

Distribució i identificació de zones òptimes per a la Ganga *Pterocles alchata* a Catalunya durant el període reproductor

Juan Bécares, Magda Pla, Lluís Brotons & Gerard Bota

Distribution and identification of the best areas for Pin-tailed Sandgrouse Pterocles alchata during the breeding season in Catalonia

Using standardized and non-standardized surveys, we obtained evidence of reproduction that allowed us to produce a distribution map of the Pin-tailed Sandgrouse at 1x1 km resolution for Catalonia. The standardized observations, environmental variables and population data from the species in question were then used to develop models of habitat suitability at 20 m-resolution with the software MAXENT. Forty-three squares had some evidence of breeding, of which 37 are located within the principal breeding nucleus of the species in Catalonia (Alfés-Castellans). Twelve squares located in a clear spatial continuity showed definite evidence of breeding. The models of habitat suitability show that the species only uses flat, extensive cereal farmland with a low greenery index (NDVI), and with above-average mean and maximum temperatures. The spatial contagion within the presence data appears as a very important variable. The best sector identified by the model also holds the highest concentration of evidence of breeding. The area occupied at present by the Pin-tailed Sandgrouse coincides to a great extent with the availability of its potential habitat, as revealed by the models. This suggests that management should focus on the best quality zones that are currently occupied. The sensibility to variables related with the condition and structure of the vegetation and this sandgrouse's preference for zones with low NDVI values indicate that management (for example, the creation and maintenance of fallow and uncultivated land) should be carried out to increase the quality of the available microhabitat for this species.

Key words: Pin-tailed Sandgrouse, *Pterocles alchata*, distribution, fine-grained maps, conservation, habitat modelling.

Juan Bécares*, Magda Pla, Lluís Brotons, Gerard Bota, Àrea de Biodiversitat. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (CTFC), Crta Sant Llorenç de Morunys km 2, E-25280 Solsona.

* Corresponding author and current address: jbecares@seo.org; SEO / BirdLife, c/ Múrcia 2-8, local 13, E-08026 Barcelona.

Received: 30.12.09; Accepted: 18.05.10 / Edited by S. Herrando

La Ganga *Pterocles alchata* és una de les dues úniques espècies del grup dels pteròclids presents a Europa i, a excepció d'una petita població present a la Crau (França), la resta d'efectius es troba exclusivament a la península Ibèrica (de Juana 1997). La població catalana representa el límit nord-oriental de la població ibèrica d'aquesta espècie (Bota *et al.* 2004, Suárez *et al.* 2006). La Ganga es troba en regressió en gran part de la seva àrea de distribució principalment a causa de la intensificació agrícola (Tucker &

Heath 1994, BirdLife International 2004). Les principals causes d'aquesta regressió, tant a Catalunya com a la resta de poblacions espanyoles, s'han de buscar en la pèrdua de qualitat d'hàbitat i en l'increment de regadius i els canvis en les pràctiques agràries (Herranz & Suárez 2003, Bota *et al.* 2004, Suárez *et al.* 2006, Suárez & Herranz 2005). La situació de les poblacions de la Ganga en un context europeu, espanyol i català ha comportat que l'espècie estigui inclosa en l'Annex I de la Directiva Aus (79/409/CE),

catalogada com a vulnerable (VU) a Espanya segons el *Catálogo Nacional de Especies Amenazadas* (Real Decreto 439/1990) i el *Libro Rojo de las Aves de España* (Madroño *et al.* 2005), i considerada en perill crític (CR) a Catalunya (Estrada *et al.* 2004).

Espècie típica de les grans planes d'ambients àrids i semidesèrtics sense arbres, rebutja les zones amb matollars o cultius alts i/o terrenys accidentats (de Juana 1997). A la península Ibèrica ocupa zones de cultius extensius de cereal d'hivern amb presència elevada de guarets i erms i/o zones amb presència de pastures xerofítiques i saladers (Herranz & Suárez 2003). La població catalana de Ganga és d'unes 50-60 parelles (Bota *et al.* 2004). Encara que en els darrers anys s'ha observat una certa tendència a l'estabilitat, amb certes fluctuacions interanuals, la població actual representa només la meitat de la que hi havia fa 20 anys (Estrada & Curcó 1991, Bota *et al.* 2004). Les dades de publicació més recents (*Atles dels Ocells nidificants de Catalunya 1999-2002*), mostren evidències de reproducció probable o segura en tres quadrats de 10x10 km, i de reproducció possible en dos quadrats, tots ells situats als secans d'Alfés-Castelldans i als secans més occidentals d'Aitona-Serós (Estrada *et al.* 2004). Aquesta resolució espacial, al mateix nivell de detall que la major part d'estudis anteriors (Estrada & Curcó 1991, Estrada *et al.*, 1996a, 2004), no és del tot adequada per observar canvis en la seva distribució entre el passat, el present i el futur en una escala territorial tan petita com l'àrea de distribució catalana. De fet, en els quadrats 10x10 més occidentals, l'espècie és força escassa, mentre que fora d'aquests cinc quadrats l'espècie és totalment accidental, amb observacions puntuals entre el període de l'Atles i el present estudi (Martínez-Vilalta 2001, Sales 2006). En espècies amb una distribució tan restringida i baixes densitats com la Ganga, aquesta resolució també es pot considerar insuficient per tal de zonificar i proposar mesures de conservació i seguiment. Només l'estudi de Estrada *et al.* (1996b) presenta un nivell de resolució més detallat, en quadrats de 2 x 2 km. No obstant això, en el cas de la Ganga, els mateixos autors consideren que la metodologia emprada no és la més apropiada per conèixer ni la distribució ni l'abundància d'aquesta espècie.

Al seu torn, les metodologies utilitzades en la modelització predictiva de la distribució

d'espècies poden ser una eina molt adequada per millorar el coneixement de la seva distribució espacial. La modelització predictiva es basa en la utilització d'informació faunística representativa i en la disponibilitat de variables ambientals espacialment contínues per a un àmbit d'interès concret. La integració d'informació faunística i variables ambientals mitjançant tècniques estadístiques específiques (Guisan & Zimmermann 2000) fan possible la generació de cartografia contínua d'alta resolució que ens permet avaluar la variabilitat espacial i la qualitat de l'hàbitat per a les espècies modelitzades en el nostre àmbit d'estudi, així com també identificar zones d'hàbitat potencial per a les quals no es disposa d'observacions de camp.

Així doncs, el principal objectiu del present treball és actualitzar i millorar el nivell de coneixement i detall sobre la distribució actual de la Ganga a Catalunya durant el període reproductor (mitjançant un atles de distribució en quadrats UTM a una resolució de 1x1 km), i alhora d'identificar zones òptimes per a la presència de l'espècie mitjançant models predictius de distribució amb una resolució de 20 m.

Material i mètodes

Àrea d'estudi

L'àrea d'estudi està situada a la depressió catalana de l'Ebre, concretament al sud de la ciutat de Lleida, entre les comarques del Segrià i les Garrigues (Figura 1). Cobreix la totalitat de l'àrea de distribució de l'espècie a Catalunya en temps recents (Estrada & Curcó 1991, Estrada *et al.* 1996a, Estrada *et al.* 2004), a excepció de les poques observacions puntuals existents fora d'aquesta. Es poden diferenciar dos sectors: el sector oriental, que comprèn els secans entre Alfés i Castelldans (ZEPA ES0000021, Secans de Mas de Melons-Alfés) i el sector occidental, format per petites zones situades als secans situats al sud d'Aitona i Serós (dins la ZEPA ES5130038, secans del Segrià i Utxesa), que estan molt fragmentats i on l'espècie és força localitzada i escassa. Els dos sectors estan gairebé separats per una gran superfície de cultius de regadiu (principalment fruiters) i zones d'orografia variable amb presència dominant de cultius arboris de secà. La zona es caracteritza per una

aridesa remarcable on gran part del territori està situada per sota de la isohieta de 420 mm anuals de precipitació (Conesa 2006). Dominen els conreus cerealistes extensius de secà (principalment ordi) i, en menor proporció, cultius arboris de secà com oliveres o ametllers. L'àrea es troba situada en el domini de les comunitats pseudoestèpiques del *Secalium mediterranium* amb presència de guarets, timonedes, erms i matolls de romaní *Rosmarinus officinalis*, garric *Quercus coccifera* i arçot *Rhamnus lycioides* (Mañosa *et al.* 1996, Conesa 2006).

Obtenció de dades faunístiques

Es va realitzar entre els mesos d'abril i juliol dels anys 2005 i 2006, període que concentra el gruix de les postes a la vall de l'Ebre (de Borbón *et al.* 1999). L'obtenció de dades es va realitzar mitjançant diverses metodologies de cens: a) censos en batuda en quadrats de 500 x 500 m; b) censos simultanis en període reproductor, ambdues metodologies estandarditzades; i c) cerca intensiva de nius i parelles reproductores, que juntament amb altres observacions no obtingudes amb els altres mètodes plantejats configuren el que són les observacions no estandarditzades. Totes les observacions van ser georeferenciades amb un error de ± 20 m mitjançant GPS en camp o a posteriori utilitzant ortofotomapes a color d'escala 1:5.000.

a) **Censos a batuda en quadrats de 500 x 500 m:** es va dividir l'àrea d'estudi en 301 quadrats d'aquesta mida, (275 al sector d'Alfés-Castelldans i 26 en el sector d'Aitona-Serós), escollint a l'atzar 54 quadrats al primer sector i 3 en el segon, on l'espècie és molt rara. Aquests quadrats representen un 18,9% del total de l'àrea d'estudi (un 19,6% en el cas del sector d'Alfés-Castelldans). Durant l'any 2006 en aquests quadrats es van realitzar dos censos en batuda (maig i juliol) amb la participació de 2-4 persones per grup i focalitzant els esforços en tots els usos del sòl que utilitza l'espècie com ara els erms, guarets, llaurats i rostolls (Guadalfajara 1985, Astrain *et al.* 1995, Mañosa *et al.* 1996, Suárez *et al.* 1999, Bécares & Raurell 2006). El cereal, un dels usos predominants durant el mes de maig, no és utilitzat per l'espècie a causa de la seva elevada alçada (Guadalfajara 1985), raó per la qual no va ser mostrejat. Per no infravalorar

els recomptes, els horaris de cens evitaven el temps comprès entre la segona i quarta hora després de la sortida del sol, moment en què la Ganga acostuma a desplaçar-se a beure (Ferns & Hinsley, 1999, obs. pers.). En total es van dedicar 62 hores en 13 dies de cens.

b) **Censos simultanis en període reproductor:** en aquest cas també es van realitzar batudes en hàbitats favorables per a l'espècie, però en un sol dia se censava la totalitat de l'àrea d'estudi (Figura 1). Aquests censos es van realitzar amb 6 grups de 2-3 persones cadascun, repartits en diferents àrees de mida similar. Aquesta metodologia de cens és possible a causa de la reduïda població i la seva petita àrea de distribució (60 km² el sector oriental i inferior a 10 km² l'occidental). Durant el cens també es realitzava una parada en el moment de màxima freqüentació als abeuradors. En els censos simultanis també es va anotar l'hora de l'observació i la direcció / lloc de destí dels exemplars observats amb la finalitat de poder discriminar a posteriori dobles comptatges. En total es van realitzar tres censos (juliol de 2005 i maig i juliol de 2006) i s'hi va dedicar un esforç de 66 hores en total.

c) **Cerca intensiva de nius i parelles reproductores:** consisteix en l'obtenció de dades a partir de l'observació a certa distància amb prismàtics o telescopi de la totalitat dels quadrats UTM 1x1 situats en zones amb l'hàbitat adequat per a la cria (guarets, erms, matollars de baix port i rostolls) durant els mesos de maig a juliol (de Borbón *et al.* 1999). En els casos en què la cobertura vegetal impossibilitava l'observació, es va caminar per la parcel·la per localitzar-los. En totes les observacions es va anotar el nombre d'individus aixecats, el comportament, el sexe, l'hora, la distància de fugida, si realitzava vols per sobre de la parcel·la, etc. amb la finalitat de poder assignar una categoria de reproducció a l'observació (Taula 1). Es van realitzar aproximadament 100 hores de cens al llarg de 33 dies cobrint la totalitat de l'àrea de mostreig definida (Figura 1). També es van realitzar seguiments en abeuradors (dins i fora de l'àrea d'estudi), que van servir per definir les zones amb presència estival no reproductora de l'espècie. A aquests censos es va dedicar un total de 75 hores en 30 dies, alguns d'ells durant els censos simultanis.

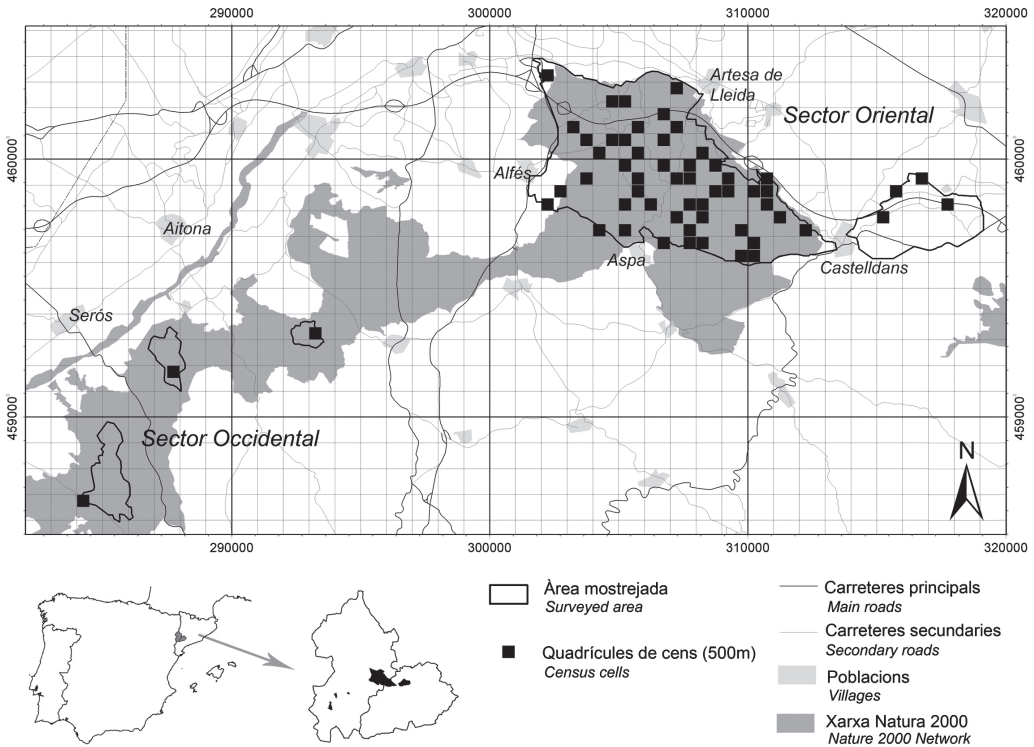


Figura 1. Àrea d'estudi de la Ganga a Catalunya. El sector Alfés-Castellans correspon a les dues àrees de mostreig més orientals i el sector Aitona-Serós a la resta d'àrees de mostreig més occidentals. Es mostren els quadrats de cens de 500x500 m efectuats l'any 2006 (gris fosc), i l'àrea mostrejada tant en els censos simultanis com en la recerca intensiva de nius i parelles reproductores els anys 2005 i 2006 (línia negra).
Study area of the Pin-tailed Sandgrouse in Catalonia. The Alfés-Castellans sector corresponds to both eastern sampling areas and the Aitona-Serós sector to the remaining more western part of the sampling area. The 500x500m cells censused in 2006 are shown in dark grey, while the area sampled during the simultaneous censuses and the intensive search for nests and breeding pairs in 2005 and 2006 lies within the black line.

Atles de distribució amb evidències de cria en quadrats UTM de 1x1 km

Una primera aproximació a la distribució de la Ganga durant el període reproductor ha estat la creació d'un Atles de distribució amb evidències de cria en quadrats UTM de 1x1 km realitzat a partir de la totalitat d'observacions obtingudes en els anys 2005 i 2006. Aquestes s'han classificat en quatre evidències de reproducció utilitzant els criteris definits a la Taula 1. La categoria de reproducció assignada definitivament a cadascun dels quadrats ha estat la corresponent a l'evidència de reproducció més segura obtinguda, independentment del tipus i nombre total d'observacions realitzades al mateix quadrat.

Models predictius de distribució: adequació de l'hàbitat

Els models predictius de distribució estableixen relacions estadístiques per a una mostra de dades de camp entre les dades faunístiques recollides al camp i les variables espacials que es consideren com a factors limitants per a la distribució de l'espècie. Posteriorment es projecten els resultats d'aquests models en zones sobre les quals no disposem d'informació faunística però sí d'informació ambiental (Guisan & Zimmermann 2000). Per obtenir els models que ens permetin definir les zones amb una major adequació d'hàbitat per a la Ganga, s'ha utilitzat informació digital fàcilment disponible i que engloba de

Taula 1. Categories d'evidències de reproducció amb la descripció dels criteris considerats per a cada categoria. *Categories of evidence of breeding, with the description of the criteria considered for each category.*

Evidències de reproducció <i>Evidence of breeding</i>	Criteris considerats <i>Considered criteria</i>
Aus no reproductores <i>Non-breeding birds</i>	Grups de més de quatre individus o observacions en abeuradors. <i>Flocks of more than four individuals or sightings at drinking-pools.</i>
Reproducció possible <i>Possible breeding</i>	Fins a quatre exemplars detectats en època i hàbitat adequats. <i>Up to four birds detected at both an appropriate time of the year and in a suitable habitat.</i>
Reproducció probable <i>Probable breeding</i>	Individus solitaris, parelles o tríos amb un territori petit clarament establert, una distància de fugida petita i/o que després de aixecar-se sobrevolen la zona amb insistència. <i>Solitary birds, pairs or trios clearly established in a small area, with only a short escape-flight distance and/or overflying the area insistently once disturbed.</i>
Reproducció segura <i>Confirmed breeding</i>	Niu amb ous, polls nidífugs, juvenils amb vol inexpert o mascle lluny d'abeurador amb el pit de color marró com a conseqüència del fregament amb el terra per augmentar la captació d'aigua en abeuradors. <i>Nest with eggs, nidifugous chicks, juveniles with inexperienced flight pattern or males away from drinking-pool with brown chest as a result of friction with the ground designed to increase water retention.</i>

manera completa la zona d'estudi. L'àmbit de modelització (X,Y mín.= 275000,4580000; X,Y màx.= 380000,4640000) inclou zones adjacents de l'àrea de distribució històrica de l'espècie.

Només s'han utilitzat les observacions recopilades a partir dels mostreigs estandarditzats (quadrats de cens i censos simultanis) realitzats l'any 2006. La inclusió d'aquests censos estandarditzats, amb un esforç uniforme suposa un menor biaix que el que es produiria si es fessin servir les observacions no estandarditzades. El període reproductor es va definir a partir del dia 1 d'abril, data en què pràcticament no es troben grups hivernals / prereproductors i on les observacions recollides corresponen bàsicament a individus aïllats, parelles o tríos (Estrada *et al.* 2004, obs. pers.). Del total d'observacions es van eliminar les observacions d'individus en vol, les realitzades en abeuradors i les que corresponen a més de quatre exemplars, de manera que només es tenen en compte els individus a priori reproductors. En total, el nombre d'observacions disponibles per al procés de modelització predictiva de la distribució de la Ganga va ser de 109.

Les dades ambientals s'han obtingut per a tot l'àmbit de modelització i es poden agrupar en cinc tipus de variables:

- **Variables topogràfiques:** descriuen el factor estàtic i topogràfic de l'àmbit d'estudi, concretament l'altitud i el pendent. Generades

a partir del Model Digital del Terreny versió 2 revisada Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC).

- **Variables climàtiques:** s'han utilitzat variables climàtiques procedents de l'Atlas Climàtic Digital de Catalunya (Pons 1996, Ninyerola *et al.* 2000). Són descriptors dels principals gradients climàtics. S'han utilitzat temperatures mínimes, mitjanes i màximes anuals, precipitació i radiació potencial (anual i estival).
- **Variables d'activitat humana:** proporcionen informació sobre l'activitat humana. Concretament s'ha calculat la distància als nuclis urbans, a partir de la capa de nuclis urbans del Departament de Medi Ambient i Habitatge (DMAH) a escala 1:50.000.
- **Variables procedents de sensors remots:** s'ha utilitzat informació del sensor Landsat TM procedent del Servidor d'Imatges Satèl·lit de Catalunya (SatCat) del Departament de Medi Ambient i Habitatge (DMAH). Aquestes imatges estan corregides geomètricament i remostrejades a 20 m (Cristóbal *et al.* 2004). S'han corregit radiomètricament seguint la metodologia proposada per Chavez *et al.* (1996) i s'han eliminat els núvols i ombres seguint la metodologia ACCA (*Automatic Cloud Cover Assessment*) proposada per Irish (2000) a partir del quocient normalitzat entre les bandes 1 i 5 respectivament. Finalment

s'ha calculat l'índex de vegetació normalitzat NDVI proposat per Rouse *et al.* (1973) que proporciona informació directa sobre l'activitat fotosintètica de la vegetació. S'han utilitzat les imatges corresponents als mesos de maig i agost del 2006 i 2007. S'ha escollit aquests dos mesos perquè és entre maig i agost quan es concentra el període reproductor de l'espècie a l'àrea d'estudi. S'han utilitzat imatges del 2006 perquè corresponen a l'any en què es van recollir les dades faunístiques de base i també s'han incorporat imatges del 2007 per omplir buits d'informació causats pels núvols tenint en compte que va ser l'any més proper amb característiques climàtiques similars. Hauria estat molt interessant utilitzar imatges del 2005, ja que també hi ha dades de camp d'aquest any però no es disposava d'imatges Landsat processades per a aquest any concret. S'ha considerat que la seva inclusió no afectaria significativament els resultats perquè, tot i que hi pugui haver algunes diferències entre anys diferents per a un mateix tipus de vegetació, el comportament espacial del NDVI per a la zona d'estudi té un patró semblant en el període de temps estudiat, ja que no hi ha hagut canvis d'usos importants. A partir del NDVI de cadascuna de les imatges s'han calculat les següents variables contínues: NDVI màxim de maig i NDVI màxim d'agost, diferència de NDVI entre agost i maig, amb l'objectiu de diferenciar diversos tipus de vegetació a causa de la fenologia i estructura. Al seu torn, aplicant el mètode de classificació no supervisat ISODATA a aquestes variables contínues s'han generat noves variables categòriques i s'han obtingut fins a quatre tipus diferents de NDVI. Aquests corresponen a diferents tipus de vegetació en base a diferències estructurals i fenològiques.

- **Contagi espacial:** permet incloure factors poblacionals de l'espècie no lligats directament a les variables ambientals disponibles. S'ha utilitzat informació sobre la densitat de població i les zones mostrejades, amb informació de presències i absències en un radi de 2 km, generant així una variable de contagi poblacional.

La percepció de l'entorn immediat per a l'espècie és molt important en la selecció de l'hàbitat i cal tenir present que l'espècie estudiada no percep

l'espai com un reticle de 20 m x 20 m amb valors diferents per a cada un dels quadrats que el componen sinó tot com un continu. Així, doncs, per obtenir el valor de cada píxel de 20 m s'ha incorporat la informació dins d'un radi de fins a 200 m de cara a reflectir millor la percepció d'entorn real de l'espècie. Per aconseguir aquest objectiu s'han aplicat filtres de mitjana (en les variables contínues) o de proporció de presència (en variables categòriques) en un radi de 200 m i uns altres de 20 m. Les variables s'han calculat per aquests dos radis d'influència i s'han utilitzat els dos radis per fer els models. El millor model selecciona el radi més influent per a cada una de les variables.

Anàlisi estadística

Els models utilitzats es basen en la teoria del nínxol ecològic (Guisan & Zimmerman 2000, Ferrier *et al.* 2002). Aquests models assumeixen que les espècies es troben en un cert equilibri amb el seu ambient i que només utilitzen unes certes combinacions de la variabilitat ambiental existent. D'aquesta manera, si podem descriure la relació entre la presència de les espècies i el rang de variació d'aquestes variables ambientals, podem, hipotèticament, representar espacialment la distribució d'aquestes espècies allà on disposem de la informació ambiental necessària (Guisan & Zimmerman 2000, Ferrier *et al.* 2002). En el cas d'espècies de difícil detecció com la Ganga, on sovint la informació sobre l'absència de l'espècie no està disponible o és de qualitat dubtosa, una de les opcions més adequades és utilitzar una aplicació de programari que es basa en la teoria estadística de la màxima entropia anomenada MAXENT (Phillips *et al.* 2006). Aquesta aplicació s'ha mostrat especialment eficient en la modelització amb dades únicament de presència (Elith *et al.* 2006), tot realitzant prediccions en casos d'informació parcial i incompleta. MAXENT es fonamenta en el fet que els valors esperats de cada variable ambiental predictiva coincideixin amb la mitjana observada (valors mitjans per a les localitzacions on l'espècie ha estat observada). Les prediccions de cada cel·la d'anàlisi són valors acumulats d'idoneïtat o adequació de l'hàbitat per a l'espècie d'acord amb una escala creixent entre 0 i 1.

S'ha avaluat la capacitat predictiva dels models utilitzant un mètode de calibratge

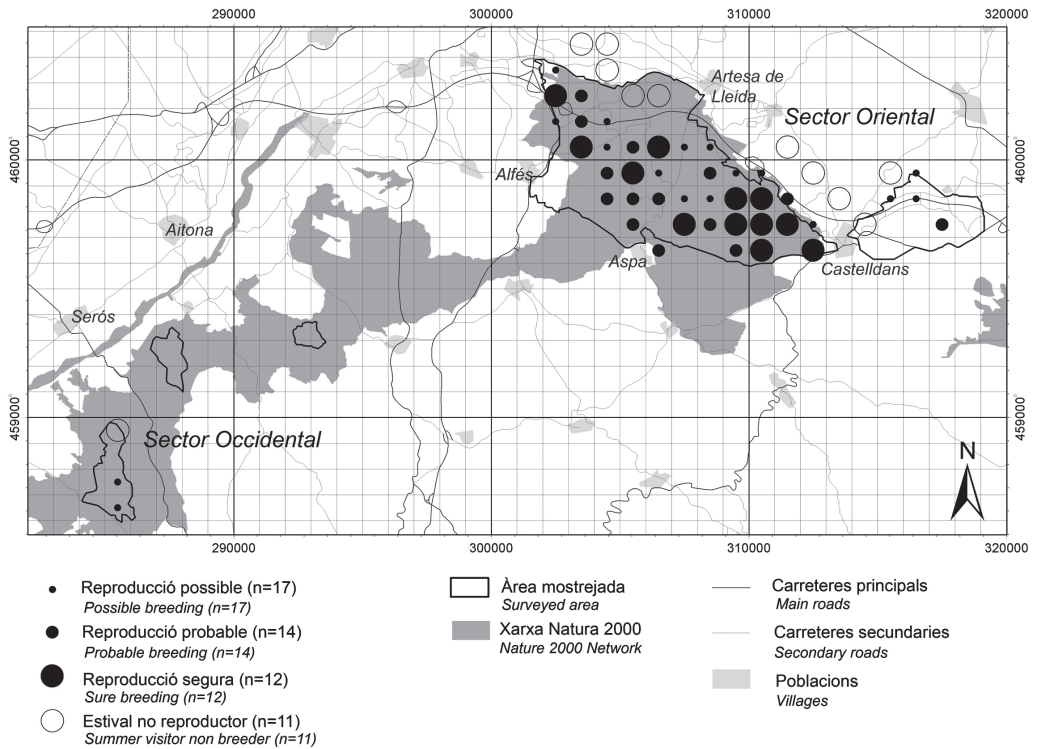


Figura 2. Evidències de reproducció en quadrats 1x1 km de la Ganga a Catalunya els anys 2005-2006.
Evidence of breeding of the Pin-tailed Sandgrouse in 1x1 km squares in Catalonia (2005-2006).

creuat en què el model es calibra sobre un 70% de les dades seleccionades a l'atzar i s'avalua sobre el 30% restant per comprovar la validesa a l'hora de predir els nous valors (Guisan & Zimmerman 2000). El procés d'avaluació s'ha realitzat cinc vegades, tot escollint diferents subgrups de dades a l'atzar per calibrar el model. Per avaluar la capacitat predictiva del model es va utilitzar l'estadístic ROC. Aquest estadístic mesura l'àrea sota la corba ROC, (AUC), amb l'objectiu de representar una distribució a l'atzar dins de la zona d'estudi. Així, doncs, un valor alt AUC indica una alta capacitat del model per identificar les zones on l'espècie és present. Per a aquest treball s'han realitzat diferents models per tal d'avaluar el paper dels diferents tipus de variables en la seva capacitat predictiva. Un cop avaluats els models, s'ha seleccionat el millor model en funció dels valors de l'AUC i de criteri expert. Els mapes finals s'han realitzat amb la combinació de variables utilitzades en el

millor model seleccionat i el 100% de les dades per maximitzar la representativitat.

Resultats

Evidències de cria de la Ganga en quadrats 1x1 km (2005-2006)

En total es van obtenir un total de 729 observacions de Ganga (147 l'any 2005 i 582 el 2006). D'aquestes, un 70,8% corresponen a la recerca intensiva de nius i altres observacions no estandarditzades, un 5,9% són dades dels quadrats de 500 m i el 23,3% restant correspon a observacions fetes en els censos simultanis. En total s'han obtingut 43 quadrats 1x1 km (50% del total mostrejat) amb alguna evidència de reproducció de l'espècie (Figura 2). Una anàlisi més detallada de la distribució obtinguda mostra que el principal nucli reproductor de

Ganga es troba al secà d'Alfés-Castelldans, on obtenim 37 quadrats ocupats (86% dels quadrats amb evidències). La resta es reparteix entre el sector d'Aitona-Seròs (2 quadrats) i una altra zona separada del nucli principal al nord-est de Castelldans (4 quadrats). Els quadrats amb presència d'exemplars estivals no reproductors corresponen quasi exclusivament a observacions d'aus en abeuradors o en punts d'aigua temporal. Sorpren el fet que la major part d'aquests punts es troben en quadrats situats en terrenys de regadiu, fet que s'explica ja que van utilitzar camps d'alfals propers al secà acabats de regar per inundació com a zones per beure. Les evidències de reproducció segura (12 quadrats) es troben totes en el sector oriental, la major part d'aquestes (58,3%) dins l'àmbit de la finca de Mas de Melons i zones adjacents on presenten una major continuïtat espacial (Figura 2).

Modelització de l'adequació de l'hàbitat de la Ganga a la plana de Lleida

Els models MAXENT realitzats han mostrat una elevada capacitat predictiva. La mitjana dels cinc tests realitzats correspon a un AUC de 0,99, indicant una gran capacitat dels models per discernir entre l'hàbitat de l'espècie i les condicions ambientals mitjanes de la zona d'estudi.

Els resultats dels models mostren com la Ganga, durant el període reproductor, utilitza a escala de paisatge zones agrícoles extensives de secà amb domini del cultius herbacis de secà. Dins d'aquestes zones, la Ganga utilitza bàsicament zones planes o amb feble pendent, on petits increments en el pendent impliquen una disminució ràpida de la qualitat de l'hàbitat. Els hàbitats utilitzats per la Ganga presenten un baix índex de verdor (NDVI), i amb temperatures mitjanes i màximes més altes si les comparem

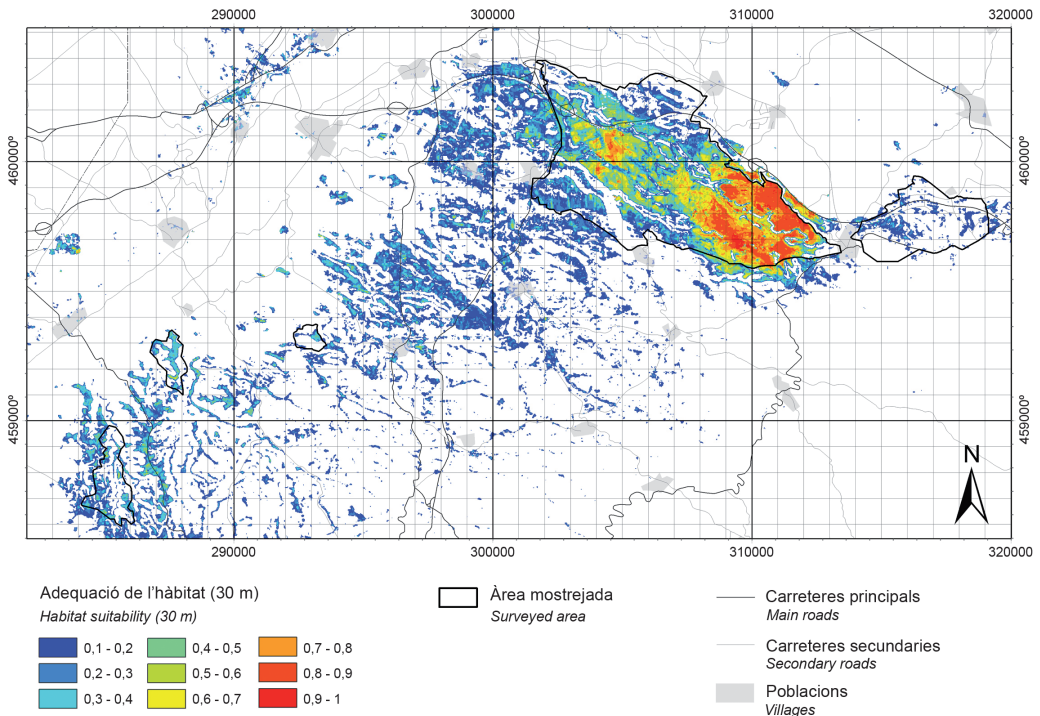


Figura 3. Mapa d'adequació de l'hàbitat de la Ganga a la plana de Lleida durant el període reproductor (abril-juliol) de l'any 2006 estimat a partir de variables ambientals (topogràfiques, climàtiques, activitat humana, derivades de sensors remots i poblacionals).

Habitat suitability map for the Pin-tailed Sandgrouse during the breeding season (April-July, 2006) in the Lleida plains, estimated using environmental variables (topographic, climatic, human activity-related, derivatives from remote sensing and population data for the species in question).

amb les dominants en la resta de la zona d'estudi. A continuació destaquen la temperatura mitjana anual i les variables procedents de sensors remots relacionades amb l'estat de la vegetació (NDVI i derivades). Pel que fa al seu pes en el model, la resta de variables ambientals (climàtiques, topogràfiques i d'influència humana) estarien en un segon terme. D'altra banda, la variable poblacional de contagi (presència/absència en un radi de 2 km) apareix com una variable capital, amb una importància del 40%.

Les zones més adequades per a la Ganga durant el període reproductor, amb un índex d'adequació superior a 0,5 (Figura 3), únicament es troben al sector d'Alfés-Castelldans. Aquesta és l'única zona de tota la plana de Lleida on les taques d'hàbitat es troben agrupades, mostrant una continuïtat espacial per a l'espècie. Fora d'aquest nucli principal, el model prediu altres zones amb valors més baixos d'adequació d'hàbitat (inferiors a 0,4) i menor continuïtat espacial que corresponen a zones on, tot i tenir un hàbitat localitzat potencialment adequat, l'espècie és molt escassa; és el cas del sector d'Aitona-Seròs i NE de Castelldans. El model en aquestes zones, tot i disposar d'observacions estandarditzades dins l'àrea d'estudi, ha de prendre's amb prudència ja que l'àmbit de modelització engloba zones no prospectades. Tot i que MAXENT es caracteritza per poder projectar un model en zones sense informació faunística, aquest ha de prendre's, com s'ha apuntat, amb precaució, especialment en zones no prospectades i amb valors d'adequació baixos (inferiors a 0,4).

Discussió

La Ganga es troba present a Catalunya en una superfície molt reduïda, inferior a 4.000 ha, representant la població més oriental de la península Ibèrica. Sense tenir en compte els quadrats del sector d'Aitona-Seròs, on no es van obtenir evidències de cria segures, el gruix de la població es troba separat per més de 30 km d'hàbitat no favorable (cultius intensius de regadiu bàsicament) de les poblacions aragoneses més properes (Herranz & Suárez 2003, Suárez *et al.* 2006, Sampietro 1998). Tot i això, l'àrea de distribució actual de l'espècie no sembla diferir significativament de la coneguda en les últimes dècades (Muntaner *et al.* 1984, Estrada & Curcó 1991, Curcó &

Estrada 1999). De fet, els sectors de reproducció possible i probable d'Aitona-Seròs o al nord-est de Castelldans obtinguts en el present treball no eren coneguts durant els anys 80 i 90 del segle XX. Encara que hi havia algun indicatiu, aquests no es van poder confirmar a causa d'un menor esforç de camp dels estudis precedents (Muntaner *et al.* 1984, Estrada & Curcó 1991, Estrada *et al.* 1996b, Curcó & Estrada 1999). Tot i això, molt possiblement l'espècie fos més abundant que en l'actualitat, ja que cada cop l'hàbitat adequat per a l'espècie és més escàs, com a conseqüència de la transformació a conreus arboris de regadiu, fins i tot dins de l'actual ZEPA dels secans del Segrià-Utxesa (ES5130038). D'altra banda, en sectors com la timoneda d'Alfés i zones adjacents on era coneguda la seva reproducció, en el present estudi aquesta no es va poder confirmar. Curcó & Estrada (1999) ja mencionaven la rarificació de la Ganga en aquesta zona durant els anys 90 del segle XX i segurament caldria buscar les causes en l'augment de l'activitat aeronàutica, la freqüentació humana així com en l'increment del recobriment i alçada de la vegetació present en aquest espai per l'abandonament del pasturatge oví (Bota *et al.* 2004, Casals *et al.* 2008).

La utilització de models predictius de distribució ha permès desenvolupar el primer mapa de distribució de la Ganga a Catalunya amb una resolució de 20 m, escala molt adient per implementar qualsevol estratègia de gestió, conservació i seguiment. Aquest tipus de cartografia permet disposar d'informació espacialment contínua sobre l'adequació de l'hàbitat de les espècies, fàcilment integrables en processos de decisió i planificació en escales espacials detallades. La incorporació de la variable de contagi espacial en els models predictius de distribució permet donar un pas més enllà en l'obtenció de mapes d'hàbitat potencial ja que incorpora informació ecològica pròpia de l'espècie. En tenir en compte aquesta variable, i assumint que l'àrea de distribució de l'espècie es considera ben coneguda, el model predictiu dona més pes a les zones amb major presència de l'espècie davant d'altres zones amb un hàbitat també òptim però sense presència de la espècie, i s'ajusta molt més a les zones de distribució real.

Comparant la distribució obtinguda en l'Atlas d'1x1 km amb l'obtinguda en els models predictius, s'observa com l'àrea ocupada actualment per la Ganga (tenint en compte evidències de

reproducció possibles, probables i segures) coincideix en gran mesura amb la seva àrea potencial descrita pel model amb valors d'adequació de l'hàbitat superiors a 0,3. Això suggereix un gran solapament entre les zones de reproducció de l'espècie a la plana de Lleida i la disponibilitat d'hàbitat potencial. Aquests resultats indicarien que actualment a la plana de Lleida l'espècie ocuparia gairebé la totalitat de les zones òptimes disponibles dins de la seva àrea de distribució, tot i que poden donar-se casos de reproducció en zones amb baix índex d'adequació, com passa alguns anys al sector occidental. Dins d'aquesta zona potencial, és destacable la continuïtat existent d'hàbitat amb un índex d'adequació superior a 0,5 en el sector Alfés-Castelldans. Dins d'aquesta zona òptima cal destacar la part més oriental, que correspon a la finca de Mas de Melons (finca de titularitat pública d'unes 1.400 ha), amb un índex d'adequació superior a 0,7, que coincideix amb la zona de major densitat de nius trobats en el sector, principalment situats a erms (66% dels nius trobats en aquesta finca el 2005 i 2006; $n = 9$; dades pròpies).

Tot i que l'àrea de distribució ocupada per l'espècie a Catalunya no ha variat significativament en els darrers anys, sí ho ha fet la seva població, amb una reducció xifrada en gairebé el 50% en només 10 anys segons Bota *et al.* (2004). Aquest fet implica que les causes d'aquests canvis poblacionals segurament s'han de buscar en una pèrdua de qualitat de l'hàbitat i no en una desaparició neta a mitjana escala o d'hàbitat potencial. En les últimes dècades s'està produint un procés gradual d'intensificació de l'agricultura europea amb greus conseqüències en les poblacions d'espècies de zones agrícoles (Donald *et al.* 2001). Les zones estepàries catalanes no s'han mantingut al marge d'aquest procés global, i és aquesta una de les principals causes de regressió de l'espècie a escala espanyola (Herranz & Suárez 1999, 2003; Suárez *et al.* 1997). Els guarets són l'ús més utilitzat per la Ganga a la vall de l'Ebre (Suárez *et al.* 2006), de la mateixa manera que a Catalunya, on també s'ha constatat que els guarets són un ús crític i altament seleccionat per l'espècie, encara que la disponibilitat actual d'aquests no supera el 12% de la superfície de secà a les zones amb presència de Ganga (Mañosa *et al.* 1996, Bécares & Raurell 2006). Aquestes xifres queden molt lluny de les dels anys 80 del segle XX, quan els

guarets encara eren força abundants i arribaven a percentatges del 30 i 50% de la superfície total del sòl (Curcó & Estrada 1990).

Aquestes consideracions, juntament amb la sensibilitat observada de la Ganga a les variables relacionades amb l'estat i estructura de la vegetació i la seva preferència per zones amb valors baixos de NDVI, indicarien que les mesures de gestió s'haurien de dirigir de manera preferencial a incrementar la qualitat del microhàbitat disponible per a l'espècie, especialment al sector oriental (Figura 1) on es concentra el gruix de la població. Aquests valors coincideixen amb zones de baixa cobertura vegetal com guarets i erms, amb unes característiques similars a les observades a les parcel·les on s'han trobat nius. De manera paral·lela, també s'hauria de considerar la implementació d'algunes d'aquestes mesures de gestió en zones amb taques d'hàbitat amb una idoneïtat relativament més baixa situades en les proximitats de les zones nucli actuals, per intentar recuperar part de l'àrea de distribució. Aquestes zones, com per exemple en el sud-oest del sector oriental i el sector occidental (Figura 1), actualment en procés de transformació a regadiu o amb una escassa presència de guarets, o algunes àrees a l'est de Castelldans i zones adjacents a l'abocador de Montoliu, podrien ser probablement reocupades per la Ganga si el seu microhàbitat fos gestionat de manera adient (Bécares & Brotons 2006). En aquesta línia d'actuació, la implementació d'accions en el sector occidental (Aitona-Seròs) (Figura 1) hauria de permetre acostar les poblacions aragoneses i catalanes i així facilitar la connectivitat entre les dues reduint la distància entre les mateixes a uns 10 - 15 km. En aquest sector occidental, ni l'any 2005 ni al 2006 es va poder confirmar la reproducció, a diferència del període 1999-2002 quan almenys hi havia una evidència segura de cria (Bota *et al.* 2004) o l'any 2004 quan es va trobar un niu (Sales 2006). Aquesta zona, en tractar-se d'un àrea perifèrica en la distribució actual, pot presentar depenent de la primavera una forta variació interanual en el nombre d'individus presents, però sempre en baix nombre. La progressiva substitució de cultius de cereal, guarets i erms per fruiters de regadiu (principalment pesseguers), ha fet reduir l'hàbitat adequat a mitjana i petita escala (microhàbitat). En aquest cas la recuperació de l'hàbitat per l'espècie no només passa per la millora del microhàbitat,

sinó també per la restauració a mitjana escala, tot recuperant zones transformades de nou a conreus herbacis de secà.

A causa de la situació actual de l'espècie és urgent posar en marxa mesures de gestió actives (potenciació de guarets i recuperació d'ermes amb estructures adients per a l'espècie, manteniment i creació d'abeuradors, control de l'expansió de cultius arboris, reducció de l'activitat aeronàutica a la timoneda d'Alfés, etc.) que permetin conservar i recuperar la població catalana de Ganga. Sense l'aplicació de mesures específiques de conservació i amb l'agreujant de la recent retirada en la PAC del guaret obligatori en el cultius de cereal (Bird-Life International 2008) el futur a mig termini d'aquesta espècie a Catalunya és incert.

Agraïments

A tota la gent que ha col·laborat en algun dels censos i molt especialment a l'Arnau Bonan, David Giralt, Montse Raurell, David Guixé, Anna Ponjoan i Joan Castelló. També volem agrair el seu suport a la Cristina Torres, Ferran Broto, Fermí Sort, Jaume Bonfil, Francesc Pont, Quim Bach, Manel Pomarol, Eli Miralles, Albert Burgas, Dani Villeró, Judit Moncunill, Núria Serena, Sergi Ricart, Lúcia Sobrevias, Jordi Izquierdo, Jordi Pinyol, Montse Rodríguez, Martí Rodríguez, Anna Varea, Alexandra Aparicio, Pierrot, Elena López, Sara Vallecillo, Ferran Fontelles, Xavi Dot, Eli Montserrat, Juan Martínez Gil, Oriol Lapiedra, Isaac Julián, Xavi Larruy, Marcel Gil, Clelia Sirami, Josep Puig, Albert Gispert, Barry McMahon, Marc Antón, i Josep M^a Pibrall. També a Carlos Camino per la preparació de la base de dades de les variables procedents de sensors remots i a Pep Arcos per la revisió del manuscrit, així com a Sergi Herrando i als dos revisors anònims per les seves aportacions. Aquest projecte ha rebut el suport financer del Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya i de REGSEGA (Reg Sistema Segarra-Garrigues, SA), i tot el treball de camp s'ha emmarcat dins del Programa de Seguiment Anual de la població de pteròclids que realitza el Centre Tecnològic Forestal de Catalunya.

Resum

Distribució i identificació de zones òptimes per la Ganga *Pterocles alchata* a Catalunya durant el període reproductor

A partir de censos estandaritzats i no estandaritzats, es van obtenir una sèrie d'evidències de reproducció que han permès elaborar un atlas de distribució de

l'espècie a Catalunya a una resolució de 1x1 km. A més, a partir de les observacions estandaritzades i de diverses variables ambientals i poblacionals, s'han pogut desenvolupar models d'adequació de l'hàbitat a una resolució de 20 m mitjançant el software MAXENT. En total s'han obtingut quaranta-tres quadrats amb alguna evidència de reproducció, dels quals trenta-set es troben en el principal nucli reproductor de l'espècie a Catalunya (Secà d'Alfés-Castellans). Aquí es troben els dotze quadrats amb evidències de reproducció segura identificades, les quals mostren una marcada continuïtat espacial. Els models d'adequació de l'hàbitat mostren un gran solapament amb els quadrats amb major concentració d'evidències de cria i mostren com l'espècie utilitza de manera exclusiva mosaics extensius de secà, bàsicament zones planes, amb baix índex de verdor (NDVI), i amb temperatures mitjanes i màximes més altes que les dominants en la resta de la zona. El contagi espacial entre les dades de presència apareix com una variable molt important. L'àrea ocupada actualment per la Ganga coincideix en gran mesura amb la disponibilitat d'hàbitat potencial que han mostrat els models, tenint en compte el contagi espacial com a variable. Aquestes consideracions suggereixen que les mesures de gestió haurien de concentrar-se de manera efectiva a les zones ocupades en l'actualitat. Cal destacar que la sensibilitat observada a les variables relacionades amb l'estat i estructura de la vegetació i la seva preferència per zones amb valors baixos de NDVI indiquen que les mesures de gestió tals com la creació i manteniment de guarets i erms s'haurien de portar a terme per incrementar la qualitat del microhàbitat disponible per a l'espècie.

Resumen

Distribución e identificación de zonas óptimas para la Ganga *Pterocles alchata* en Cataluña durante el período reproductor

A partir de censos estandarizados y no estandarizados, se obtuvieron una serie de evidencias de reproducción de la Ganga Ibérica en Cataluña que han permitido elaborar un atlas de distribución a una resolución de 1x1 km. Además, a partir de las observaciones estandarizadas y de diversas variables ambientales y poblacionales, se han podido desarrollar modelos de adecuación del hábitat en una resolución de 20 m mediante el software MAXENT. En total se han obtenido cuarenta y tres cuadrículas con alguna evidencia de reproducción, de las cuales treinta y siete se encuentran en el principal núcleo reproductor de la especie en Cataluña (Secà de Alfés-Castellans). Aquí se encuentran las doce cuadrículas con evidencias de reproducción segura identificadas, las cuales presentan una clara continuidad espacial. Los modelos

de adecuación del hábitat muestran un gran solapamiento con las cuadrículas con mayor concentración de evidencias de cría y muestran como la especie utiliza de forma exclusiva mosaicos extensivos de secano, básicamente planícies, con bajo índice de verdor (NDVI) y con temperaturas medias y máximas más altas que las dominantes en el resto de la zona. El contagio espacial entre los datos de presencia aparece como una variable muy importante. El área ocupada actualmente por la Ganga Ibérica coincide en gran medida con la disponibilidad de hábitat potencial que han mostrado los modelos teniendo en cuenta el contagio espacial como variable. Estas consideraciones sugieren que las medidas de gestión deberían concentrarse de manera efectiva en las zonas ocupadas en la actualidad. Cabe destacar que la sensibilidad observada en las variables relacionadas con el estado y estructura de la vegetación y su preferencia por zonas con valores bajos de NDVI indica que las medidas de gestión tales como la creación y mantenimiento de barbechos y eriales deberían llevarse a cabo para incrementar la calidad del microhábitat disponible para la especie.

Bibliografía

- Astrain, C. Etxeberría, A. & Elósegui, J.** 1995. *Inventario y categorización de áreas de interés para la conservación de la avifauna esteparia en Navarra*. Pamplona: Gobierno de Navarra. Informe inédito.
- Bécares, J. & Brotons, L.** 2006. *Seguiment de la població de pteròclids a Catalunya*. 2006. Solsona: Departament de Medi Ambient i Centre Tecnològic Forestal de Catalunya. Informe inédit.
- Bécares, J. & Raurell, M.** 2006. Importància dels guarets per als pteròclids a les pseudoestepes catalanes. *Plomes* 1: 7–9.
- BirdLife International.** 2004. *Birds In Europe: Population estimates, trends and conservation status*. BirdLife Conservation Series No.12. Cambridge: BirdLife International.
- BirdLife International.** 2008. Abolition of set-aside in Europe threatens farmland birds. Disponible on line en: www.biodiversityinfo.org/sowb/casestudy.php?r=pressure&id=115.
- Bota, G., Estrada, J. & Guixé, D.** 2004. Ganga (*Pterocles alchata*). In Estrada, J., Pedrocchi, V., Brotons, L. & Herrando, S. (eds.) 2004. *Atlas dels ocells nidificants de Catalunya 1999-2002*. Pp. 258–259. Barcelona: Institut Català d'Ornitologia (ICO) / Lynx Edicions.
- Casals, P., Baiges, T., Bota, G., Chocarro, C., de Bello, F., Fanlo, R., Bastià, M.T. & Tauli M.** 2008. Silvopastoral systems in NE of the Iberian peninsula. A multifunctional perspective. In Rigueiro A., McAdam J., Mosquera M.R. (eds.): *Advances in Agroforestry. Agroforestry in Europe: current status and future prospects*. Vol. 6. Pp. 161–181. Berlin: Springer Verlag.
- Conesa, J.A.** 2006. Les unitats paisatgístiques. In Casals, F. & Sanuy, D. (eds.): *La fauna vertebrada a les terres de Lleida*. Pp. 49–69. Lleida: Edicions Universitat de Lleida.
- Chavez Jr., P.S.** 1996. Image-based atmospheric correction - Revisited and improved. *Photogramm. Eng. Rem. S.* 62 (9): 1025–1036.
- Curcó, A. & Estrada, J.** 1990. *La Xurra (Pterocles orientalis) i la Ganga (Pterocles alchata) a Catalunya: ecologia, evolució, cens, causes de regressió i mesures de protecció*. Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca, Generalitat de Catalunya. Informe inédit.
- Curcó A. & Estrada, J.** 1999. Distribución y abundancia en Cataluña. In Herranz, J. & Suárez, F. (eds.): *La Ganga Ibérica (Pterocles alchata) y la Ganga Ortega (Pterocles orientalis) en España. Distribución, abundancia, biología y conservación*. Pp. 55–61. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente.
- Cristóbal, J., Pons, X. & Serra, P.** 2004. Sobre el uso operativo de Landsat-7 ETM+ en Europa. *Revista de Teledetección* 21: 55–59.
- De Borbón, M. N., Barros, C., Guadalfajara, R., de Juana, E. & Herranz, J.** 1999. Parámetros reproductivos de la Ganga Ibérica (*Pterocles alchata*) y la Ganga Ortega (*Pterocles orientalis*). In Herranz, J. & Suárez, F. (eds.): *La Ganga Ibérica (Pterocles alchata) y la Ganga Ortega (Pterocles orientalis) en España. Distribución, abundancia, biología y conservación*. Pp. 239–260. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente.
- De Juana, E.** 1997. Family Pteroclididae (Sandgrouse). In del Hoyo, J., Elliott, A. & Sargatal, J. (eds.): *Handbook of the Birds of the World. Vol 4. Sandgrouse to cuckoos*. Barcelona: Lynx Edicions.
- Donald, P.F., Green, R.E. & Heath, M.F.**, 2001. Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations. *Proc. R. Soc. Lond. B* 268: 25–29.
- Elith, J., Graham, C.H., Anderson, R.P., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, R.J., Huettmann, F., Leathwick, J.R., Lehmann, A., Li, J., Lohmann, L.G., Loiselle, B.A., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., Overton, J.M., Peterson, A.T., Phillips, S.J., Richardson, K., Scachetti-Pereira, R., Schapire, R.E., Soberon, J., Williams, S., Wisz, M.S. & Zimmermann, N.E.** 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129–151.
- Estrada, J. & Curcó, A.** 1991. La Xurra *Pterocles orientalis* i la Ganga *Pterocles alchata* a Catalunya: evolució i situació actual. *Butlletí del Grup Català d'Anellament* 8: 1–8.
- Estrada, J., Folch, A., Mañosa, S., Bonfil, J., González-Prat, F. & Orta, J.** 1996a. Avifauna estèpica de la Depressió del Ebro catalana: distribució i estima poblacional. In Fernández, J. & Sanz-Zuasti, J. (eds.): *Conservación de las aves esteparias y su hábitat*. Pp. 121–130. Valladolid: Junta de Castilla-León.
- Estrada, J., Folch, A., Mañosa, S., Bonfil, J., González-Prat, F. & Orta, J.** 1996b. Aves de las áreas estèpicas catalanas. Distribución y abundancias. *Actas de las XII Jornadas Ornitológicas Españolas*. Pp. 55–70. Almería: Instituto de estudios Almerienses & Diputación de Almería.
- Estrada, J., Pedrocchi, V., Brotons, L. & Herrando, S.** (eds.) 2004. *Atlas dels ocells nidificants de Catalunya 1999-2002*. Barcelona: Institut Català

- d'Ornitologia (ICO) / Lynx Edicions.
- Estrada, J.** 2004. Ganga (*Pterocles alchata*). In Calvet, J., Estrada, J., Mañosa, S., Moncasí, F. & Solans, J. (eds.): *Els ocells de la Plana de Lleida*. Pp. 245–247. Lleida: Pagès Editors.
- Ferns, P.N. & Hinsley, S.A.** 1999. El comportamiento de las gangas (*Pterocles alchata* y *P. orientalis*), con especial referencia a los bebederos y al efecto de los depredadores. In Herranz, J. & Suárez, F. (eds.): *La Ganga Ibérica (Pterocles alchata) y la Ganga Ortega (Pterocles orientalis) en España. Distribución, abundancia, biología y conservación*. Pp. 177–194. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente.
- Ferrier, S., Watson, G., Pearce, J. & Drielsma, M.** 2002. Extended statistical approaches to modelling spatial pattern in biodiversity in northeast New South Wales. I. Species modelling. *Biodivers. Conserv.* 11: 2275–2307.
- Guadalfajara, R.** 1985. *Contribución al estudio de la biología de Pterocles alchata en un área esteparia de la Depresión Media del Ebro*. Tesis de licenciatura. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Guisan A. & Zimmerman N.E.** 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecol. Model.* 135: 147–186.
- Herranz J. & Suárez F.** 1999. *La Ganga Ibérica (Pterocles alchata) y la Ganga Ortega (Pterocles orientalis) en España. Distribución, abundancia, biología y conservación*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente.
- Herranz, J. & Suárez, F.** 2003. Ganga Ibérica *Pterocles alchata*. In Martí, R. & del Moral, J.C. (eds.): *Atlas de las Aves Reproductoras de España*. Pp. 364–365. Madrid: Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Sociedad Española de Ornitología.
- Irish, R.** 2000. Landsat 7 Automatic cloud cover assessment. Algorithms for multispectral, hyperspectral and ultraspectral imagery. *Proceedings of SPIE*. Vol. 4049: 348–355.
- Madroño, A., González, C. & Atienza, J.C.** (eds.). 2005. *Libro Rojo de las Aves de España*. Madrid: Dirección General para la Biodiversidad-SEO/BirdLife.
- Mañosa, S., Estrada, J., Folch, A., Orta, J., González-Prat, F. & Bonfil, J.** 1996. Bird-habitat relationships in the Catalan Steppes. In Fernández, J. & Sanz-Zuasti, J. (eds.): *Conservación de las aves esteparias y su hábitat*. Pp. 153–160. Valladolid: Junta de Castilla-León.
- Martínez-Vilalta, A.** 2001 (ed.). *Anuari d'ornitologia de Catalunya*. 1998. Barcelona: Grup Català d'Anellament.
- Muntaner, J., Ferrer, X., & Martínez-Vilalta, A.** 1984. *Atlas dels ocells nidificants de Catalunya i Andorra*. Barcelona: Ketres.
- Ninyerola, M., Pons, X., & Roure, J.M.** 2000. A methodological approach of climatological modeling of air temperature and precipitation through GIS techniques. *Int. J. Climatol.* 20: 1823–1841.
- Phillips, S.J., Anderson, R. & Schapire, R.E.** 2006. A maximum entropy modelling of species geographic distributions. *Ecol. Model.* 190: 231–259.
- Pons, X.** 1996. Estimación de la radiación solar a partir de modelos digitales de elevaciones. Propuesta metodológica. In Juaristi, J. & Moro, I. (eds.): *VII Coloquio de Geografía Cuantitativa, Sistemas de Información Geográfica y Teledetección*. Vitoria-Gasteiz.
- Rouse, J.W., Haas, Jr., R.H., Schell, J.A. & Deering, D.W.** 1973. *Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation*. Prog. Rep. RSC 1978-1, Remote Sensing Center, Texas A&M Univ., College Station, 93p.
- Sampietro, F.J.** 1998. *Aves de Aragón: Atlas de especies nidificantes*. Zaragoza: Diputación General de Aragón e Ibercaja.
- Sales, S. (ed.)**. 2002–2005. *Anuari d'Ornitologia de Catalunya*. 2002–2005. Barcelona: Institut Català d'Ornitologia.
- Suárez, F., Martínez, C., Herranz, J. & Yanes, M.** 1997. Conservation status and farmland requirements of Pin-tailed Sandgrouse (*Pterocles alchata*) and Black-Bellied Sandgrouse (*Pterocles orientalis*) in Spain. *Biol. Conserv.* 82: 73–80.
- Suárez, F., Herranz, J., Martínez, C., Manrique, J., Astrain, C., Echevarria, A., Curcó, A., Estrada, J. & Yanes, M.** 1999. Utilización y selección del hábitat de las gangas ibérica y ortega en la Península Ibérica. In Herranz, J. & Suárez, F. (eds.): *La Ganga Ibérica (Pterocles alchata) y la Ganga Ortega (Pterocles orientalis) en España. Distribución, abundancia, biología y conservación*. Pp. 127–156. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente.
- Suárez, F. & Herranz, J.** 2005. Ganga ibérica *Pterocles alchata*. In Madroño, A., González, C. & Atienza, J.C. (eds.): *Libro Rojo de las Aves de España*. Madrid: Dirección General para la Biodiversidad-SEO/BirdLife.
- Suárez, F., Hervás, I., Herranz, J. & Del Moral, J.C.** 2006. *La Ganga Ibérica y la Ganga Ortega en España: población en 2005 y método de censo*. Madrid: SEO/BirdLife.
- Tucker, G.M. & Heath, M.F.** 1994. *Birds in Europe: their conservation status*. BirdLife Conservation Series nº 3. Cambridge: BirdLife International.
- Webs de descàrrega d'informació cartogràfica:**
 Atles climàtic digital de la Península Ibèrica
<http://opengis.uab.es/wms/iberia/mms/> <http://magno.uab.es/atles-climatic/es_index.htm>
 Mapa de nuclis urbans del DMAH:
http://mediambient.gencat.net/esp/el_departament/cartografia/inici.jsp