, mid-altitude mountains, high mountains, wetlands and steppes). Each 10x10 km UTM square in Catalonia was assigned to one of these 5 main habitats depending on the species present there.
2. Allocation of the number of squares to be sampled for each habitat type. Proportionally greater effort was dedicated in the main habitats covering a smaller area. Thus, we selected 100% of wetland 10x10 km UTM squares (8 squares), 86% of steppe UTM squares (12 squares), 45% of high mountain UTM squares (20 squares), 40% of mid-altitude mountain UTM squares (34 squares) and 34% of Mediterranean UTM squares (86 squares).
3. Localization of the units to be sampled in each habitat type. We conducted a randomized selection process, imposing as a condition the selection of the

o evitant que el sentit de progressió de l'observador sigui de cara al sol. A més, es va seleccionar l'hàbitat principal que defineix la unitat de mostratge en concret i es va intentar evitar la proximitat d'altres transectes propers.

Les particularitats de cada cas van produir variacions respecte els requeriments generals esmentats i, a títol d'exemple, la longitud dels 499 itineraris censats va ser d'una mitjana de 3.118 ± 287 m (rang: 1.885-4.935 m). Cal dir, però, que aquestes longituds diferents no van suposar un problema destacable per al càlculs posteriors ja que la distància exacta de cada itinerari va ser degudament mesurada i incorporada a les anàlisis de densitats i que aquesta variació no té efectes importants sobre les anàlisis spatiotemporals (vegeu *Anàlisi de dades*).

Temporalització

Els censos havien de fer-se una vegada en cadascun dels dos períodes habituals del SOCC, és a dir, un primer període de l'1 al 31 de desembre i un segon de l'1 al 31 de gener. Tot i que es va recomanar efectuar els censos en la primera meitat de cada període, no hi va haver limitacions quant a les dates sempre que estiguessin dintre del període corresponent i que entre les prospeccions del primer i del segon període es deixessin transcórrer un mínim de 15 dies.

Tot i que hagués estat preferible que els censos es poguessin haver realitzat al llarg de tot el dia per arribar amb temps a zones poc accessibles, augmentar la flexibilitat horària i, fins i tot, permetre que en un mateix dia es fessin dos censos, el resultat de la prova pilot realitzada durant l'hivern 2005/06 va determinar que al matí el nombre d'espècies i de contactes era significativament superior que a la tarda i, per tant, es va optar per fer-los exclusivament al matí (Herrando *et al.* 2006b). En general, els censos es van iniciar a primera hora del dia, però la necessitat de temps suficient per accedir a les zones d'alta muntanya i les freqüents boires matinals de les planes interiors van aconsellar ampliar l'hora d'inici en aquestes àrees fins a les 11 del matí.

Metodologia de camp

L'itinerari SOCC estava format per un transecte lineal d'aproximadament 3 km de longitud, amb una amplada de cens d'1 km a banda i banda de l'eix de l'itinerari i dividit en 6 seccions d'uns 500 m cadascuna. Essencialment, l'objectiu de l'observador consistia en identificar i comptar tots els ocells al llarg del seu itinerari de cens, assignant-los a la secció corresponent. Tot i que al camp els ocells s'anotaven en 6 seccions, a efectes de modelització per crear els mapes d'abundància relativa i per a calcular les densitats es va emprar el tram d'1 km (dues seccions consecutives) com a unitat de treball. En canvi, les anàlisis de variacions spatiotemporals i de tendències utilitzen tot l'itinerari com a unitat de treball (vegeu *Anàlisi de dades*).

Hi va haver dues variants metodològiques en el SOCC: SOCC estàndard i SOCC ampliat. En el SOCC estàndard el col·laborador anotava simplement els ocells detectats a cada secció. En el cas del SOCC ampliat també assignava l'ocell a una banda de distància a l'eix de l'itinerari (0-25 m, 25-100 m o >100 m; Figura 6). La banda assignada corresponia a la distància mínima (la perpendicular) de l'ocell a l'eix de l'itinerari i s'estimava sempre des de la posició on era detectat per primera vegada. És important fer notar que dels objectius abans esmentats, la determinació de la densitat va ser només possible a partir de les dades del SOCC ampliat, raó per la qual es va impulsar l'adopció d'aquesta variant del SOCC entre els participants.

Quant a la durada dels censos, cada transecte havia de ser recorregut a un ritme d'entre 1,2-1,5 km/h, invertint per tant un total de 120 a 150 minuts. Així, per exemple, la durada mitjana dels 2.245 censos complets que es van realitzar va ser de 125 ± 24 min (rang: 49-226 min).

Els censos SOCC es realitzaven amb prismàtics i en condicions meteorològiques favorables. Calia estar molt atent als moviments dels ocells per evitar comptar més d'un cop els mateixos individus. Els ocells en vol s'havien de col·locar dintre de la secció on eren detectats excepte en el cas d'ocells que realment sobrevolaven la zona de cens en trànsit cap a àrees allunyades. Un aspecte particularment difícil en aquests censos hivernals va ser el recompte

minimum number of adjacent squares so as to maximize the spatial representation of sampling in each habitat type.

These 160 squares constituted the sample that was to be surveyed every winter and were named 'priority squares'. The remaining squares were assigned a particular winter based on the allocation made in the square sampling (Figure 5) so that both sampling strategies would coincide, thereby facilitating their simultaneous implementation in the field. Throughout this selection process, 22 squares on the coast or on the administrative borders of Catalonia were discarded because they were too small for a SOCC transect.

Once the list of 10x10 km UTM squares to be surveyed each year was determined, the specific survey routes within each square were designed. To do this, we took into account the usual requirements for a SOCC transect (3 km in length, as straight as possible, and not into the early-morning sun). In addition, we attempted to ensure that the habitats surrounding the route belonged to the main habitat type defined for the square in question and that transects were not too close to each other.

The particularities of each case produced variations in these general requirements and, for example, the length of the 499 survey routes was not constant (average of $3,118 \pm 287$ m; range: 1,885 to 4,935 m). It should be noted, however, that these different lengths did not complicate subsequent calculations since the exact distance of each route was measured and taken into account in the analysis of densities, and had no important effect on the spatiotemporal analysis (see Data analysis).

Timetable

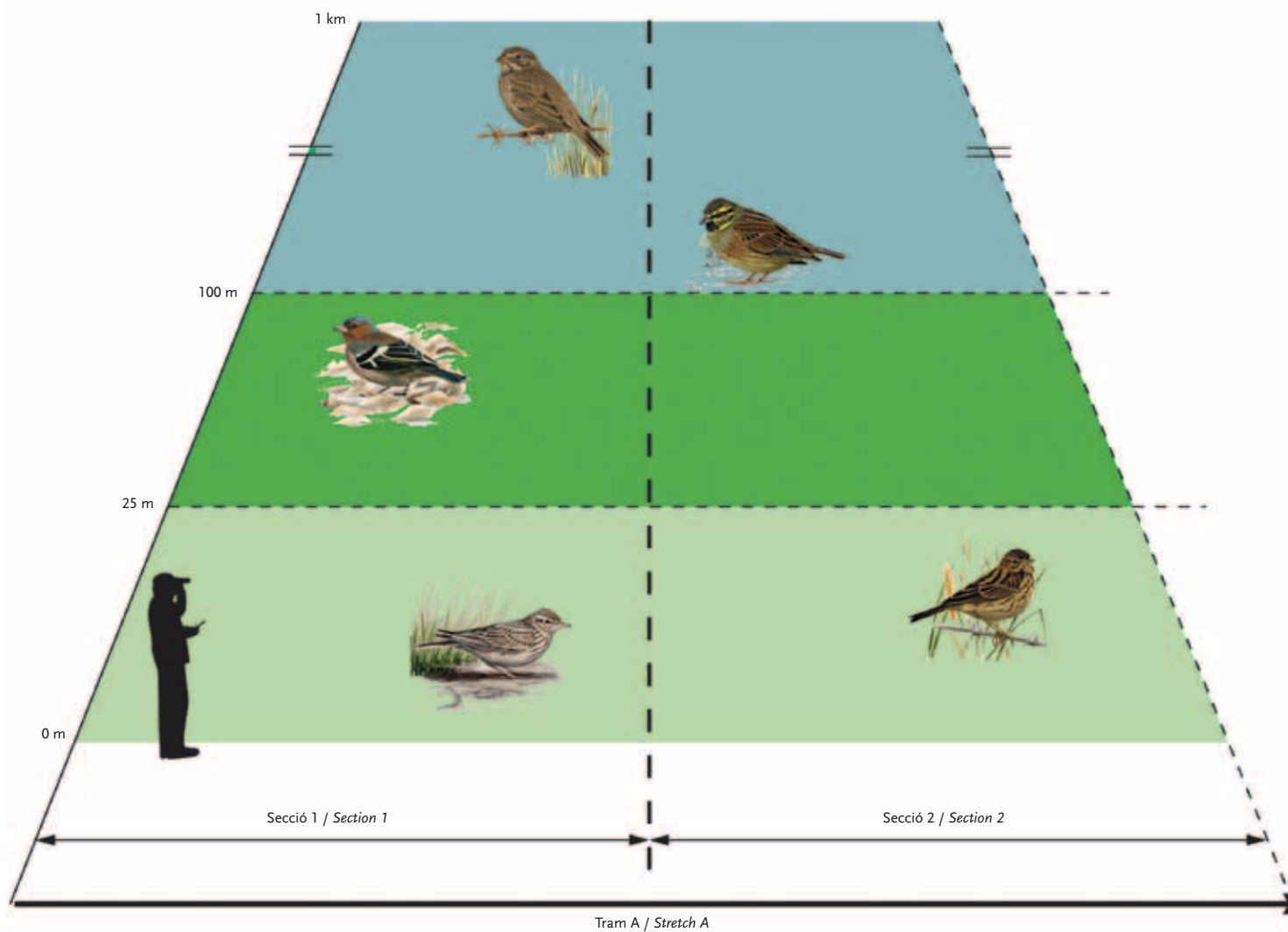
The censuses were carried out once in each of two standard SOCC periods, that is, December 1-31 and January 1-31. Although we encouraged observers to conduct censuses in the first half of each period, there were no limitations with regards to the dates provided that they were performed within the specified period and that a minimum of 15 days elapsed between the first and second periods.

*It would have been preferable to have allowed censuses to be conducted throughout the day, thereby allowing sufficient time to reach inaccessible areas, increasing flexibility and even permitting two censuses to be carried out in a single day. Nevertheless, pilot tests conducted during the winter of 2005/06 determined that the number of species and individuals detected was significantly higher in the morning than in the afternoon (Herrando *et al.* 2006b). Consequently, it was decided to only conduct these surveys in the morning. In general, censuses began early in the day, although starting times in high mountain areas and the foggy inland plains were extended until 11:00.*

Field methodology

The SOCC survey consisted of a linear transect of about 3 km in length and a width of 1 km on both sides of the axis of the route, which was divided into 6 discrete sections of 500 m each. Essentially, the observer aimed to identify and count all the birds along the route and assign them to the appropriate section. Although birds were assigned to one of the 6 sections, a stretch of 1 km (two consecutive sections) was used as a working unit for the relative abundance maps and for calculating bird densities. By contrast, analyses of spatiotemporal variations and analyses of trends used the entire survey route as a working unit (see Data analysis).

Two types of SOCC methodology were employed: the Standard and Expanded SOCCs. In the Standard SOCC, collaborators simply noted the birds detected along each section, while in the Expanded SOCC observers also assigned birds to a distance band (0-25 m, 25-100 m or >100 m, Figure 6). The assigned band corresponded to the minimum (perpendicular) distance between the route and the bird and was always estimated from the position where it was first detected. It is important to note that, of the above-mentioned objectives, the determination of densities was only possible using data from the Expanded SOCC and for this reason participants were encouraged to adopt this variant of the SOCC.



Esquema d'un dels tres trams de l'itinerari SOCC. Cada secció mesurava 500 m i cada tram estava format per dues seccions consecutives. En el cas del SOCC estàndard s'anotaven simplement els ocells detectats a cada secció, mentre en el SOCC ampliat, a més, cada ocell detectat s'assignava a una de les tres categories de distància (bandes de 0-25 m, 25-100 m i >100 m) que es mostren a l'esquema.

Design of one of the three stretches of a SOCC route. Each section measures 500 m and each stretch consists of two consecutive sections. In the case of the Standard SOCC birds are simply assigned to a particular section, while in the Expanded SOCC each bird is also assigned to one of the three distance categories (0-25 m, 25-100 m and >100 m) shown in the scheme.

d'individus en grans estols; si els ocells no es podien comptar un a un s'havia d'estimar una xifra el més propera possible a la realitat.

Fitxes del mostreig intensiu

Les fitxes emprades en el mostreig intensiu van seguir els models habituals per al SOCC estàndard i ampliat (Figura 7). L'organització bàsica de les fitxes eren les següents:

1. Bloc de dades generals. La fitxa dels dos models del SOCC constava d'una taula de capçalera que recollia la següent informació: 1) dades personals de l'observador, 2) referència de la unitat de mostreig: codi, nom de l'itinerari i UTM 10x10 km, 3) referència temporal: data i període de cens; hora inicial i final del cens i (en cas que fos necessari) temps neutralitzat, 4) condicions meteorològiques mitjanes del cens: temperatura, vent, núvolositat, pluja i visibilitat, 5) observacions sobre l'itinerari o la realització del cens, i 6) llista d'espècies detectades fora de cens.
2. Bloc de dades sobre la detecció i comptatge d'espècies. La taula estava estructurada en 8 columnes bàsiques: la primera corresponia a les espècies detectades, les 6 següents al nombre d'individus de cada espècie comptats en cadascuna de les 6 seccions de l'itinerari i la darrera als individus que sobrevolaven l'itinerari. En el cas del SOCC ampliat cada fila estava

Each transect was walked at a speed of between 1.2 to 1.5 km/h and took a total of 120-150 minutes. The average duration of the 2,245 censuses conducted during the study period was 125 ± 24 min (range: 49-226 min).

SOCC censuses were carried out with binoculars and under favourable weather conditions. Observers had to be aware of birds' movements to avoid double counts. Birds in flight were placed within the section within which they were detected except in the case of birds that actually flew over and out of the census area. A particularly difficult aspect in the winter censuses was counting individuals within large flocks; if birds cannot be counted exactly, an estimated figure was recorded.

Intensive sampling data sheets

The data sheets used in the intensive sampling were similar to the models for the Standard and Expanded SOCCs (Figure 7). The basic organization of the sheets was as follows:

1. Section for general data. The data sheets for the two types of SOCC were headed with a table that included the following: 1) personal data of the observer; 2) reference information for the sampling unit: code, name of the route and 10x10 km UTM square; 3) time: date and census period, starting and finishing time of the census, as well as (if necessary) time

The figure shows two versions of a field data collection form for bird censuses in Catalonia. The left version is the standard form, and the right version is an expanded form. Both forms include sections for observer information, weather conditions, and a table for recording species counts across different distance bands.

Standard version (left): Titled "ATLES DELS OCELLS DE CATALUNYA A L'HIVERN 2006-2009 Seguiment d'Ocells Comuns a Catalunya (socc) Primer cens d'hivern (1 - 31 de desembre)". It includes fields for observer name, address, phone, locality, email, and CP. It also has fields for date, start and end times, and weather conditions (temperature, wind, cloud, rain, visibility). A table records species counts across six distance bands (Secció 1 to Secció 6) and a total count. An example row shows "Ex: E. rubecula" with counts of 5, 3, 12, 8, 13, and a total of 33.

Expanded version (right): Titled "ATLES DELS OCELLS DE CATALUNYA A L'HIVERN 2006-2009 Seguiment d'Ocells Comuns a Catalunya (socc) - SOCC ampliat". It includes the same fields as the standard version but with additional options for "1r cens de nidificants" and "2n cens d'hivern". The table for species counts is more detailed, with sub-columns for "marcs" (marks) and "voladors" (flying) for each distance band.

Primera pàgina de la fitxa del mostreig intensiu. Versió estàndard (esquerra) i ampliada (dreta).
First page of the intensive sampling sheet. Standard version (left) and Expanded version (right).

subdividida en tres, corresponents a les tres bandes de distància definides. Tot i que al SOCC de primavera es diferenciaven mascles de la resta de contactes, a l'hivern no es feia aquesta distinció.

Mostratge d'ocells marins des de la costa

Si bé durant la temporada de nidificació el mostreig terrestre és suficient per determinar la presència d'ocells reproductors, a l'hivern moltes espècies marines es troben sempre al mar, sovint a la zona propera a la línia de la costa. Per aquesta raó en aquest Atlas es va considerar necessari desenvolupar una metodologia específica per mostrejar els ocells marins de la costa.

Objectius

El mostreig d'ocells marins es va desenvolupar per: 1) poder elaborar mapes d'abundància relativa de les espècies marines al litoral català, 2) establir variacions temporals en la seva abundància, i 3) determinar l'estimació poblacional de les espècies marines dins la zona propera a la línia de costa. A més, també han estat d'utilitat per produir mapes de presència a resolució UTM 10x10 km, així com en els models d'abundància d'algunes espècies no marines que es troben també a la façana litoral.

Disseny

Distribució espaciotemporal dels mostratges

Aquest mostreig es va realitzar mitjançant comptatges des d'estacions fixes distribuïdes de manera uniforme al llarg de tot el litoral de Catalunya. En

neutralized; 4) overall weather conditions during the census: temperature, wind, cloud, rain and visibility; 5) observations regarding the state of the route and the completion of census; and 6) list of species detected outside the census.

2. Section for the detection and counting of species. The table was divided into eight main columns: the first corresponded to the species detected, the following six to the number of individuals of each species counted in each of the six sections of the route, and the last to individuals flying over the route. In the case of the Expanded SOCC each row was subdivided into three cells corresponding to the three distance bands. Although during the SOCC censuses conducted in the breeding season males were differentiated from other contacts, in winter this distinction was not made.

Coastal sampling of seabirds

During the breeding season terrestrial sampling is sufficient to determine the presence of breeding seabirds. However, in winter many marine species do not come inland and are always found at sea, although often near the coast. For this reason we decided to develop a specific methodology for sampling marine birds off the Catalan coast.

Objectives

Sampling seabirds was developed 1) to produce maps of relative abundance of marine species along the Catalan coast; 2) to establish temporal variations in abundance; and 3) to estimate populations of marine species within the area near the coastline. As well, this sampling enabled us to draw the 10x10 km maps

total es van distribuir 90 punts de mostratge separats uns 5 km entre si i, com en el mostratge de quadrat, es va censar aproximadament una tercera part d'aquests punts cada hivern. La selecció de l'hivern en què s'havia de fer el mostratge va ser aleatòria, tot minimitzant el contacte entre punts d'un mateix hivern (Figura 8).

Un cop al camp, la ubicació concreta del punt de cens es podia realitzar dins d'un marge d'1 km a banda i banda del punt predeterminat en el disseny per tal de tenir un accés adient i disposar d'una bona visibilitat. Per optimitzar la visibilitat, quan era possible, el punt de cens havia d'estar ubicat en un indret lleugerament enlairat i prominent de la costa.

Temporalització

Es va fer un cens en cada punt per a cadascun dels dos períodes de cens, com en el cas dels mostratges intensius, una vegada al desembre i una al gener. No hi havia limitacions quant a les dates sempre que estiguessin dintre del període de cens i que entre les prospeccions del primer i del segon període es deixessin transcórrer un mínim de 15 dies.

El comptatge s'havia de realitzar durant les hores en què la posició del sol no suposés un impediment per a l'observador. A la major part del litoral aquestes condicions de visibilitat es donen entre les 14:00 i les 16:00 hores. Durant aquestes hores l'activitat de moltes de les espècies és encara òptima per realitzar el cens. Tanmateix, l'observador podia modificar aquest horari per adaptar-se a les condicions particulars de la seva estació de cens.

Metodologia de camp

La metodologia de cens va consistir en identificar i comptar tots els ocells que es detectessin (en vol, parats o nedant) des del punt de cens, tant al mar com a l'estricta línia de costa. Aquest comptatge durava en total 60 minuts, subdividits en 6 rèpliques consecutives de 10 minuts. Per a cadascuna d'aquestes rèpliques es feia un recompte independent d'ocells. En cas que no fos possible comptar un a un els ocells presents, calia fer una estima el més acurada possible del nombre d'exemplars. Els censos s'havien de realitzar obligatòriament amb telescopi i condicions meteorològiques favorables.

Fitxa del mostratge d'ocells marins des de la costa

La fitxa emprada en el cens d'ocells marins des de la costa estava organitzada de la següent manera (Figura 9):

1. Bloc de dades generals de l'observador i del mostratge. Aquest bloc constava de 4 taules que recollien la següent informació: 1) referència de la unitat de mostratge: codi, nom i municipi del punt de cens i les seves coordenades UTM amb una precisió de metre, 2) dades personals de l'observador, 3) condicions meteorològiques mitjanes del cens: temperatura, vent, cel, pluja i visibilitat, i 4) referència temporal per a cada període: dates i hores inicial i final de cadascun dels 6 comptatges de 10 minuts, i temps neutralitzat en cas d'interrupció del cens.
2. Resum de la metodologia de mostratge.
3. Bloc de dades sobre la detecció d'espècies. Aquest bloc de la fitxa contenia una primera columna amb la llista de les 35 espècies que es van considerar de presència regular a la costa catalana a l'hivern. A continuació hi havia les caselles per anotar el nombre d'individus detectats en cadascun dels 6 censos de 10 minuts i la presència d'espècies detectades fora de cens. Es van deixar files en blanc per ser utilitzades en cas que fos detectada una espècie no inclosa a la llista.

Mostratge complementari

Com el seu nom indica, el mostratge complementari representa un complement a la resta de mostratges. No estava sotmès a cap control de l'esforç i qualsevol dada de presència que no provingués dels altres mostratges es va considerar complementària. L'únic requeriment demanat era que les observacions fossin realitzades en algun dels dos períodes d'estudi del projecte (15 de novembre a 31 de desembre i 1 de gener a 15 de febrer) i estiguessin



Disseny espaciotemporal del mostratge d'ocells marins en cadascun dels tres hiverns d'estudi. Spatiotemporal design of the seabird sampling in each of the three winters of the study period.

of presence/absence and of abundance patterns of some non-marine species also found along the Catalan coast.

Design

Spatial distribution of sampling

This sampling was performed using counts from fixed stations distributed uniformly along the entire Catalan coast. Altogether, 90 sampling points were established at 5-km intervals and, as in the UTM square samples, approximately a third of these points were surveyed each winter. The selection of the winter sampling points was done at random, although contact between points in the same winter was kept to a minimum (Figure 8).

In the field, the actual location of the census point could be up to 1 km away from the chosen sampling point so as to allow observers the possibility of finding sites with good access and visibility. Wherever possible, censuses were conducted from prominent, slightly raised sites.

Timetable

As in the case of the intensive sampling, a census was taken at every point during the two annual census periods, December and January. There were no limitations regarding dates, provided that they fell within the census period and there was an interval of at least 15 days between the two census days.

Counts were performed when the sun's position was not a hindrance, mainly between 14:00 and 16:00. During this period many species are still very active, although observers were allowed to modify this schedule to suit the particular conditions of the census point.

Field methodology

The census methodology aimed to identify and count all birds detected (flying, resting or swimming) from the survey point, both at sea and along the coastline. Counts lasted 60 minutes in all, divided into 6 consecutive 10-minute replicas. For each of these replicas, independent counts of birds were made. If it was not possible to count the birds present individually, an estimate of the number of birds present was made. Observers had to use telescopes and conduct counts under favourable weather conditions.

Data sheet for seabirds

The data sheet used in the census of seabirds from the land was designed as follows (Figure 9):

1. Section for general data on the sample and observer consisting of 4 tables for the following information: 1) the reference unit for the sample: code, name

l'hivern a Catalunya. Finalment, també s'han afegit a l'Atlas les dades de molts treballs sobre espècies concretes, reculls ornitològics, dades de centres de recuperació de fauna o estadístiques de caça.

Censos d'ocells aquàtics hivernants

Als anys seixanta del segle xx, a Europa i en uns pocs països de l'Àfrica i de l'Àsia es va iniciar un projecte internacional de censos d'ocells aquàtics impulsat i coordinat per Wetlands International. La realització d'aquests recomptes s'ha estès per tot el món i avui dia els resultats que es generen a Catalunya són coordinats amb els de més de 100 països que en total censen més de 30 milions d'ocells cada any. Al nostre país els censos d'ocells aquàtics es van iniciar l'any 1972 al delta de l'Ebre i la seva cobertura s'ha anat ampliant fins a abastar la major part dels ambients humits del territori (Figura 10), tot constituint un dels principals programes de seguiment de fauna del país.

Hi ha diferents raons per censar els ocells aquàtics. Unes es deriven de la necessitat d'avaluar el volum i característiques del contingent d'ocells que passen l'hivern a les nostres contrades i contribuir al coneixement de les tendències poblacionals totals de les diferents espècies. Cal tenir en compte que, a nivell global, les espècies d'ocells aquàtics són majoritàriament migradores i durant els mesos freds es concentren en unes poques localitats fàcils de censar, mentre les seves poblacions nidificants es localitzen sovint en àrees de distribució molt extenses i, per tant, difícils de censar. Altres raons estan lligades al coneixement dels canvis en l'avifauna que hiverna a cadascuna de les localitats on es fa el cens.

Tot i que a ningú se li escapa la inicial relació d'aquests censos amb la necessitat de comptar les espècies cinegètiques per després estudiar les tendències dels seus contingents, a nivell global, els resultats dels censos hivernals internacionals d'ocells aquàtics també han estat emprats per a la designació de gairebé la meitat de les 1.897 zones Ramsar que hi ha als 160 països signataris d'aquesta convenció (www.ramsar.org). Així mateix, aquestes informacions han estat útils per a l'establiment de la xarxa d'àrees importants per als ocells (IBAs) i, en conseqüència, de la xarxa natura 2000 a Europa. Tota aquesta informació és considerada oficial i serveix per a l'establiment de programes d'actuació, l'avaluació d'espècies cinegètiques i protegides, la redacció del llibre vermell de l'UICN o la prevenció de la grip aviar.

L'organització del cens hivernal a Catalunya corre a càrrec del Servei de Protecció de la Fauna, Flora i Animals de Companyia del Departament de Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural i la seva realització emana d'allò que determina la Llei 42/2007, de 13 de desembre, del Patrimoni Natural i la Biodiversitat. En col·laboració amb la xarxa de Parcs Naturals de la Generalitat, el cos d'agents rurals i diferents ONGs del territori, així com de voluntaris individuals, el cens representa un esforç comú d'un volum considerable de personal per tal de fornir uns resultats oficials i públics, reflex de les poblacions d'ocells hivernants a Catalunya.

Com a exemple, els 448.570 ocells aquàtics i marins detectats el 2009 van ser censats per 323 col·laboradors diferents. D'aquests, el 62% només va cobrir una localitat i un 26% dues, fet que ens mostra l'especialització requerida en el coneixement del territori. Col·laboradors que fessin més de dues localitats van ser només 28, dels quals 6 van fer-ne fins a 11 de diferents.

Objectius

L'objectiu principal d'aquest cens hivernal és determinar de la forma més acurada possible la població hivernal de les espècies d'ocells associats a les localitats censades. Les dades recollides al camp són essencialment numèriques i s'associen al lloc on s'efectua el cens. La precisió dels resultats ve relacionada amb la tipologia de cens efectuat (Taula 3), si bé sempre s'han d'entendre els resultats com a estimacions mínimes de les poblacions presents a les zones censades.

Un segon objectiu és l'obtenció de tendències a llarg termini per a aquestes espècies aquàtiques. Tot i que d'algunes espècies es recullen dades absolutes (nombre d'exemplars observats durant el dia de cens a la localitat selecciona-

Complementary sampling sheets were prepared, which consisted of a simplified data sheet for each period with a species list and the 1x1 km UTM coordinates. In addition, this data sheet also contained a table for recording additional observations (phenology and roosts, see Square sampling data sheet).

Non-specific sampling of the Atlas

When designing the sampling methodology, all the other projects monitoring wintering birds in Catalonia were evaluated to avoid duplicating efforts and to be able to integrate their results - if relevant - into this new atlas. Of these projects, the most important are the International Wintering Waterbird Censuses and the seabird census over the continental shelf coordinated, respectively, by the Department of Agriculture, Livestock, Fisheries, Food and Natural Environment and SEO/BirdLife. These projects provided adequate cover of important groups such as aquatic birds (ducks, waders, etc.) and open water seabirds (shearwaters, skuas, etc.). In addition, the Atlas also incorporates data from the Catalan Ringing Office, which helped determine the origin of birds that spend the winter in Catalonia. Finally, a lot of data from different works on specific species, ornithological yearbooks and data from wildlife recovery centres and hunting statistics were also incorporated.

Censuses of wintering waterbirds

in 1960s in Europe and in a few countries in Africa and Asia an international waterbird monitoring project, promoted and coordinated by Wetlands International, was set up. These counts are now carried out worldwide and the results generated in Catalonia are coordinated with those from more than 100 countries that annually monitor in total over 30 million birds. In our country waterbird censuses began in 1972 in the Ebro delta and their coverage has expanded to encompass most of the region's wetlands (Figure 10); today they represent one of Catalonia's most important wildlife monitoring programmes.

There are several good reasons for counting waterbirds, some of which arise from the need to assess the volume and characteristics of birds that spend the winter in our region and thereby contribute to the understanding of the trends in the overall populations of different species. Generally, most aquatic birds are migratory and during the cold months are concentrated in just a few easy-to-count sites; by contrast, nesting populations often extend over wide areas and are therefore difficult to census. Other important reasons include the importance of understanding the changes in the avifauna that winters at each of the census localities.

Although everyone is aware of the initial link between these censuses and the need to study trends in game species, globally the results of international winter waterbird censuses have also been used in the designation of almost half of the 1,897 Ramsar sites in the 160 countries that are signatories to this convention (www.ramsar.org). Furthermore, such information has been useful for establishing a network of important areas for birds (IBAs) and consequently the Natura 2000 network in Europe. All this information is considered official and can be used in establishing action programmes, assessing protected and game species, publishing the IUCN Red Books and in the prevention of bird flu.

The organization of the winter census is the responsibility in Catalonia of the Wildlife, Plants and Pets Protection Service of the Department of Agriculture, Livestock, Fisheries, Food and Natural Environment (Law 42/2007, December 13, on Natural Heritage and Biodiversity). Natural parks, rangers and NGOs, as well as individual volunteers, all collaborate in a census that represents a joint effort by a significant amount of people, and the official results are an excellent reflection of the populations of wintering birds in Catalonia.

The 448,570 marine and aquatic birds detected in 2009 were counted by 323 different contributors. Of these, 62% covered only one locality and 26% covered two, which shows the degree to which specialised knowledge of the territory is required. Only 28 collaborators surveyed more than two localities, 6 of whom censused up to 11 sites.

da), en d'altres, a causa de les particularitats de l'espècie (amagadissa, pelàgica...), de l'hàbitat (canyissars densos, mar obert) o de la poca representativitat de les localitats censades sobre el total de l'àrea de distribució de l'espècie, les dades obtingudes tenen un valor relatiu com a estimació poblacional. En aquests casos, aquests valors poden resultar útils per a la comparació interanual entre àrees tenint en compte la intensitat de mostreig i la seva cobertura (e.g. Gutiérrez 1988, 1994).

De manera específica per aquest Atlas, les dades dels censos d'ocells aquàtics s'han utilitzat per aconseguir els següents objectius:

1. Determinar de manera acurada la distribució geogràfica de moltes espècies aquàtiques, tot cobrint quadrats UTM 10x10 km on la resta de mostres no havia aportat evidències de la presència de l'espècie.
2. Generar mapes d'abundància aprofitant la bona cobertura espacial del cens i els valors absoluts obtinguts. En aquest sentit, les dades aportades pels censos d'ocells aquàtics s'han utilitzat per generar els mapes d'abundància en aquelles espècies localitzades exclusivament en grans espais humits (e.g. l'ànc cuallarg o el tètol cuabarrat), o s'han combinat amb les del SOCC per generar mapes d'espècies lligades al medi aquàtic però amb una àmplia distribució territorial. Aquest va ser el cas del berrat pescaire, l'esplugabous, el gavià argentat, la gavina riallera i el corb marí gros.
3. Estimar la població hivernant en les espècies per a les quals aquest mostreig cobreix totalment (o pràcticament del tot) la seva població hivernal a Catalunya (categoria *** de la Taula 3).
4. Establir les variacions temporals en el període d'estudi (hiverns 2006/07, 2007/08 i 2008/09).
5. Determinar tendències temporals utilitzant només les dades d'aquelles localitats amb una sèrie temporal prou llarga.

Disseny

Distribució espaciotemporal

Els censos d'ocells aquàtics es reparteixen per tot el territori amb l'objectiu de cobrir de manera exhaustiva les principals zones humides i masses d'aigua de gran entitat i/o particular interès per als ocells aquàtics (Figura 10). D'aquesta manera, durant el període Atlas es van censar un total de 147 localitats, 59 d'elles a les comarques de Barcelona, 28 a les de Girona, 42 a les de Lleida i 18 a les de Tarragona, 85 de les quals es van cobrir els tres hiverns d'estudi, 39 dos, i 23 només un d'ells. Només àrees interiors sense importants masses d'aigua com ara el Priorat, la Conca de Barberà i zones properes no quedaren cobertes al cens. Per tant, aquests censos presenten una alta representativitat

Fig. 10



Localitats on es van realitzar els censos d'ocells aquàtics hivernants durant el període Atlas. En total es van mostrejar 1.742 quadrats UTM 10x10 km.
Localities where wintering waterbird censuses were conducted during the study period. A total of 1,742 10x10 km UTM squares were sampled.

Objectives

The main objective of this winter census is to determine as accurately as possible the winter population of the different bird species found in the census localities. The field data are essentially numerical and linked to the place where the census is performed. The accuracy of the results is associated with the type of census conducted (Table 3) and these should be taken as minimum estimates of the populations present in the census areas.

A second goal is the obtaining of long-term trends for certain aquatic species. Although for some species absolute data are collected (number of individuals observed during the census day at the selected location), when the particularities of the species (elusiveness, pelagic ...), the habitat (dense reed beds, open waters) and the low representativity of the censused localities as a proportion of the total range of the species are taken into account, the data obtained clearly only have a relative value as population estimates. Nevertheless, the resulting values are useful for yearly comparisons between areas if the sampling intensity and coverage are maintained (e.g. Gutiérrez 1988, 1994).

For the Atlas, data from these waterbird censuses were used to fulfil the following objectives:

1. Determine accurately the geographical distribution of many aquatic species by providing data from 10x10 km UTM squares in which the other sampling methods had not detected the presence of the species.
2. Generate abundance maps as a result of the good spatial coverage of the censuses and the absolute values obtained. The data provided by these waterbird censuses have been used to generate maps of abundance for those species localized exclusively in large wetlands (e.g. Pintail and Black-tailed Godwit) or, combined with SOCC data, to generate maps for species linked to aquatic environments but with a wider range. This is the case of Grey Heron, Cattle Egret, Yellow-legged and Black-headed Gulls, and Great Cormorant.
3. Estimate the wintering population of species for which these counts encompass completely (or practically) their whole winter population in Catalonia (*** category in Table 3).
4. Establish temporal variations during the study period (winters of 2006/07, 2007/08 and 2008/09).
5. Determine temporal trends using data from localities with a sufficiently long time series.

Design

Spatial distribution

The waterbird censuses are conducted throughout the whole of Catalonia and cover comprehensively all the major wetlands and water bodies and/or those of particular interest for aquatic birds (Figure 10). Thus, during the study period a total of 147 locations were censused, 59 in Barcelona province, 28 in Girona, 42 in Lleida and 18 in Tarragona; 85 sites were censused in all three winters, 39 in two winters and 23 in only one. Only inland areas without major water bodies such as El Priorat and La Conca de Barberà and surrounding areas were not covered during the censuses. These censuses provide a reliable representation of numbers of gregarious and strictly aquatic species. Data for species such as Lapwing or Stone Curlew that are also distributed in agricultural areas or for those linked to rivers (and not necessarily the main water courses) are only representative of the areas actually visited. Nevertheless, the data obtained are a key point of reference for wildlife management in Catalonia in the winter and constitute a very useful tool in estimating population trends over time.

Species sampled

Traditionally, the species recorded are ducks and related species, and waders. However, other species such as herons, cormorants and, in some places, gulls are also often counted (e.g. Tellería 1987). Nevertheless, over the last 20 years other groups of waterbirds (and other species found in these habitats) have been incorporated into these censuses. This is even the case of species that are not strictly aquatic but are present in surveyed areas (e.g. diurnal and,

Taula 3 / Table 3

Família-espècie Family-species	Horari Time	Qualitat Quality
<i>Anatidae</i>	Diürn/Diurnal	***
<i>Gaviidae</i>	Diürn/Diurnal	**
<i>Podicipedidae</i>	Diürn/Diurnal	***
<i>Procellariidae</i>	Diürn/Diurnal	*
<i>Hydrobatidae</i>	Diürn/Diurnal	*
<i>Sulidae</i>	Diürn/Diurnal	*
<i>Phalacrocoracidae</i>	Vespertí/Evening	***
<i>Ardeidae</i>	Vespertí/Evening	***
<i>Ardea cinerea</i>	Diürn/Diurnal	**
<i>Ciconidae</i>	Diürn/Diurnal	***
<i>Plegadis falcinellus</i>	Diürn/Diurnal	***
<i>Platalea leucorodia</i>	Diürn/Diurnal	***
<i>Phoenicopteridae</i>	Diürn/Diurnal	***
<i>Accipitridae</i>	Diürn/Diurnal	*
<i>Circus sp.</i>	Vespertí/Evening	***
<i>Pandionidae</i>	Diürn/Diurnal	***
<i>Falconidae</i>	Diürn/Diurnal	*
<i>Rallidae</i>	Diürn/Diurnal	*
<i>Fulica atra</i>	Diürn/Diurnal	***
<i>Gruidae</i>	Diürn/Diurnal	***
<i>Haematopodidae</i>	Diürn/Diurnal	***
<i>Recurvirostridae</i>	Diürn/Diurnal	***
<i>Burhinidae</i>	Diürn/Diurnal	*
<i>Charadriidae</i>	Diürn/Diurnal	***
<i>Vanellus vanellus</i>	Diürn/Diurnal	**
<i>Pluvialis apricaria</i>	Diürn/Diurnal	**
<i>Scolopacidae</i>	Diürn/Diurnal	***
<i>Gallinago gallinago</i>	Diürn/Diurnal	**
<i>Stercorariidae</i>	Diürn/Diurnal	*
<i>Laridae</i>	Vespertí/Evening	***
<i>Sternidae</i>	Diürn/Diurnal	**
<i>Alcidae</i>	Diürn/Diurnal	*
<i>Strigidae</i>	Diürn/Diurnal	*
<i>Alcedo atthis</i>	Diürn/Diurnal	*
<i>Luscinia svecica</i>	Diürn/Diurnal	*
<i>Cettia cetti</i>	Diürn/Diurnal	*
<i>Cisticola juncidis</i>	Diürn/Diurnal	*
<i>Acrocephalus melanopogon</i>	Diürn/Diurnal	*
<i>Remiz pendulinus</i>	Diürn/Diurnal	*
<i>Emberiza schoeniclus</i>	Vespertí/Evening	*

Famílies i espècies censades durant el cens hivernal d'ocells aquàtics a Catalunya. Qualitat mostra amb un índex de * a *** la representativitat dels resultats del cens respecte al nombre total d'exemplars present en les zones cobertes pel mostratge.

Families and species recorded during the wintering waterbirds censuses in Catalonia. Quality is shown by an index of the representativeness of the sampling results, from * to ***, according to the total number of individuals present in the areas covered by the sampling technique.

quant a les espècies més gregàries i estrictament aquàtiques. Altres que es poden distribuir també per espais agrícoles com ara fredelugues o torlits, així com les lligades als rius (no necessàriament principals) presenten nombres representatius únicament de les àrees censades, si bé el conjunt de dades fornides pel cens representen un conjunt únic, de referència obligada per a la gestió de la fauna a Catalunya durant la temporada hivernal i molt útils en l'estimació de les seves poblacions i en l'avaluació de les seves tendències temporals.

Espècies mostrejades

Tradicionalment les espècies censades han estat els ànecs i similars, i els limícoles. Tot i així, sovint també s'han comptabilitzat els ardeids, els corbs marins i, segons on, els làrids (e.g. Tellería 1987). No obstant això, en els darrers 20 anys s'ha anat mirant d'incorporar altres grups també d'ocells aquàtics o lligats al medi aquàtic. Aquest és fins i tot el cas d'espècies no estrictament aquàtiques però presents a les zones de cens, com ara rapinyaires diürns (i secundàriament nocturns) (e.g. Gutiérrez 1994). D'acord amb el grup que es considera, els resultats són més acurats i representatius del valor total absolut. En altres, el que s'obté és un valor relatiu, útil per a comparacions interanuals aplicant la mateixa metodologia (Taula 3).

Determinació de l'horari i les dates de realització dels censos

Els censos es realitzen la primera quinzena de gener atenent als ritmes migratoris dels ocells que vénen a hivernar a l'Europa meridional, ja que és en aquest període quan la mobilitat associada als desplaçaments migratoris hivernals és menor (Tellería 1986). La relativa manca de bescanvi entre les localitats triades per a la hivernada per les diferents espècies durant aquest període facilita a priori la minimització d'errors de recompte associats a eventuais repeticions d'estocs d'ocells que en altres moments podrien desplaçar-se entre localitats en lapsos molt curts de temps. En aquest sentit, evitar o controlar el bescanvi d'exemplars i estocs entre localitats properes al llarg del dia és bàsic als efectes d'efectuar el recompte en el moment de mínim moviment i màxima agregació, el qual depèn de les característiques comportamentals de cadascuna de les espècies. Això s'aconsegueix amb una màxima simultaneïtat en els recomptes, si més no de les localitats properes, i amb la coordinació entre equips de cens dins una mateixa àrea, anotant fluxos i comentant, sovint en directe via telefònica o amb ràdio, els recomptes de les diferents zones per tal d'evitar errors.

Metodologia de camp

En general, els resultats obtinguts pel cens hivernal d'ocells aquàtics són de caràcter absolut i s'obtenen o bé per un mètode de recompte directe i 'escombrar' de les zones assignades o bé per recompte d'exemplars en dormidors, cas dels corbs marins, de la majoria d'ardeids o de les gavines. El fet que s'empri un o altre sistema ve relacionat amb la facilitat i exactitud del recompte, tant per les característiques de l'espècie com per les del lloc a censar. En casos particulars com ara la gavina riallera al delta de l'Ebre, que s'aplega en dormidors però que són extraordinàriament amplis en extensió i nombre d'exemplars, fins al moment s'ha emprat un sistema basat en la seva detecció diürna en arrossars mitjançant un cens coordinat que requereix d'un gran esforç humà i material.

Els materials necessaris per al cens d'ocells aquàtics són senzills i comprenen el material òptic imprescindible (prismàtics i molt sovint telescopi), a la vegada que la cartografia del lloc a censar i el material per prendre notes, sigui manual o electrònic (enregistradors de veu, útils per a grans censos com alguns dormidors de gavines on els animals arriben en grans lots i molt freqüentment). Conegudes unes mínimes habilitats d'identificació de les espècies, altres estris com un GPS o un comptador manual poden facilitar la tasca que habitualment es realitza en grups d'un mínim de dues persones que fan torns: l'una mirant i l'altra anotant les dades recollides.

Els mètodes de cens són diversos i depenen de molts factors com ara del tipus d'espècie en concret (Taula 3), l'extensió del lloc, la seva accessibilitat,

secondarily, nocturnal raptors; Gutiérrez 1994). For some groups, the results are accurate and represent a total absolute value, while for others results are relative and only useful for inter-annual comparisons using the same methodology (Table 3).

Determining the schedule and dates of censuses

Censuses are carried out during the first half of January when winter migratory movements of the migratory birds that come to winter in southern Europe are at their lowest (Tellería 1986). The relative lack of exchange between the localities chosen for wintering during this period a priori reduces errors in counts caused by groups of birds moving between locations. Nevertheless, the awareness of bird

la disponibilitat de llocs per poder veure millor els ocells, el temps disponible per fer el cens i la climatologia i, finalment, el volum de personal disponible (e.g. Tellería 1986, Bibby *et al.* 2000, Delany 2005). Així, per exemple, zones com el delta de l'Ebre requereixen d'entre una i dues setmanes per completar el cens i s'hi ha d'aplicar metodologies especials segons les espècies. D'altres àrees menors es poden fer en poques hores i per un grup reduït, a vegades constituït per un sol observador.

El coneixement previ de la zona a censar és essencial atesa la necessària minimització dels errors associats al recompte i és per això que a Catalunya es compta amb un seguit de coordinadores i coordinadors locals ben coneguts de la manera més eficient de detectar les poblacions d'ocells d'una determinada localitat.

Mostratge d'ocells marins sobre la plataforma continental

Les dades d'ocells mar endins que s'inclouen en aquest Atlas van ser recollides per SEO/BirdLife en el marc del projecte LIFE *Áreas importantes para las aves (IBA) marinas en España* (LIFE04NAT/ES/000049, 2004-2009). Concretament, s'han fet servir les dades recopilades durant les campanyes ECOMED del *Instituto Español de Oceanografía* (IEO) de 2006-2008 per un sol observador. Aquestes campanyes, realitzades a bord del vaixell oceanogràfic Cornide de Saavedra (IEO), tenen per objectiu avaluar la distribució i abundància de petits peixos pelàgics (sardina, seitó, etc.) mitjançant acústica al llarg de tota la plataforma continental del Mediterrani ibèric (Bellido *et al.* 2008, www.ieo.es) i són ideals per a la realització de censos d'ocells, ja que el vaixell "pentina" a una velocitat constant la totalitat de la plataforma continental.

Disseny i metodologia

La informació sobre la distribució i abundància d'ocells marins es va obtenir mitjançant censos visuals des d'embarcació, els quals permeten cobrir àrees molt extenses de forma sistemàtica i en períodes de temps relativament curts en un medi per al qual les prospeccions des de la costa només aporten informació molt parcial.

La metodologia de cens que es va adoptar és la proposada per Tasker *et al.* (1984), una de les més esteses a nivell internacional i àmpliament utilitzada en l'àmbit europeu (metodologia ESAS; vegeu detalls a SEO/BirdLife 2007a). Consisteix en transectes en què es compten els ocells observats únicament a proa del vaixell dins d'una banda imaginària (generalment 300 m) en un o els dos costats del vaixell en funció de les condicions d'observació, a mesura que aquest avança a velocitat constant (idealment 5-15 nusos). Per als ocells en vol s'aplica una correcció basada en recomptes instantanis o *snapshots* espaiats en períodes regulars. Aquests censos permeten referir les observacions a una àrea de prospecció coneguda i, per tant, estimar densitats. Les dades per a cada espècie s'agrupen en unitats de temps (sovint 10 minuts), de manera que a cada unitat li correspon una posició geogràfica georeferenciada mitjançant GPS i un valor de densitat. Les observacions fora de la banda de cens també s'enregistren per a realitzar anàlisis basades en presència/absència, una informació especialment útil en el cas d'espècies poc comunes.

Durant el període d'estudi de l'Atlas es van realitzar en total 664 censos de 10 minuts, repartits per tota la plataforma continental catalana (Figura 11) amb un àrea coberta de 785 km². Aquests censos es van repartir de manera homogènia els tres anys: 203 censos el 2006, 259 el 2007 i 202 el 2008.

Les dades obtingudes amb aquests censos van proporcionar informació sobre la presència a la plataforma continental per als mapes de distribució UTM 10x10 km d'un total de 15 espècies d'ocells marins i van permetre generar els models de distribució de 9 d'elles, els gràfics de tendència de 6 i les estimacions poblacionals de l'àrea pelàgica per a 5 espècies.

Com les dades dintre de cens, les dades de presència/absència de cada espècie obtingudes en els diferents quadrats en què van ser dividides les aigües de la plataforma continental catalana també es van mostrar en els mapes de distribució UTM 10x10 km.

movements between neighbouring localities on the census day is still essential during counts, which are best conducted at the time of least movement and maximum flocking (which will depend on the behavioural characteristics of each species). This is achieved by ensuring that counts coincide temporally, at least in neighbouring localities; teams of observers in the same area are coordinated and note down all significant movements, and keep in touch via mobile phones or walkie-talkies to avoid duplicating counts.

Field methodology

In general, the results obtained from the winter waterbirds censuses are absolute and obtained either by direct counts and a thorough exploration of the assigned areas, or by counting individuals at roosts, as in the case of cormorants, most herons and gulls. The choice of method employed is related to the ease and accuracy of counts, which depend on the characteristics of both the species and the site. In cases such as Black-headed Gulls in the Ebro delta, which congregate in extremely large roosts (both in extent and number of birds), a system based on diurnal detection in paddy fields is also used, which requires coordinated recording by many well-equipped observers.

The equipment required for waterbird censuses is simple and consists of essential optical equipment (binoculars and telescope), as well as maps and the facility to take notes, either manually or electronically (hand-held recorders are useful for counting gulls continually arriving in large flocks to large roosts). With some basic identification skills, other tools such as GPS or a manual counter can make counts easier; they are usually performed in groups of at least two people, in which one member observes whilst the other records.

*Census methods are diverse and depend on many factors including the type of species (Table 3), the extension and accessibility of the census site, the availability of good places for observing birds, the necessary time for sampling, climatology and, finally, the number of available collaborators (e.g. Tellería 1986, Bibby *et al.* 2000, Delany 2005). For instance, in areas such as the Ebro delta one to two weeks are required to complete censuses and special methods have to be implemented according to the species in question. In other areas, sampling can be done in a few hours by a small group of observers, or even by a single observer.*

Prior knowledge of the recording area is essential given the need to minimize counting errors and in Catalonia counts are based on the work of a number of local coordinators well versed in the most efficient ways of detecting bird populations in a particular locality.

Fig. 11



Mostratge d'ocells sobre la plataforma continental catalana corresponent a la campanya oceanogràfica ECOMED realitzada per SEO/BirdLife. Cada punt representa una unitat de cens de 10 minuts.

Sampling of birds on the Catalan continental shelf by an oceanographic ship during the ECOMED campaigns conducted by SEO/BirdLife. Each point represents a 10-minute census.

Dades de l'Oficina Catalana d'Anellament

Tot i que es van realitzar alguns anellaments de manera molt puntual durant les dècades dels anys 50 i 60 del segle passat, l'anellament científic d'ocells a Catalunya no es va començar a desenvolupar de manera estable i ininterrompuda fins a l'any 1975. Des d'aleshores, la seva pràctica ha estat íntimament associada a l'ICO, abans Grup Català d'Anellament, associació que s'ha encarregat històricament de la seva gestió i impuls. Primer a través dels grups d'anellament que en van ser els seus precursors i, posteriorment, en estreta col·laboració amb la Generalitat de Catalunya, qui té les competències en la matèria des de 1987. En el si de l'ICO, l'Oficina Catalana d'Anellament (OCA) és actualment l'òrgan que centralitza totes les tasques relatives a la pràctica de l'anellament de l'associació i el seu banc de dades, amb més d'un milió i mig de registres, és un dels més importants i accessibles del país en matèria de biodiversitat.

Les anelles emprades a Catalunya pertanyen al remitent de l'*Oficina de Especies Migradoras* (OEM), la central anelladora que depèn del *Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino* associada a EURING (Unió Europea per l'Anellament d'Ocells). L'anellament científic d'ocells a Catalunya és, doncs, el resultat de la tasca coordinada de diverses entitats de caire nacional i internacional. Dins d'aquest marc, l'OCA, amb estreta col·laboració amb la Generalitat, s'encarrega de la formació dels anelladors, el desenvolupament de projectes, l'establiment dels estàndards de treball i la gestió de les dades. Al seu torn, l'OEM aporta les anelles i gestiona el banc de dades de les recuperacions i EURING s'encarrega d'establir els estàndards de gestió i intercanvi de la informació. El bon treball de totes elles garanteix la vàlua científica i l'accessibilitat de les dades que es recullen a casa nostra.

Un fet molt destacable és que prop del 50% de les dades d'anellament que s'obtenen a Catalunya cada any provenen de projectes de seguiment a llarg termini estandarditzats, entre els quals els projectes SYLVIA i MIGRACIÓ, iniciats al llarg dels anys 90 del segle xx, mereixen una menció especial. Ambdós projectes són fruit de la col·laboració entre l'ICO i els Departaments d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural, i Territori i Sostenibilitat, i formen part d'iniciatives de caire internacional impulsades per EURING. Els dos projectes es basen en la metodologia de les estacions d'anellament amb esforç constant (Robinson *et al.* 2009), però el primer se centra en l'estudi dels paràmetres demogràfics vinculats al període reproductor i hivernal (supervivència, productivitat, èxit reproductor, filopàtria hivernal) i el segon en l'estudi del fenomen migratori post i prenupcial (patrons fenològics, dinàmica de les reserves energètiques, temps de parada, ús de l'hàbitat).

Les dades de l'OCA, particularment les recuperacions, i les dades provinents dels projectes SYLVIA i MIGRACIÓ han estat molt útils per al present Atlas. Gràcies a aquesta informació s'han pogut generar mapes de recuperacions i establir un coneixement bàsic sobre la procedència de les poblacions hivernants a Catalunya per a un total de 101 espècies (vegeu *Mapes de recuperacions*). Les dades d'anellament també han estat essencials per detectar la presència de passeriformes transsaharians durant el període d'estudi de l'Atlas, com ara el mosquiter ibèric o el tallarol gros. A més, han estat la principal font d'informació sobre l'estatus de residència, la fenologia migratòria i la fidelitat als territoris d'hivernada de moltes espècies.

La informació disponible en format electrònic al Banc de Dades de l'OCA consta de tots els anellaments i recuperacions realitzats a Catalunya des de l'inici de l'activitat. Els controls (ocells anellats i capturats posteriorment al mateix lloc) de projectes no estandarditzats només estan disponibles del 2003 en endavant.

Altres fonts d'informació

A més de les dades dels mostratges esmentats fins ara, es va recopilar informació d'altres fonts independents que es van emprar per complementar alguns resultats. Entre aquestes múltiples fonts d'informació incorporades a l'Atlas destaquen els anuaris i reculls ornitològics, les dades dels centres de recuperació de fauna salvatge, les estadístiques cinegètiques i altres estudis i seguiments

Sampling of seabirds on the continental shelf

Data for offshore seabirds included in the Atlas were collected by SEO/BirdLife as part of the LIFE project Áreas importantes para las aves (IBA) marinas en España (LIFE04NAT/ES/000049, 2004-2009). Specifically, we used data collected by a single observer during the ECOMED campaigns conducted by the Spanish Institute of Oceanography (IEO) in 2006-2008. The oceanographic boat 'Cornide de Saavedra' (IEO) was employed to assess the distribution and abundance of small pelagic fish (sardine, anchovy, etc.) across the whole continental shelf of the Iberian Mediterranean seaboard (Bellido *et al.* 2008, www.ieo.es) and was ideal for conducting bird censuses, since the ship 'combs' the entire continental shelf at a constant speed.

Design and methodology

The information on the distribution and abundance of marine birds was obtained from visual censuses from the boat, which covered large areas very consistently over relatively short periods of time in an environment that is difficult to survey from the shore.

The census methodology proposed by Tasker *et al.* (1984), one of the most widespread and widely used in Europe (ESAS methodology, see details in SEO/BirdLife 2007a), was adopted. It consists of transects in which birds are only counted from aboard along an imaginary band (typically 300 m) on one or both sides of the boat (depending on observation conditions) as it moves at a constant speed (ideally 5-15 knots). For birds in flight a correction is applied based on instant counts or 'snap-shots' performed at regular periods. These censuses link observations to a known surveyed area and therefore allow us to estimate densities. The data for each species are clustered in units of time (often 10 minutes) that correspond to a geographical georeferenced position (using a GPS) and a density value. Observations from outside the census band are also recorded for the analysis of presence/absence data, information that is especially useful for rarer species.

During the study period a total of 664 10-minute censuses were performed over the Catalan continental shelf (Figure 11), totalling a surface area of 785 km². These censuses were distributed homogeneously over the three-year study period: 203 in 2006, 259 in 2007 and 202 in 2008.

The data obtained from these censuses provided information for 10x10 km UTM square distribution maps of the continental shelf for a total of 15 species of seabirds. Furthermore, distribution models could be generated for 9 species, trend graphics for 6 species and population estimates of the whole pelagic area for 5 species.

Like the census data, the presence/absence data of every detected species in the different squares covering the Catalan continental shelf were also shown on the UTM 10x10 km distribution maps.

Catalan Ringing Office data

Although some bird ringing was carried out during the 1950s and 1960s, scientific bird ringing in Catalonia only really began to get underway on a regular basis in 1975. Since then, ringing has been associated with the Catalan Ornithological Institute (ICO) (formerly the Catalan Ringing Group), a group that has always encouraged and promoted ringing in Catalonia, initially via ringing groups and then subsequently in close collaboration with the Catalan Government (which since 1987 by law has been responsible for bird ringing). Within the ICO it is the Catalan Ringing Office (OCA) that currently coordinates all work relating to bird ringing, including the database. With more than a million and a half records, its database is one of the most important and accessible of all biodiversity databases in Catalonia.

The rings used in Catalonia are issued by the Oficina de Especies Migradoras (OEM), the Spanish bird ringing office, which is dependent on the Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino and is part of EURING (European Union for Bird Ringing). Scientific bird ringing in Catalonia is therefore the result of coordinated work by several national and international organizations. Within this framework, the OCA - in close collaboration with the Catalan Government - is responsible for the training of future ringers, the development of pro-

que cobreixen una o unes poques espècies. D'aquest darrer grup es pot esmentar, per exemple, els seguiments de pteròclids (Bécares & Brotons 2006), de voltor comú (Garcia & Margalida 2009a), de cotorreta de pit gris (Carrillo 2008, Faus & Senar 2010) o de picot gaser mitjà (Camprodon *et al.* 2009).

Tota aquesta informació va ser especialment valuosa per a les espècies escasses. En la majoria dels casos van aportar dades de presència per completar els mapes de distribució UTM 10x10 km, però en d'altres van resultar claus per obtenir altres resultats de l'Atles, com ara estimacions poblacionals específiques o fins i tot tendències temporals. A continuació es detallen les característiques d'algunes d'aquestes fonts de dades.

Anuaris i reculls ornitològics

Una de les fonts d'informació no estandarditzada més important són els anuaris d'ornitologia en format imprès o electrònic. Molts ornitòlegs que no participen en mostratges estandarditzats o en d'altres tipus de projectes ornitològics comparteixen les seves observacions en fòrums d'ornitologia o les envien a reculls ornitològics impresos o electrònics. Amb la posada en marxa del portal Ornitho.cat, l'any 2009, el volum, centralització, informatització i gestió d'aquest tipus d'informació va rebre un enorme impuls.

Per aquesta raó, en acabar el període d'estudi de l'Atles es va recollir la informació publicada en noticiaris, anuaris i webs ornitològics d'abast català, comarcal o local. Aquests reculls contenien dades espaciotemporals que van resultar de gran importància especialment per completar la informació sobre distribució d'espècies rares o escasses.

Dades dels centres de recuperació de fauna salvatge

En el procés de recopilació de dades es van consultar les bases de dades dels centres de recuperació de fauna salvatge de Torreferrussa i de Vallcalent. Els registres amb un origen o data incerts van ser descartats. Aquestes dades van ser especialment útils per obtenir informació addicional sobre la presència de rapinyaires diürns i nocturns.

Estadístiques cinegètiques

Les dades cinegètiques són gestionades per l'Àrea d'Activitats Cinegètiques de la Direcció General del Medi Natural de la Generalitat de Catalunya. Aquestes dades han estat importants en diverses espècies cinegètiques per conèixer el nombre d'exemplars caçats i contrastar aquestes dades amb d'altres de l'Atles. A més, en el cas concret del faisà es va generar un mapa que mostra el nombre d'exemplars de granja alliberats per vedat, mentre que en la becada les dades aportades per aquesta font d'informació van permetre generar mapes on s'indica el nombre d'exemplars caçats. Una altra font de dades cinegètiques particularment interessant per a aquesta espècie ha estat la base de dades del Club de Caçadors de Becada.

Coordinació dels mostratges

La coordinació del treball de camp va exigir la realització de nombroses tasques, la primera de les quals va ser l'assignació de mostratges, una tasca que va haver de repetir-se cada temporada. Altres feines de coordinació van ser l'enviament de documentació, el control de l'estat de realització dels mostratges i el suport i atenció als col·laboradors.

Assignació de mostratges

L'assignació dels mostratges específics de l'Atles es va realitzar en tres fases amb el propòsit de donar preferència als ornitòlegs familiaritzats amb el territori a prospectar. Primerament es van assignar les unitats de mostrege localitzades en els espais naturals de protecció especial gestionats pel Servei de Parcs Naturals de la Generalitat de Catalunya. A tal efecte, la primavera de 2006 es va presentar el projecte als representants d'aquests espais naturals amb la finalitat que poguessin decidir quins mostratges podrien assumir en el seus àmbits. Fruit de les reunions que s'hi van mantenir es va assignar la majoria dels

jects, the establishment of ringing standards and the management of databases. The OEM provides the rings and manages the database of ringing recoveries. EURING is responsible for setting standards and the exchange of information. The excellent work that all do guarantees the scientific value and the accessibility of the data that are gathered in our country.

*It is a remarkable fact that about 50% of the ringing data obtained annually in Catalonia comes from long-term monitoring schemes and other standardized projects such as SYLVIA and MIGRATION, begun in the 1990s. Both projects were born out of a collaboration between the ICO and the Catalan Departments of Agriculture, Livestock, Fisheries, Food and Natural Environment, and Territory and sustainability, and are part of the international initiatives promoted by EURING. They are based on a constant effort methodology (Robinson *et al.* 2009): SYLVIA focuses on the study of demographic parameters during breeding season and winter (survival, productivity, reproductive success, winter philopatry), while MIGRATION concentrates its work on the study of pre-nuptial and post-nuptial migration (phenological patterns, dynamics of energy reserves, stopovers, the use of habitats).*

Data from the OCA (above all recovery data) and from the MIGRATION and SYLVIA projects made a very important contribution to the Atlas, and enabled us to draw recovery maps and establish general patterns regarding the origins of 101 species wintering in Catalonia (see Maps of ringing recoveries). Ringing data have also been essential for detecting the presence of long-distance migrants during the study period, such as Iberian Chiffchaff and Garden Warbler, and were the main source of information on residence status, migration phenology and fidelity to wintering areas for many species. The OCA database contains details of all birds ringed and recovered since ringing began in Catalonia. Data on controls (ringed birds subsequently captured at the same location) from non-standardised projects are only available from 2003 onwards.

Other sources of information

*In addition to the data from the aforementioned sources, further complementary information for the Atlas was collated from other independent sources. Of these additional sources, one of the most important were the ornithological yearbooks and other collections of observations, which include data pertaining to wildlife recovery centres, hunting statistics and studies and monitoring projects aimed at a single or a small group of species. For example, data was incorporated from studies on sandgrouse (Bécares & Brotons 2006), Griffon Vultures (Margalida & Garcia 2009), Monk Parakeets (Carrillo 2008, Faus & Senar 2010) and Middle Spotted Woodpeckers (Camprodon *et al.* 2009). This type of information was particularly valuable for a number of rare species and allowed us to finalise 10x10 km UTM distribution maps, although in some cases this data also proved to be essential for generating specific population estimates and even temporal trends. Some of these data sources are described in more detail below.*

Yearbooks and ornithological reports

Ornithological yearbooks in digital or printed formats are a major, non-standardized source of information. Many ornithologists who do not participate in standardized sampling or any other ornithological project publish their records in ornithological forums or send observations electronically or by surface mail to ornithological reports. With the launch of the Ornitho.cat web page in 2009, the centralization, computerization and management of this type of information received a huge boost.

For this reason, once the study period finished, all the information published in ornithological yearbooks, reports and websites by Catalan or local groups was collated and was of great use, especially for completing information regarding the distribution of uncommon species.

Data from wildlife recovery centres

The databases of the Torreferrussa and Vallcalent wildlife recovery centres were also consulted and provided very useful additional information on the presence of diurnal and nocturnal raptors. Records of uncertain origin or date were excluded.

mostratges de quadrat i intensius localitzats dintre d'aquests espais naturals. Aquest procés també es va realitzar per als parcs gestionats per la Diputació de Barcelona i d'altres en consorci, com ara l'Espai d'Interès Natural de l'Alta Garrotxa o els Espais Naturals del Delta del Llobregat. En conjunt, es va assignar la pràctica totalitat dels mostratges que afectaven aquests espais naturals. A continuació es va prioritzar l'assignació de mostratges als col·laboradors de l'Atlas de nidificants, als del SOCC i als dels estudis pilots d'aquest Atlas. Finalment es va fer una oferta pública entre tots els ornitòlegs que volguessin participar-hi per cobrir els quadrats vacants. Una vegada es va obrir aquesta oferta de mostratges es va aplicar un criteri basat en l'ordre amb què es rebien les sol·licituds, sense perdre de vista, però, l'experiència dels observadors.

Uns dos mesos abans de l'inici de la feina de camp, es va procedir a la cerca activa de col·laboradors per completar la cobertura dels mostratges encara pendents d'assignació. En aquest sentit, es va fer una preselecció de possibles candidats per a cadascun dels mostratges basada en la proximitat al seu lloc de residència. Aquests possibles candidats van ser contactats directament via telefònica o telemàtica.

Malgrat tots els esforços, a principis de novembre de cadascun dels tres hiverns quedaven encara alguns mostrejors per assignar. A fi de cobrir aquests mostrejors, bàsicament en zones poc accessibles, com ara els Pirineus o els Prepirineus, es va contractar un equip de 5 ornitòlegs professionals. En total, la seva contribució als mostratges específics de l'Atlas és d'un 14%, tant en els mostratges de quadrat com en els intensius. Amb la participació d'aquests ornitòlegs professionals, cada temporada es va assignar el 100% dels mostratges de l'Atlas.

Enviament de documentació

Previ a l'inici de cada temporada de camp es va remetre per correu postal a cada col·laborador el material necessari per dur a terme els mostratges prèviament assignats. Cada enviament constava de:

1. Una carta enumerant els mostratges assignats i el material inclòs.
2. Un full de recordatori esmentant els punts més importants a seguir: avisar en cas d'impossibilitat de fer un mostratge, evitar les desviacions en l'aplicació de la metodologia, fer còpies de les fitxes de camp i enviar-les dintre del termini estipulat.
3. Les fitxes de camp i la metodologia dels mostratges assignats, més un joc de mapes (usos del sòl, ortofotomapa i topogràfic) corresponents als mostratges de quadrat assignats (Figura 12).
4. Una fitxa complementària.

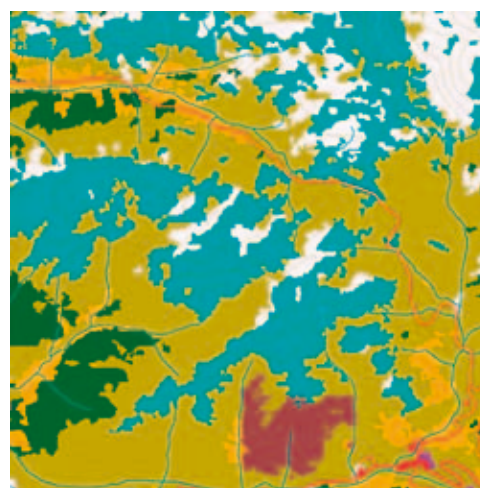
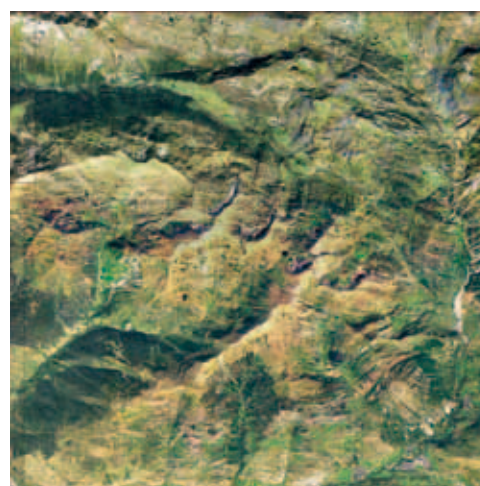
Amb l'objectiu de fer èmfasi en certs aspectes de la metodologia de camp i reduir-hi errors es van enviar 5 circulars als col·laboradors del projecte on s'explicaven, per exemple, consideracions sobre l'horari del cens crepuscular o s'avisava de l'ampliació de la llista d'espècies de les quals es demanen les coordenades UTM 1x1 en les fitxes de quadrat i complementàries.

Control de l'estat de realització dels mostratges

Com s'ha explicat a *Disseny del mostratge*, per assolir els objectius del projecte era important que cada any es realitzessin els mostratges en uns quadrats determinats. La desviació respecte a l'estipulat en el disseny inicial es volia mantenir per sota del 5% tots els hiverns, a fi que el repartiment espaciotemporal dels mostratges no quedés seriosament afectat. Per aquest motiu, es van fer diversos recordatoris a cada col·laborador dels mostratges que tenia assignats, així com un seguiment de la seva realització per cobrir-los a temps en cas que fallessin.

Exemple de mapa topogràfic, ortofotomapa i mapa d'usos del sòl enviats als col·laboradors (quadrat UTM 10x10 km CH23, Vall d'Aran). Al mapa topogràfic hi consten les coordenades UTM 1x1 km.

Example of a topographic map, aerial photo and land-use map sent to collaborators (10x10 km UTM square CH23, Era Val d'Aran). The UTM 1x1 km coordinates can be taken from the topographical maps.



— Carreteres principals	■ Fruïters de secà
— Carreteres secundàries	■ Fruïters de regadiu
— Rius	■ Vinya
— Corbes de nivell	■ Prats supraforestals
■ Aigua continental	■ Bosquines i prats
□ Congestes	■ Bosc d'escleròfil·les
■ Infraestructures viàries	■ Bosc de caducifolis
■ Urbanitzacions	■ Bosc d'acutifolis
■ Nuclis urbans	■ Vegetació de zones humides
■ Zones industrials i comercials	■ Sòl amb vegetació escassa o nul·la
■ Conreus herbacis de secà	■ Zones cremades
■ Conreus herbacis de regadiu	■ Sorral·ls i platges

La cobertura dels mostrejors assignats cada hivern va ser finalment molt similar a la prevista en els dissenys de cada protocol de mostreig i no va anar més enllà del mencionat límit del 5% (Figura 2, Figura 5, Figura 8). Si prenem com exemple el mostreig de quadrat, l'hivern 2006/07 es va cobrir el 97% dels quadrats assignats inicialment per aquell hivern, el 2007/08 es va cobrir el 95% i el 2008/09 es va cobrir el 99% (vegeu *Annexos* per veure l'hivern concret de realització final de cada mostreig). Així doncs, el segon i el tercer hivern es va realitzar un petit esforç suplementari per tal de completar la cobertura dels mostratges que en principi calia haver fet prèviament però que, per una raó o altra, no es va poder realitzar.

Suport i atenció als col·laboradors

Aquesta tasca va englobar diversos aspectes de la coordinació, des de la resolució de dubtes sobre la metodologia i la identificació d'espècies, l'ús dels programes informàtics per a l'entrada de dades, canvis en l'assignació de mostratges, fins a la petició i enviament de mapes, fitxes i acreditacions per visitar terrenys d'accés limitat.

Processament de dades

En l'Atlas dels ocells de Catalunya a l'hivern 2006-2009 la creació i gestió de les bases de dades ha estat de gran importància i s'ha prestat una especial atenció al filtratge de les dades rebudes.

Bases de dades

La informatització de les dades es va fer de manera separada per a cadascun dels mostratges de l'Atlas. Amb aquesta finalitat es van crear diferents bases de dades en Access seguint el model de les corresponents fitxes de camp prèviament dissenyades.

A més de centralitzar i facilitar la consulta de dades, els bancs de dades van permetre la producció dels mapes de distribució UTM 10x10 km i generar les matrius de dades per realitzar les múltiples anàlisis de l'Atlas. En el cas dels mostratges intensiu, extensiu i d'ocells marins des de la costa, a més, una altra de les finalitats de les bases de dades era la de permetre que els observadors que ho desitgessin poguessin introduir les seves pròpies dades, reduint així costos i errors.

Filtratge de dades

L'objectiu del filtratge de dades va ser minimitzar diversos tipus d'error en les dades rebudes, tant errors en la transcripció de les dades com possibles errors d'identificació. Els procediments seguits en la seva verificació van ser sintetitzats en un protocol que establia les accions i decisions a prendre per tal de corregir o eliminar els errors i els casos dubtosos.

El filtratge va centrar-se bàsicament en 4 fonts d'error: manca de dades, incongruències, possibles salts de línia en l'ompliment de les fitxes i espècies d'identificació dubtosa:

1. Dades generals:
 - Concordança entre el quadrat UTM 10x10 km o punt/itinerari de cens i el lloc de referència (*e.g.* una fitxa amb Monistrol de Montserrat com a municipi de referència associada al UTM 10x10 km DG10 hagués estat incongruent ja que aquesta localitat es troba en un altre quadrat).
 - Concordança entre l'hivern en què s'ha realitzat el mostreig d'una unitat i la data anotada a la fitxa.
 - Comprovació de les dates i les hores i de les condicions meteorològiques.
2. Dades sobre la detecció d'espècies:
 - Concordança entre les espècies anotades a les fitxes i les informatitzades a la base de dades.
 - Comprovació que els quadrats UTM 1x1 km anotats corresponen a ambients de presència plausible de l'espècie (*e.g.* un sisó en un UTM 1x1 km de bosc).
 - Verificació d'espècies rares o detectades en una àrea geogràfica inesperada o fora de temporada (*e.g.* un grup de pardals roquers a 1.700 m d'altitud).

Hunting statistics

Hunting statistics are kept by the Catalan Government's Hunting Service and, as a source of essential information for several game species, allowed us to compare the number of hunted birds with data from other sources. Moreover, in the case of the Pheasant, a map was drawn showing the number of farm-reared birds released into the wild. In the case of the Woodcock, the database enabled us to generate maps showing the number of birds that had been shot. This information was complemented by that of the Woodcock Hunters Club.

Sampling coordination

The coordination of fieldwork implied the execution of many tasks. The first was the assignment of the sampling squares, a task that had to be repeated each winter. Other types of coordination included sending documentation, checking the progress of the sampling work, and providing collaborators with the necessary support and assistance.

Sampling assignment

The assignment of the sampling squares was conducted in three phases to give ornithologists the chance to opt for areas they were familiar with. First of all, sampling units located within natural areas of special protection managed by the Natural Parks Service of the Catalan Government were assigned. In spring 2006 the project was discussed with representatives of these protected areas to allow them to decide which censuses they would carry out themselves. As a result, most of the intensive and square samplings located within these areas were assigned. These meetings were also held with representatives from the parks managed by the Barcelona Provincial Council and with managers of protected areas such as Area of Natural Interest of L'Alta Garrotxa and the Llobregat delta. Generally, almost all the census work affecting these natural areas was assigned straight away. Secondly, priority was given to the assignment of squares to collaborators who had worked on the Catalan Breeding Bird Atlas, or who were carrying out SOCC censuses or pilot studies for the Atlas. Finally, the choice was left open to all other ornithologists wanting to participate, who were then awarded the as-yet unassigned squares on a 'first come, first served' basis, although the experience of individual observers was always taken into account.

About two months before the start of fieldwork, we proceeded to actively search for birdwatchers who could complete the coverage of the squares that had not yet been assigned. We made a shortlist of potential candidates for each square based on its proximity to birdwatchers' homes. These potential candidates were then contacted directly via phone or email.

Despite all these efforts, by early November in each of the three winters some squares were still unassigned. To cover these gaps (mainly located in inaccessible areas such as the Pyrenees or pre-Pyrenees), a team of 5 professional ornithologists was contracted. Altogether, these workers contributed 14% of the specific sampling of the Atlas, in terms of both square and intensive samplings. The participation of these professional ornithologists ensured that during each of the three winters all of the Atlas samplings were assigned.

Sending of the documentation

Before the start of each field season, each participant received by mail the material needed for surveying their assigned squares. All were sent the following:

1. *A letter detailing the recipient's assigned squares and a list of the material included in the packet.*
2. *A letter reminding collaborators to get in touch with the ICO if they were unable to do the surveying work. This letter also highlighted the importance of sticking to the standard methodology, of making copies of field sheets and of returning them within the stipulated period.*
3. *Data sheets for use in the field and the methodology of the assigned sampling work, plus a set of maps (land use, topographical and aerial photo) corresponding to the assigned squares (Figure 12).*
4. *A complementary sampling sheet.*

- Verificació de possibles errors de nomenclatura (e.g. *L. cachinnans*-*L. micahabellis*).
- Verificació d'ocells identificats a nivell de gènere (e.g. *Certhia sp.* vist als Ports on només es pot veure *Certhia brachydatyla*).
- Verificació d'estimacions poblacionals o de comptatges poc raonables (e.g. una estima de 11-50 bitons en una UTM 10x10 km que resulta massa elevada per aquesta espècie a Catalunya).
- Identificació de possibles salts de línia o de columna (e.g. en el període A d'una fitxa de mostratge de quadrat es van anotar 6 pardals comuns i 0 pardals xarrecs, mentre que al període B es van anotar 5 pardals xarrecs i 0 pardals comuns).

Les observacions d'espècies que eren competència del Comitè Avifaunístic Català (e.g. morell d'ulls grocs; Clavell & López 2011) van ser trameses a aquest òrgan per a la seva possible homologació. En la resta d'observacions d'espècies rares o detectades en una àrea geogràfica inesperada, es va contactar amb el col·laborador i se li va demanar que contestés el següent qüestionari:

1. Sobre l'espècie:
 - L'havies vista abans moltes vegades? Quantes (aproximadament)?
 - Coneixies el seu reclam i/o cant?
 - L'havies vista abans en aquest indret i/o estació de l'any?
2. Sobre l'observació:
 - A quina distància la vas veure? (dóna una xifra aproximada en metres)
 - Quanta estona la vas veure? (només un instant, més de 10 segons, diversos minuts, etc)
 - En quins trets (morfològics, auditius, de conducta, hàbitat, etc.) vas basar la identificació?
 - Creus que podries haver confós aquesta espècie amb una altra d'aparença semblant?

La decisió de mantenir o descartar determinades observacions d'espècies o fins i tot fitxes senceres dubtoses va ser presa per un comitè de validació específicament constituït per a l'Atles i format per tres membres. Les citacions rebutjades es van mantenir a les bases de dades de l'Atles com a dades dubtoses però no van ser utilitzades en les anàlisis i resultats.

El filtratge de dades va continuar aplicant-se en les següents fases de treball, essent la darrera la realitzada pels propis autors dels textos d'espècies, als quals es va demanar explícitament que comunicuessin qualsevol possible incorrecció que detectessin.

Taxonomia i nomenclatura

Seguint les recomanacions del Comitè Avifaunístic de Catalunya (Clavell *et al.* 2011), en aquest Atles s'han implementat diversos canvis taxonòmics que han estat majoritàriament iniciativa del BOURC (*British Ornithologists' Union Records Committee*). Els noms catalans són els que s'indiquen a la Llista Patró dels Ocells de Catalunya (Clavell *et al.* 2011). Per als noms anglesos s'han seguit les recomanacions del *British Ornithologists' Union* per a noms vernacles en aquesta llengua (www.bou.org.uk/BOURC%20English%20names.xls).

Divulgació

La divulgació dels resultats és una tasca important en tot treball científic, però adquireix una importància encara major quan aquest es desenvolupa gràcies a la participació de centenars de voluntaris i implica directament tant a administracions com a entitats. El suport al projecte i la utilització dels resultats depèn també de la divulgació que se'n faci, no només un cop publicat l'Atles sinó també durant la seva gestació. En aquest cas, l'estratègia de divulgació durant aquests anys de treball s'ha centrat en tres àmbits d'actuació, el dels col·laboradors, el dels mitjans de comunicació i el purament acadèmic.

In order to emphasize certain aspects of the field methodology and reduce the number of errors, 5 circulars were sent out to collaborators. These publications discussed, for instance, considerations regarding the timing of the dusk surveys and alerted observers to the increase in the number of species for which 1x1 UTM coordinates in the square and complementary sampling data sheets were required.

Overseeing of the sampling work

As explained in the section on the sampling design, in order to fulfil the objectives of the Atlas it was essential that in each year surveying was carried out in certain squares. In the initial design of the project it was decided that the annual loss of data would have to be kept below 5% to avoid seriously affecting the spatiotemporal distribution of the sampling squares. For this reason, several letters were sent to collaborators reminding them of their assigned squares so that, in case of failure, they could be reassigned in time.

The overall coverage of the samplings assigned each winter closely matched the sampling protocol and did not drop below the 5% threshold (Figures 2, 5 and 8). Of the square samplings, 97% initially assigned in winter 2006/07 were covered, 95% in 2007/08 and 99% in 2008/09 (see Appendices for the winters in which squares were sampled); these figures reflect the extra effort in the second and third winters to cover the squares that were not surveyed during the previous winter.

Support and assistance for collaborators

This task included various aspects of coordination, from the answering of questions regarding methodology and species identification, to the use of computer software for data entry, changes in sampling assignments, requests for and sending of maps and data sheets, and accreditations for restricted areas.

Data processing

In the Catalan Winter Bird Atlas 2006-2009, the creation and management of the database was of utmost importance and received data were filtered with great care and attention.

Databases

Data were entered separately for each Atlas survey. We created a number of different databases with the programme Access that were compatible with the corresponding data sheets.

As well as centralizing and helping data analysis, the databases allowed us to produce the 10x10 km UTM distribution maps and generate data matrices for performing the multiple tests that the Atlas data were subjected to. In the case of the intensive, extensive and coastal seabird surveys, observers who so desired could introduce their own data, thereby reducing costs and errors.

Data filtering

The purpose of data filtering was to minimize the mistakes - typically, errors in data transcription and in identification - detected in the received data. A protocol was established regarding the actions and decisions to be taken into account when deleting or amending errors and doubtful data.

Filtering focused mainly on 4 habitual sources of error: missing data, inconsistencies, possible line breaks during the filling-in of the data sheets and misidentified species:

1. General data.
 - Agreement between the 10x10 km UTM square and the reference site (e.g. a sheet with the town of Monistrol de Montserrat as a reference associated with UTM 10x10 km DG10 would be incorrect as this town is in another square).
 - Agreement between the sampling year and the date on the sheet.
 - Check of the dates and times and weather conditions.
2. Data on species detection:
 - Agreement between the species recorded on the sheets and the computerized database.



Portada dels tres informes de l'Atles elaborats un cop enllestides les tasques de recopilació de dades de cada temporada.
 Cover of the three annual Atles reports that were published once the data collection for each season was over.

Divulgació als col·laboradors

Amb l'objectiu principal de mantenir la il·lusió dels participants en el projecte mentre durava la feina de camp i l'anàlisi de dades, es van elaborar tres informes anuals de l'Atles dels ocells de Catalunya a l'hivern 2006-2009 (Figura 13). Aquestes publicacions es van enviar a tots els col·laboradors del projecte i contenien informació sobre el progrés en la cobertura territorial, una selecció dels resultats preliminars, llista de participants, aplicacions de cara a la conservació de la natura, aclariments sobre aspectes metodològics i, fins i tot, avenços en el contingut final del llibre. A la secció "Fent Atles" els propis col·laboradors naraven les seves experiències personals durant les prospeccions de camp.

Divulgació en mitjans de comunicació

La divulgació del projecte per ràdio, premsa i televisió va ser un objectiu important en si mateix per mirar de fer arribar el projecte a la societat en general. Més enllà de la divulgació a través dels mitjans de comunicació ordinaris de l'Institut Català d'Ornitologia (www.ornitologia.org, Abellerol i Butlletí electrònic), el projecte va ser presentat en televisió (*Digital Plus*, d'àmbit estatal) i en revistes divulgatives tant de caire estatal (*Quercus*) com local (*El Portarró* del Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici, *El Soldor* del Parc Natural del Delta de l'Ebre, *El Bruel* de l'Associació d'Amics del Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà o *El Carrilet* de Bellvís, Pla d'Urgell).

Divulgació en fòrums acadèmics

El projecte Atles va ser presentat en diverses xerrades realitzades a les Universitats de Barcelona i Girona i al Museu de Ciències Naturals de Barcelona, i la seva metodologia ha estat objecte de classes i d'un treball específic en el marc del màster de Biodiversitat de la Universitat de Barcelona. Pel que fa a la participació en congressos, el projecte va ser presentat al XVIII Congrés Espanyol i III Ibèric d'Ornitologia, Elx (2006), i als XVII i XVIII congressos de l'*European Bird Census Council*, realitzats a Chiavenna, Itàlia (2007) i a Càceres (2010), respectivament.

- Check that the UTM 1x1 km squares correspond to plausible environments for the species recorded (e.g. an essentially wooded UTM 1x1 km with a record of a Little Bustard would need checking).
- Verification of rare species or those found in an unusual geographical area or out of season (e.g. a group of Rock Sparrows at 1,700 m of altitude).
- A check for errors of nomenclature (e.g. *L. cachinnans* - *L. michahellis*).
- Verification of birds identified only to generic level (e.g. *Certhia* sp. seen in Els Ports).
- Verification of population estimates or unlikely totals (e.g. an estimate of 11-50 Bitterns in a single UTM 10x10 km).
- Detection of possible errors occurring when entering lines or columns of data (e.g. in period A, a square with 6 House Sparrows and 0 Tree Sparrows, but in period B 5 Tree Sparrows and 0 House Sparrows).

Records of species to be submitted to the Catalan Bird Committee (e.g. Common Goldeneye; Clavell & Lopez 2011) were sent for acceptance. In the case of observations of other rare species or those detected in an unusual geographical area, the collaborator was asked to fill in the following questionnaire:

1. About the species:
 - Have you ever seen this species before? How often (approximately)?
 - Are you familiar with its call and/or song?
 - Have you ever seen it before in this place and/or season?
2. About the observation:
 - How far away were you? (give an estimate in metres)
 - How long did the observation last? (a moment, more than 10 seconds, several minutes, etc.)
 - Which features (morphological, call, behaviour, habitat, etc.) did you use to identify the bird?
 - Do you think that you could have confused this species with another of similar appearance?

The decision to accept or discard certain observations or even whole data sheets was taken by a validation committee composed of three members that

Anàlisi de dades

El tractament analític que es fa de les dades obtingudes al camp en els atles ornitològics pot ser molt divers. La gran majoria dels atles ornitològics mostren les dades obtingudes al camp sobre la distribució de les espècies en forma de mapes subdividits per un reticle d'unitats de superfície constant, on es mostra simplement la presència o l'evidència de nidificació d'una determinada espècie. Actualment, a més, el 48% dels atles mostren estimacions poblacionals, el 30% mostren mapes d'abundància, i un percentatge força menor mostra informació sobre les preferències d'hàbitat i altitud (Gibbons *et al.* 2007). Tots aquests elements afegits al tradicional mapa de distribució sovint comporten una complexitat analítica molt gran. En aquest apartat es descriuen els procediments analítics utilitzats en l'elaboració dels mapes de distribució UTM 10x10 km, mapes d'abundància, mapes de recuperacions, preferències d'hàbitat i altitud, estimacions poblacionals i tendències temporals.

Mapes de distribució UTM 10x10 km

En aquest Atlas els mapes de distribució es mostren a una resolució d'UTM 10x10 km (vegeu *Mostratge de quadrat*) i acompanyen totes les fitxes d'espècies dels capítols 1) Espècies residents i espècies hivernants i 2) Espècies molt escasses regulars (vegeu *Organització general de la llista d'espècies*). Aquests mapes mostren essencialment les dades de presència de l'espècie en cada quadrat UTM 10x10 km de Catalunya, incloent els quadrats de la plataforma continental catalana en el cas dels ocells pelàgics. Contenen la següent informació:

- Les rodones blaves indiquen la detecció de l'espècie en els quadrats UTM 10x10 km durant el període d'estudi. La rodona gran correspon a localitzacions dintre de les hores de cens del mostratge extensiu, i, per tant, permeten comparar quadrats amb un esforç similar (Figura 3). La rodona petita correspon a la presència de l'espècie detectada en qualsevol altra circumstància (fitxa complementària, SOCC, censos d'ocells marins, censos d'ocells aquàtics hivernants, etc.).
- El fons taronja indica la presència de l'espècie durant el període reproductor (Estrada *et al.* 2004) ja sigui com a nidificant possible, probable o segur, o com a estival no reproductor.

Hi ha 4 casos especials, el de la gavineteta de tres dits, el de la calàbria grossa, el de la gavina cendrosa i el de l'ànec negre. Per aquestes espècies es van generar mapes de distribució UTM 10x10 km amb un element gràfic afegit, una rodona vermella mitjançant la qual s'assenyalen totes les observacions que es van produir amb posterioritat als (i amb tota probabilitat com a conseqüència dels) forts temporals de vent de gener de 2009, que les van desplaçar a indrets poc habituals (vegeu capítol *El clima hivernal a Catalunya*).

Cal remarcar que els mapes de distribució UTM 10x10 km i els mapes d'abundància no proporcionen la mateixa informació. A banda de les diferències de resolució, l'absència en un quadrat del mapa de distribució UTM 10x10 km pot correspondre a una espècie no detectada en el mostratge de camp, però realment present; en canvi, quan el mapa d'abundància assenyalava una probabilitat que hi sigui present, no és una certesa empíricament demostrada. Tanmateix, es pot considerar que quan provenen de dades i models prou consistents, els mapes d'abundància representen la distribució de forma més fidel que no pas els mapes de distribució UTM 10x10 km perquè pràcticament són independents de les diferències d'esforç i de les habilitats de l'observador.

Finalment, a l'Annex del llibre es presenta una dada derivada de la informació que es mostra en el mapa de distribució UTM 10x10 km. Es tracta del solapament entre la distribució observada a l'hivern (H) i durant període reproductor (R), el qual s'esmenta en diversos textos d'espècies. El solapament entre dos conjunts es pot calcular de diferents formes, amb resultats i interpretacions diferents. En aquest Atlas el solapament es va calcular per a cada espècie com el quocient entre el nombre de quadrats comuns i la unió de quadrats d'ambdós períodes:

was specifically set up for the Atlas. The rejected observations were entered in the databases as doubtful, but were not used in the analysis and results.

Data filtering continued during the following phases, right up to the writing of the species accounts and authors were explicitly asked to communicate any possible inaccuracies they detected.

Taxonomy and nomenclature

Following the recommendations of the Catalan Bird Committee (Clavell et al. 2011), several taxonomic changes were implemented in the Atlas in light of an initiative by the BOURC (British Ornithologists' Union Records Committee). Catalan names are written as in the List of the Birds of Catalonia (Clavell et al. 2011). For English names the recommendations of the British Ornithologists' Union for vernacular names were followed (www.bou.org.uk/BOURC%20English%20names.xls).

Publication

The publication of results is an important part of any scientific work, but acquires an even greater relevance if data has been generated by hundreds of volunteers and directly involves both government agencies and NGOs. Support for the project and the use of the results are also to some extent dependent on the publishing of preliminary results whilst work is still in progress. Thus, during work on the Atlas we focused on providing information to collaborators, the media and academic forums.

Collaborators

In order to encourage participants in the project to continue collaborating, three annual reports of the Catalan Winter Birds Atlas 2006-2009 (Figure 13) were sent out. These publications were sent to all collaborators of the project and contained information about how the fieldwork was progressing, a selection of preliminary results, a list of participants and a discussion of how the data could be applied in nature conservation. In the section 'The Making of the Atlas' individual collaborators explained their experiences during the field surveys.

Media

The projection of the project in the press was important as a means of communicating its objectives to society in general. Aside from the normal channels of communication of the Catalan Ornithological Institute (www.ornitologia.org, Abellerol and the Electronic newsletter), the project was publicised on television (Digital Plus, Spain) and appeared in both national (magazine Quercus) and local publications (El Portarró published by the Aigüestortes and Sant Maurici National Park; El Soldor from the Ebro Delta Natural Park; El Bruel published by the Friends of Aiguamolls de l'Empordà Natural Park Association and El Carilet from Bellví, El Pla d'Urgell).

Academic forums

The Atlas project was presented in a number of symposiums held at the universities of Barcelona and Girona, and at the Barcelona Museum of Natural Sciences. As well, the Atlas methodology was used in classes and as a specific topic for a masters' degree in Biodiversity awarded by the University of Barcelona. The project was also presented at the XVIII Spanish Congress of Ornithology and III Iberian Congress of Ornithology, Elche (2006), and the XVII and XVIII congresses of the European Bird Census Council in Chiavenna, Italy (2007) and Cáceres (2010), respectively.

Data analysis

The analytical treatment of field data can take various forms. The vast majority of bird atlases represent field data for species distribution on maps with a grid of units of constant surface area, which reflect the presence or evidence of breeding for a particular species. Furthermore, 48% of atlases give population estimates,

$$\text{Solapament} = \frac{H \cap R}{H \cup R} \times 100$$

Mapes d'abundància

Hi ha un creixent interès els darrers anys per generar mapes d'abundància en el context dels atles ornitològics moderns, en especial en aquells que es duen a terme per segona o tercera vegada (Gibbons *et al.* 2007). Seguint les passes realitzades en el darrer Atlas de nidificants, el present Atlas també mostra mapes d'abundància, però en aquest cas de natura molt més diversa. Així, aquest llibre conté essencialment dos tipus de mapes d'abundància, els que representen els resultats de censos absoluts d'ocells en determinades àrees i els que es basen en la inferència estadística a partir d'una mostra de dades representativa de la població. El primer cas es dona exclusivament en els mapes elaborats a partir de les dades dels censos d'ocells aquàtics hivernants, els quals aporten resultats gairebé directament cartografiats, mentre que en la resta de les espècies els mapes d'abundància s'elaboren a partir de diferents tècniques de modelització estadística. Però, a més de la diversitat de procediments utilitzats per a la realització de mapes d'abundància en aquest Atlas, cal afegir també que a diferència del de nidificants, no sempre se'n representa un per a cada espècie, i el nombre de mapes que s'hi mostren depèn de fins a quin punt les abundàncies van variar al llarg del període d'estudi. Per això, en tots els casos abans de fer cap mapa es va procedir a determinar les possibles diferències espaciotemporals en l'abundància de les espècies al llarg dels tres hiverns estudiats.

Variabilitat espaciotemporal de l'abundància

Un dels objectius de l'Atlas va ser determinar les variacions espaciotemporals en l'abundància de cada espècie dins del període d'estudi i mostrar aquestes diferències en forma de diferents mapes d'abundància. Així, per exemple, si una espècie va resultar més abundant l'hivern 2008/09 que en els dos hiverns anteriors, es mostren dos mapes, un per al període en què l'abundància no va mostrar diferències rellevants (hiverns 2006/07 i 2007/08), i un altre per al tercer hivern (*e.g.* el reietó).

Es van analitzar aquestes variacions entre els tres hiverns en què es va dur a terme la feina de camp, així com entre la primera i segona meitat de cada hivern. Tanmateix, no només es va determinar si hi havia hagut variacions temporals en l'abundància per al conjunt de Catalunya, sinó que això també es va fer a una escala geogràfica menor. Per tal d'explorar aquests darrers canvis es van definir 5 grans zones obeint a grans patrons climàtics: Catalunya central, Litoral nord, Litoral sud, plana de Lleida i Pirineus (vegeu *El clima hivernal a Catalunya*).

Anàlisi estadística

Les variacions temporals en l'abundància es van analitzar a partir d'un model lineal generalitzat mixt on el transecte es va definir com a efecte aleatori i l'hivern (2006/07, 2007/08 i 2008/09), la zona (Figura 3) i el període (primera o segona meitat de l'hivern) com a efectes fixos. A més, per testar si hi havia variacions temporals significatives exclusivament en una part de Catalunya, es van introduir les interaccions zona*hivern i zona*període. Així doncs, el model es podia formular com:

$$\text{Abundància} = \text{zona} + \text{hivern} + \text{període} + \text{zona} * \text{hivern} + \text{zona} * \text{període},$$

on l'abundància seguia una distribució de Poisson.

També es va realitzar una anàlisi *post-hoc* basada en les mitjanes dels mínims quadrats per conèixer quins eren els anys o les interaccions zona*hivern i zona*període que mostraven variacions significatives.

Per a la majoria d'espècies es va utilitzar tota la mostra disponible, però quan una espècie no havia estat detectada en alguna de les zones (calia almenys una observació en tots tres hiverns) es descartava aquesta mostra de la zona en qüestió per poder realitzar l'anàlisi. Totes aquestes anàlisis van ser executades mitjançant la funció GLIMMIX del programa SAS (SAS 2000-2004).

30% provide abundance maps and a small percentage detail information about habitat and altitudinal preferences (Gibbons *et al.* 2007). All these elements, along with the traditional distribution maps, often imply highly complex analytical work. In this section we provide a description of the analytical procedures used in the development of the maps of distribution in 10x10 km UTM squares, abundance maps, ringing recoveries, altitudinal and habitat preferences, population estimates and temporal trends.

UTM 10x10 km distribution maps

In this atlas species' distributions are shown on maps based on a grid of UTM 10x10 km squares (see Square sampling). They accompany the species accounts in chapters of, respectively, resident or wintering species, and very scarce but regular species (see General organization of the species accounts). These maps represent the presence data for each species in every UTM 10x10 km square in Catalonia, including squares covering the Catalan continental shelf in the case of pelagic species. The maps contain the following information:

- Blue spots indicate the detection of species in the 10x10 km UTM squares during the study period. The large spots represent observations made during the censusing hours of the square sampling and therefore allow for comparisons with other squares with similar effort (Figure 3). The small spots correspond to the presence of the species according to other sources (complementary sampling, SOCC, seabird censuses, wintering waterbird censuses, etc.).
- The orange background indicates the presence of the species during the breeding season (Estrada *et al.* 2004) as possible, probable or certain breeders or as non-breeding summer visitors.

The cases of Kittiwake, Great Northern Diver, Common Gull and Common Scoter are exceptional and for these species we generated 10x10 km UTM distribution maps with an additional symbol (a red spot) to indicate all the observations occurring after (and most likely as a result of) the violent gales of January 2009 that forced these 4 species to take refuge in unusual sites (see chapter The winter weather in Catalonia).

It is worth emphasizing that the UTM 10x10 km distribution maps and the abundance maps do not provide the same information. Apart from the differences in resolution, an absence in a particular 10x10 km UTM square may correspond to an undetected species in the sampling area that is actually present; the abundance maps, on the other hand, reflect a probability that a species is present, not an empirical certainty. Nevertheless, when based on robust data and models, the abundance maps do in fact represent distributions more accurately than the UTM 10x10 km maps, because in essence they are not influenced by variations in effort and collaborators' observational skills.

Finally, in the appendix we give figures derived from the information shown on the UTM 10x10 km distribution map that represent the overlap between winter (W) and breeding distributions (B), which are mentioned in several species accounts. The overlap between two sets can be calculated in various different ways giving different results and interpretations. In the Atlas the overlap was calculated for each species as the ratio between the number of squares in common and the union of squares from both periods:

$$\text{Overlap} = \frac{W \cap B}{W \cup B} \times 100$$

Abundance maps

In recent years there has been an increasing trend in ornithological atlases towards the generation of abundance maps, especially in those atlases that represent a first or a second update of a previous publication (Gibbons *et al.* 2007). Following on from the second Catalan Breeding Birds Atlas, the new winter Atlas also contains abundance maps, although in this publication they are of a more diverse nature. They essentially consist of two types: those that represent the results of absolute bird censuses carried out in specific areas, and those that rely on statistical inference from a representative sample of a species' popula-

Aquestes anàlisis de variació espaciotemporal es van realitzar per a les dades del mostratge intensiu (SOCC), dels censos d'ocells marins des de la costa i dels censos d'ocells aquàtics hivernants. En un primer moment es va pensar que les anàlisis espaciotemporals donarien resultats fiables per a les espècies ben cobertes per aquests tres mostres, i que la variació espaciotemporal de la resta d'espècies es podria analitzar amb les dades dels mostres de quadrat. Més tard, les anàlisis realitzades amb aquestes darreres dades van demostrar que les freqüències d'aparició obtingudes (entre 0/8 i 8/8 per a un quadrat estàndard, vegeu *Mostratge de quadrat*) no tenien prou resolució per analitzar les variacions espaciotemporals esmentades. Per aquesta raó finalment es va descartar fer aquesta anàlisi en espècies mal cobertes pel SOCC, el mostratge d'ocells marins o els censos d'ocells aquàtics. En aquests casos es mostra sempre un sol mapa d'abundància, no perquè no hi pugui haver variacions espaciotemporals, sinó perquè la informació recollida en el marc d'aquest Atlas no va permetre l'anàlisi estadística d'aquesta variabilitat en aquest grup d'espècies (vegeu *Annex*).

En el cas dels mostratges intensius i d'ocells marins les variables predictorres van ser les mateixes, però en el cas dels censos d'ocells aquàtics el model exclouïa l'efecte període i la seva interacció amb la zona perquè per a cada hivern només es disposava d'una dada (cens de gener). Pel que fa a la variable dependent, les condicions van ser diferents en cada cas per ajustar-se a la diferent natura de les dades:

1. Mostratge intensiu
 - La variable dependent emprada va ser el nombre total d'individus comptats dintre de cada transecte SOCC.
 - Es van analitzar les espècies que van aparèixer almenys en 25 itineraris.
 - Es van emprar les dades d'aquells itineraris realitzats els tres hiverns i els dos períodes, és a dir, amb la sèrie de 6 censos hivernals completa.
2. Censos d'ocells aquàtics hivernants
 - La variable dependent emprada va ser el nombre d'individus comptabilitzats en cada àrea de cens.
 - Només es van utilitzar les àrees que es van censar els tres hiverns.
3. Mostratge d'ocells marins
 - La variable dependent emprada va ser el nombre màxim d'individus anotats els 6 comptatges de 10 minuts.
 - Només es van analitzar les espècies per a les quals ni el SOCC ni el cens d'ocells aquàtics hivernants proporcionaven millors dades sobre les seves variacions espaciotemporals.
 - Només es van tenir en compte dues zones: Litoral nord i Litoral sud.

Determinació del nombre de mapes a generar

A causa de la limitació d'espai de les fitxes d'espècies i per tal d'evitar l'acumulació d'excessiva informació gràfica, es va decidir mostrar únicament o bé la variació entre hiverns o bé la variació entre períodes i, per tant, es va descartar representar combinacions particulars de període i hivern. A l'hora de definir aquestes diferències es van utilitzar criteris de significació estadística provinents dels resultats del model lineal generalitzat mixt. Per als efectes principals, sense interacció, es va aplicar directament el nivell de significació $\alpha = 0,05$. Per a les anàlisis *post-hoc* es va aplicar una correcció de Bonferroni. Quan es van trobar diferències significatives entre hiverns es va determinar el nombre de mapes a representar a partir dels resultats de les anàlisis *post-hoc*:

- Quan es van trobar diferències significatives entre tots els hiverns: tres mapes.
- Quan es van trobar diferències significatives entre alguns hiverns es van aplicar les següents regles:
 - Si hi havia congruència entre les anàlisis *post-hoc*: dos mapes. Per exemple, quan 2006/07 ≠ 2007/08, 2007/08 ≠ 2008/09 i 2006/07 = 2008/09 es va representar un mapa per a 2007/08 i un altre per a 2006/07-2008/09.
 - Si no hi havia congruència entre les anàlisis *post-hoc* (per exemple quan 2006/07 ≠ 2007/08, 2007/08 = 2008/09 i 2006/07 = 2008/09): tres mapes.

tion. The first case only concerns maps generated with data gathered during the winter waterbird censuses, which provide results that can be mapped in a very straightforward fashion; for the rest of the species the abundance maps are based on different statistical modelling techniques. Unlike in the Catalan Breeding Bird Atlas, in this new atlas not every species has a single map, and the number of maps per species depends on the extent to which abundances varied during the study period. Thus, in all cases, before creating the maps we calculated the spatiotemporal differences in the abundance of the species during the three winters of the study period.

Spatiotemporal variability of abundance

One aim of the Atlas was to use maps to depict spatiotemporal variations in abundance for all species during the study period. For instance, if a species was more abundant in winter 2008/09 than in the previous two winters, two maps were shown, one for the period in which the abundance showed no relevant fluctuations (winters 2006/07 and 2007/08) and one for the third winter in which the abundance was significantly different (e.g. Goldcrest).

We analyzed the variations between the three winters in which the fieldwork was carried out, as well as between the first and the second half of each winter. In addition, we looked for temporal variations in abundance for the whole of Catalonia and at smaller geographical scales. In order to explore such changes we defined 5 major zones corresponding to broad winter weather patterns: Central Catalonia, North Coast, South Coast, Lleida plains and the Pyrenees (see The winter weather in Catalonia).

Statistical analysis

*Temporal variations in abundance were analyzed using a generalized linear mixed model in which the transect was defined as a random effect, and the winter (2006/07, 2007/08 and 2008/09), the zone and the period (first or second half of winter) were defined as fixed effects. In addition, to test whether there were significant temporal variations in any particular zone, the interactions zone*winter and zone*period were introduced. Hence, the model can be formulated as follows:*

$$\text{Abundance} = \text{zone} + \text{winter} + \text{period} + \text{zone} * \text{winter} + \text{zone} * \text{period}$$

where the abundance follows a Poisson distribution.

*We also performed a post-hoc analysis based on the minimum square means in order to detect the years or the interactions zone*winter and zone*period that showed significant variations.*

We used the entire available sample for most species, although when a species was not detected in a particular zone (at least one observation in all three winters was required), that zone was eliminated from the analysis. All these tests were performed by using the GLIMMIX module of the SAS program (SAS 2000-2004).

The analysis of spatiotemporal variation was performed using data from the intensive sampling (SOCC), the seabird sampling from the coast and the winter waterbirds censuses. At first we thought that the spatiotemporal analysis would give reliable results for those species that were well covered by these three sampling methods, and that the spatial variation for the remaining species could be analyzed with the square sampling data. Subsequently, though, tests conducted on these data showed that the frequency of occurrence obtained (between 0/8 and 8/8 for a standard square, see Square sampling) did not have enough resolution to analyze the spatial variations. For this reason we decided to discard this type of analysis for those species poorly covered by the SOCC surveys, seabird samplings or waterbird censuses. In these cases, the species account only has one abundance map, not because there were no spatiotemporal variations, but because the information gathered during the Atlas fieldwork was not sufficient for the statistical analysis of variability in this group of species (see Appendix).

The predictive variables were the same for both the intensive and seabird samplings; nevertheless, for the waterbird censuses the model excluded the pe-

- Un cop aplicats els anteriors criteris es va revisar cadascuna de les espècies per a les quals s'havien hagut d'eliminar de les anàlisis estadístiques determinades zones per manca de mostra. Es va revisar la matriu de dades original per detectar possibles patrons temporals evidents (malgrat no ser avaluables estadísticament). Aquest és el cas de la puput, la qual va ser freqüent els hiverns 2006/07 i 2007/08 al Litoral nord, però no el 2008/09, per la qual cosa es va acabar representant dos mapes, un per als hiverns 2006/07-2007/08 i un altre per al 2008/09.

Un cop aplicats aquests criteris de significació estadística, es van generar inicialment tants mapes d'abundància com diferències estadístiques s'havien detectat. Malgrat això, es va afegir un darrer criteri a l'hora de decidir quants mapes calia finalment mostrar a l'Atles. Aquest segon nivell de decisió va consistir a calcular la magnitud del canvi per a les espècies per a les quals s'havien detectat canvis estadísticament significatius mitjançant una avaluació del grau de similitud entre els mapes d'abundància calculats inicialment per a diferents anys o períodes. Aquesta avaluació es va fer mitjançant un índex de solapament entre mapes d'abundància generats inicialment. Aquest índex de solapament es va calcular com l'àrea comuna entre els dos mapes dividit per la mitjana de les àrees dels dos mapes. El punt de tall per considerar un solapament prou baix i, per tant, produir mapes diferents, va ser 0,6. És a dir, quan dos mapes d'abundància tenien un valor de solapament inferior a 0,6 es considerava que eren prou diferents per ser mostrats com a tals. A l'hora de fer el tractament de les possibles incongruències (e.g. 2006/07≠2007/08, 2007/08≠2008/09 i 2006/07=2008/09) el procediment va ser el mateix que l'especificat en els criteris de significació estadística.

Aquest segon nivell de filtre es va desenvolupar amb l'objectiu de concentrar l'atenció en les variacions espaciotemporals més evidents, tot minimitzant la importància de significacions estadístiques sobre variacions de poca magnitud. Seguint aquests dos criteris, finalment es van trobar diferències entre hiverns en 11 espècies, mentre que en cap cas es van detectar diferències prou rellevants entre la primera i la segona meitat de l'hivern.

Mapes generats per inferència estadística

La major part dels mapes d'abundància produïts en el marc del present Atles es van generar a partir de models de nínxol ecològic. Aquests models són mètodes numèrics que relacionen informació sobre la distribució o abundància de les espècies (presència o abundància en localitats conegudes) amb informació sobre característiques ambientals i/o espacials en aquestes localitats (Elith & Leathwick 2009). Aquestes eines modelitzen les relacions entre les espècies i les variables ambientals i, a partir d'aquestes relacions, prediuen la presència de les espècies en llocs on no hi ha dades de mostreig (Guisan & Zimmermann 2000).

Les prediccions sobre la distribució o abundància de les espècies permeten restar hipòtesis ecològiques i biogeogràfiques, i també ofereixen una base per a la planificació i gestió de recursos naturals, incloent l'avaluació de l'estat de conservació de les espècies, el disseny de reserves, la gestió i restauració d'hàbitats, la modelització de poblacions, comunitats i ecosistemes, l'anàlisi del risc d'espècies invasores, i la predicció dels efectes del canvi climàtic sobre les espècies i els ecosistemes (Franklin 2009). En aquest sentit, l'Atles dels ocells nidificants de Catalunya (Estrada *et al.* 2004) va ser una obra pionera en el món dels ocells i en l'aplicació d'aquests mètodes per generar mapes d'abundància d'espècies d'alta resolució en el marc d'un projecte d'atles. Les nombroses aplicacions que han tingut els models generats i els mapes derivats són un bon reflex de la potència d'aquestes metodologies. Aquestes aplicacions han permès entre d'altres l'avaluació de l'efectivitat de diferents metodologies de modelització (Brotons *et al.* 2004a), l'estudi de l'efecte de canvis en el paisatge (Brotons *et al.* 2004b, Brotons *et al.* 2004c, Vallecillo *et al.* 2008, Vallecillo *et al.* 2009) o la generació d'estimes del valor de conservació del territori (Herrando *et al.* 2010).

El present Atles d'hivern comparteix amb el de nidificants l'objectiu d'oferir mapes d'abundància d'espècies d'alta resolució generats a partir de models

riod effect and its interaction with the zone because for each winter there was only one data set (January census). The dependent variable chosen in each case was the one that was best suited to the different type of data:

1. *Intensive sampling*
 - *The dependent variable used was the total number of individuals counted within each SOCC transect.*
 - *We only analyzed species that appeared in at least 25 itineraries.*
 - *We only used data from itineraries with a complete series of 6 winter censuses (performed during both periods in all three winters).*
2. *Winter waterbird censuses.*
 - *The dependent variable used was the number of individuals counted in each census area.*
 - *We only used the areas that were censused in each of the three winters.*
3. *Seabird sampling*
 - *The dependent variable used was the maximum number of individuals recorded during the 6 counts of 10 minutes.*
 - *We only analyzed the species for which neither the SOCC nor wintering waterbird census provided better data regarding their spatiotemporal variations.*
 - *Only two areas were considered: North Coast and South Coast.*

Determining the number of maps

Due to the limited amount of space in the species accounts and to avoid an excessive accumulation of graphic information, the decision was taken to only show possible variations between winters or between periods, and thus we ruled out maps with a combination of winter and period data. To define these differences, we used statistical significance criteria derived from the results of the generalized linear mixed models. For main effects, without interaction, a significance level $\alpha = 0.05$ was applied directly, while for post-hoc analysis a Bonferroni correction was applied. When significant differences between winters were found, the number of maps to be created was determined using the results of the post-hoc analysis:

- *When significant differences were found between all winters: three maps.*
- *When significant differences were found between some of the winters the following rules were applied:*
 - *If there was congruence between the post-hoc analysis: two maps. For example, when 2006/07 ≠ 2007/08, 2007/08 ≠ 2008/09 and 2006/07 = 2008/09 a map was given for 2007/08 and another for 2006/07-2008/09.*
 - *If there was no congruence between the post-hoc analysis (for example when 2006/07 ≠ 2007/08, 2007/08 = 2008/09 and 2006/07 = 2008/09), three maps were included.*
- *Once these criteria had been applied we reviewed all the species for which certain zones had been deleted from the statistical analysis due to a lack of data. We checked the original data matrix to detect possible obvious temporal patterns that had not been statistically evaluated as in the case of the Hoopoe, which was common during winters 2006/07 and 2007/08 on the North Coast area, but not during 2008/09; thus, two maps are shown, one for 2006/07-2007/08 and another for 2008/09.*

Once we had applied the criteria of statistical significance, we created as many abundance maps as the statistical differences dictated. However, we added a final criterion to determine how many maps should be finally shown in the Atles: we calculated the magnitude of change for those species for which statistically significant changes had been detected by evaluating the degree of similarity between the abundance maps calculated for different years or periods. This evaluation was done using an overlap index between the initial abundance maps. This overlap index was calculated as the common area between the two maps divided by their average area. The cut-off for considering an overlap to be low enough to warrant different maps was 0.6, that is, when two abundance maps had an overlapping value of less than 0.6 they were considered sufficiently dissimilar to be shown as different maps. When performing the analysis for pos-

d'hàbitat basats en les relacions espècie-ambient. Així mateix, la principal aportació d'aquest Atlas és que els models es van desenvolupar en bona part a partir de dades provinents de programes de monitoratge ja establerts. En el cas dels ocells, aquests programes han estat implementats en una sèrie de països, en general amb mostres representatius i ben dissenyats (Gregory *et al.* 2005). La seva consolidació ha obert la porta a la utilització de la informació espacial obtinguda en la xarxa d'estacions per al desenvolupament de mapes d'alta resolució i, per tant, a la convergència en objectius entre els projectes d'atles i els programes de monitoratge (Jiguet *et al.* 2005, Brotons *et al.* 2007).

Així, per al desenvolupament de mapes d'alta resolució aquest Atlas va utilitzar en la mesura del possible informació ornitològica basada en el programa de monitoratge SOCC (Seguiment d'Ocells Comuns de Catalunya, vegeu *Mostratge intensiu*). El SOCC, en estar orientat al monitoratge d'espècies més comunes i conspicues, proporciona molta informació sobre l'abundància d'aquestes espècies, cosa que potencialment pot millorar substancialment les prediccions obtingudes amb els mètodes de modelització basats exclusivament amb dades de presència o presència/absència. No obstant això, ja que les espècies menys comunes generalment resten mal representades en el SOCC, calia preveure altres fonts d'informació complementàries, com ara els mostratges extensius i complementaris, i els censos d'ocells aquàtics hivernants i d'ocells marins.

Aproximació general a la modelització

Actualment existeixen molts mètodes d'anàlisi que combinen les dades de presència o abundància de les espècies amb predictors ambientals per generar estimacions de la seva distribució o abundància. La qualitat de les dades del mostratge disponible i les qüestions ecològiques plantejades són dos aspectes clau per seleccionar un mètode apropiat. Així, d'una banda, les dades de presència-absència o abundància permeten l'ús de mètodes de tipus regressió (GLM, GAM, etc.), mètodes bayesians o mètodes desenvolupats com els *Machine-Learning* o *Data-Mining* (ANNs, *boosted regression trees*, *genetic algorithms*, etc.), els quals poden proporcionar prediccions consistents (Brotons *et al.* 2004a, Elith & Leathwick 2009). D'altra banda, les dades exclusivament de presència, quan hi ha mancances d'informació sobre les absències conegudes, es poden modelitzar amb altres mètodes basats en la comparació dels registres de presència amb pseudoabsències o valors ambientals de fons (e.g. MAXENT, GARP i ENFA); aquests mètodes també produeixen bones prediccions, tot millorant, en alguns casos, l'exactitud predictiva dels models generats a partir de mètodes de presència-absència (Elith *et al.* 2006).

De l'àmplia gamma de mètodes disponibles per a la modelització de l'abundància de les espècies, en aquest Atlas es va optar pel mètode de la modelització de la màxima entropia implementat en el programari MAXENT (versió 3.3.0f, descàrrega lliure a www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/), per la seva flexibilitat a l'hora de treballar amb diferents tipus de dades sobre les espècies (dades exclusivament de presència o bé d'abundància) i diferents tipus de respostes. El principi bàsic de l'aproximació estadística implementada en MAXENT és el de l'estimació d'una distribució de probabilitats de màxima entropia (és a dir, el més escampada o uniforme possible) tenint en compte el conjunt de condicions (característiques ambientals on s'ha detectat l'espècie) que mostra la nostra informació incompleta sobre la distribució de l'espècie (Phillips *et al.* 2006). L'enfocament MAXENT es pot comparar amb el Model Lineal General (GLM) en el sentit que tots dos utilitzen predictors ambientals (Phillips *et al.* 2006). Malgrat aquesta similitud, existeixen importants diferències entre els dos mètodes. Els GLM s'utilitzen per modelitzar la probabilitat d'aparició i, per tant, són necessàries dades d'absències veritables. Per contra, MAXENT modelitza una distribució de probabilitat sobre els píxels de la regió d'estudi però en cap cas els píxels sense registres s'interpreten com absències. Per tant, les unitats d'un model MAXENT no corresponen exactament a probabilitats d'aparició sinó que es tracta d'índexs d'adequació de l'hàbitat elaborats per contrast amb les zones ecològicament més semblants a les àrees on l'espècie en qüestió ha estat realment detectada.

sible inconsistències (e.g. 2006/07 ≠ 2007/08, 2007/08 ≠ 2008/09 and 2006/07 = 2008/09) the procedure was the same as that specified for the statistical significance criteria.

This second filter was developed to focus attention on the most obvious spatial variations, thereby minimizing the importance of statistically significant low magnitude variations. Following these criteria, we found differences between winters for 11 species, but did not detect important differences between the first and second periods for any species.

Maps generated by statistical inference

Most of the abundance maps produced in the framework of the Atlas were generated from niche-based models. These numerical models relate information about the distribution and abundance of species (presence or abundance in known locations) with information on the environmental and/or spatial features present at these locations (Elith & Leathwick 2009). These procedures model relationships between species and environmental variables and predict the presence of species in areas for which there are no sampling data (Guisan & Zimmermann 2000).

Predictions regarding the distribution and abundance of species allowed us to test ecological and biogeographical hypotheses and in general provide a basis for the management of natural resources in fields such as the assessment of species' conservation status, the design of protected areas, management and habitat restoration, population, community and ecosystem modelling, the analysis of the risks posed by invasive species and the prediction of the effects of climate change on species and ecosystems (Franklin 2009). The Catalan Breeding Bird Atlas (Estrada *et al.* 2004) was a pioneering ornithological work given its use of similar statistical methods in the generation of abundance maps of species at high resolution within the framework of an atlas project. The numerous applications that these models have generated and the maps they have created are good examples of the robustness of these methodologies and have led to work evaluating the effectiveness of different modelling methodologies (Brotons *et al.* 2004a), studies of the effect of changes on landscapes (Brotons *et al.* 2004b, Brotons *et al.* 2004c, Vallecillo *et al.* 2008, Vallecillo *et al.* 2009) and the generation of estimates of conservation value throughout a region (Herrando *et al.* 2010).

This winter Atlas shares with the Breeding Bird Atlas the aim of generating high-resolution abundance maps from habitat models based on species-environment relationships. Nevertheless, one of the most important features of the Atlas is its use of a large number of models based on data from pre-existing monitoring programmes. In the case of birds, these type of programmes have been implemented in several other countries, generally with well designed and representative monitoring schemes (Gregory *et al.* 2005). Their consolidation has opened the door to the use of spatial information extracted from a network of sampling stations as a way of generating high resolution maps, which reflects the convergence of goals between atlas and ongoing monitoring programmes (Jiguet *et al.* 2005, Brotons *et al.* 2007).

Thus, to create these high resolution maps, the Atlas used as far as possible ornithological information derived from the SOCC (Catalan Common Bird Survey, see Intensive sampling). The SOCC focuses on the monitoring of the most common and conspicuous species, and provides a lot of information on their abundances, which improves considerably the predictions obtained from modelling methods based exclusively on presence or presence/absence data. Nevertheless, given that the less common species are generally poorly represented in the SOCC counts, it was necessary to make use of additional information sources such as the complementary and extensive samplings, the winter waterbird censuses and seabird samplings.

General modelling approach

There are currently numerous analytical methods that combine data from the presence or abundance of species with environmental predictors to generate estimations of their distributions and abundances. The quality of available sampling data and the ecological questions to be addressed are two key aspects that have

Aquesta aproximació basada en les dades de presència però no en les absències sembla particularment adequada per al període d'estudi d'aquest Atles. A l'hivern, es pot esperar una baixa detectabilitat per a moltes espècies i, en conseqüència, molts falsos negatius. Malgrat això, per a les espècies amb alta detectabilitat i mostrejades de forma extensa i representativa, els índexs d'adequació d'hàbitat modelitzats per MAXENT es poden interpretar d'una forma similar als resultats dels models de presència-absència. L'aproximació general de MAXENT ofereix, a més, una gran flexibilitat i permet també la incorporació d'informació sobre el nombre d'individus detectats com una manera de donar pes a les àrees on hi ha una major abundància de l'espècie. Cal tenir present, però, que les unitats d'aquests mapes no són directament comparables entre espècies i s'han d'interpretar de forma diferent segons el tipus de model.

Tipus de models

Per modelitzar l'abundància de les espècies es van definir dos grans tipus de models, els que es generen amb dades d'abundància i els que es construeixen amb dades exclusivament de presència. Els models d'abundància es deriven de les dades del SOCC per a les espècies terrestres comunes, i dels mostratges pelàgics i costaners per a les espècies marines comunes, i els seus resultats es poden interpretar com a mapes d'abundància relativa. Per a les espècies per a les quals no es disposa de dades d'abundància fiables, es van elaborar models de presència, i els seus resultats es poden interpretar en certa mesura com si es tractés de mapes de probabilitat d'aparició. Cal remarcar que tots dos tipus de model en realitat generen mapes d'índex d'adequació d'hàbitat, i que és només a efectes de facilitar la seva interpretació que els anomenem d'una o altra manera.

En conjunt es van generar mapes d'abundància a través d'un o altre tipus d'inferència estadística per a 171 espècies. Es van generar mapes d'abundància relativa a partir dels mostratges estandarditzats per a les espècies ben representades al SOCC (77 espècies), als censos d'ocells marins des de la costa (16 espècies) i als censos d'ocells pelàgics (9 espècies). A més, també es van generar mapes d'abundància per a 5 espècies d'ocells aquàtics amb dades provinents tant dels censos d'ocells aquàtics com del SOCC. Per a les espècies terrestres menys comunes (74 espècies), es van generar models a partir de dades de presència a una resolució d'1 km², en la major part dels casos a partir de dades d'esforç controlat, però afegint dades no estandarditzades en les espècies més escasses (mostratges complementaris o dades fora de cens dels mostratges estandarditzats). Tots aquests mapes es van elaborar amb el mètode MAXENT de modelització de nínxol ecològic excepte en el cas dels ocells marins costaners, els quals, a causa de les dificultats d'establir relacions entre la presència de les espècies i les variables ambientals, es van abordar amb tècniques d'interpolació espacial. Finalment, cal tenir present que per algunes espècies que es poden classificar tant d'aigües continentals com d'aigües marines i, dins d'aquest darrer grup, tant pelàgiques com costaneres, es van elaborar diversos mapes d'abundància, depenent de les dades disponibles.

No sempre va ser senzill determinar quina aproximació metodològica seguir en cada cas i, més enllà dels estadístics d'avaluació dels models, cal remarcar la importància de l'avaluació experta. En el cas de l'Atles, l'equip editorial va haver de seleccionar, espècie per espècie, el tipus de model que creia que més s'ajustava a la realitat. A l'Annex del llibre es poden consultar el/s model/s generat/s finalment per a cada espècie.

Variables predictorres utilitzades

El desenvolupament de models de nínxol ecològic depèn de la disponibilitat de dades ambientals adequades i de bona qualitat. Afortunadament, durant els darrers anys diferents institucions catalanes com la Generalitat de Catalunya, el Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF) o l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC) han dut a terme un gran esforç dirigit a la generació de bases de dades digitals de gran qualitat, amb infor-

to be borne in mind when selecting an appropriate analytical method. On one hand, presence-absence or abundance data allow the use of regression models (GLM, GAM, etc.), Bayesian methods and methods developed in the machine-learning and data-mining approaches (ANNs, boosted regression trees, genetic algorithms, etc.) to provide robust predictions (Brotons et al. 2004a, Elith & Leathwick 2009). On the other hand, when there is a lack of information regarding known absences, presence-only data can be modelled with other methods based on the comparison of presence records and the pseudo-absences of environmental background points (e.g. MAXENT, GARP and ENFA); this technique also produces good results that in some cases may actually improve the predictive accuracy of models based on presence-absence methods (Elith et al. 2006).

Of the wide range of available methods for modelling the abundance of species, for the Atles we opted for the maximum entropy modelling approach implemented in the software MAXENT (version 3.3.0f, freely download from www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/), because of its flexibility when handling different kind of species data (presence or abundance-only data) and responses. The basic principle of the statistical approach implemented in MAXENT is the estimation of the probability of a distribution with maximum entropy (that is, the most spread out or the most uniform distribution) given a set of conditions (the environmental characteristics of the site where the species is detected) that shows our incomplete information regarding the distribution of the species (Phillips et al. 2006). The MAXENT approach can be compared with the General Linear Model (GLM) approach inasmuch that both methods use environmental predictors (Phillips et al. 2006). Despite these similarities, important differences exist between these methods. GLMs are used to model the probability of occurrence and hence true absence data is required. By contrast, MAXENT models a probability distribution on the basis of the pixels in the study region and pixels without records are not interpreted as absences. Therefore, the units of a MAXENT model cannot be directly interpreted as probabilities of occurrence, but, rather, as habitat indices developed by comparing environmentally similar areas in which a given species has been reported.

This approach based on presence but not absence data seems particularly appropriate for the study period of the Atles. In winter, a low detectability for many species is to be expected and consequently many false negatives occur. Nonetheless, for species with high detectability that are well sampled, the indices of habitat suitability modelled by MAXENT can be interpreted in a similar way to the results of presence-absence models. The general approach of MAXENT also offers great flexibility and allows for the incorporation of information on the number of detected individuals as a means of giving greater importance to areas where a species is more abundant. It is thus important to remember that a direct comparison between the units of each species map cannot be made and so maps should be interpreted in terms of the type of the model used.

Model types

To model species abundance two main types of models were defined: models generated from abundance data and models constructed exclusively with presence data. Abundance models are derived from the SOCC sampling for common terrestrial species and from coastal and pelagic seabird sampling for common marine species, and data from these projects enabled us to create maps of relative abundance. For species with no reliable abundance data, presence-only data was the most appropriate for modelling species' distribution and to some extent the results can be interpreted as if they were probability of occurrence maps. It is important to note that both types of models actually generate habitat suitability index maps and that we only refer to them with different names in order to facilitate their interpretation.

In all, we used statistical inference to generate abundance maps for 171 species. Relative abundance maps were created from the standardized sampling for species well represented in the SOCC (77 species), seabird censuses from the coast (16 species) and pelagic bird censuses (9 species). In addition, abundance maps were also generated for 5 species of waterbirds using data from both aquatic bird censuses and SOCC datasets. For less common terrestrial species (74 species), we gen-

Taula 4 / Table 4

Variables ambientals Environmental variables	Unitats Units	Rang Range	Variables ambientals Environmental variables	Unitats Units	Rang Range
Hàbitat i Usos del sòl <i>Habitat and Land-use</i>					
Avetosa ¹ <i>Silver fir forests</i>	%	0 100	Matollars forestals de muntanya ¹ <i>Transitional upland woodland-shrub</i>	%	0 89
Bosc de pi blanc ¹ <i>Aleppo pine forests</i>	%	0 100	Màquia esclerofil·la ¹ <i>Sclerophyllous maquis</i>	%	0 57
Bosquines de pi blanc ¹ <i>Transitional Mediterranean Aleppo pine woodland-shrub</i>	%	0 76	Matolls mediterranis ¹ <i>Mediterranean shrublands</i>	%	0 100
Bosc de pinassa ¹ <i>European Black pine forests</i>	%	0 100	Matolls de muntanya ¹ <i>Upland shrublands</i>	%	0 100
Bosc de pi pinastre ¹ <i>Maritime pine forests</i>	%	0 98	Molleres ¹ <i>Peat bogs</i>	%	0 27
Bosc de pi negre ¹ <i>Mountain pine forests</i>	%	0 100	Plantacions coníferes ¹ <i>Coniferous plantations</i>	%	0 61
Bosc de pi roig ¹ <i>Scots pine forests</i>	%	0 100	Plantacions pollancre ¹ <i>Poplars plantations</i>	%	0 95
Arrossar ¹ <i>Rice fields</i>	%	0 100	Prats alpins ¹ <i>Alpine grasslands</i>	%	0 100
Cítrics ² <i>Citrus groves</i>	%	0 48	Prats mediterranis ¹ <i>Mediterranean grasslands</i>	%	0 100
Fruïters (poma, pera, préssec, etc.) ² <i>Orchards (apple, pear, peach, etc.)</i>	%	0 89	Prats de muntanya ¹ <i>Upland grasslands</i>	%	0 100
Fruits secs (avellana, garrofers, etc.) ² <i>Nuts (hazels, carob, etc.)</i>	%	0 82	Ribera arbustiva ¹ <i>Riparian shrubs</i>	%	0 31
Conreu herbaci secà (sense arrossars) ² <i>Non-irrigated herbaceous crop (not rice)</i>	%	0 68	Bosc de ribera ¹ <i>Riparian forests</i>	%	0 69
Conreu herbaci regadiu (sense arrossars) ² <i>Irrigated herbaceous crop (without rice)</i>	%	0 100	Rius i llacunes ¹ <i>Rivers and lagoons</i>	%	0 100
Horta ² <i>Market gardens</i>	%	0 64	Roques i penya-segats ¹ <i>Rocks and cliffs</i>	%	0 94
Oliveres ² <i>Olive groves</i>	%	0 97	Tarteres ¹ <i>Screes</i>	%	0 91
Vinya ² <i>Vineyards</i>	%	0 96	Distància a la taca de bosc més propera ³ <i>Distance from nearest forest patch</i>	m	0 4040
Altres boscos caducifolis ¹ <i>Other deciduous forests</i>	%	0 69	Índex de Shannon ³ <i>Shannon Diversity Index</i>		0 3
Castanyer ¹ <i>Sweet chestnut forests</i>	%	0 99	Clima <i>Climate</i>		
Faig ¹ <i>Beech forests</i>	%	0 95	Temperatura mínima anual ⁴ <i>Minimum annual temperature</i>	°C	-2,9 14,0
Caducifoli jove ¹ <i>Young deciduous forests</i>	%	0 56	Temperatura mínima d'estiu (juliol-setembre) ⁴ <i>Minimum summer temperature (July-September)</i>	°C	2,7 20,8
Roure ¹ <i>Oak forests</i>	%	0 98	Temperatura mínima d'hivern (gener-març) ⁴ <i>Minimum winter temperature (January-March)</i>	°C	-7,8 7,6
Canyissars ¹ <i>Reedbeds</i>	%	0 84	Temperatura mínima de primavera (abril-juny) ⁴ <i>Minimum spring temperature (April-June)</i>	°C	-5,1 12,1
Congestes ¹ <i>Snow patches</i>	%	0 26	Temperatura mínima de tardor (octubre-desembre) ⁴ <i>Minimum autumn temperature (October-December)</i>	°C	-2,5 15,4
Alzinar ¹ <i>Holm oak forests</i>	%	0 100	Temperatura mitjana anual ⁴ <i>Mean annual temperature</i>	°C	5 17,3
Sureda ¹ <i>Cork oak forests</i>	%	0 100	Temperatura mitjana d'estiu (juliol-setembre) ⁴ <i>Mean summer temperature (July-September)</i>	°C	6,1 25,4
Estany ¹ <i>Lakes</i>	%	0 39	Temperatura mitjana d'hivern (gener-març) ⁴ <i>Mean winter temperature (January-March)</i>	°C	-4,5 10,7
Litoral marítim ¹ <i>Coastlines</i>	%	0 100	Temperatura mitjana de primavera (abril-juny) ⁴ <i>Mean spring temperature (April-June)</i>	°C	-2,3 15,8
Dunes litorals ¹ <i>Dunes</i>	%	0 98	Temperatura mitjana de tardor (octubre-desembre) ⁴ <i>Mean autumn temperature (October-December)</i>	°C	1,8 18,7
			Temperatura màxima anual ⁴ <i>Maximum annual temperature</i>	°C	4,0 22,4

Variabls ambientals <i>Environmental variables</i>	Unitats <i>Units</i>	Rang <i>Range</i>
Temperatura màxima d'estiu (juliol-setembre) ⁴ <i>Maximum summer temperature (July-September)</i>	°C	9,8 32,2
Temperatura màxima d'hivern (gener-març) ⁴ <i>Maximum winter temperature (January-March)</i>	°C	-1,0 16,7
Temperatura màxima de primavera (abril-juny) ⁴ <i>Maximum spring temperature (April-June)</i>	°C	1,2 21,9
Temperatura màxima de tardor (octubre-desembre) ⁴ <i>Maximum autumn temperature (October-December)</i>	°C	4,2 24,7
Precipitació acumulada anual ⁴ <i>Accumulated annual precipitation</i>	mm	339,5 1.464,1
Precipitació acumulada d'estiu (juliol-setembre) ⁴ <i>Accumulated summer precipitation (July-September)</i>	mm	41,8 474,9
Precipitació acumulada d'hivern (gener-març) ⁴ <i>Accumulated winter precipitation (January-March)</i>	mm	53,1 313,0
Precipitació acumulada de primavera (abril-juny) ⁴ <i>Accumulated spring precipitation (April-June)</i>	mm	95,0 376,6
Precipitació acumulada de tardor (octubre-desembre) ⁴ <i>Accumulated autumn precipitation (October-December)</i>	mm	102,6 424,0
Radiació solar mitjana anual ⁴ <i>Mean annual solar radiation</i>	10kJm ² /year	820 1.732
Radiació solar mitjana d'estiu (juliol-setembre) ⁴ <i>Mean summer solar radiation (July-September)</i>	10kJm ² /year	1.575 2.395
Radiació solar mitjana d'hivern (gener-març) ⁴ <i>Mean winter solar radiation (January-March)</i>	10kJm ² /year	118 1.104
Radiació solar mitjana de primavera (abril-juny) ⁴ <i>Mean spring solar radiation (April-June)</i>	10kJm ² /year	1.085 2.062
Radiació solar mitjana de tardor (octubre-desembre) ⁴ <i>Mean autumn solar radiation (October-December)</i>	10kJm ² /year	407 1.532
Relleu / Relief		
Altitud mitjana ⁵ <i>Mean altitude</i>	m	0 2886
Pendent mitjà ⁵ <i>Mean slope</i>	%	0 43
Desviació estàndard del pendent ⁵ <i>Std Dev slope</i>	%	0 20
Influència humana <i>Human influence</i>		
Distància a camins i corriols ⁶ <i>Distance from roads and footpaths</i>	m	69 835
Distància a carreteres de la xarxa primària de transport ⁶ <i>Distance from roads within the main road network</i>	m	80 133.429
Distància a carreteres de la xarxa secundària de transport ⁶ <i>Distance from roads within the secondary road network</i>	m	275 938
Distància a ciutats > 10.000 habitants ^{6,7} <i>Distance from cities > 10,000 inhab.</i>	m	0 84.087
Urbanitzacions ⁸ <i>Out of town residential areas</i>	%	0 100
Zones industrials i comercials ⁸ <i>Industrial or commercial areas</i>	%	0 100
Zones urbanes ⁸ <i>Urban areas</i>	%	0 100
Altres / Others		
Distància mitjana al mar ⁹ <i>Mean distance from the sea</i>	km	0 194,5
Latitud mitjana ⁹ <i>Mean latitude</i>	m	4.489.562 4.748.562
Longitud mitjana ⁹ <i>Mean longitude</i>	m	260.500 526.500

¹ Cartografia dels hàbitats a Catalunya, Departament de Territori i Sostenibilitat i Universitat de Barcelona

² Sistema de Informació Geogràfica de parcel·les agrícoles (SIGPAC), Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino

³ Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya Versió 1, Departament de Territori i Sostenibilitat i Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF)

⁴ Atles Climàtic Digital de Catalunya, Universitat Autònoma de Barcelona

⁵ Model Digital d'Elevacions Versió 2 (revisada), Institut Cartogràfic de Catalunya

⁶ Mapa Topogràfic de Catalunya 1:50.000 Versió 3, Institut Cartogràfic de Catalunya

⁷ Cens de població de Catalunya 2001, Institut d'Estadística de Catalunya (IDESCAT)

⁸ Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya Versió 3 i Classificació dels usos del sòl a Catalunya 2002, Departament de Territori i Sostenibilitat i Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF)

⁹ Elaboració pròpia, Centre Tecnològic Forestal de Catalunya

Variabls ambientals utilitzades per generar els models de nínxol ecològic. A menys que s'esmenti el contrari, les variabls es refereixen a mitjanes en quadrats UTM 500x500 m i 1x1 km. Les fonts cartogràfiques s'especifiquen al final de la taula. *Environmental variables used to generate ecological niche models. Unless otherwise mentioned, variables refer to 500x500 m and 1x1 km UTM grid cells. Cartographic sources are specified at the bottom of the table. Numerical punctuation according to non-English usage in which commas indicate decimal signs and full points indicate thousands.*

erated occurrence models from the presence-only data at 1 km² resolution, using in most cases data from controlled efforts and also adding non-standardised data for the scarcest species (complementary sampling or data from non-standardised samplings). All these maps were produced with the MAXENT methodology for niche modelling with the exception of coastal seabirds, which, due to the difficulties in setting up relationships between species' presence and environmental variables, were created using spatial interpolation techniques. Finally, it is worth to bearing in mind that for some species classifiable as present on both inland and marine waters (and within the latter group, both pelagic and coastal species), several abundance maps were created using the data that were available.

It was not always easy to determine which methodological approach to follow in each case and the statistical evaluation of the models still needed to be backed up by expert evaluation. In the case of the Atles, the editorial team had to choose species-by-species the type of model that was believed to be closest to reality. The final model/s chosen for each species are listed in the appendices.

Predictor variables used

The development of ecological niche models depends on the availability of good quality environmental data. Fortunately, over recent years institutions such as the Catalan Government, the Centre for Ecological Research and Forestry Applications (CREAF) and the Catalan Cartographic Institute (ICC) have undertaken a major effort to develop high-quality digital databases with environmental information for the whole of Catalonia. In the Atles we made good use of these databases in order to generate the environmental variables that were used as predictors of species distribution. We transformed the spatial resolution of the original data into two analytical resolutions: 1x1 km and 500x500 m UTM grid cells. These variables (Table 4) were selected to incorporate the factors known a priori to determine bird distribution at different spatial scales (Wiens 1989). The different groups of variables included in the models were as follows:

- Habitat and land-use:** variables describing habitat structure are known to be amongst the best predictors of bird distribution at local spatial scales. We derived habitat and land use variables from the Catalan habitat map (2005) and the SIGPAC (Geographic Information System for Agricultural Plots). The Catalan habitat map was generated from an interpretation of aerial photographs and fieldwork, using the habitats classification of the European Union (European Commission, 1991, CORINE biotopes manual); the SIGPAC was used as a geographical database of land-use as declared by livestock breeders and farmers in compliance with the European Commission

mació de tipus ambiental per a tot el territori. En aquest Atlas es va utilitzar una part important d'aquestes bases de dades per tal de generar variables ambientals que servissin per predir la distribució de les espècies, tot transformant la resolució espacial de la informació original a dues escales espacials: quadrats UTM 500x500 m i 1x1 km. Aquestes variables (Taula 4) van ser seleccionades amb l'objectiu d'incorporar aquells factors que *a priori* són assenyalats com a importants predictors de la distribució dels ocells a diferents escales espacials (Wiens 1989). Els diferents grups de variables inclosos en la modelització són els següents:

1. **Hàbitat i usos del sòl:** les variables que descriuen l'estructura de l'hàbitat es troben entre els millors predictors coneguts de la distribució dels ocells a escales espacials locals. Es van utilitzar variables d'hàbitat i caracterització dels usos del sòl a partir del mapa d'hàbitats de Catalunya (2005) i del SIGPAC (Sistema d'informació geogràfica de parcel·les agrícoles). El mapa d'hàbitats de Catalunya es va generar a partir de la interpretació de fotos aèries i de treball de camp, tot adaptant la classificació dels hàbitats de la Unió Europea (European Commission 1991, *CORINE biotopes manual*), mentre que el SIGPAC es va desenvolupar com una base de dades geogràfica de les parcel·les agrícoles declarades per pagesos i grangers per complir el Reglament (CE) Número 1593/2000. Per a una determinada categoria, es va crear un únic mapa que representava el percentatge de píxels de 50 m en cada quadrat UTM. A més, es va calcular un índex d'heterogeneïtat paisatgística (índex de diversitat de Shannon) i la distància des del fragment forestal més proper.
2. **Clima i relleu:** les variables climàtiques proporcionen una valuosa informació complementària a l'obtinguda a partir de les d'hàbitat. A més, les variables relacionades amb el clima i/o amb l'altitud sovint es poden utilitzar com a substitutes d'altres variables ambientals difícils de mesurar i que d'una altra manera serien difícils d'incorporar a les anàlisis. Les variables climàtiques es van generar a partir de l'Atlas Climàtic Digital de Catalunya, mentre que l'altitud i els pendents es van obtenir a partir d'un model digital d'elevacions. En tots els casos es van utilitzar els valors mitjans per a cada quadrat UTM, però en el cas del pendent es va afegir també la seva desviació típica com un substitut de l'heterogeneïtat del relleu.
3. **Activitat humana:** l'efecte de les activitats humanes sobre l'ecologia de les espècies d'ocells ha estat profusament documentat. Per incloure en els models l'impacte de l'activitat humana en els quadrats UTM es van generar variables a partir de la informació de les bases de dades geogràfiques i d'estadístiques poblacionals (habitants per municipi). A partir d'aquests mapes, dins de cada quadrat es va calcular la distància mitjana a determinats components (*e.g.* carreteres, grans ciutats, etc.) i la proporció de l'àrea ocupada per superfícies artificials (urbà, industrial, etc.).
4. **Altres:** amb l'objectiu d'incloure patrons espacials no relacionats directament amb altres variables ambientals es van incloure la latitud i la longitud mitjanes per a cada quadrat, així com la distància mitjana al mar.

La incorporació de tots els factors que d'una manera hipotètica poden contribuir a determinar la distribució de les espècies és una tasca certament inabastable. Fins i tot en els casos en què la disponibilitat d'informació ambiental és alta, com en el cas català, és probable que una bona part dels factors últims determinants per a una o altra espècie no quedin ben coberts. Una manera d'incorporar una part d'aquestes variables no conegudes, però que poden esdevenir importants per descriure la distribució de les espècies, pot ser la utilització de mesures d'autocorrelació espacial. L'autocorrelació espacial descriu el fet que sovint la presència d'una espècie en una localitat determinada no és totalment independent de si aquesta espècie és o no present a les localitats veïnes (Vaughan & Ormerod 2003). En aquests casos, la informació sobre el grau de contagi espacial de l'espècie podria ser utilitzat com un substitut per la part d'informació ambiental clau per a l'espècie, però d'origen desconegut. Entre les variables ambientals que poden ser importants en aquest context, podríem citar els efectes històrics. Per exemple, zones a

Regulation (EC) n° 1593/2000. For a given category, we created a single map representing the percentage of 50 m pixels in each UTM grid cell. We also calculated an index of landscape heterogeneity (Shannon diversity index) and the distance from the nearest forest patch.

2. **Climate and relief:** climatic variables provide valuable information that complements the data obtained from habitat variables. Furthermore, climate and/or altitude may provide a surrogate for a number of environmental characteristics that are difficult to measure and which otherwise would be difficult to include in the analysis. Climatic variables were derived from the Digital Climatic Atlas of Catalonia, whereas elevation and slope variables were obtained from a digital elevation model. In all cases we used average values for each UTM grid cells, apart from slope, to which we added its standard deviation as a surrogate for relief heterogeneity.
3. **Human influence:** the effect of human activities on species ecology is well known. To include variables summarising human impact in the UTM squares we generated variables based on information from geographic databases and population statistics (inhabitants per municipality). From these maps and within each UTM grid cell we calculated the mean distance to selected features (*e.g.* roads, large cities, etc.) and the proportion of the surface area occupied by artificial habitats (urban, industrial, etc.).
4. **Others:** in order to account for spatial patterns not directly explained by other environmental variables, we also included in the models the mean latitudinal and longitudinal coordinates for each square, and the mean distance to the sea.

Incorporating all the hypothetical factors expected to determine species distribution is a thankless task. Even when the available environmental data is of high quality, as in the case of Catalonia, the essential factors affecting the distribution of a given species are likely to be missing. A good way of accounting for the unknown variables that may be relevant to species distribution is to use measures of spatial autocorrelation, since the presence of a species in a given locality is often not completely independent of whether or not it occurs in surrounding areas (Vaughan & Ormerod 2003). In these cases, the information about the degree of spatial contagion in species occurrence may be used as a surrogate for environmental information that is crucial for the species, but of unknown origin. Historical factors may be important in this context. For instance, recently lost areas of a species' distribution that are still suitable for the species may be difficult to identify if they are environmentally similar to others where the species still occurs (Brotons et al. 2004a). In this case, given that the species would be completely absent from such areas, the use of contagion variables may help us include information about the species' current absence in the model. The Catalan Atlas used two different spatial contagion variables or auto-covariables, as defined in Augustin et al. (1996): mean occurrence probability and mean normalized abundance, obtained, respectively, from occurrence data in the 10x10 km UTM square sampling and abundance data from the intensive sampling. Both contagion variables were calculated using interpolation techniques, which yield values for a series of unknown points on the basis of information available for a set of sampled neighbouring points weighted by different factors such as distance. These interpolations were performed with the AutoMap 'R Package module, using an ordinary kriging and assuming an exponential model for the variogram. It is important to note at this point that the use of contagion variables assumes that the distribution data used to produce them agrees with the real distribution of the species. In this sense, the contagion variables are very useful in species that are easily detectable in field sampling, but they may bias the results of the models for hard-to-detect species.

For the development of habitat models for pelagic birds, a reformulation of the environmental variables was required using information regarding the ecological requirements of each species. On the basis of a bibliographical study and an evaluation of the accessibility and quality of information available for marine environments, after various attempts we were able to define the environmental variables with the greatest indicator value for bird distribution at sea.

priori adequades per a una determinada espècie d'on aquesta és absent per una desaparició recent, poden ser difícils d'identificar mitjançant models de nínxol si aquestes zones són ambientalment similars a zones on l'espècie és encara present (Brotons *et al.* 2004a). En aquest cas, com que l'espècie seria completament absent d'aquestes zones, una mesura de contagi espacial ens ajudaria a incloure en els models la informació sobre la seva absència actual. A l'Atlas català es van utilitzar dues variables de contagi espacial diferent, o autocovariables en el sentit d'Augustin *et al.* (1996): probabilitat d'aparició mitjana i mitjana normalitzada d'abundància, obtingudes, respectivament, a partir de les dades de 10x10 km dels mostratges de quadrat i d'abundància en el cas del SOCC. Ambdues variables de contagi es van calcular utilitzant tècniques d'interpolació, les quals donen valors a una sèrie de punts en funció de la informació dels punts veïns, ponderats per factors diferents, com ara la distància. Aquestes interpolacions es van realitzar amb el mòdul "automap" del R Package, fent un "kriging" ordinari i assumint un model exponencial per al variograma. És important remarcar en aquest punt que l'ús de variables de contagi assumeix que la distribució utilitzada per elaborar-les és concordant amb la distribució real de l'espècie. En aquest sentit, les variables de contagi resulten molt útils en espècies fàcilment detectables en el mostratge de camp, però poden esbiaixar els resultats dels models quan es tracta d'espècies poc detectables.

Per al desenvolupament dels models d'hàbitat d'ocells pelàgics va ser necessària una reformulació de les variables ambientals, d'acord amb els requeriments ecològics d'aquestes espècies. Després d'un buidat bibliogràfic, de l'avaluació de l'accessibilitat i la qualitat de la informació ambiental disponible en àmbit marí, i de diverses provatures, es van definir les variables ambientals amb major valor indicador per a la distribució dels ocells al mar. De forma general, les variables seleccionades (Taula 5) van incloure un grup de variables estàtiques (sense canvis temporals) relacionades amb la topografia del medi marí (profunditat, pendent, distància a la costa i distància al talús continental), que, per influència directa o indirecta, caracteritzaven el domini on es mou cada espècie (Skov *et al.* 2008). Per altra banda, es va incloure un grup de variables dinàmiques de marcat caràcter temporal, derivades de sèries temporals obtingudes amb sensors remots, directament relacionades amb la productivitat del medi marí. Entre aquestes, es van utilitzar la temperatura del mar en superfície (SST), la concentració de clorofil·la a (Chl-a, una mesura de la productivitat general del medi) i la distància a fronts oceànics (una mesura de la distribució de les àrees on es concentra l'aliment) (Louzao *et al.* 2006, Praca & Gannier 2008). La definició d'aquest conjunt de variables va anar necessàriament lligada a les dates dels mostratges d'ocells marins pelàgics. Així, les variables finalment incloses en els models van ser 1) la SST i Chl-a dels quatre trimestres anteriors a les campanyes ECOMED, assumint que la productivitat general del medi està condicionada pels valors de SST i de Chl-a de l'últim any, i 2) la distància a fronts oceànics del mateix mes que els mostratges ECOMED, i assumint també que les àrees on es concentra l'aliment es relacionen amb fenòmens puntuals de productivitat que condicionen la distribució de les espècies a curt termini. Per a una descripció més detallada de les variables emprades consulteu Arcos *et al.* (2009).

Models d'abundància a partir del SOCC

Tal com s'ha comentat anteriorment, les dades d'abundància poden millorar els índexs d'adequació d'hàbitat de MAXENT quan l'esforç és comparable i no esbiaixat entre unitats de mostratge. Aquests índexs d'adequació d'hàbitat derivats de les dades d'abundància es poden interpretar com indicadors d'abundància relativa, tenint en compte, però, que el resultat és un valor dependent de cada espècie i que, per tant, no es poden comparar directament els mapes de les diferents espècies. En aquest context es van utilitzar els comptatges d'ocells obtinguts a partir del SOCC per desenvolupar els mapes d'abundància de 77 espècies terrestres comunes.

La unitat d'anàlisi dels models d'abundància obtinguts a partir del SOCC va ser el tram (1 km lineal), i les dades utilitzades provenen tant de la seva

Generally, the chosen variables (Table 5) included a set of static variables (no temporal changes) related to the topography of the marine environment (depth, slope, distance to coast and distance to continental slope), which directly or indirectly characterize the range in which every species moves (Skov *et al.* 2008). As well, we included a set of temporary dynamic variables derived from time series obtained with remote sensing, directly related to the global productivity of the marine environment. Among these, we included sea surface temperature (SST), chlorophyll-a concentration (Chl-a, a measure of the overall productivity of the environment) and distance from oceanic fronts (a calculation of the distribution of the areas where food is available) (Louzao *et al.* 2006, Praca & Gannier 2008). The definition of this set of variables was necessarily linked to the offshore seabird sampling data. Thus, we included in the final models 1) the SST and Chl-a during the four three-month periods previous to the ECOMED campaigns, assuming that the overall productivity of the environment is conditioned by SST and Chl-a values of the previous year and 2) the distance to ocean fronts in the same month as the ECOMED sampling took place, assuming that areas where food is concentrated are related to productivity phenomena that determine species' short-term distributions. For a more detailed description of the variables used, see Arcos *et al.* (2009).

Abundance models based on the SOCC

As discussed in previous sections, abundance data can improve the MAXENT habitat suitability indices when the effort between sampling units is comparable and unbiased. Habitat suitability indices derived from abundance data can be interpreted as indicators of relative abundance, although we must always remember that the result is a species-dependent value and so the maps of different

Taula 5 / Table 5

Variables ambientals Environmental variables	Unitats Units	Rang Range
Variables estàtiques Static variables		
Fondària ¹ Depth	m	0 -2.541
Pendent del fons marí ¹ Slope of seafloor	%	0 18,2
Distància a la costa ² Distance from coast	m	0 133.730
Distància a la plataforma continental ¹ Distance from continental shelf	m	-67.489 120.135
Variables dinàmiques Dynamic variables		
Temperatura del mar en superfície ³ Sea surface temperature (SST)	°C	7,9 30,5
Concentració de clorofil·la a (Chl-a) ⁴ Chlorophyll-a concentration	mg/m ³	0,1 34,4
Distància a fronts oceànics ⁵ Distance from oceanic fronts	minuts	0 1,4

¹ Model Global de Relleu (ETOPO2v2c), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), USA: <http://www.ngdc.noaa.gov>

² Derivada de la línia de costa global, NOAA: <http://shoreline.noaa.gov>

³ Terra-MODIS Sea Surface Temperature [11 µ day], NOAA: <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>

⁴ Aqua-MODIS Chlorophyll, NOAA: <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>

⁵ Elaboració pròpia a partir de distància a principals fronts de temperatura, Centre Tecnològic Forestal de Catalunya.

Variables ambientals utilitzades per generar els mapes d'abundància d'espècies pelàgiques. Les variables estan referenciades a píxels de 2,5' de resolució. Les fonts cartogràfiques s'especifiquen al final de la taula.

Environmental variables used to generate seabird abundance index maps. Variables are referenced to a resolution of 2.5' pixels. Cartographic sources are indicated at the end of the table. Numerical punctuation according to non-English usage in which commas indicate decimal signs and full points indicate thousands.

variant estàndard com de l'ampliada (vegeu *Mostratge intensiu*). La dada d'abundància que es va introduir en MAXENT no correspon al nombre d'individus detectats al camp, ni a cap estimació de la seva densitat absoluta. Atesos els resultats de les proves preliminars i per prevenir els biaixos en els models produïts per registres amb un nombre d'individus molt elevat, es van normalitzar els resultats dels comptatges de camp mitjançant el logaritme natural (valors finals d'entre 1 i 9, amb rangs diferents depenent de cada espècie) i, a més, en aquelles espècies més abundants que tenien valors amb un logaritme natural major de 5, el seu rang es va reclassificar en categories d'1 a 5. De cara a minimitzar biaixos geogràfics envers àrees amb un major nombre d'unitats de mostratge (e.g. zones humides o molt poblades), es va utilitzar una submostra corresponent a un sol transecte per cada UTM 10x10 km; només en determinats quadrats en què els transectes mostrejaven hàbitats diferents i subrepresentats en el conjunt de la mostra se'n van incloure un parell. Aquesta submostra final va incloure 405 transectes (del total original de 523), i un total de 1.215 trams. Aquesta va ser la submostra general utilitzada en la majoria d'espècies, però en el cas particular de 6 espècies molt associades a un hàbitat molt determinat (urbà o d'aiguamoll) es va utilitzar la mostra completa per evitar pèrdues de dades en aquests ambients per als quals el biaix general no era aplicable.

En principi, per a cada espècie es van desenvolupar tres models, un per a cada hivern estudiat (2006/07, 2007/08 i 2008/09). Com que en cada hivern es van fer dos censos, es va utilitzar el que mostrava la màxima abundància en el conjunt del transecte i, en cas d'igualtat, es va triar el període en què l'espècie havia estat detectada en més trams. Entre els tres models desenvolupats inicialment per a cada hivern es va procedir a calcular la mitjana dels seus resultats seguint les pautes indicades en l'anàlisi de les variacions espaciotemporals (vegeu *Variabilitat espaciotemporal en l'abundància*). D'aquesta manera es va obtenir un únic mapa final per al conjunt del període d'estudi (mitjana dels tres hiverns) per a 69 espècies (aquelles amb variacions espaciotemporals en l'abundància inexistent o de poca magnitud), dos mapes (un d'ells com a mitjana de dos hiverns) per a un total de 4 espècies (durbec, reietó, tord ala-roig i puçut), i tres mapes (un per a cada hivern) per a les 4 espècies que van mostrar diferències destacables entre els tres hiverns considerats (lluier, verderola, trencapinyes i griva cerdana).

Els models MAXENT es van elaborar a una resolució de 500x500 m, i només les funcions lineals i quadràtiques van ser incorporades a l'hora de definir les relacions amb les variables predictorres. A més, per a la majoria d'espècies es van incorporar les variables de contagi per la seva capacitat de millora predictiva dels models (vegeu *Variabils predictorres utilitzades*). En concret, en 49 espècies es va utilitzar la mitjana normalitzada de l'abundància (dades SOCC), en 23 espècies es va utilitzar la probabilitat d'aparició mitjana (dades del mostratge de quadrat) i en 5 espècies no es va emprar cap variable de contagi.

Per avaluar el poder predictiu d'aquests models es va utilitzar el coeficient de correlació de Spearman (no paramètric) entre els valors d'abundància normalitzats i els valors de qualitat d'hàbitat predits pels models (Phillips *et al.* 2009). Més enllà d'aquesta avaluació estadística dels diferents models, es va procedir a un segon nivell d'avaluació basada en criteri d'expert. Aquesta avaluació es va fonamentar en les característiques de l'espècie (bàsicament detectabilitat, biaixos de mostratge no controlables i dades de distribució prèviament conegudes) i va servir per acabar de definir tant el tipus de variables de contagi que havia de ser utilitzat com si la modelització a partir del protocol SOCC no donava resultats prou consistents. En aquest darrer cas calia ampliar la mostra, renunciar al model d'abundància relativa i generar un model amb dades del mostratge extensiu + SOCC.

Models d'abundància a partir del mostratge extensiu + SOCC

Per a les espècies menys comunes per a les quals no es va poder fer cap model a partir de dades SOCC exclusivament o per a les que aquest no va superar les proves d'avaluació, es van desenvolupar models de nínxol ecològic amb dades de presència derivades del mostratge extensiu i del mostratge SOCC,

species cannot be directly compared. Thus, we used the counts obtained from the SOCC to develop abundance maps for 77 common terrestrial species.

The analysis unit for abundance models obtained from SOCC intensive sampling was a 1-km linear stretch, and the data used came both from the Standard and the Expanded SOCC types (see Intensive sampling). The abundance data entered into MAXENT did not match the number of individuals detected in the field and did not correspond to any absolute density estimate. Given the results of the preliminary tests, in order to prevent bias in the models produced by large numbers of individuals, the results of the field counts were standardized by natural logarithms (final values between 1 and 9, with different ranges according to the species); as well, for very abundant species with a natural logarithmic value over 5, ranges were reclassified into categories from 1 to 5. In order to minimize geographical bias towards areas with a greater number of sampling units (e.g. wetlands or highly populated areas), we used a subsample consisting of a single transect for every UTM 10x10 km square; only in those squares in which transects sampled different and underrepresented habitats were two transects included. The final subsample included 405 transects (from the original total of 523) and a total 1,215 stretches. This was the general subsample used for most species, although for 6 species closely associated with a particular habitat (urban or wetland), the complete sample was used to avoid data-loss in environments in which the general bias was not applicable.

At first, we developed three models for every species, one for each winter (2006/07, 2007/08 and 2008/09). As two censuses were carried out in each winter, we chose the census that had the maximum abundance over the whole transect and, if both were the same, we used the census in which the species was detected in most stretches. We calculated the average of the results of the three models developed initially for each winter according to the guidelines given in the analysis of spatiotemporal variations (see Spatiotemporal variability of abundance). In this way one final map could be obtained for the whole study period (average of three winters) for 69 species (those with non-existing or irrelevant spatiotemporal variations in abundance); we also generated two maps (one corresponding to the average of two winters) for 4 species (Hawfinch, Goldcrest, Redwing and Hoopoe), and three maps (one for each winter) for the 4 species which showed exceptional differences between the three studied winters (Siskin, Yellowhammer, Crossbill and Fieldfare).

MAXENT models were produced at 500x500 m resolution and only linear and quadratic functions were incorporated for defining relationships with predictive variables. Moreover, for the majority of species, contagion variables were incorporated since they improved the predictions of the models (see Predictor variables used). Specifically, the average standardized abundance (SOCC data) was used for 49 species, the mean probability of occurrence (square sampling data) was used for 23 species, and for 5 species no contagion variable was used.

To evaluate the predictive strength of these models we used the Spearman correlation coefficient (non-parametric) between the standardized abundance values and the habitat quality values predicted by the models (Phillips *et al.* 2009). Then we went beyond this statistical evaluation of different models to a second level of assessment based on expertise criteria. This second evaluation was based on the characteristics of the species (mainly detectability, uncontrollable sampling bias and previously known distribution data) and was useful for defining, firstly, the types of contagion variables that had to be used and, secondly, which cases the modelling based on SOCC did not give consistent enough results. In the latter case, we then had to enlarge the sample, reject the relative abundance model and generate a model with extensive sampling + SOCC.

Abundance models from extensive sampling + SOCC

For the less common species for which it was not possible to create a model based only on SOCC data, or for those whose models were rejected by the expert evaluations, we developed ecological niche models with presence data derived from extensive sampling and SOCC sampling, both with controlled effort. If the data gathered by these methods were not sufficient, data from less standardized methods were added: firstly, data from extensive non-standardized sampling

ambdós amb esforç controlat. En aquells casos en què aquestes dades no van ser suficients per completar la mostra d'alguna espècie, successivament es van afegir dades recollides en el marc de l'Atlas amb mètodes cada cop menys estandarditzats; primer dades del mostratge extensiu no estandarditzat (dades fora de cens; vegeu *Mostratge de quadrat*) (29 espècies), i en segon lloc, quan aquesta mostra va ser encara insuficient per a la calibració de models, es van afegir dades del mostratge complementari (vegeu *Mostratge complementari*) (9 espècies).

Atès que no es van poder testar les possibles diferències espaciotemporals amb les dades provinents dels mostratges de quadrat (vegeu *Variabilitat espaciotemporal en l'abundància*), per a cada espècie es va desenvolupar un únic model d'hàbitat amb el conjunt de les dades recollides durant els tres hiverns de l'Atlas. Els models es van computar a una resolució de 1x1 km, emprant la parametrització per defecte de MAXENT, però limitant la resposta a les variables ambientals a funcions lineals i quadràtiques. En aquest cas, la manca de dades d'abundància va condicionar que l'avaluació dels models es dués a terme amb un procediment d'avaluació creuada per tal de quantificar d'una manera consistent l'eficàcia predictiva dels models en funció de la informació de les dades de presència (Guisan & Zimmermann 2000). Aquesta eficàcia predictiva es va estimar amb l'estadístic AUC (*Area Under the Curve*) de la corba ROC (*Receiver Operating Characteristics*). Aquest procediment va consistir a dividir les dades en dos grups diferents, amb un primer grup de calibració que va incloure el 70% dels quadrats i un segon grup d'avaluació amb el restant 30%. Les dades de calibració es van utilitzar per generar els models de nínxol ecològic. Les dades d'avaluació es van utilitzar per mesurar quantitativament fins a quin punt les prediccions d'aquests models s'ajustaven amb observacions independents no utilitzades per generar-los. L'avaluació estadística es va complementar amb una avaluació experta, seguint els mateixos criteris descrits per als models desenvolupats exclusivament amb dades SOCC, i quan un model no superava l'avaluació es procedia a fer un nou model un cop identificada la causa del biaix i un mecanisme per a la seva resolució. Així, per exemple, en espècies molt indetectables (e.g. rapinyaires nocturns) el coneixement local d'alguns observadors va condicionar l'existència de biaixos geogràfics evidents cap a determinades zones. Per reduir aquests biaixos en les espècies afectades (7 espècies), es va procedir a realitzar un submostreig del conjunt de dades inclouent una única dada de presència per a cada quadrat UTM 10x10 km. Adicionalment, per a algunes espècies acuradament representades en els mostresos extensius (14 espècies), la variable de contagi derivada d'aquests mostresos (vegeu *Variables predictoras utilitzades*) va millorar les prediccions dels models.

Finalment, cal remarcar que quan MAXENT treballa amb dades de presència recollides amb esforç de mostreig estandarditzat, l'índex d'idoneïtat de l'hàbitat s'acosta a la probabilitat d'aparició de l'espècie (Phillips & Dudik 2008). En aquest sentit i per facilitar la seva interpretació, es varen anomenar aquests models amb el nom general de models de probabilitat d'aparició. En aquest cas, per tant, aquesta probabilitat cal interpretar-la com una unitat d'abundància però amb una capacitat menor per identificar variabilitats en la part alta del rang d'abundància de l'espècie que els models d'abundància relativa realitzats a partir de dades quantitatives provinents de SOCC.

Models d'abundància a partir del mostratge d'ocells aquàtics + SOCC

Per a espècies de zones humides per a les quals els censos d'ocells aquàtics hivernants no cobrien la totalitat de la seva distribució (5 espècies; vegeu *Censos d'ocells aquàtics hivernants*), es van desenvolupar models de nínxol ecològic MAXENT combinant dades dels censos d'ocells aquàtics hivernants i del SOCC. Per combinar ambdues fonts d'informació calia millorar la resolució geogràfica de les dades dels censos d'ocells aquàtics hivernants (referides a les localitats mostrejades d'extensió variable) i, per tant, no directament integrables amb dades espacialment més precises com les del SOCC. Amb aquesta finalitat es va assumir que les espècies detectades en una localitat de cens es

(outside census data, see Square sampling) (29 species) and, secondly, when this sample was still not enough for the calibration of the models, we added data from complementary sampling (see Complementary sampling) (9 species).

Given that we could not test the possible spatiotemporal differences with data from the square sampling (see Spatiotemporal variability of abundance), for these species a single habitat model was developed using all the data collected during the three winters of fieldwork. Models were computed to a resolution of 1x1 km using the MAXENT default parameters, but limiting the response to environmental variables to linear and quadratic functions. In this case, the lack of abundance data dictated that the evaluation of the models be carried out by a cross-validation procedure in order to quantify in a consistent way the predictive effectiveness of the models based on presence data (Guisan & Zimmermann 2000). This predictive effectiveness was estimated with the AUC statistics (Area Under the Curve) of the ROC curve (Receiver Operating Characteristics). This procedure consisted of dividing the data into two different groups, one for calibration that included 70% of squares and a second for evaluation with the remaining 30%. The calibration data were used to generate ecological niche models. Testing data was used to measure quantitatively to what extent the predictions of these models fitted the independent observations not used to generate them. The statistical evaluation was complemented by expert assessment, following the same criteria described for models developed only with SOCC data; when a model failed the assessment, we proceeded to create a new model once the cause of the bias and a mechanism for its resolution had been identified. For instance, in species that are hard to detect (e.g. nocturnal raptors), local knowledge determined the existence of obvious geographical biases towards certain areas. To reduce these biases in the species concerned (7 species), we proceeded to create a sub-sample of the dataset including a single presence data for every UTM 10x10 km square. Additionally, for some species accurately represented in the extensive sampling (14 species), the contagious variable derived from these samplings (see Predictor variables used) improved the predictions of the models.

Finally, it should be noted that when MAXENT works with presence data collected by means of standardized sampling efforts, the habitat suitability index approaches the probability of occurrence of the species (Phillips & Dudik 2008). In this sense and in order to help in their interpretation, these models are all referred to as 'probability of occurrence models'. Therefore, in these cases this probability should be interpreted as an abundance unit, but with a lower capacity for identifying variations in the higher part of the abundance range of the species than the models of relative abundance obtained from the SOCC quantitative data.

Abundance models from waterbird sampling + SOCC

For wetland species for which the winter waterbird censuses did not cover their entire distribution (5 species, see Censuses of wintering waterbirds), MAXENT ecological niche models were developed combining data from the winter waterbird censuses and from the SOCC. To do so, it was first necessary to improve the geographical resolution of the data from the winter waterbird censuses (for example, sampled localities were of variable size) given that it was not possible to directly combine these results with the more spatially accurate data from the SOCC. For this purpose we assumed that a species detected in a census location was found in all the UTM 1x1 km squares covered by that location, an assumption of little relevance at the scale (Catalonia) in which the analysis was carried out. To minimize bias towards larger polygons with more 1x1 km UTM squares with observations, a subsampling of all data was carried out, which included a single presence record for every 10x10 km UTM square.

According to the results of the analysis of the spatiotemporal variations (see Spatiotemporal variability of abundance), we eventually developed for each species a single ecological niche model with data collected from the three Atlas winters. The models were calculated to a resolution of 1x1 km using the default MAXENT parameters, but limiting the response to environmental variables in linear and quadratic functions. The model obtained for every species was as-

trobaven en tots els quadrats UTM 1x1 km inclosos en aquella localitat, una assumptió poc crítica a l'escala (catalana) dins la qual es realitzava l'anàlisi. Per minimitzar biaixos cap a polígons més grans, i, per tant, amb major nombre de quadrats UTM 1x1 km amb observacions, finalment es va fer un submostreig de totes les dades, incloent una única dada de presència per cada quadrat UTM 10x10 km.

D'acord amb els resultats de les anàlisis sobre les variacions espaciotemporals (vegeu *Variabilitat espaciotemporal de l'abundància*), per a cada espècie es va desenvolupar finalment un únic model de nínxol ecològic amb les dades recollides els tres hiverns de l'Atles. Els models es van computar a una resolució de 1x1 km, emprant la parametrització per defecte de MAXENT, però limitant la resposta a les variables ambientals a funcions lineals i quadràtiques. El model obtingut per a cada espècie es va avaluar mitjançant el mateix procés de calibració creuada i criteri expert que els models desenvolupats a partir del mostatge extensiu + SOCC.

Models d'abundància a partir del mostatge d'ocells marins des de la costa

Els recomptes d'ocells marins des de la costa van proporcionar dades per fer mapes d'abundància al litoral català per a 15 espècies. Així mateix, la dificultat d'identificar i obtenir variables ambientals adequades per predir l'abundància d'ocells costaners a partir de models de nínxol ecològic va conduir a la utilització de tècniques d'interpolació per generar els mapes d'abundància per aquestes espècies. Aquestes tècniques ofereixen un manera directa d'estimar l'abundància en un punt amb valor desconegut a partir de la informació disponible en punts propers. Les estimes s'obtenen ponderant els valors coneguts per diversos factors, com per exemple la distància a altres punts amb informació. Un exemple clàssic de modelització de l'abundància relativa d'ocells amb aquestes tècniques és l'Atles suís d'ocells nidificants (Schmid *et al.* 1998). No obstant això, la interpolació mostra importants limitacions relacionades amb la sensibilitat als errors en les campanyes de mostatge, i amb assumir que les condicions ambientals en àrees mostrejades no difereixen de la resta del territori. No obstant això, va ser precisament la homogeneïtat en les condicions ambientals de les estacions de cens (punts localitzats a la costa amb visibilitat òptima sobre el mar) el que va motivar l'aplicació de tècniques d'interpolació per al desenvolupament dels models d'abundància d'ocells marins costaners.

De manera homòloga als models MAXENT realitzats amb dades SOCC, per als ocells costaners també es va normalitzar l'abundància relativa obtinguda en els censos, amb l'objectiu de prevenir biaixos a causa de recomptes d'ocells excepcionalment alts. Per a tal fi es van emprar els mateixos criteris definits per normalitzar les dades obtingudes en els mostrejos SOCC (vegeu *Models d'abundància a partir del SOCC*).

Seguint els resultats de l'anàlisi de les variacions espaciotemporals en l'abundància (vegeu *Variabilitat espaciotemporal de l'abundància*), per a cada espècie es va desenvolupar una única interpolació amb dades d'abundància normalitzades corresponents als tres hiverns de l'Atles. Les interpolacions es van computar a una resolució de 500 m, estenent posteriorment l'àmbit fins a 5 km mar endins per facilitar-ne la seva visualització. El mètode emprat va ser el "kriging" ordinari amb una parametrització bàsica assumint un model exponencial per al variograma. Per obtenir la llegenda d'abundància relativa emprada per als models d'abundància d'ocells terrestres, el rang de valors de les estimes derivades del "kriging" es van reclassificar en valors entre 0 i 1.

Finalment, es va procedir a l'avaluació dels resultats mitjançant el coeficient de correlació de Spearman entre l'abundància normalitzada i l'abundància relativa derivada de les interpolacions (vegeu *Models d'abundància a partir del SOCC*) i el criteri expert.

Models a partir dels mostatges d'ocells pelàgics

Els models d'ocells marins pelàgics que s'inclouen en aquest Atles van ser desenvolupats en el marc del projecte LIFE *Àreas importantes para las aves* (IBA)

processed using the same cross-validation process and expert criteria as the models developed from the extensive sampling + SOCC.

Abundance models based on seabird sampling from the coast

Counts of seabirds from the coast provided data for abundance maps for 15 species covering the whole Catalan coast. The difficulty in identifying and obtaining appropriate environmental variables for predicting the abundance of coastal birds from niche-based models led us to use interpolation techniques to generate abundance maps for these species. These techniques offer a direct way of estimating abundances at a point of unknown value given available information from nearby points. The estimates were obtained by weighting known values with several factors such as the distance to other points with information. A classic example of modelling the relative abundance of birds with these techniques is the Swiss Breeding Bird Atlas (Schmid *et al.* 1998). However, interpolation has significant limitations concerning its sensitivity to errors in sampling campaigns and the assumption that the environmental conditions in sampled areas do not differ from those in the rest of the territory. However, it was the homogeneity in the environmental conditions at census stations (points located on the coast with excellent visibility over the sea) that motivated the application of interpolation techniques for developing abundance models for coastal seabirds.

In a similar way to the MAXENT models derived from SOCC data, the relative abundances obtained in censuses of coastal birds were also standardized in order to prevent bias caused by exceptionally high counts. To this end, we used the same criteria as those used to standardize data obtained in the SOCC sampling (see Abundance models based on the SOCC).

Following the results of the analysis of spatiotemporal variations in abundances (see Spatiotemporal variability of abundance), a single interpolation with standardized abundance data corresponding to the three Atlas winters was developed for every species. The interpolations were computed at a resolution of 500 m extending up to 5 km offshore to facilitate its depiction. The method used was the ordinary kriging with a basic parameterization, assuming an exponential model for the variogram. To obtain the same legend of relative abundance as used for the models of terrestrial birds, the range of values for the estimates derived from kriging were reclassified to between 0 and 1.

Finally, we proceeded to evaluate the results using the Spearman correlation coefficient for the standardized and the relative abundances derived from the interpolations (see Abundance models based on the SOCC) and expert opinion.

Models based on sampling of pelagic birds

The models for pelagic seabirds included in this Atlas were developed within the framework of the LIFE Project Important Areas for Seabirds in Spain (IBA) (LIFE04NAT/ES/000049, 2004-2009), which provided additional information on the identification and delimitation of marine IBAs off the Spanish coastline (Arcos *et al.* 2009). Pelagic seabird habitat models were developed from quantitative data collected from oceanographic campaigns carried out in Spanish territorial waters during the breeding and wintering periods. In the Atlas we only included models developed in the Mediterranean Sea with data from ECOMED wintering campaigns (see Sampling of seabirds on the continental shelf) for 9 species.

These models were also created using the MAXENT methodology and in order to calibrate them bird counts were processed in a similar fashion to the data obtained from the SOCC counts. Abundance data were standardized and 6 abundance categories were determined: 1 for a single individual, 2 for 2-5 individuals, 3 for 6-10 individuals, 4 for 11-25 individuals, 5 for 26-100 individuals, and 6 for more than 100 individuals. These intervals were defined by expert opinion and looked to find a balance between the majority of censuses, during which there were only a few observations of isolated individuals or small groups (90% of the censuses were of less than 10 individuals), and the small percentage of censuses that counted large groups of birds around fishing boats. Data for developing models was completed using observations from outside the imaginary censusing strip within the n° 1 abundance category.

marinas en España (LIFE04NAT/ES/000049, 2004-2009) com a informació de suport en el procés d'identificació i delimitació de les IBA marines en el litoral espanyol (Arcos *et al.* 2009). Amb aquest objectiu, es van desenvolupar models d'hàbitat d'ocells marins pelàgics a partir de dades quantitatives recollides en campanyes oceanogràfiques repartides per totes les aigües territorials espanyoles i en els períodes de cria i hivernada de les espècies. Per tant, en el marc del present Atlas s'inclouen només els models desenvolupats en l'àmbit del mar Mediterrani amb dades de les campanyes hivernals ECOMED (vegeu *Mostratge d'ocells marins sobre la plataforma continental*), amb els resultats per a 9 espècies. A continuació s'explica breument el procés de modelització següent.

Aquests models es van realitzar també amb el mètode MAXENT i per calibrar-los, els recomptes d'ocells es van processar de forma semblant a les dades obtingudes en els mostratges SOCC. Les dades d'abundància també van ser normalitzades i es van determinar 6 classes d'abundància: 1 quan s'havia observat un sol individu, 2 per a 2-5 individus, 3 per a 6-10 individus, 4 per a 11-25 individus, 5 per a 26-100 individus, i 6 per a més de 100 individus. La definició d'interval es va fer sota criteri expert, cercant un equilibri entre una majoria de censos amb observacions d'individus aïllats o en petits grups (90% dels censos amb menys de 10 individus), i uns pocs censos amb grans acumulacions d'ocells al voltant de barques pesqueres. Les dades per al desenvolupament dels models es van completar incloent les observacions d'ocells realitzades fora de la banda imaginària de cens dins la classe 1 d'abundància.

Per a cada espècie es va obtenir un model final, que va ser el resultat de la mitjana de dos models anuals, corresponents a les campanyes ECOMED del hiverns 2006 i 2007. La resolució de treball va venir determinada per la resolució de la informació ambiental, que va ser de 2,5 minuts (4.630 m). Per desenvolupar aquests models també es va emprar la parametrització per defecte de MAXENT, limitant la resposta a les variables ambientals a funcions lineals i quadràtiques. La capacitat predictiva dels models es va avaluar amb l'estadístic AUC (*Area Under the Curve*) de la corba ROC (*Receiver Operating Characteristics*) (vegeu *Models d'abundància a partir del mostratge extensiu + SOCC*). Per al càlcul de l'AUC es va emprar un procés de calibració creuada entre anys. Així, el model d'abundància del 2006 es va avaluar amb la mostra emprada per calibrar el model anual d'abundància del 2007, i viceversa. L'AUC es va calcular de forma no paramètrica mitjançant l'estadístic de Wilcoxon (Wintle *et al.* 2005) amb les mostres d'abundància transformades en dades de presència-absència.

Zonació dels mapes generats amb MAXENT

Els mapes generats per inferència estadística en aquest Atlas mostren una llegenda de 10 categories que indica el grau d'adequació de l'hàbitat i es poden interpretar com a valors d'abundància relativa o de probabilitat d'aparició, segons el tipus de model. En tot cas, cap d'ells aporta de forma directa informació sobre la presència o absència de l'espècie en un determinat punt, qüestió que es pot abordar a partir de la zonació dels mapes per identificar punts de tall o llindars que transformin els mapes amb valors continus d'adequació d'hàbitat, en mapes amb valors binaris de presència/absència o amb més àrees prioritzades jeràrquicament segons la seva rellevància per a l'espècie.

Existeixen diversos mètodes per definir aquest punt de tall que s'agrupen en mètodes subjectius i mètodes objectius (Liu *et al.* 2005). Per a l'Atlas es va optar per un mètode objectiu desenvolupat en el marc de la identificació de zones amb hàbitat adequat per diferents espècies dins les IBA Secans de Lleida i Cogul-Alfés (Bota *et al.* 2008), i aplicat amb èxit en la selecció de IBA marines a Espanya (Arcos *et al.* 2009). Aquest mètode combina dues aproximacions simples i efectives amb un fort component ecològic, per separar primer les àrees de presència i absència de les espècies en funció de la prevalença de les dades emprades pel desenvolupament dels models, per després definir tres nivells d'àrees rellevants per a les espècies en base a la mitjana dels valors d'adequació dins les àrees de presència. Així, per a totes les espècies, el llindar

For every species we obtained a final model, which was the result of the average of two annual models corresponding to the ECOMED campaigns carried out during the winters of 2006 and 2007. Work resolution was fixed by the resolution of environmental information, which was about 2.5 minutes (4,630 m). To develop these models we also used the default parameterization of MAXENT, limiting the response to environmental variables to linear and quadratic functions. The predictive ability of the models was checked with the statistic AUC (*Area Under the Curve*) of the ROC curve (*Receiver Operating Characteristics*) (see Abundance models from extensive sampling + SOCC). To calculate the AUC, a cross-validation process between years was used. Thus, the abundance pattern in 2006 was assessed with the sample used for calibrating the abundance annual model of 2007, and vice versa. The AUC was calculated using the non-parametric Wilcoxon statistic (Wintle *et al.* 2005) with abundance samples converted into presence-absence data.

Zoning of maps generated with MAXENT

The maps generated by statistical inference have a legend with 10 categories that indicate the degree of habitat suitability, which can be understood as relative abundance values or probability of occurrence values, depending on the model used. None of the maps provides direct information regarding the presence or absence of the species at a given point, a question that can be resolved using the mapping zones to identify cut-off points or thresholds that convert maps with continuous suitability habitat values into maps with binary presence/absence values or into maps with more areas hierarchically prioritised according to their relevance for the species.

A number of subjective or objective methods can be used to define cut-off points (Liu *et al.* 2005). For the Atlas we applied an objective method developed as part of the work on the identification of areas with suitable habitat for species within the IBA Secans de Lleida and Cogul-Alfés (Bota *et al.* 2008), and then successfully applied in the selection of marine IBAs in Spain (Arcos *et al.* 2009). This method combines two simple and effective approaches with strong ecological components in order to separate, firstly, the presence and absence areas for the species (in terms of the prevalence of the data used in the model development) and, secondly, to define three levels of importance for the species based on the average of suitability values within the area of presence. Thus, for all species, the threshold below which the absence areas for species are defined (zone 0) corresponds to the average tenth percentile of the data used for developing the models (i.e. 10% of the data with the lowest suitability). The average mean of the values within the areas of presence provided a second threshold below which the first level of suitability for the species was defined (zone 1); that is, areas under the average suitability within the distribution range. The third threshold was defined as the mean of the values that were above zone 1. This threshold marked the boundary between the second level (zone 2) and the third level (zone 3) of suitable areas for the species (Figure 14).

This zoning fulfilled two purposes: firstly, in the analysis of the spatiotemporal variations in abundance that dictated the number of maps to be created for each species, the zoning allowed us to estimate the overlap between years (considering only zones 2 and 3) for the yearly abundance models derived from the SOCC (see Spatiotemporal variability of abundance); secondly, the population sizes of common terrestrial species were estimated (see Population estimates) from bird densities (ind/km^2) calculated in each of these zones according to their total area (km^2).

Final generation of abundance maps from statistical inference

Once calibrated and evaluated, the models obtained from different data sources were represented as maps with continuous values between 0 and 1 expressing the habitat suitability index. MAXENT plotted directly the logistic suitability values derived from models on a raster map of Catalonia at a resolution of 500x500 m for those models derived from the SOCC, 1x1 km resolution for the remaining terrestrial birds, and 2.5 x 2.5 minute resolution for models derived from pelagic seabird censuses. Models of coastal seabird species obtained with kriging were also represented on a raster map of the Catalan coast at 500x500 m resolution.

per sota del qual es defineixen les àrees d'absència de l'espècie (zona 0) correspon a la mitjana del percentil 10 de les dades emprades pel desenvolupament dels models (*i.e.* 10% de les dades amb idoneïtat més baixa). La mitjana dels valors dins les zones de presència va proporcionar un segon llindar per sota del qual es va definir el primer nivell d'àrees rellevants per a les espècies (zona 1): les àrees per sota de la idoneïtat mitjana dins l'àrea de distribució. El tercer llindar es va definir com la mitjana dels valors que restaven per sobre de la zona 1. Aquest llindar marcava el límit entre el segon nivell (zona 2) i el tercer nivell (zona 3) d'àrees rellevants per a les espècies (Figura 14).

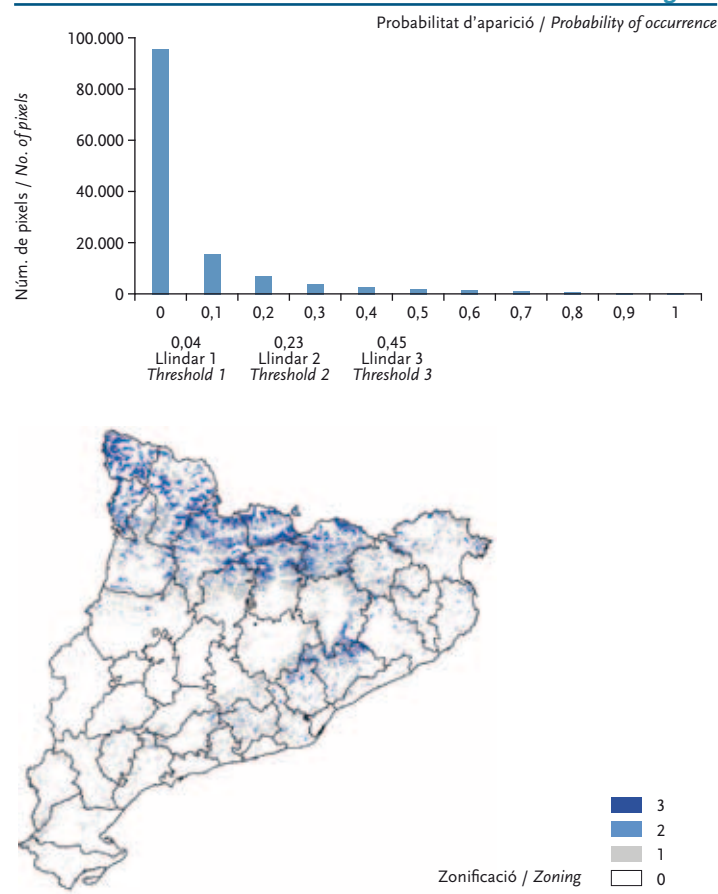
La zonació va aconseguir un objectiu doble en l'Atles. Primer, en el marc de l'anàlisi de les variacions espaciotemporals de l'abundància que havia d'indicar el nombre de mapes a representar per espècie, la zonació va permetre calcular el grau de solapament entre anys (considerant només les zones 2 i 3) dels models anuals d'abundància derivats del mostreig intensiu SOCC (vegeu *Variacions espaciotemporals en l'abundància*). I segon, a partir de les densitats d'ocells (ind/km²) calculades en cadascuna d'aquestes zones i de la seva superfície (km²) es van realitzar les estimacions poblacionals d'espècies comunes terrestres (vegeu *Estimacions poblacionals*).

Generació final dels mapes d'abundància elaborats a partir d'inferència estadística

Un cop calibrats i avaluats, els models obtinguts a partir de les diferents fonts de dades utilitzades es van representar en forma de mapes amb valors continus entre 0 i 1 que expressaven l'índex d'idoneïtat de l'hàbitat. MAXENT va representar directament els valors logístics d'idoneïtat derivats dels models en un mapa ràster amb àmbit de Catalunya, i amb resolució de 500x500 m per als models derivats del mostreig SOCC, d'1x1 km per a la resta de models d'ocells terrestres i de 2,5x2,5 minuts per als models derivats dels censos d'ocells marins pelàgics. Els models d'espècies marines costaneres obtinguts amb "kriging" també es van representar en un mapa ràster amb àmbit del litoral català de 500x500 m de resolució.

Molts autors consideren que els mapes generats amb tècniques de modelització de l'hàbitat són un reflex de la distribució potencial de les espècies, més que una aproximació a la seva distribució real (Guisan & Zimmermann 2000). Com s'ha comentat, les variables ambientals no incloses en els models, com els processos històrics o la fragmentació de l'hàbitat, entre altres, fan que els models basats en el nínxol puguin predir la presència de les espècies en llocs on l'espècie és absent. Per garantir que els mapes de l'Atles mostraven el més acuradament possible la distribució real de l'espècie i no la potencial, es va aplicar un filtre per excloure les prediccions situades fora del rang de distribució de l'espècie (Pearce *et al.* 2001). En aquest cas, el rang de distribució es va definir com els quadrats UTM de 10x10 km on s'havia detectat l'espècie més els quadrats veïns adjacents; aquests darrers inclosos per no ometre dels mapes zones residuals situades als marges de la distribució on l'espècie podria haver passat desapercibuda en els mostratges. Sota criteri d'expert, en un grup d'espècies de baixa detectabilitat es va considerar que aquest filtre general no es podia aplicar perquè es fonamentava, en major o menor mesura, en falses absències en les dades dels quadrats UTM 10x10 km. En aquests casos no es va aplicar cap filtre (*e.g.* guatlla o becada) o aquest es va reduir a uns pocs quadrats ben mostrejats i de característiques ecològiques molt particulars (*e.g.* el filtratge del delta de l'Ebre per a duc o xixella).

Finalment, per millorar la visualització dels mapes, els valors es van suavitzar substituïnt el valor de cada píxel per la mitjana dels valors dels 8 píxels del seu entorn (incloent-lo a ell mateix). Per donar major pes al valor original, aquesta operació es va realitzar augmentant per dos la resolució original dels mapes ràster (per exemple, cada píxel de 500 m dividit en 4 píxels de 250 m), forçant d'aquesta manera que una tercera part dels valors emprats en el càlcul de la mitjana corresponguessin al valor del píxel original. Aquest suavitzat parteix de l'assumpció bàsica que la idoneïtat de l'hàbitat per a una espècie varia linealment entre dues localitats properes, fet que sembla vàlid per a l'escala espacial de treball.



Histograma de probabilitats d'aparició i llindars per al model d'abundància del reietó corresponent al hivern 2006/07 i mapa de zones resultant d'aquesta classificació. Vegeu el text principal per a més informació.
Histogram of probabilities of occurrence and thresholds for the abundance model of the Goldcrest in winter 2006/07 and map of zones resulting from this classification. See main text for more information. Numerical punctuation according to non-English usage in which commas indicate decimal signs and full points indicate thousands.

Many authors consider that the maps generated by habitat modelling techniques are a reflection of the potential distribution of the species rather than an approximation to their real distribution (Guisan & Zimmermann 2000). As mentioned above, environmental variables not included in these models (*e.g.* historical processes or habitat fragmentation) make niche-based models predict the presence of species in places where they are absent. To ensure that the Atlas maps showed as accurately as possible the real distribution of the species and not merely its potential distribution, we applied a filter that excluded all predictions falling outside the distribution range of the species (Pearce *et al.* 2001). In this case, the distribution range was defined as the UTM 10x10 km squares where the species was detected plus neighbouring squares; these latter squares were incorporated so as to include residual areas located on the borders of a species' distribution, where the species may have gone unnoticed during sampling. Nevertheless, expert criteria determined that this filter could not be applied for a group of species with low detectability since it was based on false absences in data from UTM 10x10 km squares. In these cases, we either applied no filter (*e.g.* Quail and Woodcock) or the filter was only applied to a few well-sampled squares with particular ecological conditions (*e.g.* the Ebro delta was filtered for Eagle Owl and Stock Dove).

Finally, to improve the maps, values were softened by replacing the value of each pixel by the average of 9 values consisting of the pixel itself and the 8 pixels that surround it. To give a greater weight to the original value, this operation was performed by twice increasing the original resolution of the rasters (*i.e.* every 500 m pixel was divided into 4 250 m pixels) so that a third of the values used to calculate the average value corresponded to the value of the original pixel. This

Mapes d'abundància a partir de censos absoluts

Mapes d'ocells aquàtics

En les espècies de zones humides per a les quals els censos d'ocells aquàtics hivernants combinaven una qualitat òptima del cens amb una cobertura geogràfica suficient es va optar per desenvolupar mapes d'abundància absoluta sense aplicar cap procediment d'inferència estadística. En total, aquesta mena de mapes es va produir per a 30 espècies.

La principal complicació per a l'elaboració d'aquests mapes va ser que les localitats de cens tenien una extensió geogràfica considerable i no es podia conèixer amb exactitud la situació precisa de les observacions realitzades a l'interior de la localitat. Per a minimitzar aquest problema de resolució es van delimitar els quadrats UTM 1x1 km de cada localitat i es va determinar el nombre d'individus de cadascun d'aquests quadrats com el quocient entre el nombre d'individus totals d'aquella localitat dividit pel nombre de quadrats UTM 1x1 km. El valor resultant es va considerar que representava l'abundància de l'espècie en el quadrat. En aquells quadrats UTM 1x1 km que eren compartits per més d'una localitat de cens es va aplicar un valor d'abundància corresponent a la mitjana dels valors calculats per a cada una de les localitats contingudes en el quadrat.

Les localitats utilitzades van correspondre a les que s'utilitzen per mostrar els resultats finals dels censos tal i com apareixen al final del llibre (vegeu *Annex*) amb l'excepció del delta de l'Ebre, on es van utilitzar els diferents sectors de cens en què es divideix el delta durant el cens: Alfacada, arrossars de l'Aldea, de l'Alfacada, d'Amposta, de Balada, de Buda, del Canal Vell, de Deltebre, de l'Encanyissada, del Fangar, del Serrallo, de la Tancada, del Través i de Vilacoto, badies del Fangar i dels Alfacs, Buda i Sant Antoni, Canal Vell, Deltebre, Garxal, Illa de Gràcia, llacunes de la Tancada i de l'Encanyissada, Malicciós, Olles, Platjola, punta de la Banyà i riu Ebre.

A l'hora de generar els mapes definitius i decidir quants mapes calia mostrar per a cada espècie es va tenir present la variabilitat espaciotemporal en l'abundància de cada espècie (vegeu *Variacions espaciotemporals en l'abundància*). Amb l'objectiu d'equiparar al màxim el procediment de càlcul de solapament entre mapes anuals als protocols realitzats en els mapes provinents d'inferència estadística, en aquest cas el càlcul de solapament es va realitzar utilitzant només dades de presència de l'espècie en cada localitat i no la seva abundància.

Finalment, per millorar la visualització dels mapes els valors es van suavitzar substituint el valor de cada píxel per la mitjana dels valors dels 8 píxels del seu entorn, un procediment idèntic a l'utilitzat en mapes d'inferència estadística (vegeu *Generació final dels mapes d'abundància generats a partir d'inferència estadística*), que va donar com a resultat mapes a una resolució de 500x500 m.

Interpretació dels mapes d'abundància

Els 4 tipus de models d'abundància generen dos tipus fonamentals de mapes a efectes de la seva interpretació, els que anomenem mapes de probabilitat d'aparició i mapes d'abundància relativa. A més, hi ha també un mapa d'abundància absoluta, el provinent dels censos d'ocells aquàtics hivernants (Figura 15).

Els mapes de probabilitat d'aparició ofereixen una estima de la probabilitat relativa de presència a partir d'un índex d'idoneïtat de l'hàbitat amb valors entre 0 a 1 per a cada unitat del territori de 500x500 m dins el rang de distribució de l'espècie. El format logístic dels models que produeix MAXENT permet interpretar els mapes resultants de manera similar a estimes de probabilitat de presència de les espècies, condicionada a les variables ambientals incloses en els models (Phillips & Dudik 2008). Aquesta probabilitat dona informació quantitativa sobre variacions en abundància de l'espècie, tot i que a causa de les característiques de la informació analitzada (presències), la capacitat discriminatòria d'aquests mapes en termes de variacions en abundància és limitada (Estrada *et al.* 2004). En tot cas, aquesta assumpció sembla estar

smoothed is based on the basic assumption that the habitat suitability for a species varies linearly between two adjacent localities, which seems to be valid at the spatial scale of this atlas.

Abundance maps from absolute censuses

Maps of waterbirds

For wetland species for which the wintering waterbird censuses combined optimum census quality with suitable geographical coverage, we opted to develop absolute abundance maps without applying any statistical inference procedures. In all, maps of this type were created for 30 species.

The main difficulty in preparing these maps was that census localities were large and that the precise place of observation for a particular record was not known. To minimize this problem with the resolution, we defined the 1x1 km UTM squares of each location and determined the number of individuals for each of these squares by dividing the total number of individuals in the locality by the total number of squares. In the 1x1 km UTM squares that were shared by more than one census location, an abundance value corresponding to the average of the estimated values for each location contained in the square was taken.

The locations used are listed at the end of the Atlas and show the final results of the censuses (see Appendix). The exception is the Ebro delta, which was divided up into the different areas used during the censuses: Alfacada, rice fields of Aldea, Amposta, Balada, Buda, Canal Vell, Deltebre, Encanyissada, Fangar, Serrallo, la Tancada, Través and Vilacoto, the Fangar and Alfacs bays, Buda and Sant Antoni, Canal Vell, Deltebre, Garxal, Illa de Gràcia, Encanyissada and Tancada lagoons, Malicciós, Olles, Platjola, Punta de la Banyà and the Ebro river itself.

When generating the final maps and deciding how many should be shown for each species, we took into account spatiotemporal variability in species abundance (see Spatiotemporal variability of abundance). To maximise the similarity with the procedure used for calculating the overlap between years in the maps derived from statistical inference, the overlap calculation in this case was performed using only presence data and not abundance data for the species at each location.

Finally, to improve the appearance of the maps, values were softened by replacing the value of every pixel by the average of 9 values consisting of the 8 surrounding pixels and the pixel itself in a procedure that was identical to that used for the statistical inference maps (see Final generation of abundance maps from statistical inference), which gave 500x500 m resolution maps.

Interpretation of abundance maps

In terms of interpretation, the 4 different abundance models created for the Atlas correspond to maps of probability of occurrence and maps of relative abundance. Moreover, there are also absolute abundance maps derived from the censuses of wintering waterbirds (Figure 15).

The maps of probability of occurrence provide an estimate of the relative probability of presence based on a habitat suitability index with values between 0 and 1 for every land unit of 500x500 m within the species' range. The logistic format of models produced by MAXENT allow us to interpret the resulting maps in a similar way to estimates for the probability of presence of species, subject to the environmental variables included in the models (Phillips & Dudik 2008). This probability provides quantitative information about the abundance of the species, although the characteristics of the analysed information (presences) limit the discriminatory capacity of these maps in terms of variations in abundance (Estrada *et al.* 2004). This assumption seems to be justified since abundance patterns are often closely related to the probability of occurrence of a species in the samplings (Robertson *et al.* 1995). These maps were coloured with the same colour palette as used in the Catalan Breeding Bird Atlas (Estrada *et al.* 2004) to show the spatial variation of the probability of occurrence of the species. The lowest probability of occurrence corresponds to values shown in light and dark blue, with intermediate values in yellow and orange, and the highest values in red.

justificada perquè els patrons d'abundància estan sovint relacionats fortament amb la probabilitat d'aparició de les espècies en els mostratges (Robertson *et al.* 1995). Aquests mapes es van acolorir emprant la mateixa paleta de colors utilitzada en l'Atlas d'ocells nidificants (Estrada *et al.* 2004) per mostrar la variació espacial de la probabilitat d'aparició de les espècies. Els valors més baixos de probabilitat d'aparició es mostren amb blaus clars i foscos, els valors intermedis amb grocs i taronges, i els valors més alts amb vermells.

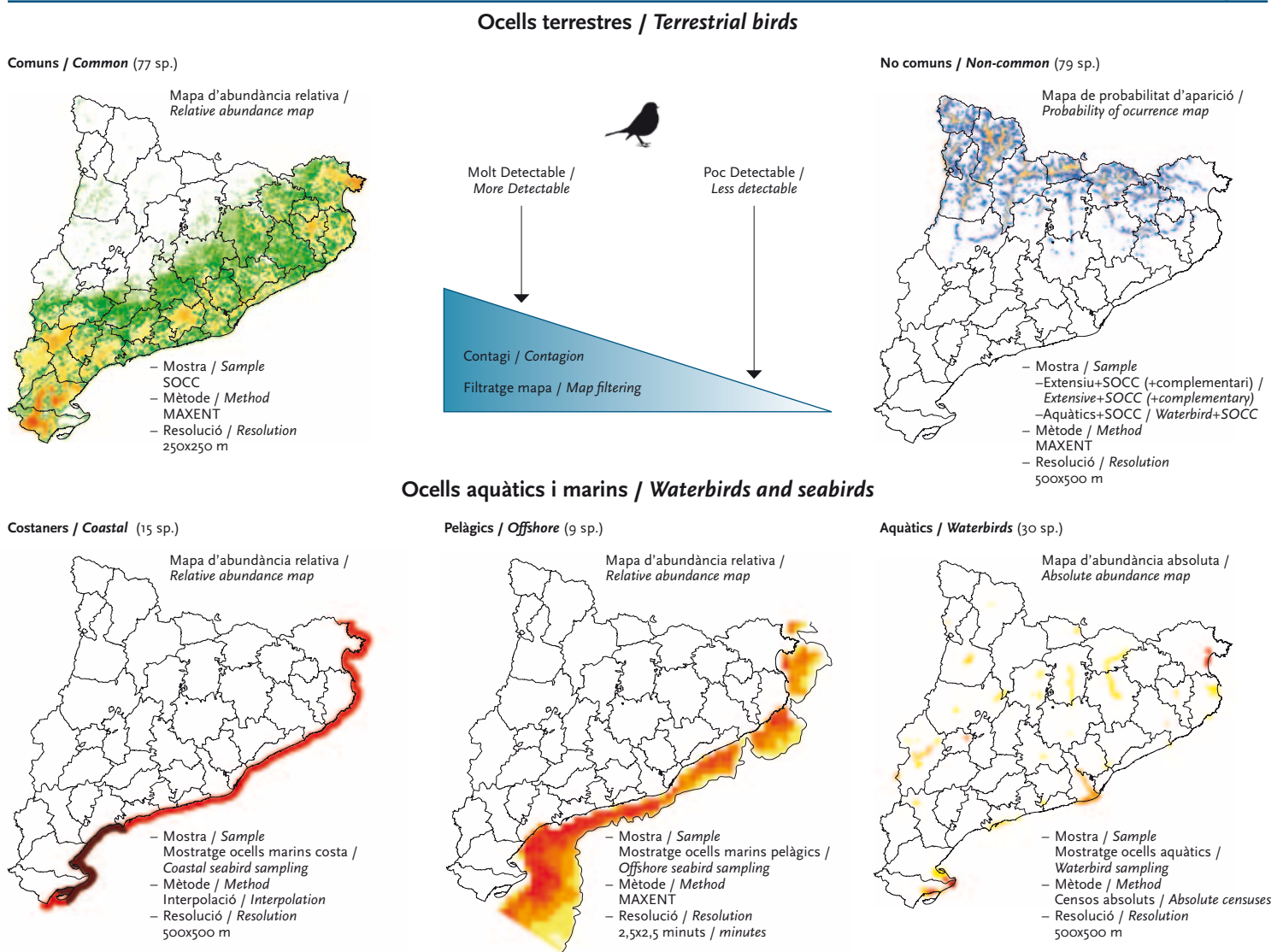
Els mapes d'abundància relativa d'espècies terrestres (resolució 250x250 m) i d'espècies marines (resolució 2,5x2,5 minuts) ofereixen també una mesura d'idoneïtat de l'hàbitat (de 0 a 1) dins el rang de distribució de les espècies. Ja que aquestes estimes estan millorades en funció de models desenvolupats amb dades normalitzades d'abundància, s'assumeix que l'índex d'idoneïtat calculat amb informació quantitativa en cada localitat pot ser utilitzat com un estimador fiable de la seva abundància relativa. Aquesta assumpció es fonamenta en el fet que les espècies són sovint més abundants en hàbitats més adequats i per tant la incorporació d'informació més precisa sobre l'abundància de les espècies en els millors hàbitats permet una millor representació de la seva abundància relativa.

Pel que fa als mapes d'espècies costaneres (resolució 500x500 m), l'estima d'abundància relativa que ofereixen es deriva directament per interpolació dels valors d'abundància normalitzats dins el rang de distribució litoral de l'espècie, i finalment reclassificats en valors entre 0 i 1. Per a la coloració dels

The maps of relative abundance for terrestrial (resolution 250x250 m) and marine species (resolution 2.5x2.5 minutes) also offer a habitat suitability measure (from 0 to 1) within the species' range. Given that these estimates are improved by the models developed with normalised abundance data, it is assumed that the suitability index calculated with quantitative information for every location can be used as a reliable estimator of relative abundance. This assumption is based on the fact that species are often more abundant in the most suitable habitats and hence the incorporation of more precise information about species abundance in the best habitats allows for a better representation of their relative abundance.

The relative abundance shown on the maps of coastal species (resolution 500x500 m) corresponds to an estimate derived directly by interpolation of mean standardized values within the coastal distribution range of the species, subsequently reclassified in values between 0 and 1. Abundance maps were coloured with different palettes for terrestrial species and for marine species (pelagic and coastal). The abundance maps of terrestrial species use a similar colour to that used for the probability of occurrence maps, with the exception that blue tones are replaced by green ones. Thus, the spatial variation of abundance is depicted with light and dark green for low relative abundances and maroon and red for high relative abundances. Maps of pelagic and coastal species use a monochromatic palette that ranges from yellow for the minimum relative abundance values, through different shades of orange and red, to maroon for maximum relative

Fig. 15



Esquema de les característiques dels 5 grans tipus de mapa d'abundància que es mostren en aquest Atlas.
Diagram showing the characteristics of the 5 major types of abundance maps in this atlas. Numerical punctuation according to non-English usage.

mapes d'abundància s'han utilitzat paletes diferents per a mapes d'espècies terrestres i per a mapes d'espècies marines (pelàgiques i costaneres). Els mapes d'espècies terrestres es mostren amb una paleta de colors semblant a la utilitzada en els mapes de probabilitat d'aparició, substituint les tonalitats blaves per verdes. Així, la variació espacial de l'abundància es mostra amb verds clars i foscos per a abundàncies relatives baixes, i vermells i grans per a abundàncies relatives altes. Els mapes d'espècies pelàgiques i d'espècies marines costaneres es mostren amb una paleta monocromàtica que va des del groc per als valors d'abundància relativa mínims, pujant per diferents tonalitats de taronges i vermells, fins a grans per als valors d'abundància relativa màxims. Finalment, els mapes provinents dels censos d'ocells aquàtics hivernants són els únics que mostren una llegenda amb 6 categories d'abundància absoluta (entre 0 i 5.000 individus/km²). Aquest és l'únic cas on es poden realitzar directament comparacions entre espècies.

És important destacar que la comparació directa dels mapes entre espècies s'ha de realitzar amb cura, ja que les estimes de probabilitat d'aparició i d'abundància relativa depenen de factors intrínsecs de cada espècie. Així doncs, un mateix valor de probabilitat d'aparició, per exemple, pot tenir una interpretació molt diferent en dues espècies amb diferents probabilitats de detecció, i, per tant, indicar probabilitats de presència real molt diferents.

Síntesi de les tipologies de mapes d'abundància de l'Atles

En aquest Atles el tipus de mapes d'abundància és molt variat. En síntesi, hi ha 5 grans tipologies de mapes, cadascun amb els seus propis procediments de càlcul, representació gràfica i interpretació.

Els mapes d'abundància d'ocells terrestres es van generar a partir de models de nínxol ecològic amb el programa MAXENT; en les espècies comunes (77) es van utilitzar exclusivament dades del projecte SOCC, mentre que en les menys comunes (74) es van utilitzar conjuntament dades del mostratge de quadrat i del SOCC i, en alguns casos, dades de la resta de mostratges no estandarditzats (dades complementàries). En la producció de mapes per aquestes espècies el criteri d'expert sobre la seva detectabilitat va resultar clau a l'hora d'incorporar, en menor o major mesura, tant variables de contagi en l'elaboració dels models, com de filtres finals dels mapes en funció de dades de presència en quadrats UTM 10x10 km (Figura 15).

Les espècies associades a masses d'aigua continentals o marines van rebre una atenció especial en aquest Atles. Els seus mapes d'abundància es van generar mitjançant protocols diferents en espècies costaneres (16), pelàgiques (9) o d'aigües continentals (30). En el primer cas es van utilitzar tècniques d'interpolació sobre la base dels mostratges d'ocells des de la costa; en el segon es van utilitzar els resultats de campanyes oceanogràfiques i ús de MAXENT; en el tercer cas es van representar directament els resultats dels censos d'ocells aquàtics hivernants. Finalment, unes poques espècies aquàtiques molt comunes (5) es van abordar també de forma similar a les espècies terrestres no comunes (Figura 15).

Mapes de recuperacions

Els mapes de recuperacions que es mostren en el present Atles tenen com objectiu principal indicar la possible procedència geogràfica dels ocells que trobem a Catalunya durant l'hivern. A més, les variacions en el lloc concret en què els podem trobar durant aquest període (ja sigui en diferents hiverns o dins d'un mateix hivern) permeten donar una idea de la fidelitat a l'àrea d'hivernada de l'espècie. Per fer els mapes es van analitzar totes les recuperacions d'ocells capturats a Catalunya, és a dir, les dels ocells anellats a Catalunya i recuperats posteriorment dins o fora del país, i la dels ocells anellats fora de Catalunya i recuperats posteriorment a casa nostra.

La base de dades de recuperacions disponible en el moment de fer les anàlisis per a l'Atles (maig de 2009) incloïa 16.560 recuperacions que van des de 1910 fins al març de 2009. A aquestes dades es va aplicar un primer filtre per tal d'incloure només aquelles en què o bé l'anellament o la recuperació tenien lloc a Catalunya dins del període hivernal definit en l'Atles: del

abundances. Finally, the maps for wintering waterbird censuses are the only ones that have a legend with absolute abundance categories (between 0 and 5,000 individuals/km²). This is the only case for which direct comparisons between species can be performed.

It is important to emphasize the fact that the direct comparison of maps must be done with care, since the estimates of probability of occurrence and relative abundance depend on intrinsic factors in all species. Thus, the same probability of occurrence, for instance, could be interpreted differently in two species with different detection probabilities and thus may indicate very different probabilities of real presence.

Summary of the types of abundance maps used in the Atlas

In all, 5 types of abundance maps were created for the Atlas, each with their own particular calculation procedures, graphical representation and interpretation.

Abundance maps of terrestrial birds were created from ecological niche models with MAXENT software; for common species (77) we only used SOCC data, while for the less common species (74) we used both Square sampling data and SOCC data and, in some cases, data from non-standardized samplings (complementary data). In the maps for these species, expert opinion regarding detectability was vital both when incorporating contagion variables into the model and when filtering the final map on the basis of presence data in 10x10 km UTM squares (Figure 15).

The species associated with the sea or inland water bodies receive special attention in the Atlas. Their abundance maps were created using different protocols for birds frequenting coastal (16), pelagic (9) or continental aquatic (30) habitats. In the first case, interpolation techniques were used based on the bird surveys conducted from the coastline; in the second case the results of oceanographic campaigns and MAXENT were used; in the final case, the results of censuses of winter waterbirds were directly plotted onto a map. Finally, a few very common aquatic species (5) were also modelled in a similar way to uncommon terrestrial species (Figure 15).

Maps of ringing recoveries

The main aim of the maps of ringing recoveries shown in the Atlas was to indicate the possible geographical origin of birds found in Catalonia in winter. In addition, variations in the exact places where recoveries are made (either in different winters or in the same winter) can give an idea of the fidelity of a species to its wintering area. All ringing recoveries from Catalonia (i.e. all data from birds ringed in Catalonia and recovered subsequently inside or outside the country, as well as data from birds ringed outside Catalonia and recovered later in our study area) were analysed to generate the maps.

The database of recoveries used to conduct the statistical analyses for the Atlas (May 2009) contained 16,560 recoveries from 1910 to March 2009. An initial filter was applied to determine which ringing or recovery records took place in Catalonia during the winter period (defined as 15 November-15 February). Furthermore, inaccurate or dubious records, or those that were difficult to interpret, were discarded. Specifically, the following records were not included:

- Records for which the error in the mapping coordinates of the ringing or recovery location was greater than 20 km.
- Records with an inaccuracy in the capture date (either of ringing or recovery) of more than a week.
- Records for which the distance between the ringing and recovery sites was less than 15 km.
- Records for which crucial information regarding the recovery circumstances was unknown.
- Records derived from the reading of special tags. These recoveries provide a great deal of information for certain species, often for the same bird and place. Nevertheless, despite its interest, such information requires specific analysis and differential treatment and, as is commonly used in migration atlases (e.g. Wernham et al. 2002, Spina & Volponi 2008), we chose to use only data derived from metal rings.

15 de novembre al 15 de febrer. A més, també es van descartar registres poc precisos, de dubtosa qualitat o de difícil interpretació. Concretament, no es van incloure les següents dades:

- Aquelles en què l'error en l'assignació de les coordenades de la localitat d'anellament o de recuperació era superior a 20 km.
- Les que tenien una imprecisió en la data de captura (ja sigui anellament o recuperació) major a una setmana.
- Aquelles en què la distància mínima entre el lloc d'anellament i el de recuperació era menor a 15 km.
- Aquelles en què les circumstàncies de la recuperació, una informació cabdal per valorar la dada, eren desconegudes.
- Les recuperacions realitzades mitjançant la lectura o visualització de marques especials. Aquestes recuperacions aporten molta informació per a determinades espècies i sovint nombroses dades d'un mateix ocell i indret. Malgrat el seu gran interès, però, aquest tipus de recuperacions tenen unes particularitats que aconsellen anàlisis específiques i un tractament diferenciat. És per això que, com es fa habitualment en els atles de migració (e.g. Wernham *et al.* 2002, Spina & Volponi 2008), es va optar per utilitzar només dades derivades de les anelles metàl·liques.

Totes aquestes restriccions van reduir el nombre final de dades disponible, però es va preferir perdre certa mostra en benefici d'una major consistència i fiabilitat. Cal tenir present, però, que aquestes restriccions podrien donar peu a algunes incoherències entre la informació que detallem aquí i la que hom pot trobar publicada sense cap filtre curós de la informació.

Per facilitar-ne la interpretació, als mapes només es mostren els punts d'origen dels ocells que s'han capturat a Catalunya a l'hivern. És a dir, el lloc on es van anellar, en el cas dels ocells recuperats a Catalunya, i el lloc on van ser recuperats, en el cas dels ocells anellats a Catalunya i recuperats fora del país. Finalment, s'utilitzen diferents colors i símbols per indicar en quin moment del cicle anual es van capturar els ocells en els llocs d'origen:

1. Els punts on els ocells es van capturar durant el període reproductor o com a pollets es mostren com triangles vermells.
2. Els punts on els ocells es van capturar durant el període hivernal (15 de novembre al 15 de febrer) es mostren com quadrats blaus.
3. La resta de punts es mostren com rodones grogues.

Per fer aquestes agrupacions i seguint pautes similars a les establertes en diversos atles de migració (Wernham *et al.* 2002, Spina & Volponi 2008; vegeu *Annex*), els períodes reproductors de cada espècie s'han definit com l'interval de temps en què la probabilitat que els ocells estiguin a la zona de cria és molt alta (és a dir, quan es descarta gairebé del tot que encara hi puguin haver gaires ocells en migració). A causa de la gran amplitud geogràfica de l'àrea de procedència potencial dels ocells que trobem a Catalunya a l'hivern, cal tenir en compte que els períodes reproductors establerts aquí són, sovint, molt limitats en el temps (especialment en els migradors transsaharians). De vegades, una rodona groga pot referir-se, de fet, a un ocell que està a la zona de cria però com que no se sap segur que no es tracta d'un migrant (e.g. perquè es va capturar a l'inici de l'època de cria), no se li pot assignar el color vermell. El que es va intentar evitar, però, és que es donés el cas contrari: que un punt vermell correspongués, de fet, a un ocell capturat fora de l'àrea de cria de l'espècie. Tot i que això pot passar en algun cas, la subdivisió temporal que es va realitzar en general facilita molt la correcta interpretació dels mapes. A més, en els textos de les espècies molts autors van aclarir o donar més detalls dels patrons observats en cada cas per acabar de facilitar-ne la comprensió.

Els mapes es van realitzar utilitzant la projecció de Mercator perquè és la més adient a l'hora de mostrar àrees geogràfiques situades entre les latituds 75° N i 75° S, límits dins dels quals tenen lloc totes les recuperacions detallades aquí. La mostra disponible per a cada espècie s'indica a la llegenda del mapa, subdividida segons el tipus de recuperació detallat anteriorment (període reproductor, període hivernal, altres períodes).

These restrictions reduced the amount of data available, but we gained in consistency and reliability. These restrictions could have arisen inconsistencies between the information provided here and unfiltered published data.

To ease interpretation, the maps only show the origins of birds that were captured in Catalonia during winter, that is, the locations where birds were ringed (in the case of birds recovered in Catalonia) and the location where they were recovered (for birds ringed in Catalonia and recovered outside the country). Finally, different colours and symbols were used to indicate at what point in their annual cycle birds were captured:

1. *Points where birds were captured during the reproductive period or as chicks are shown as red triangles.*
2. *Points where birds were captured during the winter (15 November-15 February) are shown as blue squares.*
3. *The remaining points are shown as yellow circles.*

*To define these three different groups we followed the guidelines used in several migration atlases (Wernham *et al.* 2002, Spina & Volponi 2008; see Appendix), whereby the reproductive period of each species was defined as the period in which the probability that birds were in their breeding areas was very high (in other words, when the possibility of birds being on migration could be almost totally discarded). Given the geographical scope of the potential area of birth of birds found in Catalonia during winter, we should bear in mind that the reproductive periods established here are often very limited in time (especially in long-distance migrants). A yellow circle may sometimes refer to a bird in the breeding area but if we do not know for certain that it is not a migrant (e.g. because it was captured at the beginning of the breeding season), it was not assigned a red triangle. In fact, the main aim was to avoid the opposite case in which a red triangle is used for a bird caught outside the species' breeding area. Although this may happen in a very few cases, the temporal subdivision usually enables the maps to be correctly interpreted. In addition, in the species accounts authors clarify or give more details regarding the patterns observed, thereby aiding the interpretation of the maps.*

The maps were drawn with the Mercator projection, which is suitable for displaying the geographical area located between 75°N and 75°S in which all the recoveries detailed here took place. The sample available for every species, broken down into the periods described above (reproductive period, winter period and other periods), is listed in the map caption.

Altitude and habitat preferences

Information on habitat preferences does not come from the direct collection of habitat data, but from the georeferencing of the environmental characteristics of the areas where birds were observed and the subsequent comparison with layers of environmental information. The Atlas includes two graphs that provide information on habitat and altitude preferences. The aims of these graphics are essentially the same as the ones published in the second Catalan Breeding Bird Atlas, although the altitudinal ranges and the habitats studied have been adapted slightly to fit the characteristics of the sample and the nature of habitats in winter.

When categorising the habitat of a particular part of Catalonia, we used the Catalan Habitat Map developed by the Department of Territory and Sustainability of the Catalan Government and the University of Barcelona, and the Geographical Information System of Agricultural Plots (SIGPAC) produced by the Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, the latter of which provides greater detail on agricultural uses. The habitats obtained from these classifications were grouped into 15 categories by expert analysis, each embracing habitats with similar characteristics for birds in winter, to which were added 8 types of habitat mosaics (Table 6). First of all habitats were grouped into 5 broad structural categories (forest, shrub, natural open areas, croplands and urban areas). When for any given area the percentage of one of these 5 categories was over 60%, it was assigned as such (e.g. an area with 65% of mainly deciduous forest was defined as deciduous forest). Mosaics, on the other hand,

Preferències d'hàbitat i altitud

La informació sobre les preferències d'hàbitat que es mostra a l'Atles no prové de la recollida directa de dades sobre l'hàbitat, sinó de l'estudi de les característiques ambientals de les zones on s'han observat els ocells mitjançant la georeferenciació de les observacions i el seu creuament amb capes d'informació ambiental. En aquest Atles es mostren dos gràfics que aporten informació sobre les preferències d'hàbitat i d'altitud de les espècies. Els objectius que es busquen amb aquests gràfics són essencialment els mateixos que en el darrer Atles de nidificants de Catalunya, però els rangs altitudinals i els hàbitats analitzats difereixen lleugerament per adaptar-se a les característiques de la mostra i a la fisonomia dels hàbitats a l'hivern.

A l'hora de categoritzar una determinada zona de Catalunya en un hàbitat o un altre es va partir de la Cartografia d'Hàbitats de Catalunya, del Departament de Territori i Sostenibilitat i la Universitat de Barcelona, i del Sistema de Informació Geogràfica de parcel·les agrícoles (SIGPAC), del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, el qual detallava millor que la primera els diferents usos agrícoles. Els hàbitats obtinguts a partir d'aquestes classificacions es van agrupar en 15 categories d'hàbitat d'acord amb una anàlisi d'expert sobre les similituds entre hàbitats per als ocells a l'hivern, a les quals es van afegir 8 tipus de mosaics entre hàbitats (Taula 6). Per fer aquesta classificació primer es van agrupar els hàbitats en 5 grans categories estructurals (bosc, matoll, zones obertes naturals, conreus i àrees urbanitzades). Quan el percentatge d'una d'aquestes 5 categories era superior al 60% es categoritzava com a tal i s'hi assignava l'hàbitat concret més ben representat (e.g. una zona amb un 65% de bosc en general, del qual el majoritari era el bosc caducifoli es definia com a bosc caducifoli). D'altra banda, els mosaics es van definir des d'un punt de vista estructural més que botànic ja que, tot i algunes excepcions notables com ara els camps d'oliveres, es va suposar que l'estructura seria l'element primordial a l'hora de definir les comunitats d'ocells en aquesta estació. En aquest sentit, els mosaics es definiren com àrees on hi havia un percentatge de bosc, matoll, zones obertes naturals, conreus o àrees urbanitzades inferior al 60%. Aquest percentatge es va disminuir fins al 5% en el cas dels boscos i mosaics de l'estatge subalpí, atès que a l'hivern els arbres hi resulten absolutament claus per a la majoria d'espècies en àrees que solen estar extensament innivades.

Aquesta classificació es va fer per a cada quadrat UTM 1x1 km de Catalunya i per a cada tram de l'itinerari SOCC (vegeu *Mostratge intensiu*). En aquest darrer cas, i tenint present que la detectabilitat de les espècies varia notablement segons els hàbitats, es va fer una classificació dels hàbitats en una àrea d'influència de 100 m per a tota mena de boscos, zones urbanitzades, matollars i zones humides, i de 350 m en el cas dels diferents ambients i mosaics oberts i conreus.

L'abundància d'una espècie en un determinat ambient es sol considerar una variable estretament relacionada amb la preferència que mostra per aquell. En aquest Atles, igual que en l'anterior Atles de nidificants (Estrada *et al.* 2004), s'aborda el tema de les preferències d'hàbitat mitjançant estimes de densitat o freqüències d'aparició i aquesta constitueix una primera aproximació a l'estudi dels requeriments ecològics dels ocells a l'hivern. Cal tenir molt present, però, que les abundàncies relatives en els diferents ambients estan subjectes a un procés dinàmic i que factors tals com les variacions poblacionals influencien aquests patrons d'ocupació, essent els hàbitats secundaris progressivament ocupats a mida que els primaris van quedant saturats (Chamberlain & Fuller 1999).

Densitats per hàbitat i rang altitudinal

La densitat és un valor d'abundància absoluta, sovint referenciat com a nombre d'individus per unitat de superfície, que resulta comparable entre hàbitats i espècies (Bibby *et al.* 2000). Habitualment, el punt clau per a l'estimació de densitats en els censos d'ocells rau en el càlcul de la seva detectabilitat (Vorisek *et al.* 2008b): $N = C \times P$, on N és el nombre d'individus estimats, C el comptatge realitzat i P un coeficient de detectabilitat. En el cas de l'At-

were defined from a structural rather than a botanical point of view since, apart from some notable exceptions such as olive groves, it was assumed that habitat structure would be the essential element when defining winter bird communities. Thus, mosaics were defined as areas where the individual percentages of forest, scrub, natural open areas, crops and urban areas were all less than 60%. In the case of forests and subalpine mosaics, given that in winter trees were the key factor for most species in areas that were often snow-clad, this percentage was reduced to 5%.

This classification was made for every 1x1 km UTM square in Catalonia and for each section of the SOCC transects (see *Intensive sampling*). In this latter case, and bearing in mind that the detectability of species varies notably with habitat, a habitat classification in a 100 m buffer area was conducted for all forest types, urban areas, scrub and wetlands, but with a buffer of 350 m for open mosaics and farmlands.

The abundance of a species in a given environment is usually considered to be a variable that is closely related to the preference that it shows for that environment. In the Atles, as in the previous Catalan Breeding Bird Atlas (Estrada *et al.* 2004), the question of habitat preferences is tackled using density estimates or frequency of occurrences, which constitutes the first step in the study of the ecological requirements of birds in winter. Nevertheless, relative abundances in

Taula 6 / Table 6

Hàbitats / Habitats
Prats i matollars alpins / <i>Alpine scrubs and meadows</i>
Mosaic alta muntanya / <i>High mountain mosaics</i>
Boscos subalpins / <i>Subalpine forests</i>
Matollars i prats muntanya mitjana / <i>Scrublands and mountain grasslands</i>
Mosaic de bosc i matoll muntanya mitjana / <i>Mosaics of mid-mountain forest and shrubs</i>
Pinedes muntanya mitjana / <i>Mid-mountain pine forests</i>
Boscos caducifolis / <i>Deciduous forests</i>
Mosaic agroforestal muntanya mitjana / <i>Mid-mountain shrub and forest mosaics</i>
Garrigues i brolles mediterrànies / <i>Mediterranean garrigues and low scrublands</i>
Mosaic de bosc i matoll mediterrani / <i>Mediterranean scrubs and forest mosaics</i>
Alzinars i suredes / <i>Oak and Holm oak woods</i>
Pinedes mediterrànies / <i>Mediterranean pinewoods</i>
Mosaic agroforestal mediterrani / <i>Mediterranean farmwoods mosaics</i>
Mosaic agromatollar mediterrani / <i>Mediterranean farmscrubs mosaics</i>
Mosaic d'ambients agrícoles / <i>Farmland mosaics</i>
Camps d'oliveres / <i>Olive crops</i>
Fruiters de secà i vinya / <i>Dry orchards and vineyards</i>
Conreus de secà / <i>Dry crops</i>
Conreus de regadiu / <i>Irrigated crops</i>
Mosaics amb rius, estanys i embassaments / <i>Mosaics with rivers, lakes and reservoirs</i>
Zones humides / <i>Wetlands</i>
Zones periurbanes / <i>Periurban areas</i>
Zones urbanes / <i>Urban areas</i>

Categories d'hàbitat considerades en les anàlisis de preferència d'hàbitat.
Habitat categories considered in the analysis of habitat preferences.

Taula 7 / Table 7

Rangs altitudinals / Altitudinal ranges
2.100-2.700 m
1.800-2.100 m
1.500-1.800 m
1.200-1.500 m
900-1.200 m
600-900 m
300-600 m
0-300 m

Categories d'altitud considerades en les anàlisis de rangs altitudinals.
Altitudinal categories considered in the analysis of altitudinal ranges. Numerical punctuation according to non-English usage in which commas indicate decimal signs and full points indicate thousands.

les, l'obtenció de densitats es va fonamentar en el marc teòric del *distance-sampling* (Buckland *et al.* 2001), en el qual s'assumeix que la probabilitat de detecció d'un ocell depèn de la distància a la qual es troba de l'observador.

Distance-sampling i el software associat *Distance* (Thomas *et al.* 2006) van permetre estimar densitats a partir de la matriu de dades del SOCC ampliat, per a la qual la detectabilitat es va calcular a partir de les distàncies (perpendiculars a l'itinerari) a què es detectaven els ocells i el seu posterior processament mitjançant estimadors de màxima versemblança (Buckland *et al.* 2001).

Dades emprades

Les dades que es van utilitzar per a càlculs de densitats van ser les del SOCC ampliat (vegeu *Mostratge intensiu*), incloent exclusivament les dels itineraris en els quals, per a un determinat any, es van realitzar els censos d'ambdós períodes. A més, ja que *Distance* no permet donar pesos als diferents itineraris per minimitzar els biaixos de representació geogràfica, es van eliminar aquells itineraris que dintre d'un mateix UTM 10x10 km estaven associats a hàbitats semblants. Una vegada seleccionats els itineraris es van preparar les matrius de dades tenint en compte els resultats de les anàlisis de les variacions espaciotemporals en l'abundància dels ocells utilitzades per a la generació dels mapes d'abundància (vegeu *Mapes d'abundància*):

- Espècies que mostraven diferències entre períodes. S'empraven les dades d'ambdós períodes per itinerari. Així, per exemple, com que a l'itinerari 455 es van detectar 14 grives el desembre de 2007 i 3 el gener de 2008, l'estimació de densitat de desembre es va realitzar utilitzant els 14 contactes, mentre que l'estimació de gener s'ha realitzat utilitzant els 3 contactes.
- Espècies que no mostren diferències entre períodes. Es van emprar les dades del període amb el màxim nombre de contactes per a cada itinerari. Per exemple, a l'itinerari 455 es van detectar 22 merles el desembre de 2007 i 18 el gener de 2008, i l'estimació de densitat es va realitzar utilitzant els 22 contactes de desembre. Cal esmentar que a l'hora de calcular aquests màxims es va utilitzar tot l'itinerari com a unitat mostral de referència i no el tram d'1 km (vegeu *Mostratge intensiu*) per tal de reduir la sobreestimació que es produiria en relació a les espècies que mostraven diferències entre períodes.

Es van crear matrius de dades separadament per a cada espècie. Cadascun dels registres estava constituït per un contacte per banda i tram, amb la seva longitud, altitud al seu punt central (8 categories, taula 7) i hàbitat associats (23 categories, taula 6). Es va considerar cada individu com un contacte independent, ja que a la metodologia SOCC no s'obté informació sobre el grau d'agregació dels ocells (mida dels grups). A cada registre es va afegir una covariable categòrica relacionada amb la cobertura vegetal (obert, tancat i mosaic) per controlar el seu possible efecte sobre la detectabilitat.

Anàlisis

Les bandes de referència a tenir presents a l'hora de situar els ocells detectats durant el treball de camp van ser de 0-25 m, de 25-100 m i de més de 100 m (vegeu *Mostratge intensiu*). Malgrat això, en el transcurs dels anys de realització de l'Atlas es va fer un treball per conèixer l'error mitjà dels observadors a l'hora de situar els ocells i poder així delimitar les bandes a les quals, de mitjana, s'estaven en realitat assignant els ocells (ICO 2009, Quesada *et al.* 2011). D'aquesta manera, abans de procedir a l'anàlisi, van ser corregits els límits de les bandes: el de la primera banda es va situar als 25,52 m en comptes dels 25 m de banda teòrica, i el de la segona als 97,74 m en comptes dels 100 m de banda teòrica. Seguint les recomanacions de Buckland *et al.* (2001), únicament es van analitzar les espècies per a les quals la mida de mostra va arribar almenys a les 60 observacions.

Per a cada espècie es van efectuar dues anàlisis, una incloent-hi la covariable cobertura vegetal amb tres categories esmentada (MCDS), i una altra sense covariable (CDS). A les dades es van ajustar dos tipus de distribucions (seminormal i uniforme) i es van construir diversos models, truncant i sense

different environments are subject to dynamic processes and factors such as population variation will influence activity patterns, and secondary habitats will be occupied progressively when primary habitats become saturated (Chamberlain & Fuller 1999).

Densities according to habitat and altitudinal range

Density is a value of absolute abundance, often referred to as the number of individuals per unit area, which is comparable between habitats and species (Bibby *et al.* 2000). Usually, the key step for estimating bird density in a survey is a calculation of detectability (Vorisek *et al.* 2008b): $N = P \times C$, where N is the number of estimated individuals, C the number of counts and P a coefficient of detectability. In the case of the Atlas, the obtaining of densities was based on the theoretical framework of distance-sampling (Buckland *et al.* 2001), which assumes that the probability of detecting a bird depends on its distance from the observer.

Distance-sampling and its associated software Distance (Thomas *et al.* 2006) allowed us to estimate densities using the data matrix of the expanded SOCC (for which detectability was calculated on the basis of the distances perpendicular to the itinerary at which birds were detected) and from further analysis using maximum likelihood estimators (Buckland *et al.* 2001).

Data used

The data used for density calculations originated only from the expanded SOCC counts (see Intensive sampling) in which for a given year surveys were conducted in both periods. In addition, given that *Distance* does not assign weights to the itineraries to minimize biases caused by geographical distribution, itineraries within a 10x10 km UTM associated with an already represented habitat were deleted. Once the itineraries had been selected, data matrices were created from the analysis of the spatiotemporal variations in the abundance of birds that were used to generate the abundance maps (see Abundance Maps):

- *Species that showed differences between periods. Data were used from both periods for each itinerary. Thus, for example, in itinerary 455, 14 Mistle Thrushes were detected in December 2007 and 3 in January 2008; the density estimate for December was performed using the 14 contacts, while the January estimate was carried out using the 3 contacts.*
- *Species that did not differ between periods. Data were used from the period with the maximum number of contacts. For example, in itinerary 455, 22 Blackbirds were detected in December 2007 and 18 in January 2008; the density estimates were performed using the 22 contacts in December. It should be noted that when this maximum was calculated, the entire itinerary was used as a reference unit and not just the 1 km stretch* (see Square sampling) in order to reduce the overestimates that would occur in the species that showed differences between the two periods.

Separate data matrices were created for each species. Each record consisted of a contact for each band and stretch with its length, height above sea level at its central point (8 categories, table 7), and associated habitats (23 categories, table 6). Each bird was considered as an independent contact given that in the SOCC methodology no information is obtained regarding flock size. For every record a categorical covariate related to the vegetation cover (open, closed or mosaic) was included to control for its possible effect on detectability.

Analysis

The reference bands used when locating birds during fieldwork were 0-25 m, 25-100 m and over 100 m (see Intensive sampling). However, during the fieldwork, a study was conducted to determine the average error of observers when allocating birds to bands (ICO 2009, Quesada *et al.* 2011). Thus, band limits were corrected before analysis and the first band was located at 25.52 m (instead of the 25 m theoretical band) and the second at 97.74 m (instead of 100 m). Following the recommendations of Buckland *et al.* (2001), only species for which the sample size consisted of at least 60 observations were analysed.

Two tests were conducted for every species, one including the covariate re-

truncar les dades de la banda més llunyana. La selecció del millor model es va realitzar en dues etapes: primer descartant els models la corba d'ajust dels quals no era mínimament consistent, i finalment escollint el model amb el menor valor del criteri d'informació d'Akaike (AIC).

Les estimacions de les densitats per hàbitats i rangs altitudinals es van realitzar a partir de l'estratificació dels trams SOCC. Aquells estrats en què la mostra va ser insuficient per obtenir una bona corba de detectabilitat es van fusionar amb els més semblants. En el cas de períodes amb poca mostra es va estimar la seva densitat a partir de la detectabilitat obtinguda per a l'altre període de l'hivern. D'altra banda, per a aquelles espècies amb una mostra insuficient però una detectabilitat que es podia equiparar a la d'altres amb una funció de detecció coneguda es van estimar les densitats de les primeres emprant la detectabilitat de les darreres. Aquest va ser, per exemple, el cas del pinsà mec, per a l'estimació de la densitat del qual es va utilitzar la detectabilitat del pinsà comú.

Gràfics de densitat

Els gràfics de densitat de les fitxes d'espècies mostren, per a cada categoria d'hàbitat o altitud, una barra que representa la densitat mitjana ponderada per al conjunt d'estimes de densitat obtingudes (6 per a les espècies que mostraven diferències entre períodes i 3 per a les espècies que no mostraven diferències entre períodes):

$$V_j = \frac{\sum_i d_{ij} * D_i}{\sum_i D_i}, \text{ on } \begin{array}{l} j = \text{estrat} \\ i = \text{hivern} \\ d = \text{densitat} \\ D = \text{densitat mitjana} \end{array}$$

A més d'aquesta barra amb el valor mitjà de densitat es mostra un valor de dispersió de les dades al llarg del període d'estudi que correspon a la mitjana ponderada dels intervals de confiança del 95% (valors màxims i mínims) obtinguts també amb *Distance*.

Finalment, es van generar gràfics de densitat per a un total de 63 espècies d'ocells comuns. En alguns casos es van poder realitzar les anàlisis *Distance* sense problemes però els valors calculats per a alguns dels estrats van ser poc raonables. Aquests casos possiblement estan relacionats amb el fet que l'espècie va aparèixer en un baix nombre d'itineraris SOCC ampliat i aquests presentaven biaixos en la seva distribució per hàbitats o rangs altitudinals (e.g. el cruixidell donava les densitats molt més elevades en el rang de 600-900 m, on l'espècie resultava, segons els mapes d'abundància, força escàs). En aquests casos, com en les espècies no comunes, es va procedir a produir un índex de selecció per hàbitat i rang altitudinal.

Índex de selecció per hàbitat i rang altitudinal

En el cas de les espècies incloses en el capítol d'espècies residents i hivernants per a les quals no es van poder generar estimació de densitats fiables es va abordar la qüestió de les preferències d'hàbitat i rang altitudinal mitjançant un índex de selecció. Aquest índex es va fonamentar en l'assignació d'un hàbitat/altitud als quadrats UTM 1x1 km on es van realitzar les observacions de camp i aquest valor és conceptualment homòleg a l'índex de selecció utilitzat en l'Atlas dels ocells nidificants de Catalunya 1999-2002 (Estrada *et al.* 2004).

Dades emprades

Els índexs de selecció generats provenen del creuament d'informació entre la presència de l'espècie i l'hàbitat/altitud en cada UTM 1x1 km. La informació sobre presències en quadrats UTM 1x1 km provenia de diferents fonts de dades:

- Per a espècies escasses (e.g. perdiu xerra o cogullada fosca) les dades provenien tant del mostratge extensiu com de l'intensiu. En concret, les dades del mostratge extensiu utilitzades van ser les coordenades UTM 1x1 km sol·licitades als col·laboradors per a aquestes espècies (vegeu *Mostratge de quadrat*), i les de l'intensiu provenien de la localització dels ocells en les diferents seccions de l'itinerari (Vegeu *Mostratge intensiu*).

lated to vegetation cover with the three mentioned categories (MCDS) and one without a covariate (CDS). Two types of distributions (semi-normal and uniform) were adjusted to the data and several models were built, obviating or not data from the furthest band. The selection of the best model was conducted in two stages: first, we discarded the models whose fitting curve was not minimally consistent and, secondly, chose the model with the lowest value for the Akaike Information Criterion (AIC).

The density estimates for habitats and altitudinal ranges were arrived at through a stratification of the SOCC stretches. Strata for which the sample was insufficient for obtaining a good detectability curve were merged with the most similar of the other strata. In the case of periods with few samples, densities were estimated using the detectability obtained from the other winter period. For those species with an insufficient sample but with a detectability that could be equated to others with a known detection function, the densities of the former were estimated using the detectability of the latter. This was, for instance, the case of the Brambling, for which the detectability of the Chaffinch was used to estimate its density.

Density graphs

The density graphs in the species accounts show for each habitat and altitude category a bar graph that represents the weighted average density for the set of density estimates obtained (6 for the species that showed differences between periods and 3 for the species that did not show any differences between periods):

$$V_j = \frac{\sum_i d_{ij} * D_i}{\sum_i D_i}, \text{ where } \begin{array}{l} j = \text{stratum} \\ i = \text{winter} \\ d = \text{density} \\ D = \text{mean density} \end{array}$$

In addition to this representation of the average density, a dispersion value of the data over the study period is given, which corresponds to the weighted average of the 95% confidence intervals (maximum and minimum values) obtained with *Distance* software.

Finally, we generated density graphs for a total of 63 common bird species. In some cases we were able to perform the analysis with *Distance*, although the values calculated for some of the strata were unreasonable. These cases were possibly related to the fact that some species only appeared in a small number of Expanded SOCC itineraries and their habitat distribution or altitudinal ranges caused a bias (e.g. the Corn Bunting had high densities between 600-900 m, a range where this species, according to the abundance maps, is fairly rare). In these cases, as in the uncommon species, we designed a selection index according to habitat and altitudinal range.

Index selection according to habitat and altitudinal range

The question of habitat and altitudinal range preferences for species included in the chapter on resident and wintering species for which we were unable to generate reliable density estimates was addressed using a selection index. This index was created by assigning a habitat/altitude to the 1x1 km UTM squares in which the field observations were made, which is conceptually equivalent to the selection index used in the Catalan Breeding Bird Atlas 1999-2002 (Estrada *et al.* 2004).

Data used

Selection indices were generated by comparing information on species' presence with habitat/altitude data from each 1x1 km UTM square. The information on presence in UTM 1x1 km squares came from different sources:

- For scarce species (e.g. Grey Partridge and Thekla Lark) data came from both intensive and extensive sampling. The data used from the extensive sampling consisted of the 1x1 km UTM coordinates provided by participants for these species (see Square sampling), while data from the intensive sampling came from species location along the different sections of the itinerary (See Intensive sampling).

- Per aquelles espècies relativament comunes per a les quals l'aproximació *Distance* no va donar resultats fiables, es va elaborar l'índex de selecció tot utilitzant les dades de tots els itineraris SOCC (tant ampliat com estàndards).

Tant en un cas com en l'altre, a l'hora de tractar les dades provinents del SOCC es va considerar que cada contacte es localitzava en el quadrat UTM 1x1 km del punt central de la secció SOCC en què es va detectar l'espècie.

En tots els casos només es van considerar mínimament representatives aquelles espècies de les quals es disposava de més de 10 quadrats UTM 1x1 km diferents, mentre que es van desestimar aquells gràfics generats amb un nombre menor de contactes.

Gràfics d'índex de selecció

Els gràfics generats mostren una barra que representa la mitjana de l'índex de selecció i un valor de dispersió de les dades al llarg del període d'estudi per a cada rang altitudinal i hàbitat definits. Aquest índex de selecció es va calcular, per a cada hivern, com el quocient entre la proporció de quadrats ocupats per l'espècie en un rang altitudinal/hàbitat donat i la proporció dels quadrats d'aquell rang altitudinal/hàbitat a Catalunya. Un cop obtingut el valor per a cada hivern es va fer una mitjana ponderada dels tres valors, realitzant la ponderació a partir del nombre de quadrats on s'havia observat l'espècie cada hivern. A més d'aquest valor mitjà per als tres hiverns, es va calcular l'interval de confiança del 95%.

És important tenir present que les diferències entre aquests índexs de selecció i les densitats esmentades en l'apartat anterior van més enllà del fet de mostrar una densitat o un determinat índex. La interpretació de la dada ha de ser, per tant, diferent en aspectes com la seva resolució espacial (1.000x1.000 m en l'índex de selecció i 350x1.000 m o 100x1.000 m en els de densitats, segons els hàbitats) o l'interval de confiança (mitjana de 3 valors puntuals en l'índex de selecció i mitjanes de 3 o 6 valors d'interval de confiança en el cas de les densitats). Tot això dificulta les comparacions entre espècies per a les quals es va optar per un o altre procediment. Cal tenir present, però, que d'aquesta manera, amb dos sistemes diferents segons el cas (densitats o índexs de selecció), es va obtenir per a cada espècie la informació més acurada possible sobre les seves preferències ambientals.

Estimacions poblacionals

L'estimació del nombre d'individus de cada espècie present a Catalunya durant els hiverns d'estudi va ser un dels objectius més complexos de l'Atles, tant per les múltiples aproximacions al tema depenent de les dades disponibles en cada cas, com per la dificultat en l'avaluació de resultats.

L'estimació poblacional de les espècies del capítol d'espècies residents i hivernants es va obtenir a partir de 1) censos absoluts (estimacions específiques com les provinents dels censos d'ocells aquàtics hivernants), 2) mostres poblacionals (mostres d'ocells marins i SOCC) i 3) estimacions intuïtives realitzades al camp. Els primers es van basar en recomptes complets (o quasi) de la població; els segons, com el seu propi nom indica, eren mostres de la població a partir de les quals es podia fer una estimació poblacional mitjançant tècniques d'inferència estadística; i els tercers provenien de la integració de la informació qualitativa estimada en cadascun dels quadrats UTM 10x10 km (Figura 16).

Estimacions a partir de censos absoluts

Els censos absoluts estandarditzats que van aportar informació a l'Atles van ser molt diversos, ja que en molts casos provenien de treballs realitzats per a espècies concretes. Aquest va ser el cas de les poblacions de moltes espècies amb seguiments específics, com el trençalòs, el vultur comú, la xurra o la ganga. Sens dubte, però, tenint en consideració el nombre d'espècies, cal destacar el volum d'informació aportat pels censos d'ocells aquàtics hivernants, els quals van permetre determinar l'estimació poblacional de la majo-

- For those relatively common species for which the *Distance* approach did not give reliable results, a selection index was developed using data from all SOCC itineraries (both Standard and Expanded).

With SOCC data, in both cases a contact was taken to be located in the 1x1 km UTM square that includes the central point of the SOCC section in which the species was detected.

In all cases only those species that were detected in more than 10 different UTM 1x1 km squares were considered to be minimally represented; graphs generated with fewer contacts were ignored.

Index selection graphs

The graphs generated contain a bar representing the mean selection index, as well as a dispersion value for the data during the study period for every defined altitudinal range and habitat. This selection index was calculated for each winter as the ratio between the proportion of squares occupied by the species in a given altitudinal range/habitat and the proportion of squares from that altitudinal range/habitat in Catalonia. Once the value for each winter was obtained, we generated a weighted average of the three values in relation to the number of squares in which the species was observed in each winter. In addition to the average value for the three winters, we also calculated the 95% confidence interval.

It is important to note that the differences between these selection indices and the densities mentioned in the previous section do more than just show a density or a particular index. The interpretation of the data must therefore differ depending on aspects such as spatial resolution (1,000x1,000 m for the selection index and, depending on habitat in question, 350x1,000 m or 100x1,000 m for the densities) or the interval (average of 3 specific values in the selection index and averages of 3 or 6 confidence interval values in the case of densities). All this makes the comparisons between species difficult, whichever procedure is chosen. Nonetheless, using where appropriate one or the other of these two different systems (selection indices or densities), we obtained information about species' environmental preferences that was as accurate as possible.

Population estimates

The estimated number of individuals of every species present in Catalonia during the study period was one of the most complex tasks of the Atles due to the myriad of possible ways of tackling this subject (depending on the data available in each case) and the difficulty in evaluating the results.

The estimated population of the species in the chapter on resident and wintering species was obtained from 1) absolute censuses (specific estimates such as those of the censuses of wintering waterbirds); 2) population samples (seabird surveys and SOCC) and 3) intuitive estimates made in the field. The first were based on full counts (or almost) of the population; the second -as its name suggests- consisted of population sampling from which we were able to make population estimates using statistical inference; and the third came from the combination of the qualitative information estimated for every 10x10 km UTM square (Figure 16).

Estimates from absolute censuses

The absolute standardized censuses that provided information for the Atles were very diverse since in many cases information came from studies being performed on a particular species. This was the case of the specifically monitored populations of Bearded and Griffon Vultures, and Black-bellied and Pin-tailed Sandgrouse. Of great interest was the volume of information provided by censuses of wintering waterbirds, which allowed us to estimate the population of 52 species that inhabit freshwater habitats (grebes, ducks, herons, waders, gulls, Great Cormorant, White Stork, Glossy Ibis, Common Spoonbill, Flamingo, Marsh Harrier, Coot and Whiskered Tern). Nevertheless, these winter waterbird censuses do not cover the whole population of species such as Water Rail, Moorhen, Purple Swamphen, Lapwing and Golden Plover and in these cases the estimated population was arrived at by other means.

Censos absoluts / *Absolute censuses*Específics / *Specific*

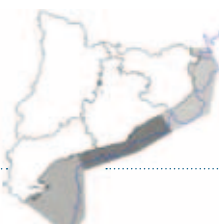
90 - 111 ind.

Ocells aquàtics / *Waterbirds*

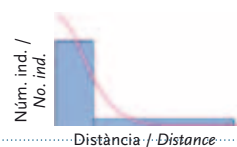
1.912 - 4.413 ind.

Mostratges poblacionals / *Population samplings*Ocells marins costaners / *Coastal seabirds*

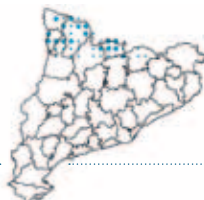
1.401 - 1.479 ind.

Ocells marins pelàgics / *Offshore seabirds*

1.753 - 7.634 ind.

Ocells comuns / *Common birds*

57.751 - 142.810 ind.

Estimacions de camp / *Field estimations*

829 - 1.048 ind.



Esquema de les principals aproximacions metodològiques utilitzades per a l'elaboració de les estimacions poblacionals de l'Atles.

Diagram of the main methodological approaches used to generate the population estimates of the Atlas.

ria d'espècies que habiten les masses d'aigua continentals: cabussos, anàtids, ardeïds, limícoles, làrids, el corb marí gros, la cigonya blanca, el capó reial i el becplaner, el flamenc, l'arpella, la forja o el fumarell carablanc. En total, 52 espècies. Tanmateix, els censos d'ocells aquàtics hivernants no aporten recomptes de la totalitat de les poblacions d'algunes espècies aquàtiques, com el rascló, la polla d'aigua, la polla blava, la fredeluga o la daurada grossa, raó per la qual en aquests casos l'estimació poblacional es va intentar abordar amb altres sistemes.

Estimacions a partir de mostratges poblacionals

Per estimar la mida poblacional de moltes espècies es van emprar diverses fonts: el SOCC, el mostratge d'ocells marins des de la costa i el mostratge d'ocells sobre la plataforma continental. El procediment analític aplicat en cada cas va dependre de la naturalesa de les dades i es comenta en els següents apartats.

Estimates from population sampling

To estimate the population size of many species several sources were used: the SOCC, the sampling of seabirds from the coast and the sampling of birds over the continental shelf. The analytical procedures applied in each case depended on the nature of the data and are discussed below.

Estimates based on Distance-sampling

This method was applied to species with sample size ≥ 60 detections in the Expanded SOCC. The population size obtained was expressed as an average with a 95% confidence interval.

To generate population estimates of common birds, the selection procedure and the analysis with Distance were essentially the same as those described above in the section Density according to habitats and altitudinal range, although in this case data were stratified using zones derived from the abundance

Estimacions basades en *Distance-sampling*

Aquest mètode d'estimació es va aplicar a les espècies amb una mida de mostra ≥ 60 deteccions al SOCC ampliat. La mida poblacional obtinguda es va expressar com una mitjana amb l'interval de confiança del 95%.

Per tal de generar l'estimació poblacional dels ocells comuns, la selecció de dades i el procediment d'anàlisi amb *Distance* van ser essencialment els mateixos que els descrits anteriorment a *Densitat per hàbitats i rangs altitudinals*. A diferència, però, de l'aproximació realitzada per a quantificar les preferències d'hàbitat, en aquest cas es van estratificar les dades utilitzant les zones derivades dels mapes d'abundància (vegeu *Mapes d'abundància*). Per a les espècies més ben distribuïdes es van utilitzar les zones 0, 1, 2 i 3 com a estrats, però per a les que no ho eren tant aquestes es van fusionar en dues categories (0 i 1 per una banda, 2 i 3 per l'altra). En les anàlisis, cadascun d'aquests estrats tenia associada la seva extensió territorial a Catalunya. Un cop calculada amb *Distance* una estimació poblacional per a cadascuna de les zones analitzades el pas final va consistir senzillament a sumar les estimacions poblacionals obtingudes en cada zona.

Un cop fet tot això es disposava ja de les estimacions per a un determinat hivern o períodes dins d'un hivern. Cal recordar aquí que el nombre de valors de densitat obtinguts inicialment depenia de les variacions espaciotemporals de cada espècie, de manera que es van obtenir 6 estimacions (una per a cada combinació d'hivern i període) per a aquelles que van mostrar diferències entre períodes i 3 (una per hivern, generada a partir del màxim nombre d'ocells observat entre els dos censos) per a aquelles que no les mostraven. Per tal d'intentar equiparar les estimacions poblacionals obtingudes per una o altra via d'anàlisi, per a les espècies amb tres estimacions (una sola per hivern) es va calcular el valor mitjà anual, mentre que per a les espècies amb 6 estimacions (dues per hivern) es va seleccionar un únic valor per hivern, el corresponent al període amb l'estimació superior, i a continuació es va fer la mitjana dels tres valors seleccionats.

El procediment aquí explicat és el més habitual en les estimacions de l'Atles, la d'un sol valor per a tot el període d'estudi, però per a cada espècie es mostren tantes estimacions poblacionals com mapes d'abundància s'hi representen, és a dir, entre una i tres (vegeu *Mapes d'abundància*). Per exemple, per al reirot es van presentar dues estimacions poblacionals, una per a l'hivern 2006/07 i una altra per al conjunt 2007/08-2008/09. El cas del lluer és l'única excepció a la regla, i es mostren tres mapes però 4 estimacions poblacionals perquè les diferències entre els dos períodes de l'hivern 2006/07 van ser tan àmplies que es va decidir mostrar les estimacions de la primera i segona meitat d'aquell hivern.

Casos particulars

1. Per a algunes espècies, com ara el tudó o el picot garser gros, en què la detectabilitat semblava ajustar-se a mig camí entre el model truncat (excloent les dades de l'última banda) i el no truncat (amb totes les dades) es va calcular una mitjana ponderada entre els resultats dels dos models.
2. Les dues espècies d'estornell van constituir un cas singular. La dificultat d'identificar-les explica que aproximadament el 30% dels 120.205 estornells que es van registrar al SOCC durant el període d'estudi s'anotessin com a *Sturnus* sp. Per això, aquests *Sturnus* sp. es van assignar a una o altra espècie mitjançant informació del SOCC, de les presències en quadrats UTM 10x10 km i dels mapes d'abundància. Així, quan només l'estornell vulgar era present en un quadrat determinat, tots els *Sturnus* sp. que hi apareixien als itineraris ampliat d'aquest quadrat s'assignaven a l'estornell vulgar. Si en un quadrat determinat es coneixia la presència dels dos estornells, s'assignava un nombre d'individus de cada espècie a partir de les proporcions obtingudes en els individus identificats a nivell específic en el conjunt de seccions SOCC de cada zona del mapa d'abundància.
3. El comportament gregari, unit a la petita mida de mostra, va complicar l'estimació poblacional del grasset de muntanya. Aquesta va ser l'única espècie per a la qual es va estimar una mida de grup, es va utilitzar com a covariable i llavors es va incorporar a les anàlisis *Distance*.

maps (see Abundance maps). In most widely distributed species the zones used as strata were 0, 1, 2 and 3, although in some cases the strata were merged into two categories (0 and 1 on the one hand, 2 and 3 on the other). In the analysis, the territorial extension of each of these strata in Catalonia was calculated. Once an estimated population for each of the analyzed zones was generated using *Distance*, the final step simply consisted of adding the obtained population estimates from each zone.

This step provided estimates for a given winter or for periods within a winter. We must remember here that the number of density values obtained initially depended on the spatiotemporal variations detected for each species and so 6 estimates (one for each combination of winter and period) were obtained for those species that showed differences between periods and 3 (one for each winter, generated from the maximum number of birds observed during the two surveys) for those that did not. To try to equate the population estimates obtained by the analyses, for those species with three estimates (one per winter) we calculated the average annual value, whereas for those species with 6 estimates (two per winter) a single value was selected for each winter, which corresponded to the period with the higher estimate; then the average of the three selected values was taken.

The procedure described here is the most typical of the population estimates used in the Atlas and gives a single value for the entire study period; however, for a given species as many population estimates as abundance maps are shown, that is to say, between one and three (see Abundance maps). For example, for the Goldcrest two population estimates are given, one for winter 2006/07 and another for 2007/08-2008/09. The Siskin is the only exception to this rule and three maps and 4 population estimates are shown because the differences between the two winter periods in 2006/07 were so great that we decided to show the estimates for both the first and second half of that winter.

Particular cases

1. For some species (e.g. Wood Pigeon and Great Spotted Woodpecker) in which the detectability seemed to fit in midway between the truncated (excluding all the data from the farthest band) and the non-truncated (all data) models, a weighted average of the results of the two models was calculated.
2. The two starling species represented a singular case. The difficulty in separating these two species in the field explains why approximately 30% of the 120,205 starlings recorded during the SOCC study period were actually registered as *Sturnus* sp. These birds were assigned to one or other species using information from the SOCC and their presence in 10x10 km UTM squares and the abundance maps. Thus, when only the Common Starling was present in a given square, all the *Sturnus* sp. in the Expanded itineraries of that square were assigned to the Common Starling. On the other hand, if both starlings were present in a given square, the number of individuals assigned to each species was based on the ratios obtained in birds identified to specific level in all SOCC sections in all zones of the abundance map.
3. Gregarious behaviour coupled with small sample size complicated the estimation of the Water Pipit population. This was the only species for which a group size was estimated and then used as a covariate that was then included in the *Distance* analyses.

Estimates based on seabird sampling

These estimates were applied to seabirds detected from the coast and it was assumed that the effective area of the survey consisted of a circle with a radius of 500 m from the survey point on the coast (with no calculation of detectability due to the lack of appropriate data). Specifically, the procedure was as follows:

1. Calculation of the mean density for all points.

$$\forall i \quad D_i = \frac{2 \cdot \sum n_k}{k \cdot \pi \cdot r^2}, \text{ where } \left| \begin{array}{l} D = \text{density}; i = \text{winter}; n = \text{contacts}; \\ r = 500 \text{ m}; k = \text{census plots in winter } i \end{array} \right.$$

Estimacions basades en el mostratge d'ocells marins

Aquestes estimacions es van aplicar als ocells marins detectats des de la línia de la costa. En el procediment d'estimació es va assumir que l'àrea efectiva del cens era la compresa en un cercle de 500 m de radi des del punt de cens de la costa, sense cap càlcul de detectabilitat per manca de dades de distància per fer-ho. En concret el procediment va ser:

1. Càlcul de la densitat mitjana de tots els punts.

$$\forall i \quad D_i = \frac{2 \cdot \sum n_k}{k \cdot \pi \cdot r^2}, \text{ on } \begin{cases} D = \text{densitat}; i = \text{hivern}; n = \text{contactes}; \\ r = 500 \text{ m}; k = \text{punts de cens a l'hivern} \end{cases}$$

El nombre de contactes utilitzat a les anàlisis va correspondre al màxim dels 6 comptatges de 10 minuts realitzats en cada cens (vegeu *Mostratge d'ocells marins des de la costa*).

2. Extrapolació a tota l'àrea d'estudi, sabent que la franja marina compresa entre la línia de la costa i la línia situada a 500 m de distància mesura, aproximadament, 225 km².
3. Càlcul de la mida poblacional final. Es va expressar com un interval a partir d'un procediment de càlcul de mitjanes geomètriques:

$$N = \frac{1}{3} \cdot \sum N_i \pm \sqrt{\sum (n_i - n_k)^2},$$

$$\text{on } \begin{cases} N = \text{estimació poblacional final} \\ n_i = \frac{1}{k} \cdot \sum n_k = \text{abundància mitjana per punt} \end{cases}$$

El mètode de cens en què es basa aquest tipus d'estimació (vegeu *Mostratge d'ocells marins des de la costa*) pot donar lloc a biaixos de sentit oposat: el màxim dels comptatges per punt tendeix a infraestimar el nombre d'individus presents a l'àrea perquè els ocells marins es desplacen contínuament; la magnitud dels desplaçaments d'aquest grup d'ocells és força gran, de manera que a escala catalana pot donar lloc a què alguns individus es comptin a més d'un punt de cens i, per tant, pot donar lloc a una sobreestimació de la seva població.

Estimacions basades en el mostratge d'ocells sobre la plataforma continental

Aquestes estimacions es van calcular per als ocells marins de distribució més pelàgica, com els paràsits, les baldrigues, la gavineta de tres dits i el mascarell. Cal tenir present que el període de mostratge va ser molt curt (aproximadament una setmana) i es va dur a terme a principis de l'hivern, de manera que no és plenament representatiu de tota aquesta estació de l'any.

Els transectes del mostratge es van dividir en tres sectors: sud (6 transectes), central (8 transectes) i nord (7 transectes). Per a espècies amb distribució molt heterogènia, com ara la baldriga balear, es van eliminar els grups més grans (*outliers*) de les anàlisis.

El procediment d'estimació de la mida poblacional va ser el següent:

1. Càlcul de la densitat de cada transecte.

$$d_k = \frac{n_k}{l_k \cdot w}, \text{ on } \begin{cases} d = \text{densitat}; k = \text{transecte del sector } j \text{ a l'hivern } i \\ l = \text{longitud}; w = \text{amplada del transecte}; n = \text{contactes} \end{cases}$$

2. Extrapolació a l'àrea total del sector.

$$\forall ij \quad n_{ij} = \frac{A_j}{k} \cdot \sum d_k, \text{ on } \begin{cases} j = \text{sector}; i = \text{hivern} \\ A = \text{àrea}; n_{ij} = \text{abundància per sector } i \text{ hivern} \end{cases}$$

3. Suma de les abundàncies de cada sector i obtenció de la mitjana anual.

$$N = \frac{1}{3} \cdot \sum n_{ij}, \text{ on } N = \text{estimació poblacional mitjana}$$

The number of contacts used in the analysis corresponded to a maximum of 6 counts of 10 minutes in each survey (see Seabirds sampling from the coast).

2. Extrapolation to the entire study area given that the sampling strip with a width of 500 m running along the whole Catalan coast covers approximately 225 km².
3. Calculation of the final population size expressed as an interval taken from the following geometric equation:

$$N = \frac{1}{3} \cdot \sum N_i \pm \sqrt{\sum (n_i - n_k)^2}$$

$$\text{where } \begin{cases} N = \text{final population estimate} \\ n_i = \frac{1}{k} \cdot \sum n_k = \text{mean abundance per point} \end{cases}$$

This survey method (see Seabird sampling from the coast) can lead to opposing biases: the maximum counts per point tend to underestimate the number of individuals present in an area due to the fact that seabirds are moving continuously. The extent of the movements of these birds is quite large and there is a tendency to count some individuals from more than one point and thus can overestimate the total population.

Estimates based on bird sampling over the continental shelf

These estimates were calculated for seabirds such as skuas, shearwaters, Kittiwake and Gannet with offshore distributions. Note that the sampling period was very short (approximately one week) and conducted in early winter, and so is not fully representative of the entire season.

Transect sampling was divided into three sectors: south (6 transects), central (8 transects) and north (7 transects). For species with very heterogeneous distribution (e.g. Balearic Shearwater), the largest groups (*outliers*) were deleted from the analysis.

The procedure for estimating population size was as follows:

1. Calculating the density for each transect.

$$d_k = \frac{n_k}{l_k \cdot w}, \text{ where } \begin{cases} d = \text{density}; k = \text{transect in sector } j \text{ in winter } i; \\ l = \text{length}; w = \text{transect width}; n = \text{contacts} \end{cases}$$

2. Extrapolation to the total area of the sector.

$$\forall ij \quad n_{ij} = \frac{A_j}{k} \cdot \sum d_k, \text{ where } \begin{cases} j = \text{sector}; i = \text{winter} \\ A = \text{area}; n_{ij} = \text{abundance per sector} \\ \text{and winter} \end{cases}$$

3. Sum of the abundances of each sector and obtaining the annual average.

$$N = \frac{1}{3} \cdot \sum n_{ij}, \text{ where } N = \text{estimated population mean}$$

The estimated population was expressed as the yearly average mean with a confidence interval of 95% obtained by a bootstrapping of all surveys with 1,000 iterations. We found a high correlation ($r^2 = 0.92$) when, for the 5 best-represented species in the two systems (Mediterranean and Balearic Shearwaters, Great and Arctic Skuas, and Gannet), we compared the average estimates from seabird sampling from the coast with samples from the continental shelf (although only the Gannet and the Arctic Skua were fully comparable). Note that the areas covered by these samplings were different: one was next to the coast and the other in the open sea, although it should be remembered that these species move between both areas.

Other estimation methods based on population sampling

The following is a brief description of two very specific methods of estimating population sizes that were carried out owing to a probable violation of the assumptions used in Distance (Thomas et al. 2006).

L'estimació poblacional es va expressar com la mitjana aritmètica anual i l'interval de confiança del 95%. Aquest es va obtenir efectuant un *bootstrap-ping* de tots els censos amb 1.000 iteracions.

En comparar les estimacions mitjanes realitzades pel mostratge d'ocells marins des de la costa i pel mostratge sobre la plataforma continental per a les 5 espècies més ben representades en els dos sistemes (baldriga mediterrània, baldriga balear, mascarell, paràsit cuapunxegut i paràsit gros) es va trobar una alta correlació ($r^2 = 0,92$), tot i que només la del mascarell i la del paràsit cuapunxegut van resultar plenament equiparables. Cal remarcar que les àrees cobertes per ambdós tipus de mostratges eren diferents, l'una estava a tocar de la línia de costa i l'altra a mar obert, però també que aquestes espècies es poden moure entre ambdues àrees.

Altres mètodes d'estimació a partir de mostratges poblacionals

A continuació es descriuen breument dos mètodes d'estimació poblacional molt particulars que es van dur a terme per un probable incompliment de les assumpcions de *Distance* (Thomas *et al.* 2006).

Mètode d'estimació en banda fixa

Aquest mètode es va aplicar quan *Distance* no va generar resultats raonables a causa, probablement, de biaixos en l'assignació de bandes durant el treball de camp. Aquest procediment va utilitzar tota la informació recollida en el mostratge intensiu (tant SOCC ampliat com estàndard) a la qual es va imposar l'assumpció que tots els contactes es van produir a una determinada distància mitjana, consensuada entre tres experts. Aquest procediment es va aplicar només al cas del pardal xarrec.

Mètode d'estimació en ambients lineals

En el cas d'espècies molt lligades a determinats ambients lineals com ara els rius, les dades del SOCC no es podien utilitzar per calcular densitats via *Distance*. En aquest cas es va identificar la longitud de riu prospectada a tota la xarxa SOCC (camí al costat del riu i amb bona visibilitat sobre la làmina d'aigua) i posteriorment es van extrapolar els resultats de les observacions realitzades a la resta de trams de rius potencialment utilitzables per l'espècie segons el seu mapa d'abundància. Aquest procediment només es va aplicar a la merla d'aigua.

Estimacions geomètriques

Aquest mètode d'estimació es va aplicar a la majoria de les espècies escasses, per a les quals es demanava al responsable del mostratge de quadrat que donés una estimació del nombre d'individus present en la seva unitat de mostratge. En concret, els implicats van ser espècies terrestres per als quals els mètodes d'estimació esmentats fins ara no havien donat resultats raonables.

Com el seu nom indica, les estimacions geomètriques es basen en l'ús de mitjanes geomètriques, tal com es va fer en l'Atlas d'ocells nidificants europeu (Hagemeijer & Blair 1997) i en l'Atlas dels ocells nidificants de Catalunya (Estrada *et al.* 2004). En relació al darrer Atlas, però, hi ha hagut dues novetats importants que val la pena esmentar. D'una banda, els rangs de les estimacions de camp van ser molt més estrets en aquest Atlas que en l'Atlas de nidificants; per exemple, l'estimació més baixa era d'entre 1 i 5 individus (vegeu *Mostratge de quadrat*) en comptes dels entre 1 i 10 de l'Atlas de nidificants. Aquesta diferència implica una major precisió (rang més estret) en l'estimació poblacional final, per bé que no sempre implica que sigui més acurada (propera a la realitat). D'una altra banda, mentre que a l'Atlas de nidificants es van utilitzar exclusivament les estimes dels quadrats UTM 10x10 km on s'havia detectat l'espècie, en aquest es va calcular una estima poblacional per a tots els quadrats on no havia estat detectada al camp però on la presència de l'espècie era predita en els mapes d'abundància dins de zones 2 i 3 (vegeu *Mapes d'abundància*).

El procediment d'estimació va ser el següent:

1. Càlcul de l'estimació mitjana dels x quadrats UTM 10x10 km on els responsables van donar una estima.

Method of estimation by fixed bands

This method was applied when *Distance* did not generate reasonable results, probably because of a bias in band allocation during the fieldwork. This procedure used all the information collected in the intensive sampling (both Standard and Expanded SOCC) under the assumption that all contacts were made at a certain average distance (agreed upon by three experts). This procedure was only applied in the case of the Tree Sparrow.

Method of estimation in linear environments

In the case of species closely related to certain linear environments such as rivers, the SOCC data could not be used to calculate densities with *Distance*. In this case, the length of the rivers surveyed across the entire SOCC network (transect next to a river with good visibility over the water surface) was identified and then the counts were extrapolated to other sections of rivers that were potentially attractive for the species according to its abundance map. This procedure was only applied to the Dipper.

Geometric estimates

This estimation method was applied to the majority of scarce species for which participants were asked to estimate the number of individuals present in the sampling unit during square sampling. The species involved were above all terrestrial species for which the estimation processes described above did not give reasonable results.

As its name suggests, geometric estimates are based on the use of geometric means, as in the European Breeding Bird Atlas (Hagemeijer & Blair 1997) and the Catalan Breeding Bird Atlas (Estrada *et al.* 2004). However, two important changes were implemented in this atlas. On the one hand, the ranges of the field estimates used in this atlas were much narrower than in the Breeding Bird Atlas; for example, the lowest estimate was 1-5 individuals (see Square sampling) instead of 1-10 in the Breeding Bird Atlas. This difference gives greater precision (a narrower range) to the final population estimate, although this does not always mean it is more accurate (closer to reality). As well, while the Breeding Birds Atlas used only estimates from 10x10 km UTM squares in which the species was detected, in this atlas a population estimate was calculated for all the squares in which the species' presence was predicted by the abundance map within zones 2 and 3 (see Abundance maps).

The estimation procedure was as follows:

1. Calculation of the average estimate for x 10x10 km UTM squares for which participants gave estimates.

$$G = \sqrt[x]{\prod_{k=1}^x g_k}, \text{ where } \begin{cases} G = \text{global geometric mean} \\ g = \text{geometric mean in a square} \\ k = 10 \times 10 \text{ km UTM square} \end{cases}$$

2. Allocation of the overall geometric mean to the 10x10 km UTM squares in which (a) the species was detected but the observer did not give a field estimate or (b) the species was not detected but the abundance map indicated its presence.
3. Calculation of the final population estimate:

$$N = \sum_{k=1}^{k=x} g_k + \sum_{k=1}^{k=y} G \pm \sqrt{\sum_{k=1}^{k=x+y} (G - g_k)^2}$$

Choosing the final population estimate

The number of birds belonging to a population is an estimated parameter that can only very rarely be verified, for instance when there are just a few, very detectable individuals concentrated in a very specific location that permits exhaustive censusing. The less detectable a bird or the greater its distribution, the more complicated it is to test the reliability of a given population estimate.

Different methodologies were applied in the Atlas to estimate population sizes and all of them have their limitations. For example, the censuses of winter-

$$G = \sqrt{\prod_{k=1}^{k=x} g_k}, \text{ on } \begin{cases} G = \text{mitjana geomètrica general} \\ g = \text{mitjana geomètrica en un quadrat} \\ k = \text{quadrat UTM } 10 \times 10 \text{ km} \end{cases}$$

2. Assignació de la mitjana geomètrica general als quadrats UTM 10x10 km on, o l'espècie va ser detectada però l'observador no va donar una estimació de camp, o l'espècie no hi va ser detectada però el mapa d'abundància preveia la seva presència.
3. Càlcul de l'estimació poblacional final:

$$N = \sum_{k=1}^{k=x} g_k + \sum_{k=1}^{k=y} G \pm \sqrt{\sum_{k=1}^{k=x+y} (G - g_k)^2}$$

Elecció de l'estimació poblacional final

El nombre d'ocells que formen una població és un paràmetre la verificació del qual es pot dur a terme només en comptades ocasions, per exemple quan una espècie té uns efectius molt escassos, molt detectables i una localització molt concreta que permeten censar de manera exhaustiva tots els individus. Quant més indetectable és una espècie o més àmplia és la seva distribució, més complicat acostuma a resultar disposar d'elements de judici sobre la fiabilitat d'una determinada estimació poblacional.

En aquest Atlas es van utilitzar diferents mètodes per estimar la població hivernal de les espècies i tots ells tenen limitacions. Per exemple, els censos d'ocells aquàtics hivernants compten gairebé tota la població de moltes espècies però en determinats casos un petit percentatge de la població passa desapercbut. D'altra banda, els mètodes basats en mostratges com ara els del SOCC o els d'ocells marins poden patir diferents biaixos en la mostra o problemes de càlcul d'índole molt diversa. Per la seva part, les estimacions dels col·laboradors de camp tendeixen a infravalorar el nombre d'exemplars present, tant en espècies abundants com les mallerengues (Estrada *et al.* 2004) com en espècies molt poc detectables, com la guatlla a l'hivern. El mostreig d'ocells sobre la plataforma continental resulta inadequat per a espècies que s'endinsen al mar de nit, com la gavina corsa, i el mostreig d'ocells marins des de la costa per a les espècies que no són estrictament litorals a Catalunya, com el paràsit gros.

En aquest Atlas, el procés d'avaluació dels resultats de les estimacions i selecció de l'estimació definitiva va ser complex. Per dur a terme aquesta tasca l'equip editorial va avaluar, sempre que va ser possible, la versemblança dels valors obtinguts. El referent immediat va ser l'Atlas dels ocells nidificants de Catalunya 1999-2002 (Estrada *et al.* 2004). En espècies residents, les estimacions poblacionals dels dos atlas havien de ser coherents una vegada transformat el nombre de parelles en nombre d'individus i corregit el valor final pel nombre aproximat de polls que deuen sobreviure fins a l'hivern i per la tendència de la població de l'espècie durant els anys transcorreguts entre ambdós atlas. Un altre tipus de contrast va consistir a comparar les poblacions estimades a Catalunya amb les d'altres països i regions, com ara l'estat espanyol (Carrascal & Palomino 2008) o el Regne Unit (Newson *et al.* 2008).

Però en moltes ocasions les comparacions amb altres referències resultava especialment difícil, fet evident si tenim present que encara hi ha molt pocs treballs que aportin estimacions per a les poblacions hivernals a la conca mediterrània, una regió biogeogràfica que acull un destacable contingent d'ocells hivernants provinents d'altres punts del continent.

Finalment, malgrat les dificultats esmentades, la gran majoria de les espècies del capítol d'*Espècies residents o hivernants* tenen una estimació per al període d'estudi d'aquest Atlas que es va considerar mínimament fiable. Només en alguns pocs casos això no va ser possible. Aleshores al text es va fer alguna referència basada en l'estimació de la població nidificant (*e.g.* polla blava) o simplement no es va poder aventurar cap estimació (*e.g.* becada), per bé que sí s'aporten elements de discussió sobre la qüestió. El tema de les estimacions poblacionals hivernals no queda definitivament tancat en aquest Atlas, però sens dubte aquest treball representa una de les primeres aproximacions globals que es fa de forma rigorosa a la conca mediterrània.

ing waterbirds cover almost the whole population of many species, although in some cases a small percentage of the population is missed. On the other hand, methods based on sampling such as the SOCC or the seabird surveys can be affected by any of several different biases or calculation problems. Collaborators' field estimates tend to underestimate the number of birds present, both in abundant species such as tits (Estrada *et al.* 2004) and in hard-to-detect species such as the Quail during winter. Bird sampling over the continental shelf is inappropriate for species such as Audouin's Gull that visit the sea at night, while seabird sampling from the coast is inadequate for species such as the Great Skua that are not strictly coastal in Catalonia.

In the Atlas, the evaluation of the various estimates and the selection of the final estimate was complex. To perform this task, the editorial team assessed whenever possible the likelihood that the values obtained were realistic. The immediate reference was the Catalan Breeding Bird Atlas 1999-2002 (Estrada *et al.* 2004). For resident species, population estimates had to be consistent in both atlases once (a) the number of pairs was transformed into the number of individuals, (b) the final value was adjusted for the approximate number of chicks that survived in winter and (c) for the temporal trend of the species' population during the years between the two atlases. Another test was to compare the estimated populations in Catalonia with countries and regions such as Spain (Carrascal & Palomino 2008) and the UK (Newson *et al.* 2008).

Nevertheless, in many cases, comparisons with other references turned out to be fraught with difficulties, unsurprisingly given that to date there are very few studies that provide estimates for wintering bird populations in the Mediterranean basin, a biogeographic region that hosts a remarkable contingent of wintering birds originating from other parts of the continent.

Finally, despite the difficulties encountered, for most of the species in the chapter Resident or wintering species an estimate is given for the study period that is considered to be minimally reliable. Only in very few cases was this not possible and in these cases the species accounts provide a winter estimate based on breeding numbers (*e.g.* Purple Swamphen). In other cases it was simply not possible to make any estimate (*e.g.* Woodcock), although some possibilities are discussed. The question of winter population estimates has by no means been resolved by this atlas, although it does represent one of the first ever rigorous approaches to the question to be conducted in the Mediterranean basin.

Temporal trends

Bird atlases are often key tools for determining the temporal trends of species and this is one of the best reasons for their periodical update. Indeed, the comparison of temporal trends between the two Catalan breeding atlases was one of the most valuable aspects of the latter such atlas and we hope that this first winter atlas will set basis for the future study of temporal changes in winter bird populations.

Despite being the first winter bird atlas published in Catalonia, temporal trends can be examined thanks to the existence of various existing large-scale monitoring projects of winter populations (*e.g.* winter waterbirds censuses, the SOCC and, to a lesser extent, the offshore seabird survey). Data was treated differently depending on its origin, although the analytical procedures used were always the same and were based on the principles and protocols of the TRIM programme.

TRIM (Trends and Indices for Monitoring data) is a computer programme developed by Statistics Netherlands that analyses counts from monitoring schemes. It is useful for analysing temporal changes and for obtaining yearly indices of abundance (Pannekoek & van Strien 2005). Statistically, this programme is based on the use of log-linear models and Poisson distributions and one of its great assets is its ability to build models that estimate missing data in time series. In other words, when in a given sampling unit there is a year for which no data is available, the software provides an estimate based on available information both for that sampling unit and for other sampling units. This greatly increases the power of the analysis by ensuring that data from a particular sampling point for which an item from a time series is missing can be used.

Tendències temporals

Els atles ornitològics acostumen a ser eines claus per a la determinació de les tendències temporals de les espècies i aquest sol ser un dels millors arguments per a la seva actualització regular. Efectivament, la comparació de tendències temporals entre els dos atles de nidificants de Catalunya va ser un dels aspectes més valuosos del darrer, i esperem que aquest primer Atlas d'ocells a l'hivern senti bases per al futur estudi dels canvis temporals a l'hivern.

Tot i que aquest és el primer Atlas d'ocells presents a l'hivern a Catalunya, el tema de les tendències temporals es tracta gràcies a l'existència de diversos projectes de seguiment de les poblacions hivernals a llarg termini, molt especialment, els censos d'ocells aquàtics hivernants, però també el SOCC i, en menor mesura, els censos d'ocells pelàgics. Les dades tractades van ser diferents segons el cas però el procediment analític va ser sempre el mateix i es va fonamentar en els principis i protocols del programa TRIM.

El TRIM, *Trends and Indices for Monitoring data*, és un programa informàtic desenvolupat per *Statistics Netherlands* per a l'anàlisi de comptatges provinents de programes de seguiment. Serveix per analitzar canvis temporals i produir índexs d'abundància anuals (Pannekoek & van Strien 2005). Estadísticament, aquest programa es basa en l'ús de models log-lineals i de distribucions de Poisson. Un dels grans avantatges del TRIM és que construeix models que permeten estimar dades absents en la sèrie temporal. Dit d'una altra manera, quan en una unitat de mostreig hi ha algun any per al qual no hi ha dades el programa permet fer-ne una estima basant-se en la resta d'informació de la sèrie temporal, tant d'aquella com de la resta de les unitats de mostreig. Això augmenta molt la potència de les anàlisis en permetre que no s'hagin de desestimar totes les dades d'un determinat punt de mostreig per al qual falti una sola dada temporal en la seva sèrie.

Els resultats d'aquesta anàlisi de tendències que es mostren a l'Atlas són sempre elements gràfics. En ells es mostren els anys de la seqüència temporal analitzada i els índexs poblacionals per a cada any, entenent que tots ells són iguals a 1 per al primer any de la sèrie, que actua com a any de referència. A més, es mostren els intervals de confiança del 95% de l'índex anual, fet que permet veure si els canvis entre anys són estadísticament significatius. Amb l'objectiu de mostrar la tendència del conjunt del període estudiat es va adoptar la classificació de tendències utilitzada pel programa TRIM (Pannekoek & van Strien 2005) i adoptat per l'*European Bird Census Council* (www.ebcc.info) (Taula 8). Finalment, es mostra el percentatge de canvi mitjà anual.

Tendències d'ocells aquàtics hivernants

Una de les principals fonts de dades per determinar les tendències dels ocells a l'hivern va ser els censos d'ocells aquàtics hivernants. Aquests censos es van iniciar l'any 1972 però les dades acumulades es trobaven disperses i en formats diversos en el moment d'iniciar les anàlisis de l'Atlas. Per tant, el primer pas que es va haver de realitzar va ser la recopilació de la sèrie històrica i la seva compilació en una base de dades única que permetés analitzar de manera consistent les tendències de les poblacions de les espècies. Un cop determinat el volum i la qualitat de les dades de què es disposava es va procedir a seleccionar les àrees que s'havien d'incorporar a l'anàlisi, quines espècies tenien dades prou consistents com per generar resultats fiables i, finalment, quin període de temps podia ser analitzat.

Període d'estudi

Malgrat els censos d'ocells aquàtics hivernants a Catalunya es van iniciar l'any 1972, en el present Atlas les tendències de les espècies afectades es van calcular en general a partir de l'any 1985 ja que amb anterioritat no es donava ni la regularitat ni la cobertura suficient. Tot i així, en algunes espècies es va haver de reduir encara més el període d'estudi a causa que es van començar a censar amb posterioritat, com és el cas de l'arpella vulgar, o a que la seva hivernada no era gens regular, com en el cas de la garsa de mar.

Augment fort: Increment significatiu de més del 5% anual (5% significaria que la població es dobla en 15 anys).

Strong increase: Significant increase of over 5% per year (a 5% increase would lead to a doubling in abundance within 15 years).

Augment moderat: Increment significatiu de menys 5% anual.

Moderate increase: Significant increase, but not significantly more than 5% per year.

Estable: No hi ha increments o decrements significatius, però és cert que la tendència és menor del 5% anual.

Stable: No significant increase or decline; trends are clearly less than 5% per year.

Incertain: No hi ha increments o decrements significatius, però no és cert que la tendència sigui menor del 5% anual.

Uncertain: No significant increase or decline, but it is not clear whether trends are less than 5% per year.

Disminució moderada: Decrement significatiu de menys del 5% anual.

Moderate decline: Significant decline, but not significantly more than 5% per year.

Disminució forta: Decrement significatiu de més del 5% anual (5% significaria que la població es redueix a la meitat en 15 anys).

Steep decline: Significant decline of over 5% per year (a 5% decline would lead to a halving of abundance within 15 years).

Criteria and classification of population trends. És important remarcar que el valor del 5% no fa referència al valor mitjà de l'estima del canvi anual (tendència mitjana anual), sinó al valor inferior del seu interval de confiança en el cas d'augment, i al superior en el cas de disminucions. Nivell de significació de $p < 0,05$.

Criteria and classification of population trends. It is important to note that the value of 5% does not refer to the average value of the estimates of annual change (yearly average trend), but to the lower value of its confidence interval in the case of increases, and higher in the case of reductions. Significance level of $p < 0,05$.

The results of these trend analyses are shown graphically in the species accounts, with the years of the temporal sequence and the population indices for every year indicated (the first year of the series is considered as the reference year and is awarded a value of 1). As well, the graph shows annual confidence intervals of 95%, which allows us to check whether changes between years are statistically significant. The trend classifications used by the software TRIM (Pannekoek & van Strien 2005) and by the European Bird Census Council (www.ebcc.info; Table 8) were used when showing the trend for the whole study period. Finally, the average percentage change per year is shown.

Trends in wintering waterbirds

One of the main data sources for determining trends in birds in winter were the wintering waterbird censuses that were first organised in 1972. Nevertheless, results were expressed in a mixture of various different formats and so the first step in the analysis was to group historical series into a single database to analyse trends in species' populations. Once the amount and quality of data were determined, we proceeded to select (a) the areas that could be included in the analysis, (b) which species had consistent data that could generate reliable results and (c) the time period that could be used.

Study period

Although the surveys of wintering waterbirds in Catalonia began in 1972, the Atlas species' trends were generally calculated only from 1985 onwards since before that date the regularity and the coverage was not sufficient. Furthermore, for some species the study period had to be further reduced because they only began to be counted at a later date (e.g. Marsh Harrier) or because winter records were very irregular (e.g. Oystercatcher).

Selected Areas

Currently, the wintering waterbird censuses are conducted at more than 100 locations throughout Catalonia and cover a very significant part of the country's wetlands (see Wintering waterbird censuses). However, it has not always been that way and so a selection of localities with enough data to generate compara-

Àrees seleccionades

En l'actualitat els censos d'ocells aquàtics hivernants es realitzen a més de 100 localitats disperses per tota la geografia catalana i cobreixen una part molt important de les àrees humides del país (vegeu *Censos d'ocells aquàtics hivernants*). Però no sempre ha estat d'aquesta manera i, per tant, es va haver de fer una selecció d'aquelles localitats que disposessin de prou dades per poder generar resultats comparables. En aquest sentit es va tenir en compte que les localitats triades complissin dos criteris bàsics:

- Que s'hagués censat com a mínim durant 10 anys consecutius i, per tant, es disposés d'una sèrie històrica prou llarga.
- Que el conjunt d'espais seleccionats constituís una mostra representativa de les zones humides del país.

Per aconseguir aquests criteris es van seleccionar d'una banda les tres principals zones humides litorals, i d'altra banda les 6 àrees més importants de la plana de Lleida. Aquestes darreres es van tractar conjuntament a efectes d'anàlisi ja que hi ha evidències que els ocells que hi hivernen realitzen desplaçaments habituals entre elles (Calvet *et al.* 2004) i que, per tant, en conjunt es poden considerar una única població. Les localitats incorporades a l'anàlisi van ser:

1. El delta de l'Ebre. Constitueix la principal zona humida del nostre país i allotja la fracció més important de les poblacions de la majoria de les espècies. Se censa de manera més o menys regular des de l'any 1972.
2. Els Aiguamolls de l'Empordà. Conformen la segona zona de Catalunya en importància per als ocells aquàtics, i de la qual es recullen dades d'hivernada des de l'any 1975.
3. El delta del Llobregat. Representa la principal localitat d'hivernada al litoral central i se censa des del 1977.
4. L'embassament de Sant Llorenç de Montgai i el Partidor de Gerb. Se censan amb regularitat des de l'any 1979.
5. L'embassament d'Utxesa. Conjuntament amb l'anterior localitat, acull les principals poblacions d'ànecs i ardeids a l'interior i també se censa des de 1979.
6. L'Aiguabarreig Segre-Cinca. Acull importants nombres d'ocells aquàtics i se censa des de 1990.
7. Els arrossars de Torres de Segre i del Fondo de Llitera. Conformen la principal localitat d'hivernada de limícoles a l'interior de Catalunya i se censan des de l'any 2000.
8. L'estany d'Ivars i Vila-sana. Va ser recuperat l'any 2005, quan es va començar a censar, i acull una població hivernant que sembla fruit de la reubicació d'una part dels efectius que anteriorment s'allotjaven als embassaments d'Utxesa i Sant Llorenç de Montgai (Consorci de l'estany d'Ivars i Vila-sana 2007).

Espècies seleccionades

A nivell d'espècies es va realitzar una primera selecció en la qual no es van incloure les que no eren estrictament aquàtiques. Fruit d'aquesta primera aproximació es van analitzar les tendències dels anàtids, els cabussos, les calàbries, els râl·lids, els corbs marins, els ardeids, la cigonya blanca, el capó reial, l'arpella, l'àguila pescadora, els limícoles, els xatrac i les gavines. Ara bé, en algunes espècies, les particularitats del mètode de cens i/o la representativitat de les dades no van permetre una anàlisi consistent i, per tant, no es van considerar a l'hora d'elaborar els gràfics finals. En aquest sentit no es van tenir en consideració les tendències calculades per alguns grups que requeririen de mètodes específics de cens com és el cas dels râl·lids (amb l'excepció de la fotja) o de passeriformes associats a ambients palustres, com el rossinyol bord o el repicatons. Tampoc es van considerar les tendències d'aquelles espècies en les quals una fracció important de la població utilitza ambients no estrictament aquàtics i, en conseqüència, les xifres dels censos corresponen a una submostra esbiaixada cap a un dels seus hàbitats habituals. Aquest és el cas de la fredeluga i de la daurada grossa, que sovint utilitzen ambients agrícoles, o dels làrids, que poden ser trobats en molts ambients.

ble results had to be made. This selection took into account two basic criteria:

- Counts had to be performed for at least 10 consecutive years to provide an adequate time series.
- The complete set of selected areas had to constitute a representative sample of the country's wetlands.

To satisfy these criteria the three main coastal wetlands in Catalonia and the 6 most important areas of the Lleida plains were selected. The latter areas were lumped together for analytical purposes as there is evidence that birds that winter there carry out regular movements between them (Calvet *et al.* 2004) and so can be considered to constitute a single population. The locations included in the analysis were:

1. The Ebro delta. This is the main Catalan wetland and holds the greatest populations of most species. It has been surveyed more or less regularly since 1972.
2. Els Aiguamolls de l'Empordà. This is the second most important wetland in Catalonia and data has been collected there since winter 1975.
3. The Llobregat delta. This delta is the main wintering location along the central section of the Catalan coast and has been surveyed since 1977.
4. Sant Llorenç de Montgai reservoir and El Partidor de Gerb. Surveys have been carried out here regularly since 1979.
5. Utxesa reservoir. This site has been surveyed since 1979 and along with the previous locality hosts the main inland populations of ducks and herons.
6. The confluence of the rivers Segre and Cinca. This site hosts important numbers of waterbirds and has been censused since 1990.
7. Torres de Segre and Fondo de Llitera ricefields. This is the main inland locality for wintering waders in Catalonia and has been surveyed since 2000.
8. L'estany d'Ivars i Vila-sana. Winter surveys have been conducted at this lagoon since it was restored in 2005. It hosts a wintering population that seems to include some birds that previously wintered at the Utxesa and Sant Llorenç de Montgai reservoirs (Consorci de l'Estany d'Ivars i Vila-sana 2007).

Selected species

A first selection was carried out in which those species that were not strictly aquatic were excluded. As a result, we only analysed trends for ducks, grebes, divers, rails, waders, terns, gulls, herons, Great Cormorant, Shag, White stork, Glossy Ibis, Marsh Harrier and Osprey. However, for some species the survey method and/or the representability of the data did not allow for a consistent analysis and so were not included in the final graphics. This was the case for trends calculated for some groups such as rails (except Coot) and passerines linked to wetland habitats (e.g. Cetti's Warbler and Reed Bunting) that require specific survey methods. Neither did we consider the trends in those species in which an important part of the population is not strictly confined to aquatic environments, and for which these censuses represent a sub-sample that is biased in favour of one of their usual habitats. This is the case of Lapwing and Golden Plover, which often use agricultural environments, or gulls, which can be found in many different habitats.

In general, we selected those species for which data of medium or high quality existed (Table 3), although the exceptions indicated above were always taken into account.

Trends in common birds

Trends in the wintering populations of common birds were analysed using data from the Catalan Common Bird Survey (SOCC, see Intensive Sampling). Mention should be made of the fact that, in order to contextualize wintering trends and to contribute to the interpretation of seasonal population dynamics, trends in breeding populations in Catalonia were also included. Thus, in theory strictly resident species should show essentially parallel temporal trends, while the opposite could indicate that in fact two separate, more or less differentiated, populations are involved.

Study period

The study period of the temporal trends in common birds started in 2002. The brevity of this period is an important limitation to any interpretation of the ana-

En definitiva, i com a norma general, es van seleccionar aquelles espècies amb un cens considerat de qualitat mitjana o alta (Taula 3), tenint en compte les excepcions indicades més amunt.

Tendències d'ocells comuns

Les tendències en les poblacions hivernants d'ocells comuns es van analitzar a partir de les dades del projecte de Seguiment d'Ocells Comuns a Catalunya (SOCC; vegeu *Mostratge intensiu*). Cal esmentar que, a fi de contextualitzar les tendències hivernals i contribuir a la interpretació de les dinàmiques poblacionals interestacionals, es va incloure també la tendència de les poblacions nidificants a Catalunya. D'aquesta manera les espècies estrictament residents a Catalunya mostrarien en principi patrons temporals essencialment paral·lels, mentre que el cas contrari podria indicar que estem davant de dues poblacions més o menys diferenciades.

Període d'estudi

El període d'estudi de les tendències temporals d'ocells comuns va ser de només 7 anys, començant l'any 2002. Aquest breu període temporal és un condicionant molt important a tenir present en la interpretació dels canvis temporals analitzats, en especial per a espècies irruptives com el lluer o el durbec. Malgrat això, i tenint en compte que no es disposava de cap altre tipus d'informació sobre tendències hivernals per a ocells comuns, es va considerar apropiat d'incloure informació sobre aquestes tendències temporals.

Àrees seleccionades

Tenir una xarxa d'unitats de mostratge distribuïts per un territori no implica necessàriament que aquesta xarxa representi bé aquest territori. Si tots els itineraris SOCC haguessin estat concentrats en una determinada zona no es podria dir que les tendències calculades representessin adequadament el que passa a Catalunya en el seu conjunt.

La selecció de quadrats del mostratge prioritari del SOCC es va fer, precisament, per assegurar una distribució apropiada dels punts on es fa el seguiment (Figura 5). Les dades provinents de SOCCs prioritaris permeten assegurar una bona representació territorial, però la resta poden aportar una valuosa mostra per a determinades anàlisis.

El que es va fer per saber quina mostra d'itineraris calia prendre en l'anàlisi de les tendències de cada espècie va ser testar la significació d'una covariable (SOCC prioritari *vs.* SOCC no prioritari) mitjançant el test de Wald del TRIM (Pannekoek & van Strien 2005). De les 86 espècies analitzades en període hivernal, en un 60% no hi va haver diferències entre les tendències calculades per a prioritaris i no prioritaris; en aquests casos es van utilitzar tots els itineraris SOCC per calcular les tendències. Però en un 40% de les espècies es van detectar diferències significatives entre els dos subconjunts de SOCCs i en aquests casos les tendències es van calcular només a partir dels itineraris prioritaris.

Un cop determinat el conjunt d'itineraris SOCC utilitzats per a cada espècie es va procedir a incorporar a l'anàlisi la importància relativa de cada SOCC (el que estadísticament s'anomena pesos) en funció del seu hàbitat i localització geogràfica. D'aquesta manera es compensava en bona part el problema relacionat amb una distribució territorial o ambiental esbiaixada. En altres paraules, si el que es pretenia era tenir una bona representació de Catalunya, la contribució a la tendència general d'un SOCC al Barcelonès (on n'hi havia 11 en 145 km²) havia de valer molt menys que un a l'Alta Ribagorça (on n'hi havia només 2 en 427 km²). Aquest mateix criteri d'assignació de pesos als itineraris en funció de la representació geogràfica es va aplicar també per a les 5 categories d'ambients bàsics del projecte (mediterrani, muntanya mitjana, alta muntanya, zones estèpiques i zones humides). El producte entre aquests dos pesos va ser la xifra que es va incorporar a l'anàlisi de tendències realitzada mitjançant el programa TRIM (Pannekoek & van Strien 2005).

lysed temporal changes, especially for irruptive species such as Siskin or Hawfinch. However, knowing that no other information on winter trends in common birds was available, it was considered appropriate to include information regarding these temporal trends.

Selected areas

Having a network of sampling units in a territory does not necessarily mean that this network is perfectly representative of the territory. If all the SOCC itineraries were concentrated in one particular area any trends that were calculated from the information generated would not accurately represent the situation in Catalonia as a whole.

The selection of squares for the priority SOCC sampling was designed to ensure a representative distribution of the points where the monitoring was performed (Figure 5). Data from the priority SOCC therefore ensured good territorial representation, although data from the other SOCC counts may still provide valuable information for some types of analyses.

To determine which itineraries should be included in the trend analyses of each species we tested the significance of a covariate (priority SOCC vs. non-priority SOCC) using the Wald test of TRIM (Pannekoek & van Strien 2005). Of the 86 species whose winter trends were analysed, 60% showed no differences between the calculated trends for priority and non-priority samples; in these cases all SOCC itineraries were used to calculate trends. However, 40% of species showed significant differences between the two SOCC subsets and in these cases trends were calculated only on the basis of the priority itineraries.

Once the sample set used for each species had been determined, we proceeded to incorporate into the analysis the relative importance of every SOCC (statistically known as the 'weights') depending on habitat and geographical location. This largely compensated for the problem relating to the spatial and environmental biases. Thus, to ensure that the whole of Catalonia was well represented, the contribution to the general trend from Barcelona (where there are 11 itineraries in 145 km²) had to be less than that of l'Alta Ribagorça (where there are only 2 in 427 km²). The same criteria for assigning weights to the itineraries based on geographical representation were also applied to the 5 categories of the main habitats (Mediterranean, mid-altitude mountains, high mountains, wetlands and pseudo-steppes). The multiplication of these two weights were incorporated into the trend analysis conducted by the programme TRIM (Pannekoek & van Strien 2005).

Selected species

At first, the species selected were those for which the field sampling method was considered to be appropriate (mainly passerines; Bibby et al. 2000) and which were present in at least 10 SOCC itineraries.

Trends in offshore birds

Oceanographic campaigns such as those undertaken during the Atles period by SEO/BirdLife (see Seabirds sampling over the continental shelf) are an essential tool for developing models to explain trends in pelagic species in wintering areas. As in the other cases, this analysis of temporal changes was performed using the TRIM software following the guidelines described below.

Study period

We analysed temporal changes experienced by offshore species in the period 2003-2008. This period is even shorter than for SOCC species, but we felt that the Atles was a perfect framework in which to begin the study of temporal changes in these wintering species.

Selected areas

The study area was the Catalan continental shelf (Figure 11). In each campaign, 21 different sectors were covered with a variable number of surveys; thus, the lowest number of surveys was taken as the analytical repeatable unit for each sector. Then, for every year, a random selection of available censuses was carried

Espècies seleccionades

En principi les espècies seleccionades han estat aquelles per a les quals el mètode de mostratge de camp es va considerar apropiat (bàsicament passeriformes, Bibby *et al.* 2000) i alhora que disposessin d'una mostra mínima de 10 itineraris SOCC.

Tendències d'ocells pelàgics

Les dades de les campanyes oceanogràfiques com les dutes a terme en el transcurs de l'Atles per SEO/BirdLife (vegeu *Mostratge d'ocells marins sobre la plataforma continental*) constitueixen una eina essencial per poder desenvolupar models que expliquin la tendència de les espècies pelàgiques a les àrees d'hivernada. Com en la resta de casos esmentats, aquesta anàlisi de canvis temporals també es va realitzar mitjançant el programa TRIM, tot seguint les pautes que es detallen a continuació.

Període d'estudi

Es van analitzar els canvis temporals experimentats per les espècies pelàgiques en el període 2003-2008. Aquest període és encara més curt que l'esmentat en relació al SOCC, però malgrat això, va semblar que l'Atles constituïa un marc de treball ideal per començar a mostrar els canvis temporals d'aquestes espècies hivernants.

Àrees seleccionades

L'àmbit d'estudi va ser la plataforma continental catalana (Figura 11). En cada campanya es van cobrir 21 sectors diferents, cadascun amb un nombre de censos variable entre anys, de tal forma que es va prendre com a unitat d'anàlisi per a cada sector el menor nombre de censos realitzat. Fet això, per a cada any, els censos es van seleccionar a l'atzar fins a assolir el mínim estipulat per l'any de menor esforç. Aquest nombre de censos per sector va oscil·lar, segons els casos, entre 4 i 10.

Espècies seleccionades

Tot i que en principi l'anàlisi es podria aplicar a totes les espècies pelàgiques, finalment va quedar restringida a les 6 que tenien una mostra suficient per a l'anàlisi TRIM i que el mètode de cens recollia dades representatives de la població: baldriga mediterrània, baldriga balear, gavot, gavià fosc, gavina capnegra i mascarell.

Organització general del llistat d'espècies

L'Atles es fonamenta en l'espècie com a unitat taxonòmica. Al llarg del període d'estudi d'aquest Atles es van detectar a Catalunya 318 espècies d'ocells, les quals s'organitzen en tres capítols diferents del llibre: 1) Espècies residents o hivernants, 2) Espècies molt escasses i 3) Espècies exòtiques o introduïdes no establertes. A continuació es mostren els criteris emprats per fer aquesta classificació, els quals tenen, forçosament, una component subjectiva. Els valors llindar per classificar una espècie en un grup o en un altre són fins a cert punt arbitraris, però el valor d'aquesta classificació radica en el fet de ser explícita.

Espècies residents o hivernants

Es van considerar espècies residents o espècies hivernants aquelles que tenien una població estimada a Catalunya en un mínim de 10 individus, sempre que aquests estiguessin distribuïts homogèniament cada any al llarg del període d'estudi (15 de novembre-15 de febrer), és a dir, excloent els migrants tardans o primerencs. Aquest és el capítol principal del llibre, en ell es mostren les fitxes de 206 espècies a doble pàgina. Totes les espècies contenen una il·lustració a color, un mapa de distribució UTM 10x10 km, un text principal d'unes 1.000 paraules i un resum en anglès. Depenent de la informació disponible, aquestes fitxes d'espècies també mostren mapes d'abundància, mapes de recuperacions, figures de preferències d'ambients i rangs altitudinals i figures de tendències poblacionals històriques (essencialment ocells comuns i aquàtics).

out to reach the minimum number stipulated in the year with the least effort. The number of surveys per sector ranged between 4 and 10.

Selected species

Although in the beginning the analysis could be applied to all pelagic species, it was finally restricted to the 6 species that had enough samples for TRIM analysis and for which the census methodology provides representative population data (Mediterranean and Balearic Shearwaters, Mediterranean and Lesser Black-backed Gulls, Gannet and Razorbill).

General organization of the species accounts

Species are the basic taxonomic unit of this atlas and the 318 bird species detected during the study period in Catalonia are organized into three different chapters: 1) Resident or wintering species, 2) Very rare species and 3) Exotic or introduced but not established species. The criteria used to make this classification were, inevitably, somewhat subjective. The threshold numbers for including a species in one group or another are to some extent arbitrary, although the value of this classification lies in the fact that it is explicit.

Resident or wintering species

Resident or wintering species are considered to be those that had an estimated population in Catalonia of at least 10 homogeneously distributed individuals every year during the study period (15 November-15 February), which excludes early or late migrants. These species are included in the main chapter of the book in which the 206 species accounts occupy a full two-page spread. Every species account contains a colour illustration, a 10x10 km UTM distribution map, a main text of about 1,000 words and an English summary. Depending on the available information, these accounts also contain abundance maps, ringing recovery maps, figures for habitat and altitudinal range preferences, and figures for historical population trends (primarily for common and waterbirds).

Very rare species

Very rare species were taken to be those native bird species that had an estimated population of less than 10 individuals, or of more than 10 individuals that were not homogeneously distributed throughout the study period. In this chapter there are two sub-chapters, one for regular species and another for the irregular species (present regularly during the three winters of the study period or not).

1. Regular very rare species. In this sub-chapter the information on the 28 species considered is shown on a half page, and contains a black-and-white illustration, a text of around 350 words, a 10x10 km UTM distribution map, an English summary and, for some cases, a graph of trends.
2. Irregular very rare species. In this sub-chapter the information for the 56 species considered consists of a continuous text of about 200 words with an English summary but no illustrations, maps or graphics.

Exotic or introduced but not established species

This group contains the introduced or exotic species that, given their recent presence or the high fluctuations in the small number of wild individuals, do not apparently maintain self-sufficient populations in Catalonia. As usual in these new species, the natural sustainability of their populations is not easy to determine and therefore this classification has an unavoidably subjective component. In most cases the status defined by the Catalan Bird Committee was followed, although at the time of writing we felt that a few species such as Mitred Parakeet should be considered as established. In this chapter information is provided for 28 such species in a continuous text of about 200 words with an English summary. There are no illustrations, maps or graphics.

Sergi HERRANDO, Lluís BROTONS, Joan ESTRADA,
Santi GUALLAR, Marc ANTON, Dani VILLERO,
Ricard GUTIÉRREZ, Gabriel GARGALLO, Pep ARCOS,
Juan BÉCARES, Javier QUESADA and Magda PLA

Espècies molt escasses

Es van considerar espècies molt escasses aquelles espècies d'ocells natives que tenien una població estimada de menys de 10 individus, o de més de 10 individus però no distribuïts homogèniament al llarg del període d'estudi. En aquest capítol es van fer dos subcapítols, un per a les espècies regulars i un altre per a les irregulars, depenent de si havien estat presents o no de forma regular els tres hiverns d'estudi.

1. *Espècies molt escasses regulars*. En aquest capítol la informació de les espècies es mostra en mitja pàgina, contenen una il·lustració en blanc i negre, un text d'unes 350 paraules, un mapa de distribució UTM 10x10 km, un resum en anglès i, en determinats casos, un gràfic de tendències. Aquest subcapítol inclou 28 espècies.
2. *Espècies molt escasses irregulars*. En aquest capítol la informació de les espècies es mostra a text continu d'aproximadament 200 paraules i resum en anglès. No hi ha cap component gràfic. Aquest subcapítol inclou 56 espècies.

Espècies exòtiques o introduïdes no establertes

Es van considerar dins d'aquest grup les espècies exòtiques o introduïdes que, atesa la seva recent aparició o el caràcter altament fluctuant del nombre d'individus salvatges, no sembla que per ara mantinguin poblacions autosostenibles a Catalunya. Com és normal en aquestes espècies de recent aparició, la sostenibilitat de forma natural de les seves poblacions no és fàcil de determinar i, per tant, aquesta classificació té un component subjectiu inevitable. En la major part dels casos s'ha seguit l'estatus definit pel Comitè Avifaunístic de Catalunya, a excepció d'unes poques espècies (*e.g.* aratinga mitrada) que en el moment de redactar l'Atles va semblar que podia reunir condicions per ser considerada com a establerta. En aquest capítol la informació de les espècies es mostra a text continu d'aproximadament 200 paraules i també hi ha un resum en anglès. No hi ha cap component gràfic. Aquest capítol inclou 28 espècies.

Sergi HERRANDO, Lluís BROTONS, Joan ESTRADA,
Santi GUALLAR, Marc ANTON, Dani VILLERO,
Ricard GUTIÉRREZ, Gabriel GARGALLO, Pep ARCOS,
Juan BÉCARES, Javier QUESADA i Magda PLA