

REGIMENT DE LA COSA NATURAL

L'acumulació de perdigons de plom al Parc Natural del Fondó d'Elx (Alacant): distribució espacial i propostes d'actuació

Andreu Bonet,* Concepción Olivares, M. Luisa Picó & Esther Sales**

Rebut: 04.10.95
Acceptat: 14.12.95

Resum

Presentem els resultats de l'anàlisi de l'acumulació de perdigons de plom als sediments de dues basses del Parc Natural del Fondó d'Elx (Alacant). El plom és un element poc freqüent a la natura però que es pot concentrar als aiguamolls com a conseqüència de l'activitat cinegètica. Aquesta acumulació pot ocasionar que diferents tipus d'organismes ingereixin aquest metall, especialment l'avi-fauna aquàtica, tot produint-los una greu intoxicació. El Fondó és un sistema aquàtic regulat per l'home on s'ha practicat la caça des de fa molts anys; darrerament s'han trobat en aquest paratge nombrosos exemplars de flamencs (*Phoenicopterus ruber*) morts per l'emmetzinament amb perdigons de plom. Per tal de corroborar la causa d'aquesta mortalitat, es va procedir a la realització d'aquest estudi. Els resultats obtinguts demostren que s'hi han acumulat grans quantitats de plom al Parc, amb densitats a l'embassament de Llevant de 166,22 perdigons m⁻², i de 121,57

perdigons m⁻² a la reserva natural. Es proposa la utilització de mètodes de representació espacial (Kriging) per localitzar als aiguamolls les zones on l'acumulació és més elevada. També es proposen diferents mesures correctores i possibles solucions específiques que puguin alleugerir el problema.

MOTS CLAU: Saturnisme, aiguamolls, Parc Natural, Kriging, espais naturals, gestió.

Resumen

La acumulación de perdigones de plomo en el Parque Natural del Hondo de Elche (Alicante): distribución espacial y propuestas de actuación

Presentamos los resultados del análisis de la acumulación de perdigones de plomo en los sedimentos de dos lagunas del Parque Natural del Hondo de Elche (Alicante). El plomo es un elemento poco frecuente en la naturaleza pero que se puede concentrar en determinados lugares como las zonas húmedas, debido a la actividad cinegética. Esta acumulación

*Departament d'Ecologia. Universitat d'Alacant. Ap. de Correus 99. E-03080 Alacant

**Departament de Ciències Ambientals i Recursos Naturals. Universitat d'Alacant. Ap. de Correus 99. E-03080 Alacant

puede ocasionar la ingestión del metal por distintos tipos de organismos (sobre todo aves acuáticas), en los que se produce una grave intoxicación. El Hondo es una zona húmeda regulada por el hombre, en la que se ha practicado la caza desde hace muchos años; en estos últimos se han encontrado en este Parque numerosos ejemplares de flamencos (*Phoenicopterus ruber*) muertos por envenenamiento con perdigones de plomo. Para corroborar la causa de esta mortalidad se procedió a la realización del presente estudio. Los resultados ponen de manifiesto las elevadas densidades de plomo en los sedimentos sumergidos del Parque, siendo las medias obtenidas en el embalse de Levante de 166,22 perdigones m^{-2} , y de 121,57 perdigones m^{-2} en la reserva natural. Se proponen técnicas de interpolación espacial (Kriging) para la localización de áreas de zonas húmedas donde la acumulación es mayor. También se proponen distintas medidas correctoras y posibles soluciones que puedan aliviar el problema.

PALABRAS CLAVE: Saturnismo, zonas húmedas, Parque Natural, Kriging, espacios naturales, gestión.

Abstract

Lead shot accumulation in the «Parc Natural del Fondó d'Elx i Crevillent» (Alacant; SE Spain): spatial distribution and alternative proposals

Sediments of two lagoons of the «Parc Natural del Fondó d'Elx» (Alacant, Spain) were analyzed in order to determine the existing content of lead gunshots accumulated by hunting activity. This can cause poisoning by ingestion in a wide range of organisms, specially in birds. The Fondó is a man made wetland, where hunting has been played for many years. In recent years, many flamingo (*Phoenicopterus ruber*) individuals have been found dead by lead shot ingestion. The results evidence high levels of lead accumulation in sediments of the Natural Park. Mean densities are 166.22 shots m^{-2} in the East Pond and 122.57 shots m^{-2} in the Natural Reserve. A method of spatial interpolation (Kriging) is

proposed for the location of the higher lead accumulation areas in wetlands. Possible solutions and specific corrective measures are also proposed.

KEYWORDS: Lead poisoning, wetland, Reserve management, Nature Reserve, Kriging.

Introducció

El plumbisme a l'avifauna aquàtica

L'emmetzinament per plom dels ocells aquàtics a causa de la ingestió de perdigons procedents de l'activitat cinegètica, és un fet indiscutible actualment i conegut ja fa més d'un segle (GRINNEL, 1894). Aquest problema ha estat estudiat recentment, tant a l'Amèrica del Nord (FRIEND, 1987) com a Europa (PAIN, 1990). Dels estudis realitzats es desprenen diferents consideracions. Entre elles, cal remarcar que els perdigons que s'acumulen al pedrer dels ocells depèn del seu comportament tròfic. Els capbussadors presenten proporcions d'incidència sempre superiors als herbívors i als nedadors de superfície. Una altra conclusió important és que el problema es fa més palès a l'Europa mediterrània que no pas al nord (PAIN & HANDRINOS, 1990; PAIN 1991a).

Als Països Catalans, malgrat la importància del problema en la gestió dels espais naturals, les investigacions són molt recents (MATEO *et al.*, 1994; MATEO & GUITART, 1995), i encara són pocs els casos declarats d'intoxicacions. Podem parlar del delta de l'Ebre (LLORENTE, 1984; CERRADELO & GUITART, 1990; MATEO *et al.*, 1991), del Garraf, dels Ports de Beseit (CERRADELO *et al.*, 1992), de l'Albufera de València i del Fondó d'Elx (MATEO *et al.* 1994).

El plom és un element tòxic que no participa en cap procés metabòlic de l'organisme, i afecta seriosament qualsevol ésser viu i, més encara les aus perquè tenen pedrer al

seu tub digestiu. Tot i que el plom és un element ben estrany a la natura, aquest metall pesat és molt freqüent a certes zones a causa de l'activitat cinegètica.

El plumbisme es posa de manifest especialment als aiguamolls (IWRB, 1992), ja que en molts d'aquests es caça o s'ha caçat durant molts anys amb cartutxos de perdigons de plom. Els perdigons, després d'haver estat disparats, es dipositen al sòl, sigui aquest inundat o no, i a la darrera són consumits per un gran nombre d'aus que cerquen el menjar. La ingestió d'eixos perdigons es pot produir tant accidentalment com voluntàriament, ja que hi ha aus que necessiten ingerir pedretes menudes i graves –gastròlits– per triturar l'aliment dins el seu pedrer; per aquesta raó, les aus més susceptibles al plumbisme són aquelles que ingereixen pedretes de mida similar als perdigons.

L'aparició, intensitat i gravetat del plumbisme en una zona variarà segons les característiques de la fauna ornítica i depèn també de nombrosos factors, d'entre els quals cal destacar els següents:

–*Hàbit d'alimentació*: les espècies que cerquen el menjar entre els sediments, i els seus depredadors (p.e.: CERRADELLO *et al.*, 1992), són els que tenen més probabilitat d'adquirir la malaltia.

–*Densitat dels perdigons de plom i la seva disponibilitat*: la quantitat de perdigons serà funció de la intensitat de l'activitat cinegètica. També les característiques edàfiques i de vegetació n'afectaran la deposició (PAIN, 1991a) i, per tant, la disponibilitat (seran més disponibles aquells perdigons que no superin els 20 cm de fondària al sòl).

–*Règim hidric*: un règim hidric variable, amb disminucions dels nivells d'aigua durant les estacions de possible visita de diferents aus aquàtiques, facilita l'adquisició

dels perdigons a un gran nombre d'aquestes aus i amplia el rang d'espècies.

–*Disponibilitat de sorra i de grava*: la seva existència en quantitats suficients determina que alguns ocells no precisin ingerir perdigons que actuïn com a gastrolits.

El temps de permanència dels perdigons al pedrer és de 18-21 dies, de manera que més tard es dissolen i passen a la sang, amb la qual cosa les sals de plom es dipositen preferentment als teixits hepàtics i renals (PAIN, 1991b).

L'existència d'una intoxicació saturnina es mesura, en general, per una dosi de plom al fetge; es considera valor crític un nivell superior a 6 ppm de pes humit de fetge (malgrat que alguns autors consideren que a partir de 2 ppm ja es produeix emmetzinament), o bé 10 ppm de plom en pes sec (PAIN, 1991b). De vegades també es pot recórrer a l'anàlisi del contingut del pedrer, tant per fluoroscòpia com manual; malgrat que en aquest últim cas es perd un 24-42 % dels perdigons presents, i s'ha d'introduir un factor de correcció del 30 %. L'anàlisi del pedrer és útil per estimar la ingestió de perdigons; no diu res, però, sobre la mortalitat resultant d'aquesta ingestió o els seus efectes subletals (aquesta informació es pot obtenir per l'anàlisi química dels teixits segons s'ha indicat anteriorment).

Entre l'avifauna més afectada pel plumbisme es troben les aus aquàtiques i els rapinyaires. Pel que fa a les aquàtiques, les diferents espècies es veuen afectades en major o menor grau en funció dels seus hàbits etològics i alimentaris. Les capbussadores són més propenses a agafar la malaltia que les aus de superfície, i alhora aquestes ho són més que les de dieta bàsicament herbívora, que requereixen partícules més fines per a triturar el menjar. Als Estats Units, un dels primers països que ha adoptat legislació contra l'ús de plom, la

incidència mitjana de la ingestió de perdigons en ànecs capbussadors caçats es troba entre el 12 % i el 24 % (SANDERSON & BELLROSE, 1986). En comparació amb eixos nivells d'ingestió, els trobats a l'Evros Delta a Grècia (5,3% per a capbussadors) són extremament alts i comparables als trobats a la Camargue (60 %; PAIN, 1990).

Els rapinyaires també es veuen afectats per aquest problema, ja que aquests ocells aconseguixen capturar amb més facilitat els individus malalts o morts per la intoxicació, i que presenten quantitats de plom molt elevades.

Segons un estudi fet als Estats Units (LOCKE, 1991) amb exemplars mantinguts en captivitat, la susceptibilitat de contreure la malaltia està relacionada en gran manera amb el sexe i l'edat; en certs casos s'ha comprovat que les femelles mostren una mortalitat més gran que els mascles fora del període reproductor mentre que les femelles reproductores ofereixen més resistència perquè, durant aquest període, ingereixen una quantitat d'aliments elevada, la qual cosa implicaria una millor defensa davant de la intoxicació. En els exemplars juvenils també s'ha comprovat menys toxicitat del plom deguda al fet que el dipositen als ossos o que porten més reserves de calç. Segons això, la dieta seria un factor important en relació amb la toxicitat, de manera que les dietes amb alts nivells de proteïnes, calç i fòsfor reduirien els efectes tòxics del metall. En altres condicions, contràriament, no es manifesta tot el suara esmentat i no es considera que existeixin diferències significatives entre sexes i edats.

Els símptomes del plumbisme són: pèrdua de pes, diarrees, vòmits, paràlisi, atròfia muscular, debilitat, pèrdua de l'eficiència per al vol, entre d'altres. En general, els exemplars malalts presenten un comportament anormal ja que, per la seva debilitat i

a causa de l'estat físic del seu organisme, es resisteixen a volar i es queden aïllats del grup; solen morir d'inanició per la paràlisi dels músculs intestinals (OBERHUBER & ARÉVALO, 1991).

El Fondó d'Elx i Crevillent

El Fondó és un espai aquàtic situat a la part més allunyada de la costa de l'antic *Sinus Ilicitanus*, entre els termes municipals d'Elx i de Crevillent (Alacant, País Valencià); comprèn una superfície aproximada de 2.387 ha i constitueix un espai natural amb gran interès biològic, ecològic i paisatgístic que es troba protegit per la Generalitat Valenciana amb la figura de Parc Natural (vegeu la fig. 1). El substrat, el grau d'entollament i la qualitat de l'aigua determinen diferents unitats de vegetació, especialment de saladars, palustre i aquàtica, i també diferents unitats paisatgístiques. Cal destacar d'una banda els embassaments, amb un elevat nivell d'inundació, amb aïgues d'origen exogen, un elevat grau d'eutròfia, vorejats pel càrritx i lliures de vegetació subaquàtica, i de l'altra, les basses i tolls, de poca fondària, elevada salinitat, vorejats per formacions de càrritx i de jonqueres, i amb vegetació aquàtica arrelada. També cal anomenar els saladars, amb moltes espècies endèmiques. És d'especial interès, entre d'altres aspectes, el contingut ornític d'aquest Parc (per exemple, entre 15.000 i 20.000 anàtids hivernants), amb nombroses colònies nidificants d'ardeids, per la qual cosa la importància de la seva protecció i conservació resulta evident. Això ha motivat la inclusió al llistat del conveni de Ramsar i la seva declaració com a ZEPA. La categoria internacional ve donada principalment per les colònies de cria d'agró roig (*Ardea purpurea*), xarxet marbrenc (*Marmaronetta*

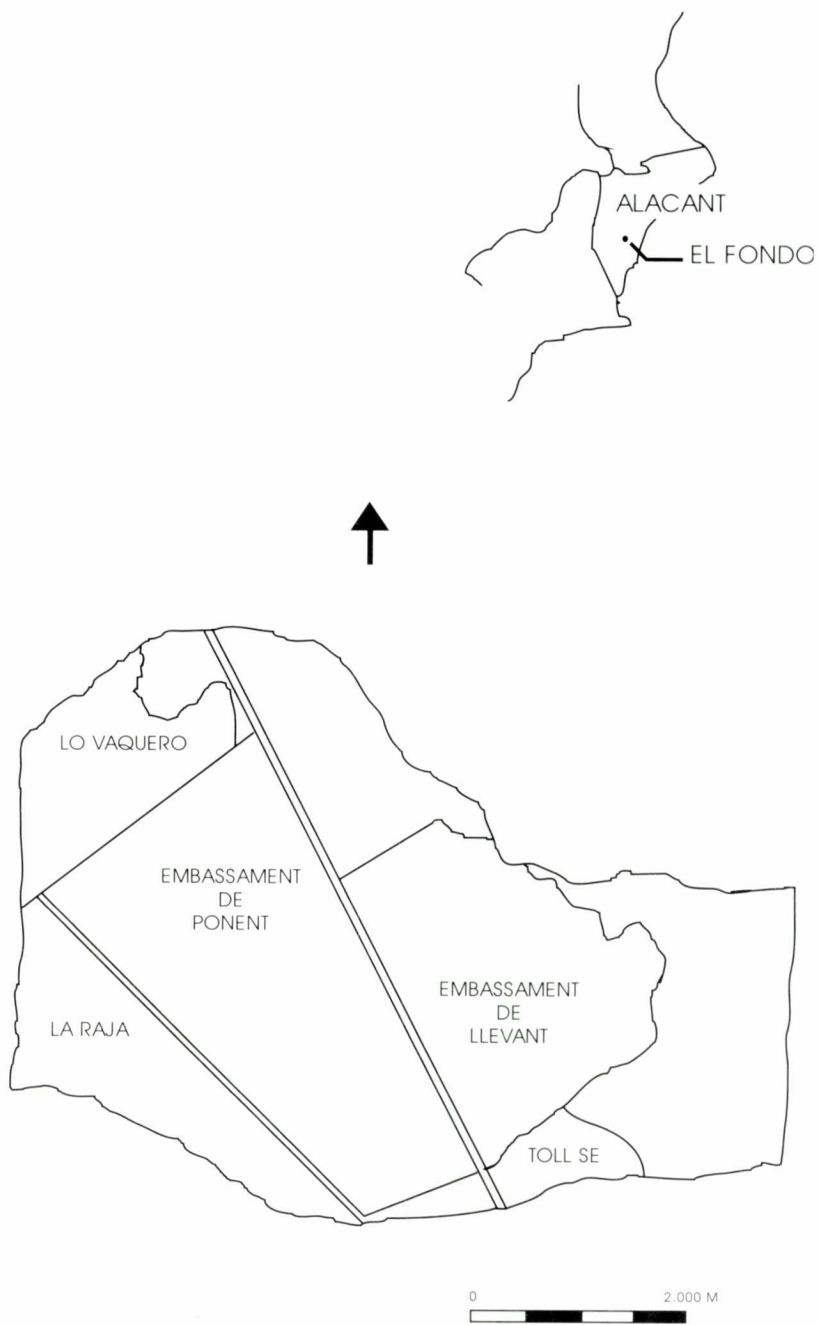


FIG. 1. Localització i llacunes del Fondó d'Elx.

Location and lakes of the Fondó d'Elx.

angustirostris), martinet blanc (*Egretta garzetta*), xibec (*Netta rufina*), camallarg (*Himantopus himantopus*), fumarell carablanc (*Chlidonias hybrida*) i xatrac menut (*Sterna albifrons*), i pels grups de xibecs hivernants. El Fondó, situat entre les conques del Segura i del Vinalopó, on antigament es constituïa l'albufera d'Elx, forma part del anomenat *triangle sudalacanti*, una xarxa d'aiguamolls d'elevada connectivitat pel que fa a l'avi-fauna, composta per aquest paratge, pel veí Parc Natural de les Salines de Santa Pola (2.496 ha) i pel Parc Natural de les llacunes de La Mata i Torrevella (3.693 ha), que fan que aquesta zona hagi estat i sigui una de les àrees de pas i de nidificació d'aus aquàtiques més important de la mediterrània occidental. Els embassaments del Fondó són d'un gran valor econòmic per a la comarca i estan sotmesos d'una manera regular a explotació per a rec d'aigües per la Comunidad de Riegos de Levante. La forta salinització i contaminació de les aigües provinents del Segura amenaça la conservació de l'espai natural. Pel que fa a l'activitat cinegètica, el Fondó ha estat des de fa molts anys una important zona de caça d'aus aquàtiques i, per aquest motiu, és un lloc on s'ha deixat notar clarament el problema del plumbisme.

Tot i que els flamencs (*Phoenicopterus ruber*) només són visitants esporàdics del Fondó en èpoques d'eixut, ja que s'estimen més els aiguamolls veïns, tant per l'alimentació com per l'aixopluc, des del 4 de desembre de 1992 fins al 19 de gener de l'any 1993, es van trobar al Parc un total de 22 exemplars morts. Personal tècnic de la Conselleria de Medi Ambient de la Generalitat Valenciana va diagnosticar aquestes morts com intoxicacions per plom causades per la ingestió de perdigons procedents de

l'activitat cinegètica desenvolupada al Parc.

Motivats per això va ser realitzat aquest estudi amb la finalitat d'aconseguir els objectius següents:

1. Obtenir una valoració del plom actualment existent al Parc.
2. Proposar les mesures correctores i solucions més adients per frenar o reduir el problema en aquest espai natural.

Metodologia

La finalitat del mostreig realitzat és la localització i l'obtenció d'una estimació de la distribució de perdigons de plom per unitat de superfície o volum de sediment, procedents d'activitats cinegètiques. Així mateix, també s'ha realitzat un calibratge dels perdigons existents al fang i una estimació de la quantitat total de plom acumulada.

Les localitats

S'han escollit dues zones específiques, que són aquelles dins les quals s'han trobat exemplars de flamencs morts i que coincideixen amb els llocs de caça més utilitzats per la seva estratègica situació.

Una de les àrees d'estudi se situa a l'embassament de Llevant, entre els llocs de caça 25 i 26 (vegeu la fig. 2). L'altra zona escollida es troba a la riba sud de la bassa o Toll SE, que actualment es troba protegida com a reserva natural. Els llocs de caça de la reserva no són actius actualment, però han estat intensament utilitzats fins fa pocs anys, moment en què es va prohibir la caça al toll.

El règim hidrològic de les dues basses és diferent. Les aigües dels embassaments procedeixen del riu Segura, mentre que les dels tolls tenen el seu origen als afloraments

que procedeixen de la capa freàtica. Les aigües dels embassaments són utilitzades per regar, i com a conseqüència el nivell d'aquestes experimenta fluctuacions al llarg de l'any. Aquestes són aigües molt eutrofitzades i de baixa qualitat; amb una concentració salina inferior que la de les basses circumdants. En canvi, a la reserva els nivells hídrics només estan sotmesos a les fluctuacions pròpies del sistema, són més o menys constants i permanents al llarg de l'any, i es tracta d'aigües de major qualitat.

Existeixen diferències de vegetació entre ambdues zones mostrejades, de manera que a la reserva (toll SE) domina *Potamogeton fluitans*, *Ceratophyllum demersum* i *Myriophyllum verticillatum* com a vegetació flotant arrelada al fons, que apareix en sòls llimosos i aigües poc profundes, mentre que a l'embassament de Llevant apareix el càrritx (*Phragmites australis*) a les zones circumdants sense existir vegetació subaquàtica notable. A la fauna subaquàtica no hi ha diferències importants entre les dues zones estudiades, en les quals abunden sobretot diverses espècies de gasteròpodes. Cal marcar-ne una major presència d'aquest grup a l'embassament de Llevant.

Si bé ambdues localitats es caracteritzen per l'absència gairebé total de graves als sediments, aquesta fracció és una mica més abundant a l'embassament de Llevant.

El mostreig

El mètode emprat per a la recollida de mostres ha estat similar a l'utilitzat en altres treballs a zones humides del Mediterrani espanyol (MATEO *et al.*, 1994), per la qual cosa, les dades obtingudes en aquest estudi es podran comparar amb les d'altres zones. S'han utilitzat sèries de transectes lineals perpendiculars a la ribera; aquests transectes són separats 35 m entre ells i la separació entre les mostres

d'un mateix transecte és de 25 m (vegeu la fig. 2).

A l'embassament de Llevant s'ha realitzat un mostreig de 15 transectes, i en cadascun d'ells s'han recollit 10 mostres, això fa un total de 150 mostres que s'estenen en una superfície aproximada d'11 ha. Al toll SE, amb el mateix mètode, s'han realitzat quatre transectes, dels quals s'han recollit un total de 40 mostres, que cobreixen una superfície de 2,3 ha.

A cada punt del mostreig es va extreure una mostra de sediments amb una sonda de PVC, amb èmbol extractor i manillar perpendicular metàl·lic. Les dimensions d'aquesta mostra són de 20 cm d'alt i 12 cm de diàmetre.

L'estudi es va realitzar al final de juny i de principi de juliol de 1993. L'elecció del període es va fer d'acord amb els nivells d'aigua dels embassaments i l'època de nidificació de les aus.

Treballs de laboratori. Les mostres van ser analitzades i tamisades per estrats de 5 cm de profunditat i per dos tamisos successius. La malla dels tamisos presenta una llum de 2 mm i 1 mm, amb la finalitat de no perdre els perdigons que hagueren pogut disminuir el seu calibre. Una volta recuperats els perdigons es van pesar per a obtenir la quantitat de plom existent als sediments i es van mesurar els diàmetres de tots amb el fi de determinar-ne el calibre i el possible grau de dissolució.

Tractament de les dades. Per obtenir l'espectre de distribució de densitats suavitzat es van prendre inicialment les dades brutes, per després realitzar mitjanes de punts consecutius de tres en tres. Per a la realització de la cartografia de les densitats de perdigons de les zones estudiades s'ha utilitzat el mètode Kriging d'interpolació espacial mitjançant autocovariàncies aplicat a la xarxa de dades (WEBSTER, 1985). La

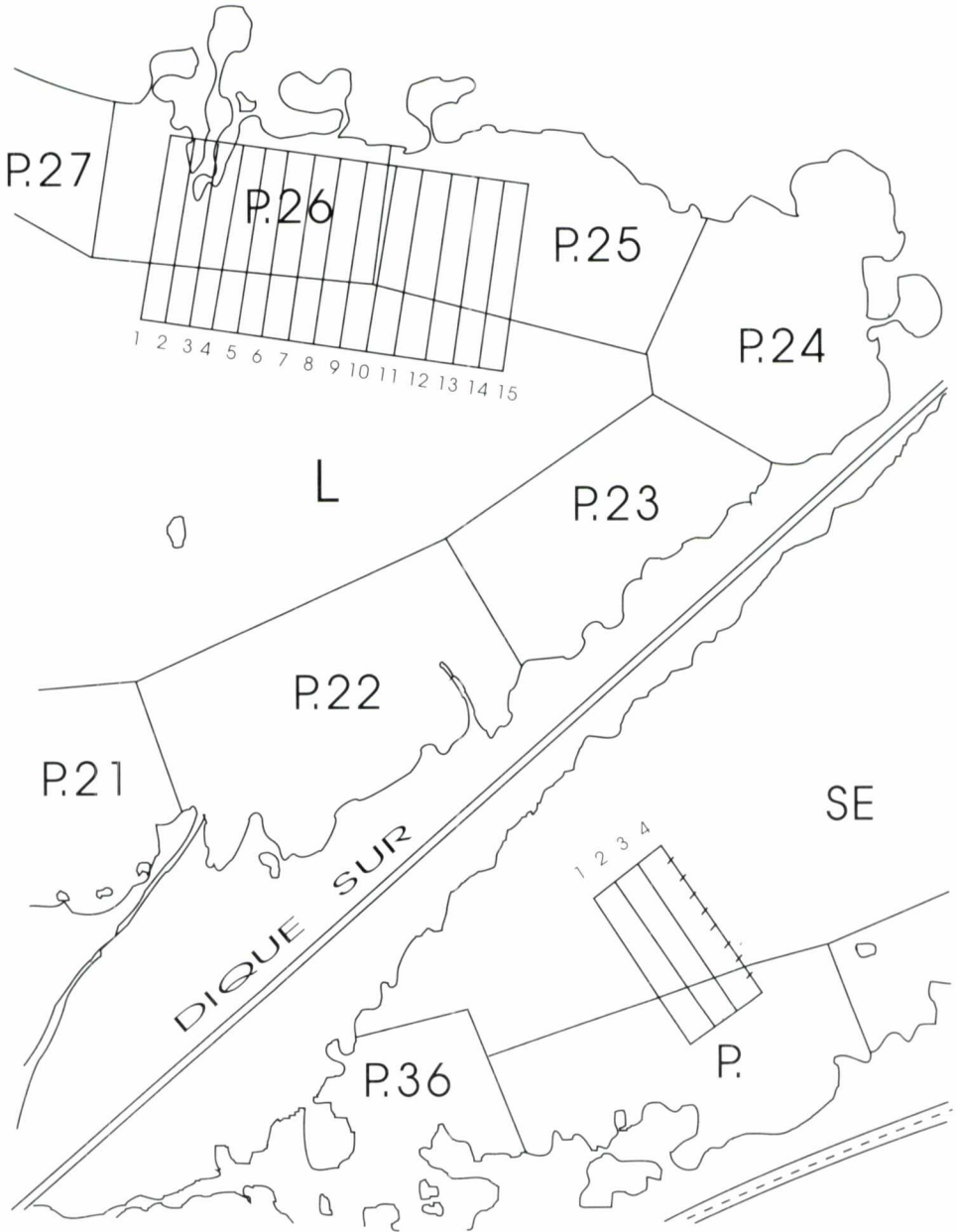


FIG. 2. Localització dels llocs de caça i dels transectes de mostreig a l'embassament de Llevant i al toll SE (reserva natural).

Location of the hunting places and sampling transects in the East-Pond and the Natural Reserve.

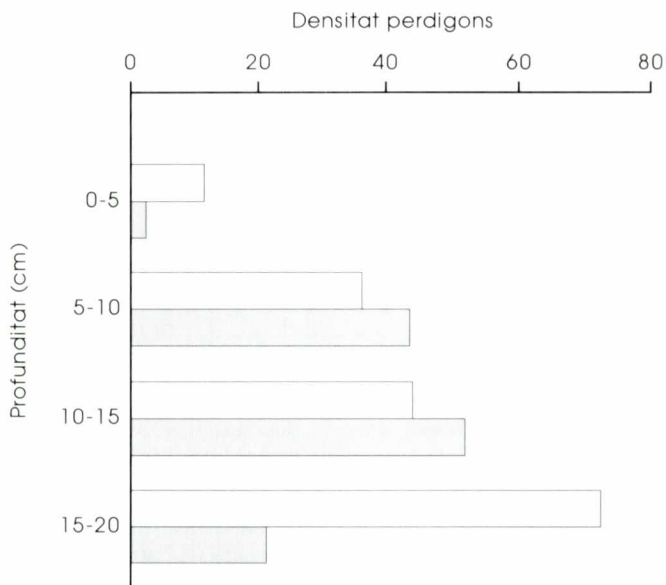


FIG. 3. Histograma de la densitat mitjana de perdigons de plom (perdigons m^{-2}) per estrats de profunditat (cm) als sediments de l'embassament de Llevant (en clar) i a la reserva natural (en ratllat)

Bay diagrams of mean lead shot density (shot m^2) at different levels of the sediment of the East-pond (clear) and Natural Reserve (filled).

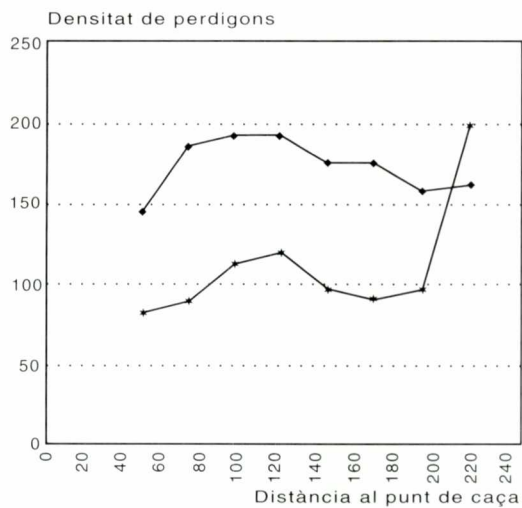


FIG. 4. Espectre de densitat de perdigons (perdigons m^{-2}) en relació amb la distància al punt de caça (m) per a l'embassament de Llevant (línia contínua) i la reserva natural (línia discontinua), calculat a partir de les mitjanes de tres mesures consecutives preses cada 25 m.

Shot density spectra (shot m^2) in relation with distance of hunting place (m) of the East-Pond (continuous line) and Natural Reserve (dotted line), calculated as consecutive samples means every 25 m.

representació gràfica s'ha suavitzat utilitzant-ne un algoritme que assumeix els variogrames lineals generats per la disposició de les dades obtingudes en dos eixos de coordenades. El tractament de les dades s'ha realitzat mitjançant el paquet SURFER (Golden Software Inc.).

Resultats i discussió

Les estimacions fetes als punts mostrejats indiquen unes concentracions mitjanes de $166,22 \pm 175,03$ perdigons m^{-2} a l'embassament de Llevant i de $121,57 \pm 124,55$ perdigons m^{-2} al toll SE (reserva natural). Aquests valors són comparables als màxims obtinguts a aiguamolls d'altres països, on el plumbisme constitueix també un important problema que cal considerar; entre d'altres, cal esmentar casos a Austràlia, amb 106 perdigons m^{-2} (SHARLEY, 1991), als EUA, amb 167,63 perdigons m^{-2} (FISCHER *et al.*, 1986) o a Dinamarca, amb 184 perdigons m^{-2} (PETERSON & MELTOFTE, 1979).

Als aiguamolls del litoral mediterrani dels Països Catalans, aquestes dades només són superades per la llacuna de l'Encanyissada, al delta de l'Ebre i pels arrossars de Sueca, a l'Albufera de València, si ens referim a les dades que existeixen actualment (MATEO & GUITART, 1995).

Hi ha una gran variabilitat en la distribució espacial de perdigons, tant a la projecció de superfície com a l'estratificació. Pel que fa a aquesta darrera (vegeu la fig. 3), s'incrementa progressivament la densitat de projectils entre els tres primers estrats. S'observen, però, diferències a la distribució en profunditat si comparem entre els estrats de sediments d'ambdues llacunes. A l'estrat superficial l'acumulació és molt superior a l'embassament que al toll

SE. Entre els 10-15 cm de fondària al sediment es produeix la màxima acumulació mitjana de perdigons a la reserva; en contraposició, a l'embassament de Llevant els màxims es donen entre els 15-20 cm, mentre que en aquest estrat, les densitats mitjanes del Toll SE són menors. Es donen diferències significatives de variàncies entre grups a l'estrat de 0-5 cm i al de 15-20 cm en comparar ambdós aiguamolls (vegeu la Taula I), mentre que per als estrats de 5-10 i 10-15 cm no són significatives.

Les diferències observades entre basses a les distribucions mínimes i màximes (a 0-5 cm i 15-20 cm, respectivament) poden ser causades per més d'un factor; d'una banda, a la diferent composició granulomètrica i grau de compactació del sediment, que faciliti un enfonsament diferencial entre ambdues basses, i de l'altra, a la presència, al toll SE, d'una extensa coberta vegetal composta per *Potamogeton fluitans* i d'altres macròfits submergits arrelats que puguin actuar esmorteint la caiguda dels projectils i que els impedeixi la penetració a nivells més profunds. L'efecte esmorteïdor de la coberta vegetal (PAIN, 1991b) es pot donar tant per les estructures submergides com per les arrels i per les aportacions de matèria orgànica. També s'hi ha d'afegir la possibilitat que a l'embassament les noves aportacions de sediments provinents del Segura cobreixin més ràpidament els projectils que no pas al toll, on les aportacions de sediments són molt menors. La limitació de la pràctica de la caça al toll de reserva ha eliminat les noves aportacions de perdigons als sediments; això pot explicar les baixes densitats que s'observen a l'estrat més superficial. Altres autors han indicat els valors màxims en l'estrat superficial de 6 cm, tant en sòls d'aiguamolls britànics (MUDGE, 1984) com a sediments de la Camarga (PAIN,

TAULA I. Resultats de la prova F de significació de les diferències de variàncies entre grups i densitat de perdigons (perdigons m^{-2}) per estrats de profunditat als sediments de l'embassament de Llevant i de la reserva natural (mitjanes \pm desviació estàndard).

Results of F-test of the significance of variance differences between groups and shot density by sediment depth strata of East Pond and Natural Reserve (mean \pm std. dev.).

Estrat (cm)	Densitat de perdigons		Prova F	
	Embassament	Reserva	F	P
0 - 5	11,19 \pm 35,92	2,21 \pm 13,98	6,602	0,000
5 - 10	36,54 \pm 68,86	44,20 \pm 74,91	1,184	0,471
10 - 15	44,79 \pm 72,97	53,05 \pm 68,78	1,126	0,683
15 - 20	73,68 \pm 129,74	22,10 \pm 52,02	6,220	0,000

TAULA II. Pes (g) i diàmetre (mm) dels perdigons trobats als sediments de l'embassament de Llevant i a la reserva natural per estrats de profunditat (mitjana \pm desviació estàndard).

Weight (g) and diameter (mm) by depth strata of gunshots found in sediments of East Pond and Natural Reserve (mean \pm std. dev.).

Estrats (cm)	Pes		Diàmetre	
	Embassament	Reserva	Embassament	Reserva
0 - 5	0.121 \pm 0.000	0.069 \pm 0.062	2.30 \pm 0.00	2.15 \pm 0.21
5 - 10	0.127 \pm 0.051	0.080 \pm 0.028	2.30 \pm 0.79	1.70 \pm 0.11
10 - 15	0.113 \pm 0.052	0.104 \pm 0.026	2.20 \pm 0.47	1.97 \pm 0.36
15 - 20	0.094 \pm 0.040	0.144 \pm 0.039	1.99 \pm 0.42	2.27 \pm 0.51

1991b). El grau de compactació del sediment pot ser una de les principals causes d'aquestes diferències (PAIN, 1991b).

Els valors dels paràmetres característics dels perdigons recuperats (vegeu la Taula II) no experimenten fortes variacions i les diferències entre ambdues basses no són significatives. El calibre o diàmetre presenta un valor mitjà proper als 2 mm. El pes mitjà és 0,099 g a la reserva i 0,1134 g a

l'embassament de Llevant. No es poden determinar en aquests paràmetres diferències en la possible degradació de perdigons als diferents estrats.

El pes dels perdigons recuperats permet obtenir una estimació de la quantitat de plom al paratge. Així, s'ha calculat per a l'embassament de Llevant una acumulació de 16,45 g/m^{-2} , i pel al toll SE de 13,73 g/m^{-2} . Aquestes elevades quantitats de plom poden

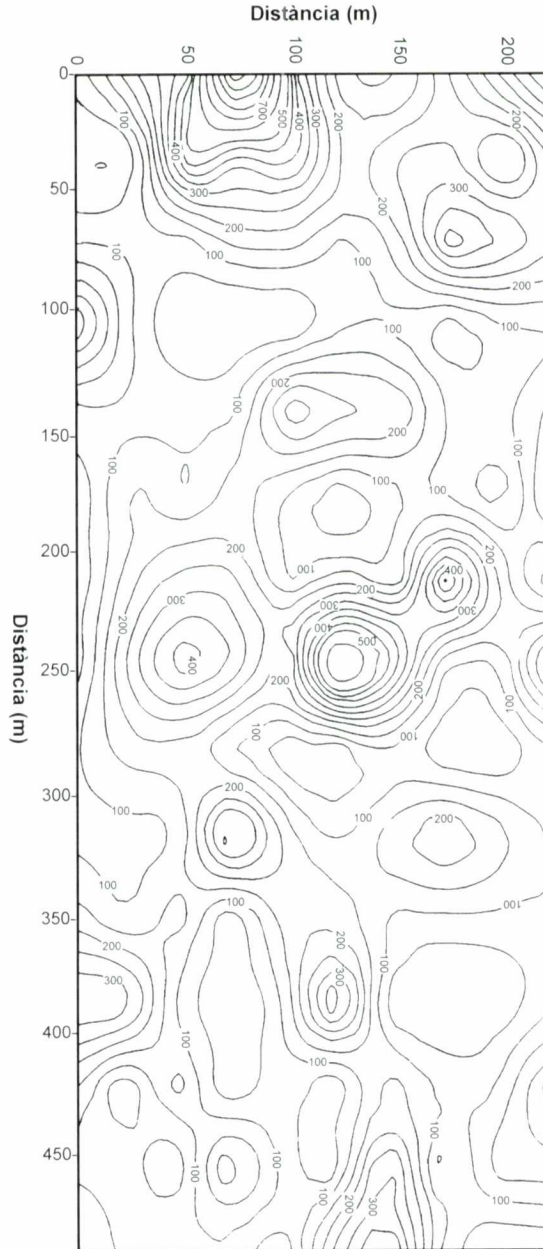


FIG. 5. Representació cartogràfica de les densitats de perdigons de plom (perdigons m^{-2}) a l'embassament de Llevant obtinguda pel mètode de Kriging. Els valors de les distàncies (m) als eixos X i Y s'indiquen des del punt d'inici del mostreig (vegeu la fig. 2)

Shot density map of East-Pond made by Kriging method. Distance values (m) are represented by X and Y axes from the beginning sample point.(see fig. 2)

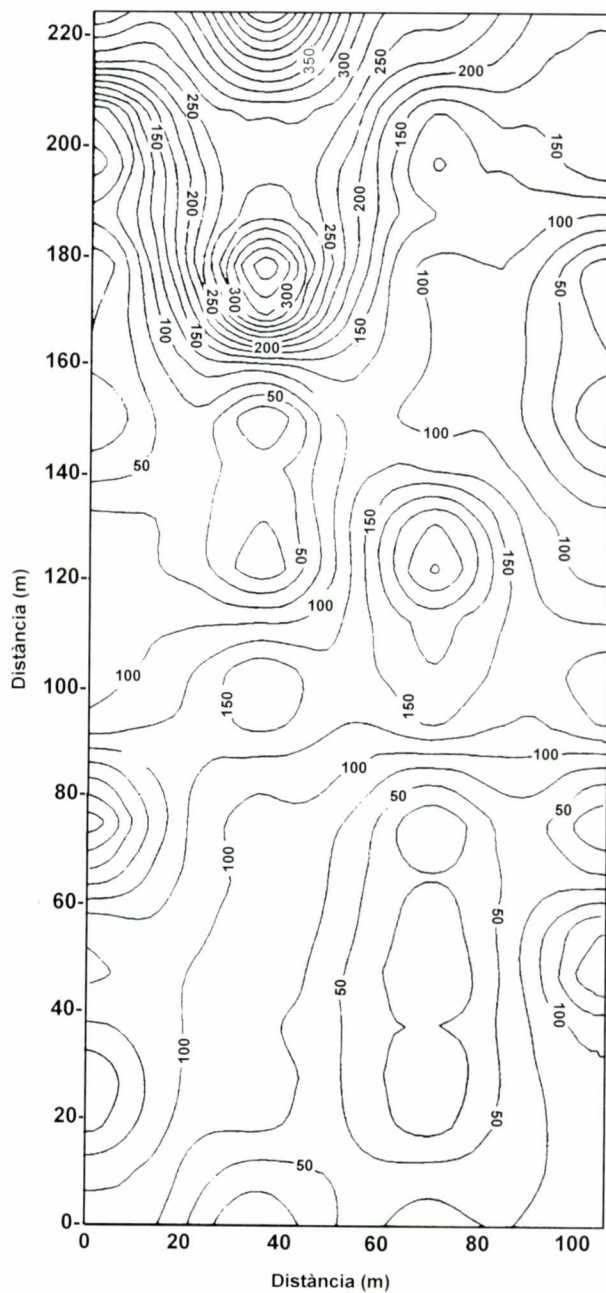


Fig. 6. Representació cartogràfica de les densitats de perdigons de plom (perdigons m^{-2}) al toll SE (reserva natural) obtinguda pel mètode de Kriging. Els valors de les distàncies (m) als eixos X i Y s'indiquen des del punt d'inici del mostreig (vegeu la fig. 2)

Shot density map of East-Pond made by Kriging method. Distance values (m) are represented by X and Y axes from the beginning sample point. (see fig. 2)

donar una idea de la magnitud del problema latent que es manté als sediments del Fondó.

Per tal de trobar una tendència general en l'acumulació horitzontal de projectils als sediments, s'ha relacionat la densitat de perdigons amb la distància al lloc de caça. Això pot servir com a punt de partida per a diverses actuacions, tant pel que fa a la prevenció com a les mesures correctores. Cercant aquesta tendència s'ha representat gràficament l'espectre de densitat de perdigons amb la distància al lloc de caça (fig. 4). S'observa a ambdues zones una aproximació a una distribució normal, les menors densitats corresponen als punts més propers als punts de caça i les densitats màximes s'aconsegueixen sobre els 100-120 m de distància. A partir d'aquest interval decreix de nou, i es troben densitats mínimes entre els 180-200 m de distància. L'augment posterior, indicatiu d'una àrea d'acumulació al toll SE, s'explica perquè és una zona d'intersecció amb altres punts de caça veïns i amb els propers a la riba N.

També s'ha realitzat una cartografia de la distribució de la densitat de perdigons als punts de mostreig mitjançant el mètode de Kriging d'interpolació espacial per a les dues àrees mostretjades (fig. 5 i 6). Els valors màxims d'acumulació corresponen a 530,92 perdigons m^{-2} per al toll SE, mentre que per a l'embassament de Llevant el valor màxim és 796,46 perdigons m^{-2} , alhora que existeixen uns altres dos punts de màxima acumulació amb 530,97 perdigons m^{-2} , clarament diferenciables.

A l'embassament de Llevant es troba una concentració màxima a la zona intermèdia de l'àrea mostrejada cap als 150 m de distància des de la línia de ribera del punt de caça, coincidint amb la gràfica anterior (fig. 4). S'observa també un concentració màxima entre els 50 i 100 m, al marge E de l'àrea de mostreig, dins el punt de caça 25.

Corresponent-se de nou amb la figura 4, al Toll SE es troba igualment una alta concentració a la zona central, però els valors més elevats amb diferència es donen a les zones més extremes del àrea, a causa, com s'ha esmentat, de l'acumulació de perdigons per intersecció amb el radi de caiguda del punt de caça veí (punt 36).

La localització de zones de màxima acumulació de perdigons és important per poder desenvolupar mesures efectives i econòmicament possibles d'actuació puntual. Dels dos mètodes utilitzats, la cartografia de la distribució de projectils mitjançant el Kriging es manifesta com la més adient per a la planificació d'actuacions puntuals de recollida de perdigons i dragatge dels sediments, perquè permet una actuació dirigida més puntual i, per tant, més efectiva i rendible.

Propostes de gestió

A causa dels perillosos nivells de concentració de perdigons de plom constatats en aquest Parc Natural, proposem un seguit de mesures preventives o de solucions aplicables no tan sols en aquest indret, sinó que es poden fer extensibles a d'altres sistemes aigualosos sotmesos a l'explotació cinegètica. Algunes d'aquestes mesures proposades ja han estat preses al mateix Fondó per l'entitat gestora i per la Conselleria d'Agricultura i Medi Ambient de la Generalitat Valenciana.

Les solucions proposades s'emmarquen en dos objectius complementaris:

1. Mesures correctores tendents a eliminar el perill de contaminació pel plom ja existent.
2. Mesures preventives per tal d'evitar que es produeixin més contaminació.

1. Mesures correctores

Entre les actuacions que compleixen el primer objectiu es troben:

a) Recollida dels exemplars morts. Aquesta mesura es dirigeix a evitar que els individus contaminats entrin a la xarxa tròfica, i així impedir que el plom s'hi estengui. Els cossos dels animals emmetzinats s'utilitzen per a l'estimació dels nivells de contaminació de l'organisme. Aquesta mesura ja va ser presa des del moment en què es van evidenciar els primers casos de mortalitat.

b) Seguiment de les poblacions. La desintoxicació d'aus és una solució molt cara, i per tant no és molt utilitzada. També s'ha de tenir en compte que el diagnòstic de plumbisme s'ha evidenciat usualment sobre animals morts. Per tant, el seguiment de la prevalença a les poblacions d'aus aquàtiques sembla necessària, si més no, per a l'avaluació real de l'estat de la problemàtica (MATEO & GUITART, 1995).

c) Manteniment del nivell d'inundació als embassaments. Amb aquesta actuació es pretén mantenir un volum d'aigua suficient perquè les aus –en aquest cas els flamencs, però també les herbívores i les nadadores– no pugin accedir al sediment contaminat i ingerir-hi els perdigons (MUDGE, 1992). En aquest aspecte hom ha de tenir en compte la confluència d'interessos entre la conservació i l'explotació. Seria necessari regular uns nivells d'aigua adequats perquè es pugui continuar amb la seva funció de rec, i que al mateix temps faciliti la conservació del paratge i de la biodiversitat que presenta. L'avaluació dels efectes negatius que aquesta mesura pot presentar sobre d'altres organismes, com els macròfits o el plancton, s'hauria de considerar abans de portar-la a terme. En el cas de les basses i els tolls, fóra desitjable un règim més acord amb les fluctuacions pròpies dels sistemes mediterranis.

d) Espantar les aus. Aquesta mesura ha estat en vigor al Fondó mitjançant trets de coets pirotècnics que es fan a les zones que previsiblement tenen major densitat de perdigons. És una actuació que requereix un control continuat de les visites ornítiques al Parc, encara que no hi aporta solucions a llarg termini.

e) Abocament de sorra de gra gros i grava. En el supòsit de que els flamencs ingereixin els perdigons voluntàriament per triturar l'aliment al pedrer a causa de la poca abundància de pedretes, seria prou eficaç l'abocament de petites quantitats de grava amb la finalitat de disminuir la probabilitat d'ingestió de perdigons. Aquesta mesura no resulta contraproductiu per als interessos dels regants, ja que és l'abocament d'una molt petita quantitat de grava dispersa per la zona que no canviaria substancialment les condicions del medi i de l'aigua continguda. Els flamencs no són visitants regulars del Parc, tanmateix el risc d'intoxicació és molt elevat si es mantenen les condicions actuals.

f) Llaurada del fons. Aprofitant les èpoques d'eixut, quan el nivell de l'aigua és molt baix, es pot optar per llaurar el fons amb el fi de soterrar els perdigons de les capes superiors, que són els que resulten més problemàtics a causa de la seva accessibilitat (MUDGE, 1984). Aquesta mesura s'hauria de prendre amb cura per tal de no deteriorar la coberta vegetal de macròfits i alterar la composició del plancton.

g) Dragatge. Aquest tipus d'actuació fóra el més recomanable perquè es dirigeix a l'eliminació de l'origen de la contaminació. Es deuria realitzar de manera puntual a les zones on la densitat de perdigons sigui molt elevada, en època d'eixut i periòdicament. Malgrat que aquesta és una actuació dràstica, amb un notable impacte en el medi natural si no es realitza correctament, també és cert que és una pràctica comuna als

embassaments, per tal d'evitar que l'aportació continuada de sediments en provoqui el rebliment. Tot i que l'extracció de sediments s'hauria de realitzar durant èpoques d'eixut, suposa la consegüent eliminació de la vegetació i de la fauna subaquàtiques. Si l'extracció de sediments és massiva, també són eliminats els microorganismes i petits crustacis (*Daphnia pulex*, *Palaemonetes zariquieyi*), que són la base de les cadenes tròfiques i en particular l'aliment de filtradors. El mètode d'anàlisi i de representació gràfica proposat en aquest treball fóra recomanable per fer extensiu l'estudi realitzat a tots els altres embassaments i ampliar-ne la superfície de mostreig amb el fi de reeixir una cartografia més exhaustiva de la densitat de perdigons. Sobre la base d'aquesta cartografia es podria obtenir una idea més precisa d'aquells punts on sigui necessari el dragatge, minimitzant l'impacte sobre l'ecosistema.

2. Mesures preventives

El segon grup d'actuacions són enfocades a la reducció de la causa del problema. Aquestes són:

a) Utilització de perdigons metàl·lics no tòxics. Aquesta és una mesura que fa alguns anys va entrar en vigor als EUA i a Canadà amb bon resultat (OBERHUBER & AREVALO, 1991; WENDT & KENNEDY, 1992; MOREHOUSE, 1992). El problema al nostre país és que la comercialització d'aquest tipus de munició, a hores d'ara, no és desenvolupada a Espanya. Perquè aquesta mesura sigui viable s'hi hauria d'oferir un incentiu per a la comercialització del producte. El metall alternatiu més utilitzat és l'acer; aquest metall és un 30 % menys pesat que el plom, i consegüentment es disminueix l'arc de tir, per la qual cosa es necessita més punteria a l'hora de disparar (BRISTER, 1992). La

implantació d'aquest tipus de munició obligarà a la fabricació d'altre tipus d'escopeta amb un canó de parets retallades més grosses i amb un constrenyiment en la part terminal per produir majors pressions i compensar el menor pes específic de l'acer. A més, els perdigons són més durs que els de plom, tenen més energia i es deformen menys amb l'impacte, característiques que produeixen més danys interns a les aus caçades a curta distància de tir (KRÜPER, 1992).

D'altra banda, la munició d'acer en aquest moment és més cara que la de plom, però aquest cost més elevat es pot reduir molt si es fabrica a gran escala i se n'afavoreix l'ús. D'altres metalls alternatius no tòxics utilitzats són el wolfram i el tungstè, bé que encara se n'està investigant la eficàcia.

b) Mesures fiscals. En defensa de la utilització dels perdigons metàl·lics no tòxics s'hauria d'aplicar un impost de contaminació a aquells caçadors que utilitzin perdigons de plom. Aquesta mesura hauria de ser temporal fins que s'adaptés la nova indústria dels perdigons alternatius i hauria d'ésser acompanyada per un programa eficaç d'informació, sensibilització i educació ambiental d'àmbit estatal, dirigit sobre tot als caçadors i en favor de la renovació del tipus de perdigó.

c) Mecanismes legislatius. El control de la substitució del material del perdigó deu començar amb la creació de mecanismes legislatius que facilitin la utilització i la fabricació de perdigons no tòxics (ANDERSON, 1992). Així mateix, es podria recomanar a les autoritats competents la creació de programes de substitució del plom en què s'establirien una sèrie de fases per les quals els fabricants poguessin realitzar una planificació adequada, així com l'etiquetage verd dels cartutxos poc contaminants.

d) Prohibició o restricció de la caça. La

prohibició total de la caça és la solució més dràstica. Al Parc Natural del Fondó és una mesura poc factible per la tradició i l'activitat econòmica que genera. Més possible és la restricció de la caça; per això es proposen la limitació de tirades, la reducció del nombre de punts subhastats i la limitació de la caça en anys d'eixut.

Aquest programa proposat hi hauria d'ésser fruit d'una coordinació entre els diferents grups implicats: les administracions, els grups conservacionistes, els fabricants d'armes, les societats i la federació de caçadors.

Agraïments

Volem mostrar el nostre agraïment a Marcos Sanchez, M. Ángeles Alonso, M. José Molina i Adoración Carratalá per la seva col·laboració en el desenvolupament del treball, especialment en les tasques de camp. Personal del Parc Natural i d'altres persones ens han ajudat i ens han aportat informació: Jorge Boronat (D. Ecologia, UA), Mariam Campderrós (monitora del Parc), Luís Fidel (agent forestal), Jose A. Sánchez (biòleg de Riegos de Levante), Carles Dolz (Conselleria de Medi Ambient) i Jesús Huertas. A la Comunidad de Riegos de Levante per la seva autorització per realitzar el treball. A VAERSA i a la Conselleria de Medi Ambient de la Generalitat Valenciana, que ha subvencionat aquest treball emmarcat dins el projecte: «Aproximaciones al conocimiento ecológico de tres espacios naturales protegidos», 1993.

Bibliografia

ANDERSON, W. 1992. Legislation and lawsuits in the United States and their effects on nontoxic shot

- regulations. In Pain, D. (Ed.). *Lead poisoning in waterfowl*, IWRB Special Publication, 16: 56-60.
- BRISTER, B. 1992. Steel shot: Ballistics and gunbarrel effects. In Pain, D. (Ed.), *Lead poisoning in waterfowl*, IWRB Special Publication, 16: 26-28.
- CERRADELO, S. & GUITART, R. 1990. Intoxicación por plomo en aves acuáticas. *Quercus*, 57: 12-14.
- CERRADELO, S.; MUÑOZ, E.; TO-FUIGUERAS, J.; MATEO, R. & GUITART, R. 1992. Intoxicación por ingestión de perdigones de plomo en dos Águilas Reales. Doñana, *Acta Vertebrata*, 19: 1-2.
- FISHER, F.M.JR.; HALL, S.R.; WILDER, W.R.; ROBINSON, B.C. & LOBPRIES, D.S. 1986. An analysis of spent shot in Upper Texas coastal waterfowl wintering habitat. 50-54. In Feierabend, J.S. & Russell, A.B. (Eds.). *Lead poisoning in wild waterfowl, a workshop*. National Wildlife Federation. Washington D.C.
- FRIEND, M. 1987. Lead poisoning, *Field guide to wildlife diseases*, 1: 1-2.
- GRINNEL, G.B. 1894. Lead poisoning. *Forest & Stream*, 42(6): 117-118.
- IWRB. 1992. *Lead Poisoning in Waterfowl*. Proceedings of the IwrB Workshop, Brusels, Belgium, 13-15 June 1991. Pain, D.J. (Ed.). IwrB Special Publication, 16. Slimbridge, Gloucester, UK.
- KRÜPER, W. 1992. Steel shot: Ballistics and gunbarrel effects. In Pain, D. (Ed.). *Lead poisoning in waterfowl*, IwrB Special Publication, 16: 29-31.
- LORENTE, G. 1984. *Contribución al conocimiento de la biología y la ecología de cuatro especies de anátidas del Delta del Ebro*. Tèsi doctoral inèdita. U. de Barcelona.
- LOCKE, L. & FRIEND, M., 1992. Lead poisoning of avian species other than waterfowl. In Pain, D. (Ed.). *Lead poisoning in waterfowl*, IWRB Special Publication, 16: 19-22.
- MATEO, R.; CERRADELO, S. & GUITART, R. 1991. Primeres dades sobre plumbisme en aus del delta de l'Ebre i zones properes. *Butll. Parc natural del delta de l'Ebre*, 6: 10-13.
- MATEO, R. & GUITART, R. 1995. Aves intoxicadas a causa de los perdigones de plomo. *Quercus*, 111: 16-22.
- MATEO, R.; MARTÍNEZ-VILALTA, A.; DOLZ, J.C.; BELLIUERE, J.; AGUILAR SERRANO, J.M. & GUITART, R. 1994. *Estudio de la problemática del plumbismo en aves acuáticas de diferentes humedales españoles*. ICONA. (inèdit).
- MOREHOUSE, K. 1992. Crippling loss and shot-type: the United States experience. In Pain, D. (Ed.). *Lead poisoning in waterfowl*, IwrB Special Publication, 16: 32-37.
- MUDGE, G.P. 1984. Densities and settlement rates of spent shotgun pellets in British wetland soils. *Environ. Pollut. Ser. B.*, 8: 299-318.
- MUDGE, G.P. 1992. Options for alleviating lead poisoning: a review and assessment of alternatives to use non-toxic shot. In Pain, D. (Ed.). *Lead poisoning in waterfowl*, IwrB Special Publication, 16: 23-26.
- ÖBERHUBERT, T. & ARÉVALO, M.F. 1991. Envenenamiento de aves por perdigones de plomo. *Monografías Caza*, 1. CODA.

- PAIN, D. 1990. Lead shot ingestion by waterbirds in the Camargue, France: an investigation of levels and interspecific differences. *Environ. Pollut.*, 66: 273-285.
- PAIN, D. 1991. Lead shot densities and settlement rates in Camargue marshes, France. *Biol. Conserv.*, 57: 273-286.
- PAIN, D. 1992. Lead poisoning of waterfowl: a review. In Pain, D. (Ed.) *Lead poisoning in waterfowl*, Iwrp Special Publication, 16.
- PAIN, D & HANDRINOS, G.I. 1990. The incidence of ingested lead shot in ducks of the Evros Deltos, Greece. *Wildfowl*, 41: 167-170.
- PETERSON, B.D. & MELTOFTE, H. 1979. Occurrence of lead shot in the wetlands of western Jutland, Denmark, and in the gizzards of Danish ducks. *Dansk. Orn. Foren. Tidsskr.*, 73: 257-264.
- SANDERSON, G.C. & BELLROSE, F.C. 1986. A review of the problem of lead poisoning in waterfowl. *Ill. Nat. Hist. Surv. Spec. Pub.*, 4.
- SHARLEY, A.J.; BEST, L.W.; LANE, J. & WHITEHEAD, P. 1992. An overview of lead poisoning in Australian waterfowl and implications for management. In Pain, D. (Ed.) *Lead poisoning in waterfowl*, Iwrp Special Publication, 16.
- WEBSTER, R. 1985. *Quantitative spatial analysis of soil in the field*. Advances in Soil Science, Vol. 3. Springer-Verlag. N.Y.
- WENDT, J.S. & KENNEDY, J.A. 1992. Policy considerations regarding the use of lead pellets for waterfowl hunting in Canada. In Pain, D. (Ed.). *Lead poisoning in waterfowl*, Iwrp Special Publication, 16: 61-66.