

El vol de les aus (I), estructures per a conquerir el cel

Text: **Lluís Parpal**

Dibuixos: **Gemma Carrasco**

Molt abans de l'existència de les aus, els insectes ja havien conquerit l'aire i ja existien vertebrats voladors. No obstant això, la forma de vol que van desenvolupar les aus va suposar un salt evolutiu molt important ja que, per primera vegada, s'aconseguia en els vertebrats un vol autopropulsat.

Fins a l'arribada de les aus, als vertebrats el vol s'aconseguia mitjançant els corrents d'aire, l'enlairament des de llocs elevats i/o una propulsió amb les extremitats inferiors que permetia enlairar aquelles bèsties reptilianes uns metres, suficients per a fugir dels seus depredadors, salvar distàncies entre diferents obstacles o aconseguir aquells aliments als quals altres animals no podien arribar. Aquells rèptils voladors primitius desapareixeren o, com alguns investigadors diuen, s'anaren transformant en el que avui coneixem com les aus, aquests animals que qualsevol podria descriure molt superficialment com a vertebrats ovípars amb plomes, bec i capacitat de vol.

Estem asseguts de conversa en la terrassa d'un bar i un petit ocell de pocs grams, un teulader, es veu inquietat per la proximitat d'un ca, una bicicleta... i simplement alça el vol. El mirem amb curiositat però no ens adonem de la complexitat que suposa aquest fet tan quotidià. Simplement, si es pot dir així, aquesta petita criatura està desafiant la llei de la gravitació universal que publicà el Sr. Isaac Newton l'any 1687. No som conscients que l'evolució va trigar un bon grapat d'anys fins que va poder trobar una solució per a arribar a un vol propulsat realment efectiu per als vertebrats.

Però això té un cost, i s'han hagut de modificar moltes estructures:

- Transformació d'extremitats anteriors o superiors en ales amb plomes.

- Disminució important del pes de l'esquelet amb presència d'ossos pneumàtics (plens d'aire), i cortical més fina. Això fa que els ossos siguin molt resis-

tents però fràgils i molt estellables si es copegen. Reducció de diferents estructures i fusió de segments vertebrals per a reforçar la columna.

- Estèrnum molt desenvolupat amb una gran cresta per a l'inserció dels potents músculs pectorals ("motors del vol"). Aquesta cresta és absent en ratites – estruços i similars –, grans aus no voladores.

- Formació d'una cintura toràctica especial per a suportar les fortes traccions que es produeixen durant el vol sense comprometre ni col·lapsar les estructures viscerals.

- Uns potents coracoides recolzats a l'estèrnum i unes costelles amb apòfisis uncinades connectades entre elles per a suportar les fortes contraccions de la musculatura pectoral.

- Modificació de les extremitats posteriors per a fer la funció d'aterratge, amb una reorganització dels ossos i articulacions.

- Redistribució dels òrgans de la cavitat celòmica, per tal de crear un centre de gravetat idoni per al vol.

Tot i aquestes modificacions, s'ha mantingut una gran homogeneïtat morfològica entre les aus, si ho comparem amb altres grups com els mamífers, fet que manifesta l'alt grau de perfecció que s'ha d'assolir per a mantenir el vol autopropulsat.

Un altre tema és que, en comparació amb grans rèptils voladors, com alguns pterosaures que visqueren durant l'era mesozoica, les aus són un grup de vertebrats de mida relativament petita. El vol propulsat requereix d'un gran esforç que no es podien permetre aquells enormes éssers alats. S'ha de mantenir una càrrega alar adequada, paràmetre que es defineix pel pes de l'au/superfície alar, coeficient que ha de permetre la sustentació durant el vol.

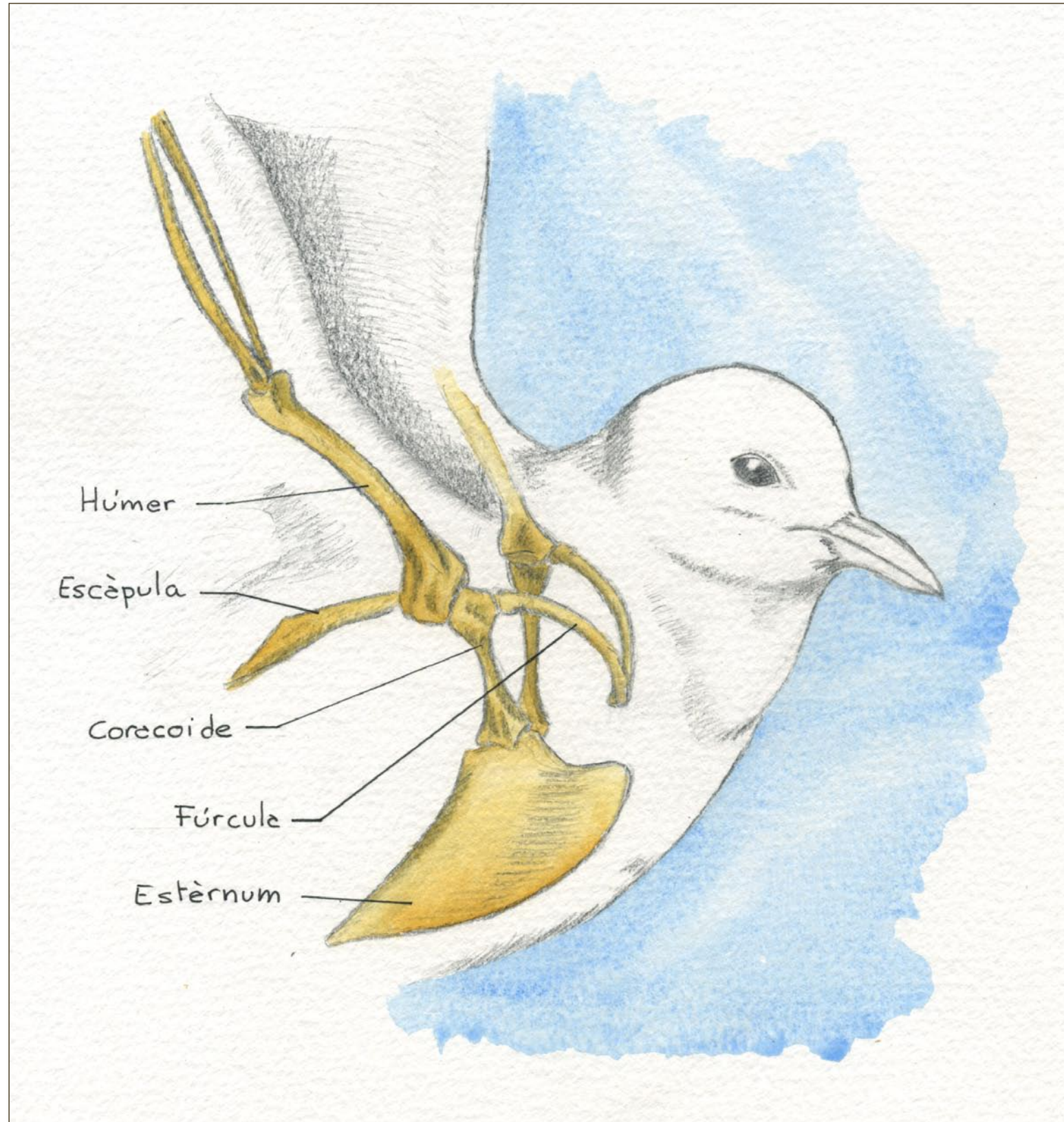
Però encara és més difícil l'impuls inicial del vol, i les aus més grans sovint requereixen una curta carrera inicial per a aconseguir la velocitat necessària per a adquirir la sustentació

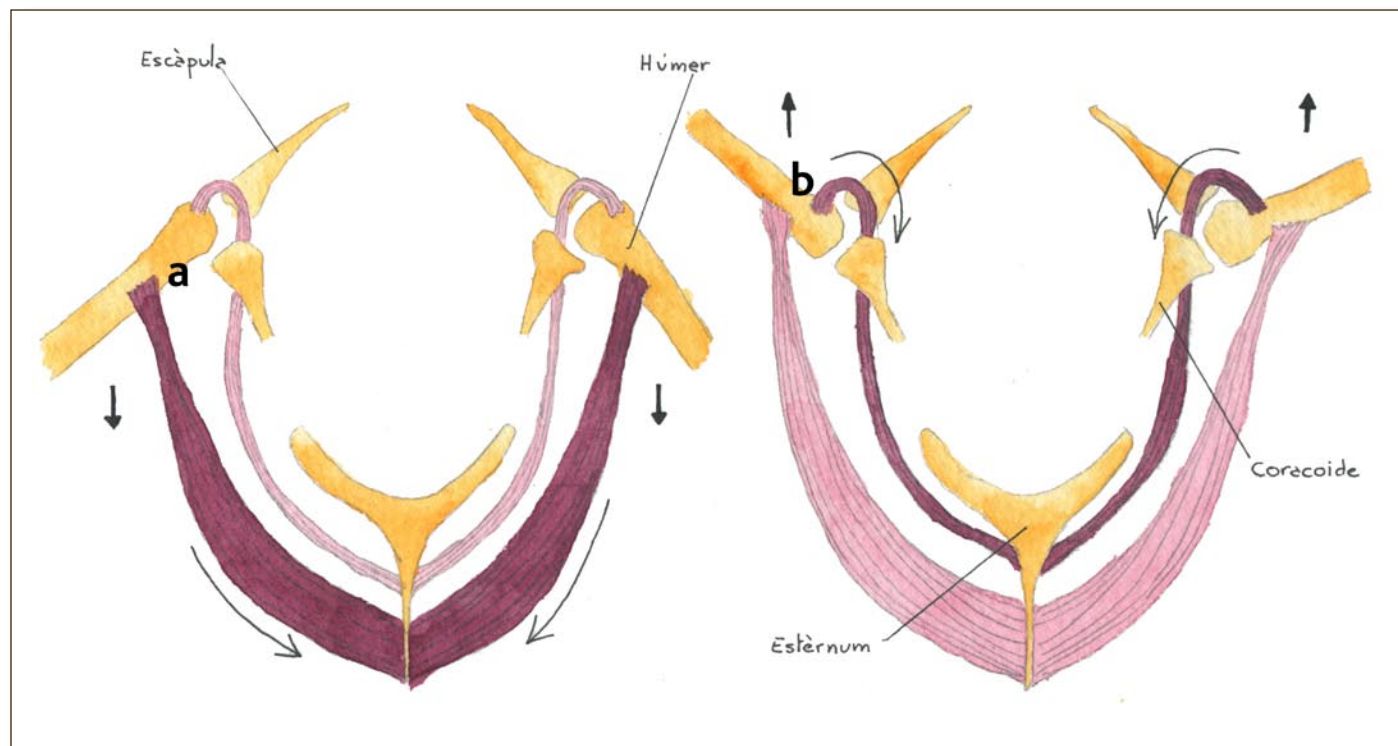
per al vol. Algunes aus com els grans carronyaires – voltors –, viuen als riscos o vessants de muntanyes per a poder enlairar-se amb més facilitat. Quan han de baixar al pla a menjar, a vegades es veuen en sèries dificultats per a alçar el vol amb la panxa plena. Alguns procel·lariformes marins de gran amplada com els albatros aprofiten els corrents d'aire marí per a desplaçar-se, ja que la seva envergadura de fins a 4 metres els dificulta molt batre les ales. Les aus més pesades que volen actualment són alguns grans cignes i el pioc salvatge (*Otis tarda*), amb un pes que difícilment supera els 20 kg. Altres aus de mida més gran, com els estruços, han perdut tota capacitat per a volar i les seves estructures anatòmiques ja no estan preparades per a suportar els esforços del vol.

Però com volen o, millor dit, com es propulsen les aus? Intentarem explicar-ho:

Com a pas previ, cal dir que alguns dels primitius rèptils quadrúpedes hagueren d'evolucionar al bipedisme. Desplaçar-se amb dues extremitats deixava lliures les altres dues, fet que obrí un ampli ventall d'oportunitats per a l'evolució. Aquestes extremitats anteriors es transformaren en les actuals ales de les aus, que amb l'afegit de la transformació d'escates en plomes, permeteren una superfície de sustentació molt lleugera però amb alta resistència al pas de l'aire. Però les ales no són suficients per a volar, es requereix l'impuls necessari per a alçar el vol.

Anem a veure com estan dissenyades aquestes estructures per a la propulsió del vol. Primer de tot, ens fixarem en l'esquelet de la cintura toràctica. La cintura toràctica de les aus està formada per tres estructures òssies ben diferenciades però interconnectades: la fúrcula o clavícula, l'escàpula i el coracoides. Aquest "trípode" o estructura és essencial per a connectar el cos/tronc de l'au amb les ales i transmetre la propulsió de la musculatura pectoral cap a les ales. Per això, l'húmer, que constitueix el primer fragment ossi de l'ala, està articulat directament amb aquesta estructura i el coracoides es recolza en la part anterior de l'estèrnum. L'escàpula discorre per la cara dorsal del cos i proporciona un ancoratge superior a la cintura toràctica. La clavícula, a part de donar





un important suport mitjançant làmines lligamentoses entre l'estèrnum i el coracoide, manté l'obertura del pas per a la tràquea i l'esòfag que provenen de la cavitat oral. Aquest trípod ossi evita el col·lapse de la caixa toràcica durant la potent contracció de la musculatura pectoral.

A aquestes complexes estructures òssies hem d'afegir la musculatura pectoral (veure gràfic superior). Bàsicament parlarem de dos músculs, ja que tot i que n'hi ha d'altres implicats en el vol, es poden considerar aquests com els motors que permeten l'enlairament inicial o el batre potent de les ales durant les maniobres que requereixen un esforç més important. Aquests músculs són ben coneguts per a la majoria de gent, ja que formen part dels plats combinats i entrepans més habituals ("les pitreres de pollastre") i, lògicament, tenen un nom. Superficialment trobem el múscul més gran i potent, el múscul pectoral (pectoral superficial), que s'insereix directament en la porció ventral de la zona proximal de l'húmer (a) i és l'encarregat de tibar l'ala cap a avall. És fàcil entendre observant el gràfic que, quan aquest múscul es contrau, l'húmer descendeix i, en conseqüència, l'ala bat cap a baix. L'altre múscul, més profund i enganxat a l'estèrnum, és el múscul supracoracoideu, generalment més petit, ja que en la majoria d'aus l'aixecament de l'ala requereix un esforç molt menor que l'acció que

desenvolupa el pectoral. En aquest cas, el tendó d'inserció d'aquest múscul passa pel canal triosi cap la part dorsal de l'húmer, on s'insereix (b); així, la contracció d'aquest produeix una elevació de l'húmer i, per tant, l'aixecament de l'ala.

Aquesta desigualtat entre la corulència dels músculs pectoral i supracoracoideu varia en funció de les espècies i del vol que desenvolupen. Així, per exemple, en aus com els coneguts colibrís, que poden mantenir un vol estacionari de molta potència o en els pingüins (que tot i que no volen aletegen dins l'aigua), en què l'esforç d'aixecar o baixar l'ala pot ésser igual de potent, aquests músculs s'igualen.

Els tipus de fibres musculars i la seva distribució determinen també les classes de vol: així tenim unes fibres de potent i ràpida contracció, però que es fatiguen fàcilment ("fibres blanques") que poden actuar durant curts períodes com és l'enlairament, i altres fibres preparades per a realitzar contraccions més sostingudes durant llargs períodes de temps ("fibres vermelles"), molt importants si pensam per exemple en els animals migratoris que poden volar durant hores i dies. Aquesta distribució en la composició fibril·lar, amb una gradació variable d'ambdós tipus de fibres, és la que permet que les contraccions siguin les necessàries en cada moment del vol. Per aquesta raó, no és possible repetir seguidament algunes seqüèn-

cies de vol. Per exemple, les perdius, que tenen un enlairament molt sobtat i potent, tenen dificultats per a poder aixecar el vol repetidament i han de peonar a la carrera per a fugir dels seus depredadors.

Les diferents formes i mides d'ales, el pes, altres petits músculs, la composició fibril·lar de la musculatura pectoral i les característiques anatòmiques particulars de les aus determinen l'aerodinàmica i els tipus de vol de cada una, però, com ja hem comentat, aquestes estructures bàsiques per al vol es repeteixen amb homogeneïtat entre les diferents espècies.

El vol ha determinat una gran diversificació posterior a les aus, que ha permès la colonització de recursos tròfics abans inaccessibles, la fugida dels depredadors i el desplaçament a zones més favorables per a la pròpia subsistència. No sabem quin serà el proper pas de l'evolució per als vertebrats, però és segur que ens sorprendrà amb noves formes i adaptacions per a aprofitar recursos que probablement encara no ens podem ni imaginar. •

Quadern de camp

Per **Steve Nicoll**

Jun 10 Recuperat prop de Ciutadella (Menorca) un papamosques (*Muscicapa striata*) amb anella grega. Fa falta una mica d'imaginació per poder explicar com l'individu va arribar a Grècia, per després reorientar-se cap a les Balears. Oscar García Febrero. SOM.

Jun 24 Des d'Eivissa ens arriba la notícia d'una nova localitat de cria de setmesó (*Tachybaptus ruficollis*) a Santa Eulària, on s'ha observat un adult amb 4 polls. És la segona cita de cria d'aquesta espècie a l'illa. Oliver Martínez.

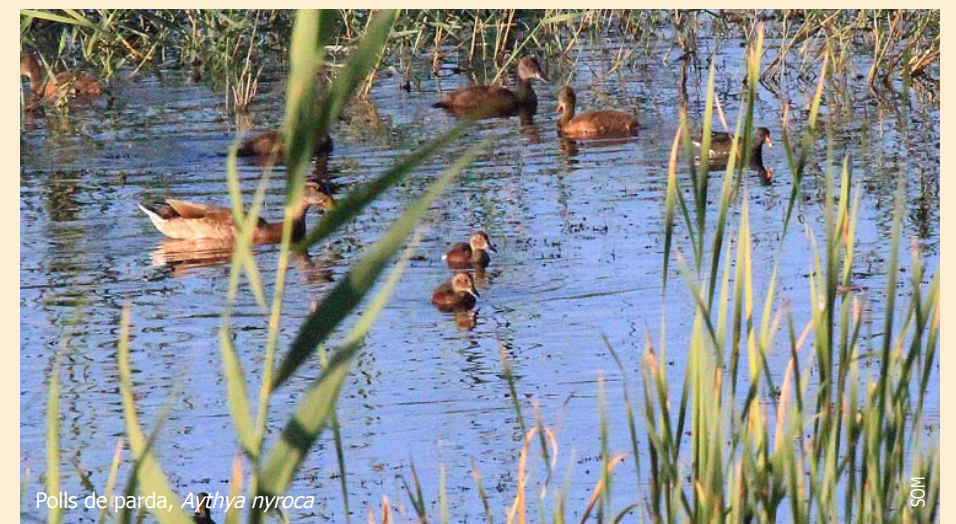
Jul 17 Es confirma la primera reproducció a Menorca (i Balears) de parda (*Aythya nyroca*) amb el descobriment d'un parella amb almanco 4 polls. Davant la presència estable i contínua de 3 o 4 parelles a la zona se sospita que hi estiguessin criant, data confirmada després d'un intens seguiment a Son Saura del Nord. SOM.

Jul 19 Una temporada de cria exitosa per a l'arpella (*Circus aeruginosus*) a s'Albufera, amb 21 parelles reproductores i 37 polls volanders. Pere Vicens, PNAB.

Jul 30 Les cites estiuenques de rupit (*Eritacus rubecula*) que s'han anat anotant aquests darrers estius a Mallorca, sempre en augment, s'estenen ara a l'illa de Menorca amb un parell de cites localitzades prop de Maó i a la captura, el 25 d'agost, d'un adult. SOM.

Set 4 Observats a Maria de la Salut dos exemplars (un adult i un juvenil) de fuell de collar (*Eudromias morinellus*). Aquesta raresa balear, que cria sols en alta muntanya, se cita anualment un parell de vegades. Maties Rebassa.

Set 11 Per primer cop se constata la reproducció del voltor lleonat (*Gyps fulvus*) a Mallorca. El grup va arribar a les illes accidentalment durant una tempesta i es va establir a Mallorca. Se n'ha comptabilitzat un mínim de 6 polls. Per altra banda, enguany han volat 12 polls de



voltor negre (*Aegypius monachus*). Es destaca que la convivència entre les dues espècies no pareix donar problemes. Jordi Muntaner.

Set 20 S'observen a Maria de la Salut dos exemplars d'arpella cendrosa (*Circus pygargus*) amb marques alars procedents de la zona central d'Alemanya. No és la primera vegada que s'observen a Mallorca aus alemanyes marcades amb aquest tipus de seguiment. Maties Rebassa.

Set 22 S'observen almanco 397 flamencs (*Phoenicopterus roseus*) al Salobrar de Campos. Cada any augmenta el

nombre d'exemplars d'aquesta espectacular au sedentària gràcies als exemplars que ens visiten en aquestes dates. Maties Rebassa.

Set 30 A diferència de la migració prenupcial, que va ser poc aparent pel que fa a l'albirament de rapinyaires, la postnupcial enguany és molt destacable. S'estan realitzant moltes observacions de falcó vesper (*Pernis apivorus*), arpella (*Circus aeruginosus*) i xoriguer (*Falco tinnunculus*) partint direcció sud des del far de Cap Salines. Lalo Ventoso, Susana Quintanilla, Biel Bernat, Mike Montier, Maties Rebassa.

