

CARRONYERS ANTÀRTICS: ELS PETRELLS GEGANTS

SEGREGACIÓ SEXUAL I INTERESPECÍFICA DEL NÍNXOL ECOLÒGIC

Escrit per:

Jacob González-Solís Bou

Dept. de Biologia Animal
Universitat de Barcelona i
British Antarctic Survey
of Cambridge, UK

L'ecosistema antàrtic és extraordinàriament productiu. Poblacions molt nombroses d'ocells marins i de pinnípedes exploten l'abundància d'aliment; molts d'ells aprofiten la relativa bonança climàtica de les illes subantàrtiques per a reproduir-se, tot arribant a formar colònies de desenes de milers d'individus. Quan pingüins, foques, elefants i lleons marins moren, els petrells gegants són la clientela principal dels seus cadàvers: ells són els principals carronyaires dels ambients antàrtics i subantàrtics (Figura 1).

Existeixen dues espècies bessones de petrells gegants, els del nord (*Macronectes halli*) i els del sud (*M. giganteus*). Ambdues espècies són tan similars que només es diferencien amb certesa pel color de la punta del bec, vermellosa en els primers i verdosa en els segons. Els petrells gegants són els representats de mida més gran de la família dels procel·làrids, amb un pes d'entre 4 i 6 kg i uns 2 metres d'envergadura alar. L'ecologia d'ambdues espècies és molt similar, excepte pel que fa a la fenologia de cria: els petrells gegants del nord posen el seu únic ou uns 40 dies abans que els del sud als 4 arxipèlags subantàrtics on ambdues espècies crien plegades (Hunter, 1987, González-Solís, 2004b). Malgrat que el petrell gegant del sud és lleugerament més gran que el del nord, la diferència de mida entre sexes és més marcada que entre espècies. En efecte, els mascles són entre un 16 i un 35 % més pesats que les femelles. La similitud entre ambdues espècies



i l'acusat dimorfisme sexual en la mida (d'entre els més grans en els ocells marins), els fa un cas excepcional per investigar la segregació sexual i interespecífica del nínxol ecològic.

En els ocells, mascles i femelles poden variar considerablement en la manera d'explotar els recursos, tant en la dieta com en l'activitat o les àrees d'aliment. Els primers estudis d'alimentació en petrells gegants van trobar diferències importants en la dieta entre mascles i femelles. Els mascles s'alimenten de carronya de pingüins i pinnípedes gairebé de forma exclusiva. En canvi, les femelles a més de la carronya també incorporen altres preses més marines, com ara peix, cefalòpodes o krill. Pel què fa a les diferències entre espècies, a part d'un major consum de carronya de llops marins per part dels mascles de petrells gegants del nord, totes dues espècies exploten recursos similars (Hunter, 1983; Hunter and Brooke, 1992). Les diferències sexuals en la dieta han estat confirmades mitjançant l'ús d'eines més sofisticades com ara l'anàlisi d'isòtops estables de nitrogen i carboni (González-Solís and Croxall, 2005), o l'anàlisi de metalls pesants (Figura 2, González-Solís et al., 2002b, Becker et al., 2002).

Seguiment dels moviments dels petrells gegants

Actualment, les diferències sexuals i interespecífiques en la recerca d'aliment poden ser estudiades mitjançant l'ús d'instruments electrònics com els emissors per satèl·lit, els geolocalitzadors per nivells de llum (GLS) o els sensors d'activitat. A les illes Geòrgies del sud, el seguiment per satèl·lit de petrells gegants d'ambdues espècies durant la incubació



Figura 1. Un petrell gegant del nord (superior) i un dels sud (inferior) alimentant-se de carronyes de llop marí (*Arctocephalus gazella*). El color vermell són restes de sang. © Jacob González-Solís



va revelar que la majoria de mascles buscaven l'aliment en les àrees costaneres properes a la colònia de cria mentre que les femelles viatjaven a mar obert (Figura 3) (González-Solís et al., 2000a). A més dels transmissors per satèl·lit, alguns animals van ser equipats amb sensors d'aigua salada a la pota, els quals enregistraven els períodes en què l'ocell es capbussava o descansava sobre la superfície del mar. Aquests sensors van revelar que els petrells gegants poden volar fins a 22 hores al dia. També van mostrar que els viatges costaners estaven associats a períodes sense contacte amb l'aigua marina. Aquest fet confirmava que aquesta mena de viatges estan associat a l'explotació de carronyes a les platges de les Geòrgies del sud (González-Solís et al., 2002a).

D'altra banda, els emissors per satèl·lit van revelar que els viatges de petrells gegants del nord eren principalment cap a àrees més al nord i a l'oest de la colònia de cria, just al contrari que els petrells gegants del sud (Figura 3).

Malgrat que els petrells gegants van mostrar una notable segregació sexual i interespecífica en les àrees d'alimentació durant la reproducció, no vam poder estudiar els moviments durant l'hivern fins al desenvolupament dels geolocalitzadors per nivells de llum (Global Location System) per part dels enginyers del British Antarctic Survey (Afanasyev, 2004). Un geolocalitzador només pesa uns 10 g, cosa que permet adherir-lo a una anella de PVC i col·locar-lo a la pota d'un petrell. Aquest aparell està equipat amb un rellotge intern, un microxip, una bateria i una cèl·lula fotoelèctrica, de manera que enregistra els nivells de llum al llarg del dia i la nit. Per tal com la durada del dia depèn de la latitud i l'hora de l'alba i el crepuscle depenen de la longitud, un registre continu de les intensitats de llum permet determinar la posició d'un ocell dos cops al dia (Figura 4).

Els geolocalitzadors són menys precisos que els emissors per satèl·lit, però l'error de posicionament (entre 100 i 200 km) no és tan important quan estem estudiant ocells que són capaços de desplaçar-se milers de quilòmetres en pocs dies (Phillips et al., 2003). Aquests instruments permeten el seguiment de l'animal durant tot l'any, donant, per tant, informació sobre les àrees d'hivernada (Figura 5). Els geolocalitzadors van mostrar que els petrells gegants del nord que crien a les Geòrgies del sud hivernen principalment al voltant de les illes Malvines i la plataforma Patagònica. Els petrells gegants del sud, en canvi, es troben més restringits a la zona al voltant de les colònies de cria, en particular pel que fa als mascles d'aquesta espècie. Aquestes diferències també van quedar reflexades en els nivells de contaminació per metalls pesants de cada

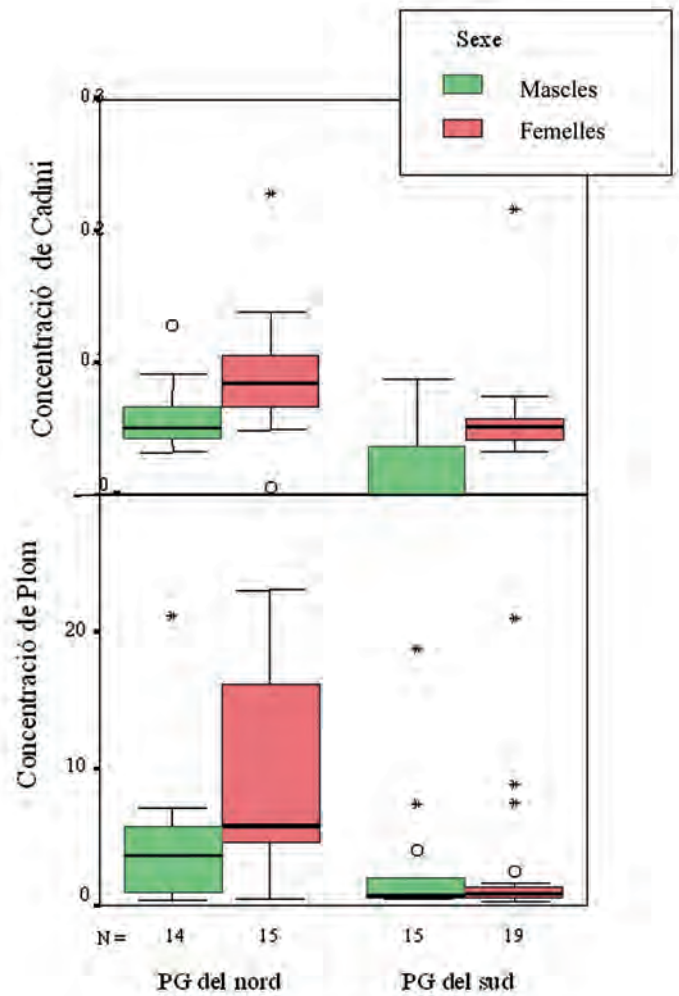


Figura 2. Concentració mediana ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de pes sec) de cadmi i plom de mascles i femelles de petrells gegants del nord i del sud. Les femelles presenten valors més alts en totes dues espècies conseqüència d'un major consum de preses marines. Els petrells gegants del nord presenten nivells més alts degut a que freqüentment la plataforma patagònica (més contaminada) amb més assiduitat que els petrells gegants del sud, més restringits als ambients antàrtics. Les caixes representen el rang interquartil, els intervals, el rang de les dades i les rodones i asteriscs alguns valors extrems.

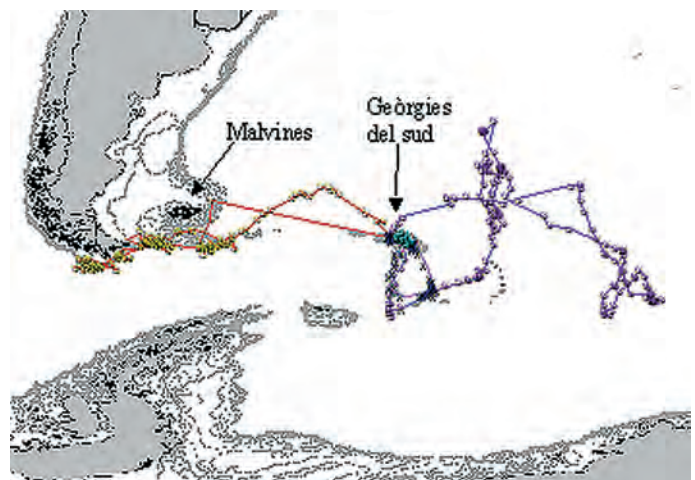


Figura 3. Un viatge representatiu d'un mascle i una femella de cada espècie durant el període d'incubació. Mascles en símbols rodons i femelles en quadrats. Petrells gegants del nord en colors clars i del sud en colors foscos.

espècie. Com la plataforma patagònica està molt més contaminada que no pas les aigües antàrtiques que envolten l'àrea de cria, els petrells gegants del nord van presentar un nivell de cadmi i plom superiors que els petrells gegants del sud (Figura 2, González-Solís et al., 2002b).

Atès que els geolocalitzadors enregistren els nivells de llum durant el dia i la nit, aquests instruments també es poden utilitzar per estudiar l'associació dels petrells gegants amb les pesqueries nocturnes, principalment amb les poteres que exploten el calamar al talús patagònic. Aquestes pesqueries produeixen més llum que la ciutat de Barcelona i, per tant, els seus moviments nocturns es poden controlar mitjançant determinats sensors de telemetria per satèl·lit (Rodhouse et al., 2001). Si un ocell s'apropa durant la nit a un vaixell que utilitza llums per atreure als calamars, el geolocalitzador enregistra un pic de llum enmig de la nit. Els pics de llum nocturns ens mostren que els mascles de petrell gegant del nord només s'associen a aquestes pesqueries durant l'hivern mentre que les femelles ho fan durant tot l'any, cosa que confirma el caràcter més pelàgic de les femelles. En canvi, els petrells gegants del sud, atès que no freqüenten la plataforma patagònica, gairebé no van enregistrar pics de llum nocturns.

Els geolocalitzadors també ens van servir per avaluar l'activitat terrestre dels petrells gegants durant el dia. És només quan estan a terra que aquests ocells poden asseure's sobre el geolocalitzador, evitant que li arribi la llum i, en conseqüència, interrompent el registre d'intensitats de llum. Durant l'època de cria, els mascles van mostrar una activitat terrestre més acusada que les femelles, mostrant-nos un cop més els seus hàbits particularment carronyaires associats a platges i ambients costaners.

L'explotació diferencial d'ambients pelàgics i costaners per part de mascles i femelles implica una diferència fonamental quant a distàncies recorregudes, patrons espacials i predictibilitat dels recursos. Vam estudiar aquest aspecte a fons en el petrell gegant del nord durant

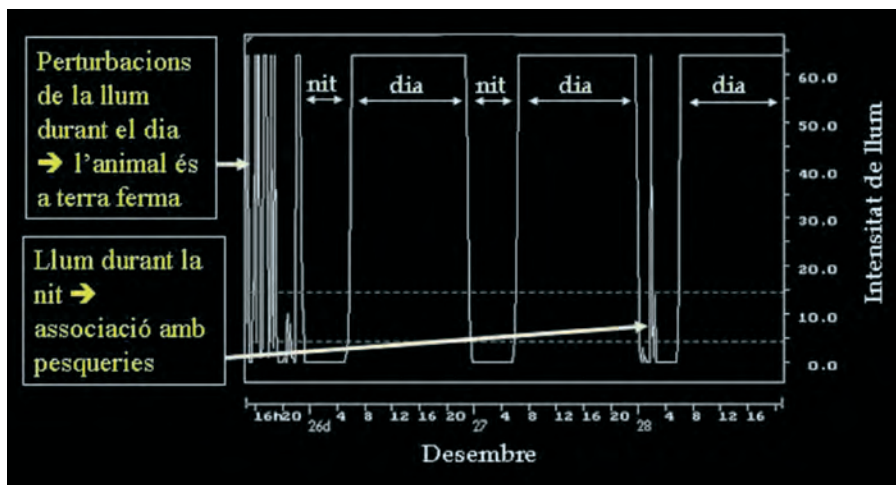


Figura 4. Finestra de treball de les dades obtingudes a partir d'un geolocalitzador on es pot observar el perfil de llum durant 3 dies, així com les pertorbacions d'aquest perfil degudes a l'associació amb pesqueries o a l'activitat a terra ferma.

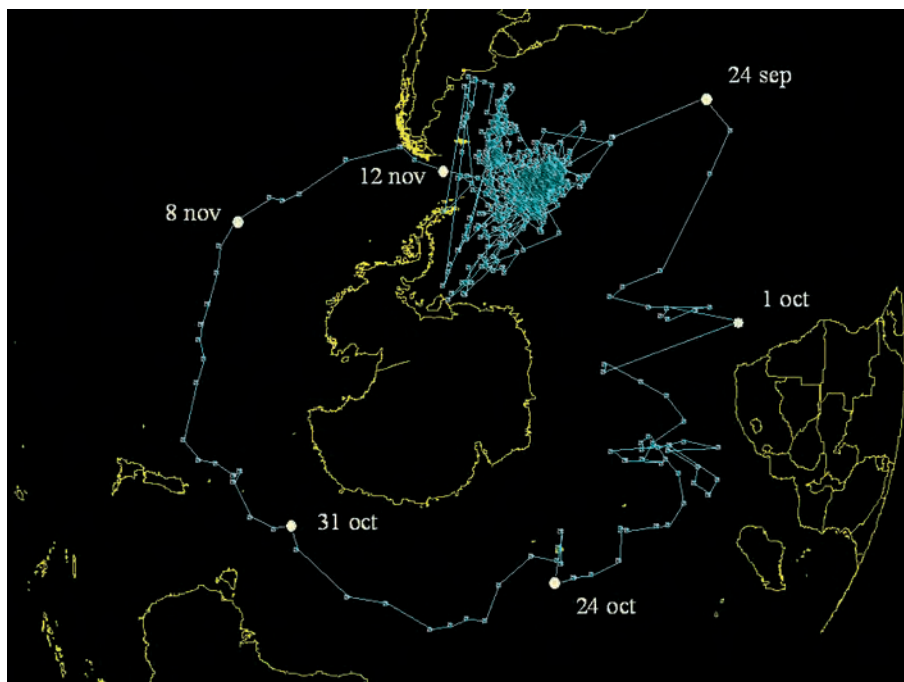


Figura 5. Viatge al llarg d'un any d'una femella de petrell gegant del sud. Mentre que les migracions circumpolars són normals fins que els petrells gegants arriben a la maduresa sexual (als 6-7 anys d'edat), en els adults són viatges excepcionals, ja que la majoria d'individus es mouen tot l'any en un radi d'uns 2000 km al voltant de la colònia de cria.

la incubació. L'esforç en la recerca d'aliment dels mascles va ser menor que el de les femelles. En efecte, les distàncies recorregudes, la velocitat mitjana del vol i la duració dels viatges de recerca de l'aliment van ser substancialment més grans per a les femelles que per als mascles (González-Solís et al., 2000b). Aparentment, la carronya és un recurs més impredecible que les preses marines,

però la seva proximitat i abundància al voltant de l'àrea de cria fan que sigui un recurs més profitós.

L'evolució de la mida corporal, el dimorfisme i la segregació sexual.

La mida desproporcionadament gran dels petrells gegants comparat amb la resta d'espècies de la seva família

sembla indicar que en el passat es va produir un procés de selecció direccional que va afavorir un increment de la mida del cos. Segurament la mida va créixer a partir d'una carrera d'armament evolutiva esperonada per les lluites entre mascles. Es desconeix si aquestes lluites entre mascles es produïen per l'accés a les femelles o a la carronya. No obstant això, el fet de que les diferències de la mida corporal vagin acompanyades de diferències encara més acusades en la mida del bec suggereix que les lluites podrien haver estat més relacionades amb l'accés a l'aliment que a les femelles. Alguns indicis suggereixen que la correlació genètica entre sexes va produir un augment paral·lel de la mida de les femelles, tal vegada més enllà del seu punt òptim.

D'ençà que Darwin va formular la teoria evolutiva hi ha hagut una intensa discussió entre els ecòlegs sobre si el dimorfisme sexual i la segregació sexual al nínxol tròfic que acostuma a acompanyar-lo, poden ser originats per selecció natural o només per selecció sexual. La hipòtesi de la selecció natural postula que el motor del dimorfisme sexual és la disminució de la competència per l'aliment entre mascles i femelles, cosa que augmentaria l'eficàcia biològica dels individus. La hipòtesi de la selecció sexual, en canvi, suggereix que l'evolució del dimorfisme sexual es produeix a través d'un major èxit en l'aparellament dels individus més grossos. Una mida més gran pot ser un indicador de la qualitat individual o pot ser més avantatjosa en les lluites entre individus d'un mateix sexe per tal d'aparellar-se. D'aquesta manera, la mida del cos així com la mida o color d'alguns trets corporals són sovint utilitzats pel sexe contrari, típicament les femelles, per tal d'avaluar la qualitat individual i seleccionar la parella. En general es considera que la selecció sexual és la força més important que origina i promou el dimorfisme sexual (Andersson, 1994). No obstant això, alguns autors consideren que la selecció natural, a través de la segregació sexual en l'explotació dels recursos, pot accentuar el dimorfisme sexual (Selander, 1972; Shine, 1989). A més del dimorfisme en la mida del cos, també es poden desenvolupar altres trets corporals més enllà de l'esperat per les pròpies diferències corporals entre sexes. Aplicant mètodes per estudiar les relacions d'isometria entre mascles i femelles vam poder veure que, mentre la longitud del tars entre sexes és proporcional al dimorfisme, els mascles tenen un bec proporcionalment més grans i unes ales proporcionalment més petites respecte a les femelles (Figura 6, González-Solís, 2004a). Probablement aquestes diferències estan

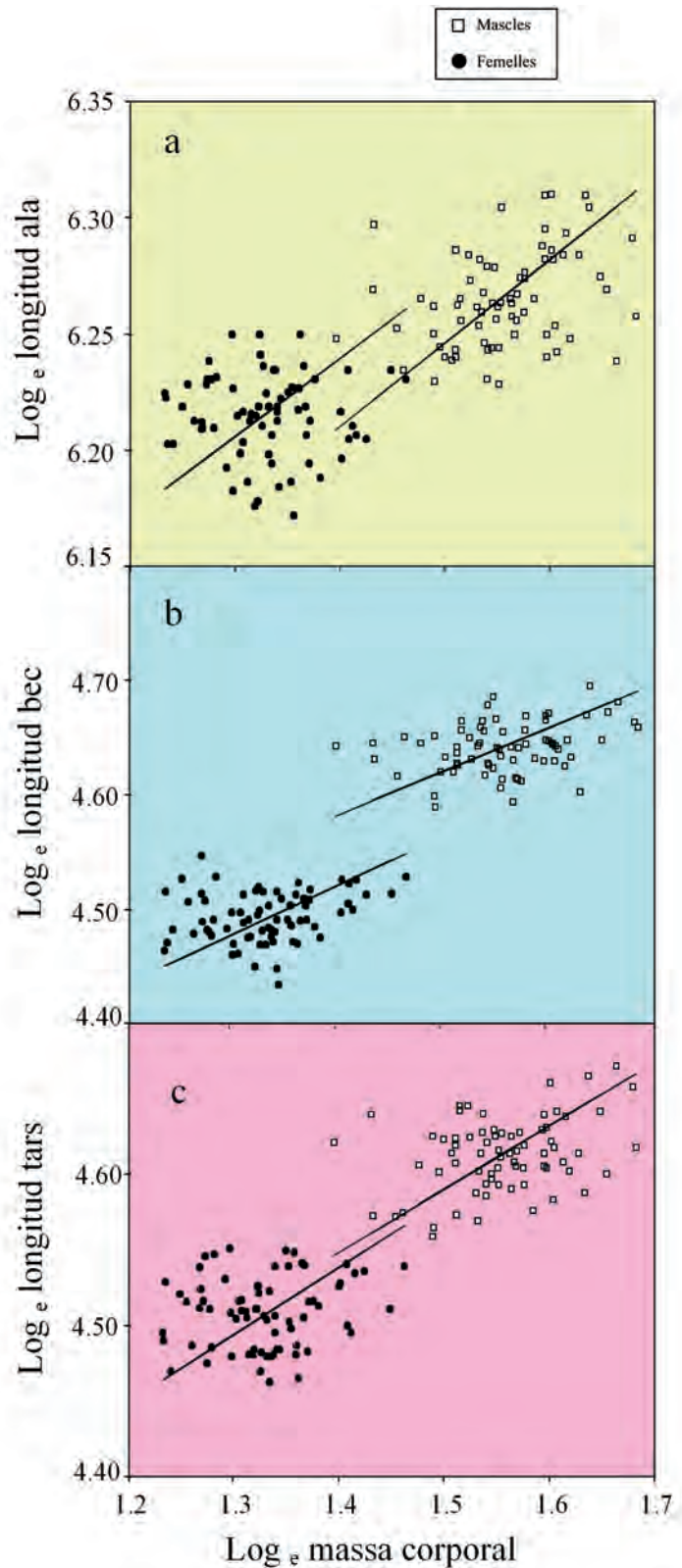


Figura 6. Relacions d'isometria entre mascles i femelles de petrell gegant del nord per a la longitud del tars, l'ala i el bec (cm) en relació a la massa corporal (kg) de 71 mascles (quadrats buits) i 77 femelles (cercles plens). El tars és proporcional a la mida de cada sexe, de manera que les rectes de cada sexe es podrien fondre en una sola recta. No obstant, en el cas de l'ala i el bec, s'observa un decalatge de les rectes entre mascles i femelles (una diferència en la constant de la recta). Aquest decalatge indica que l'ala és proporcionalment més gran en les femelles mentre que el bec és proporcionalment més gran en els mascles, respecte a la mida d'aquests mateixos trets del sexe contrari. Els pendents de les rectes no van diferir en cap cas del valor 1/3, el valor esperat sota la hipòtesi d'isometria.



A dalt: Base científica de Bird Island (Geòrgies del sud), des d'on es van realitzar els estudis sobre petrells gegants. **A la dreta:** Al fons de l'embarcador hi ha el lavabo de la base de Bird Island, un dels llocs més inaccessibles de la base quan els llops marins estan en plena reproducció...

© Jacob González-Solís



A dalt: Una de les colònies més nombroses de pingüí reial (*Aptenodytes forsterii*) de les Geòrgies del sud, visitada freqüentment pels petrells gegant a la recerca de pingüins morts. © Jacob González-Solís

relacionades amb el rol funcional d'aquestes estructures en cada sexe. L'explotació de les carronyes sovint implica lluites més o menys ritualitzades entre els individus que pretenen aprofitar-les. Becs més grans en els mascles els pot fer més eficients a l'hora de desmembrar la carn així com en les lluites per accedir a les carronyes, desplaçant les femelles. En canvi, ales més llargues en les femelles probablement permet gaudir d'una menor càrrega alar i ser més eficients en els seus viatges pelàgics.

Diferenciar si el dimorfisme i la segregació sexual es van produir o accentuar a través de la selecció sexual o la selecció natural no és gens fàcil, ja que ambdós mecanismes condueixen a prediccions difícils de distingir. En el cas dels petrells gegants, tal vegada un cop es va originar el dimorfisme en la mida a través de la selecció sexual, els mascles van fer ús de la seva grandària per monopolitzar les carronyes més properes a la colònia de cria i excloure les femelles, forçant-les a alimentar-se en ambients més pelàgics. A partir d'aquest moment la selecció natural va fer la resta: l'explotació de recursos diferents entre mascles i femelles podria haver disminuït la competència per l'aliment i accentuat el dimorfisme sexual tant de la mida corporal com de l'ala i el bec.

Referències

- Afanasyev, V. (2004) A miniature daylight level and activity data recorder for tracking animals over long periods. *Memoirs of the National Institute of Polar Research, Special Issue 58*: 227-233.
- Andersson, M. (1994) *Sexual Selection*. Princeton: Princeton University Press.
- Becker, P. H., González-Solís, J., Behrends, B. and Croxall, J. P. (2002). Feather mercury levels in seabirds at South Georgia: Influence of trophic position, sex and age. *Marine Ecology Progress Series*, 243: 261-269.
- González-Solís, J. (2004a) Sexual size dimorphism in northern giant petrels: Ecological correlates and scaling. *Oikos*, 105: 247-254.
- González-Solís, J. (2004b) Regulation of incubation shifts near hatching by giant petrels: a timed mechanism, embryonic signalling or food availability? *Animal Behaviour*, 67: 663-671.
- González-Solís, J. and Croxall, J. P. (2005) Differences in foraging behaviour and feeding ecology in giant petrels. In *Sexual segregation in vertebrates*, eds K. E. Ruckstuhl and P. Neuhaus, Cambridge: Cambridge University Press.
- González-Solís, J., Croxall, J. P. and Briggs, D. R. (2002a). Activity patterns of giant petrels *Macronectes* spp. using different foraging strategies. *Marine Biology*, 140: 197-204.
- González-Solís, J., Croxall, J. P. and Wood, A. G. (2000a) Foraging partitioning between giant petrels *Macronectes* spp and its relationship with breeding population changes at Bird Island, South Georgia. *Marine Ecology Progress Series*, 204: 279-288.
- González-Solís, J., Croxall, J. P. and Wood, A. G. (2000b) Sexual dimorphism and sexual segregation in foraging strategies of northern giant petrels *Macronectes halli* during the incubation period. *Oikos*, 90: 390-398.
- González-Solís, J., Sanpera, C. and Ruiz, X. (2002b) Metals as bioindicators of geographic and trophic segregation in giant petrels *Macronectes* spp. *Marine Ecology Progress Series*, 244: 257-264.
- Hunter, S. (1983) The food and feeding of the giant petrels *Macronectes halli* and *M. giganteus* at South Georgia. *Journal of Zoology*, London, 200: 521-538.
- Hunter, S. (1987). Species and sexual isolation mechanisms in sibling species of giant petrels *Macronectes*. *Polar Biology*, 7: 295-301.
- Hunter, S. and Brooke, M. L. (1992) The diet of giant petrels *Macronectes* spp. at Marion Island, Southern Indian Ocean. *Colonial Waterbirds*, 15: 56-65.
- Phillips, R. A., Silk, J. R. D., Croxall, J. P., Afanasyev, V. and Briggs, D. R. (2003). Accuracy of geolocation estimates for flying seabirds. *Marine Ecology Progress Series*, 266: 265-272.
- Rodhouse, P. G., Elvidge, C. D. and Trathan, P. N. (2001) Remote sensing of the global light-fishing fleet: an analysis of interactions with oceanography, other fisheries and predators. *Advances in Marine Biology*, 39: 261-303.
- Selander, R. K. (1972) Sexual selection and dimorphism in birds. In *Sexual selection and the descent of man 1971-1971*, ed. B. Campbell, pp. 180-229. Chicago: Heinemann.
- Shine, R. (1989) Ecological causes for the evolution of sexual dimorphism: a review of the evidence. *Quarterly Review of Biology*, 64: 419-460.

Jacob González-Solís Bou (1965) és doctor en ciències biològiques i investigador «Ramon y Cajal» del Departament de Biologia Animal de la Universitat de Barcelona. Ha estat tres anys a l'estranger treballant en el «Institut für Vogelforschung» (Wilhelmshaven, Alemanya) i en el «British Antarctic Survey» (Cambridge, Gran Bretanya). Durant l'estada en aquest últim centre va participar en dues campanyes antàrtiques per tal d'estudiar l'ecologia dels petrells gegants a les Geòrgies del Sud. Ha publicat 35 articles SCI i és revisor habitual de diverses revistes internacionals de l'àmbit de l'ecologia i el comportament animal.

Dreta: Un mascle de petrell gegant del sud incuba impertèrrit després d'una forta nevada i malgrat la meua proximitat. © Jacob González-Solís

