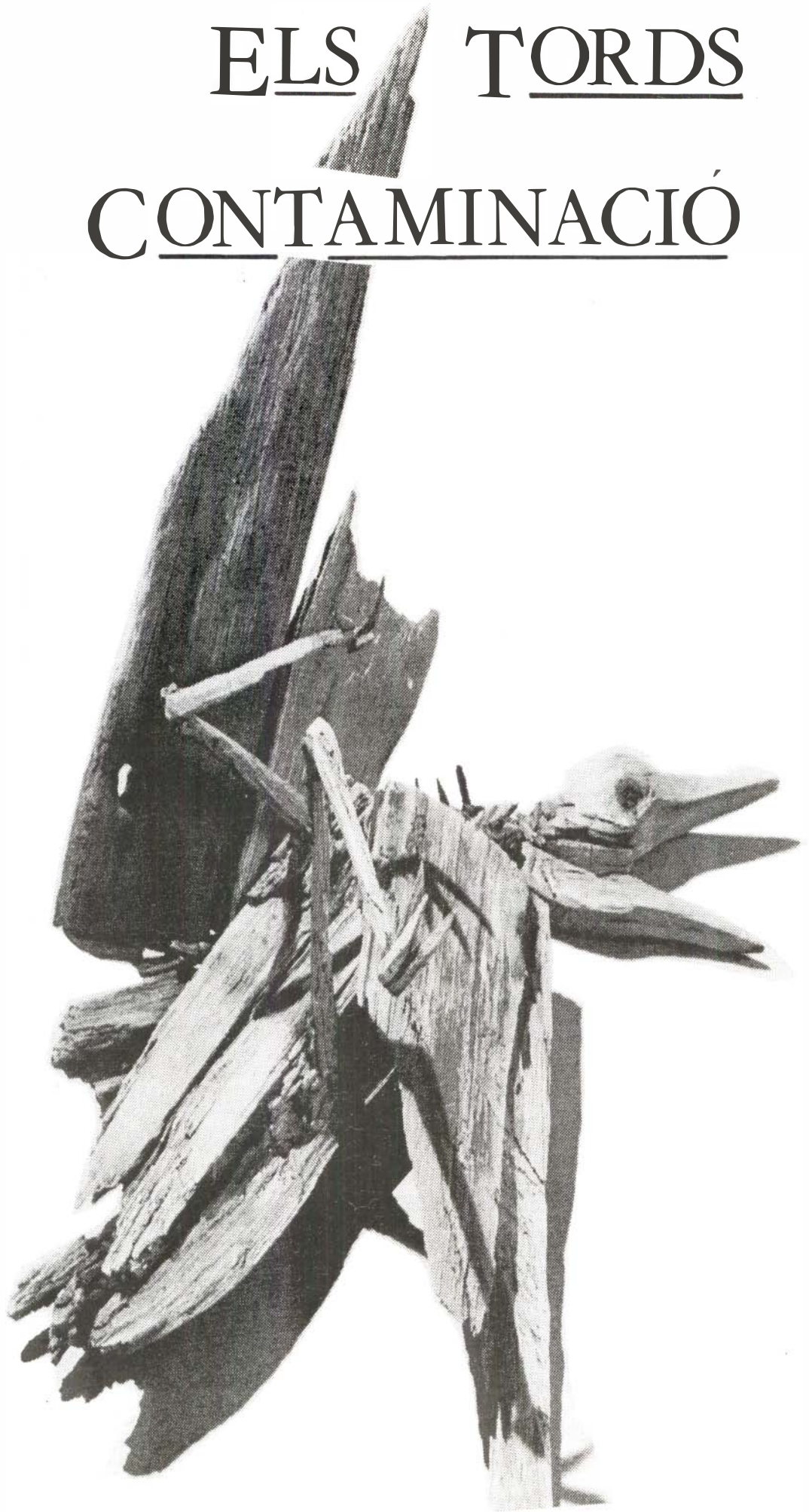


ELS TORDS
LA CONTAMINACIÓ



MIGRATORIS I DE TXERNÒBYL

Xavier Ruiz, Gustavo A. Llorente,
Alberto F. Sánchez-Reyes, M. Isabel Febrían
i Luís Jover

Per primera vegada ha estat realitzat a casa nostra un estudi sobre els efectes, en els tords migratoris, de la radioactivitat produïda arran de l'accident nuclear de Txernòbyl. Els tords, per llur incidència dins la xarxa tròfica, resulten uns bons indicadors biològics dels efectes perdurables de la contaminació.

QUÈ VA PASSAR?

A la una de la matinada del dia 25 d'abril de 1986 una explosió destruí el quart reactor de la central nuclear de TXERNÒBYL (Unió Soviètica), alliberant a l'atmosfera 200 MCi. de materials radioactius. Com que l'explosió fou conseqüència d'un incendi per manca de refrigeració en el nucli del reactor, les temperatures elevadíssimes (2.500°C) que es varen assolir, varen fondre els materials de protecció i els elements radioactius en una amalgama contaminant que sortí projectada a dos mil metres d'alçada com una ploma tèrmica. En arribar a les capes altes de l'atmosfera es produïren dos núvols principals que, empesos pels vents, s'adreçaren, l'un cap als països nòrdics; l'altre, de primer cap al sudoest i després cap al nord travessant successivament Europa de l'Est, el nord d'Itàlia, Europa Central, el nord de França, Anglaterra i Irlanda, descarregant sobre llurs sòls diversos radionuclis, alguns d'ells amb gran capacitat contaminant com el ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs i ^{90}Sr (Figura 1).

La capacitat contaminant d'aquests radionuclis prové fonamentalment de llur fàcil integració en els compartiments orgànics dels cicles ecològics. D'entre aquests, el ^{131}I és el potencialment més perillós, donat que essent el iode un oligoelement molt escàs, presenta taxes d'absorció molt elevades per part dels vertebrats, que l'incorporen a

la glàndula tiroides on és necessari per a la síntesi d'hormones i la regulació metabòlica. Sortosament, aquest és un radioisòtop amb un període de semidesintegració de només 8.02 dies i, així, cada vuit dies la quantitat de ^{131}I es redueix la meitat. D'aquesta manera el perill de contaminació per aquest radionucli al cap d'un mes pràcticament desaparegué. No és aquest el cas pel que fa als radioisòtops del cesi i l'estrónci, car llurs períodes de semidesintegració són molt més llargs (^{134}Cs = 2.06 anys, ^{137}Cs = 26.6 anys, ^{90}Sr = 27.7 anys) i, per tant, llurs efectes seran detectables molt temps després de l'accident. A més, en el cas del cesi la taxa d'absorció pels organismes en general és també força elevada, donat que és soluble en aigua (la qual cosa facilita la incorporació en els vegetals), i que té un comportament molt similar al del ion potàssic (K^+) en els animals. El K^+ és un ion fonamental a la membrana cel·lular, sobretot allà on la transmissió d'impulsos nerviosos per despolarització és molt activa, és a dir, a les cèl·lules musculars i a les neurones. La incorporació de cesi té, doncs, com a resultat, la seva acumulació a la musculatura i al sistema nerviós.

Aquest procés es veu agreujat, a més, per la biomagnificació. La biomagnificació és un fenomen molt conegut i familiar per als ecòlegs i per a tots aquells que treballen amb problemes de contaminació, ja que és el resultat del funcionament normal de la natura. Consisteix en el fet que els organismes, en alimentar-se, incorporen també les partícules de contaminants que conté el cos de

la seva presa. Així, l'herba, en absorbir per les arrels l'aigua i sals minerals del terra, concentrarà els contaminants que aquest contingui diverses vegades. Quan un cargol mengi aquestes herbes (posem que en mengi deu, com a exemple), concentrarà deu vegades més el contaminant que contenia l'herba, i si un tord menja deu cargols en un dia acumularà cent vegades més contaminant que l'herba. D'aquesta manera els nivells més alts de la xarxa tròfica són els que més pateixen els efectes dels contaminants amb taxes d'eliminació baixes o no metabolitzables.

Per tot això, quan les pluges radioactives varen contaminar el sòl de diversos països europeus, els animals que hi vivien incorporaren ràpidament alguns radionuclis (el Cesi a la musculatura i sistema nerviós, i l'Estronci als ossos).

Aquest devia ésser el cas dels tords migratoris que durant la primavera i l'estiu romanen als països del centre i nord d'Europa, i a la tardor viatgen cap al sud, per passar-hi l'hivern.

PER QUÈ ELS TORDS?

Quan, al començament de la tardor, arriben les bandades de tords a la Península Ibèrica i a les Illes Balears, a molts indrets del sud de Catalunya, al País Valencià, a Andalusia, a les Balears i també al país Basc, Cantàbria i Astúries, hi és molt arrelat el costum de caçar aquests animals, fins al punt que les caceres es confonen amb la celebració de festes locals. Per altra banda, hom no pot oblidar tampoc l'activitat econòmica que gira al seu entorn, que només a l'illa de Menorca, per posar un exemple, pot arribar als vint milions de pessetes de beneficis directes, sense tenir en compte els diners que mobilitza indirectament (licències i estris de caça, intermediaris, exportadors, restauradors, etc.). El cas és que la cacera, comercialització i finalment ingestió dels tords migratoris és una pràctica habitual i esperada any rera any per moltes poblacions humanes ibèriques i balears.

D'altra banda, el patró de migració dels tords és un dels millor coneguts, donat que existeixen gran quantitat de recuperacions d'animals anellats. A més, els tords ocupen una posició ideal a la xarxa tròfica per tal de mesurar una contaminació d'aquest tipus, ja que mengen fruits, granes, insectes, cargols, cucs de terra, etc., i, per tant, la biomagnificació farà que concentrin els contaminants existents al terra dels llocs on viuen.

QUÈ VOLÍEM SABER?

Donada aquesta situació, un equip de físics i biòlegs de la Universitat de Barcelona ens vàrem plantejar la necessitat d'estudiar, des d'un doble vessant científic i sanitari:

a) La incidència de l'accident de Txernòbil sobre la fauna salvatge.



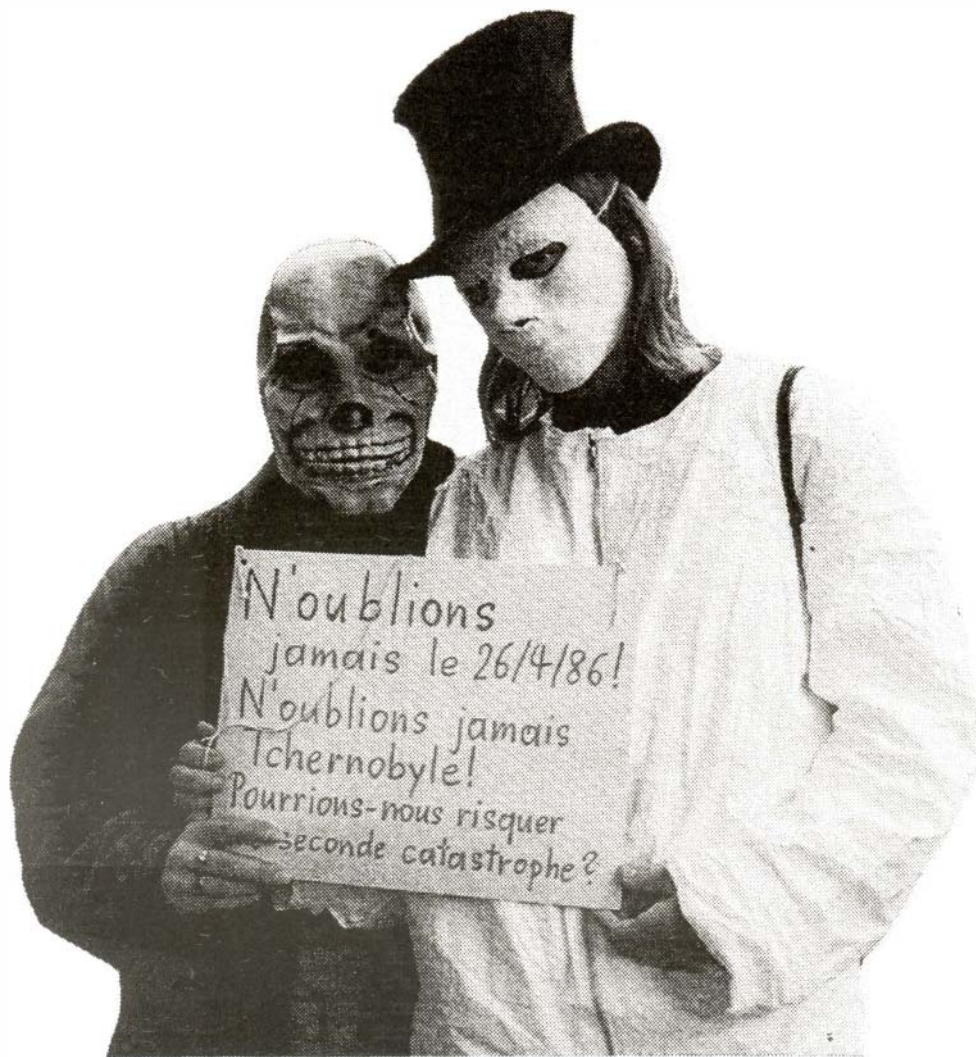
"Turdus viscivorus"

b) Quina quantitat de radiació podria arribar, transportada en el cos dels ocells migratoris provinents d'àrees directament afectades per les pluges radioactives.

c) Avaluar el risc que la ingestió d'una quantitat mitjana d'ocells contaminats podria comportar a les poblacions humanes on aquesta pràctica és habitual.

COM HO VÀREM FER?

A la tardor de 1986 se n'inicià el programa de recerca. Així, es recolliren tords (*Turdus philomelos*) a dues localitats: la comarca del Montsià i l'illa de Mallorca. Un cop capturats, els animals eren pesats, etiquetats i traslladats al laboratori, on es dissecaven i classificaven per sexes, alhora que es preparaven mostres per mesurar-ne el contingut en radionuclis i la seva activitat. Es va treballar sobre tres tipus de mostres: 1) animals sencers, 2) mostres de musculatura de vol, i 3) carcasses (animals sencers sense pit). Després de pesar les mostres en fresc es procedí a incinerar-les i a mesurar-ne la radioactivitat sobre les cendres blanques. Les mesures es varen fer en un espectròmetre gamma d'alta resolució, equipat amb un detector de semiconducció de Ge (II) amb un volum efectiu de 58 cm³, utilitzant geometries de 750 cm³ i 200 cm³.



QUINS RESULTATS VÀREM OBTENIR I QUÈ VOLEN DIR?

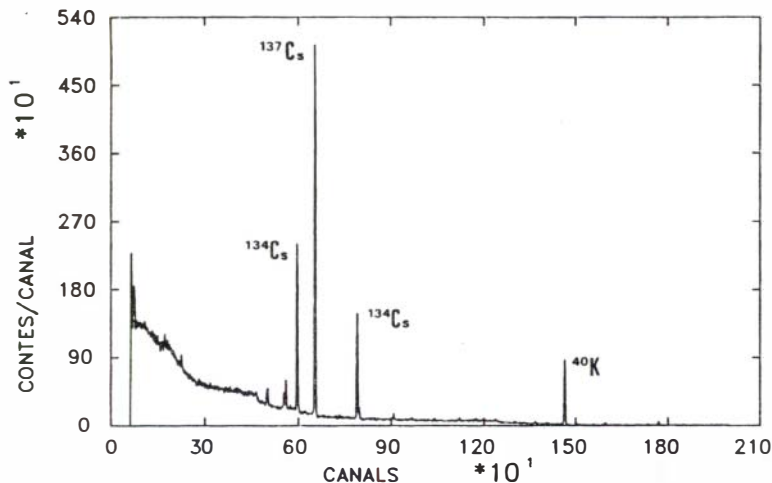
Es varen detectar els següents radionuclis: ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{106}Ru , $^{113\text{m}}\text{Sn}$, ^{95}Zr , $^{110\text{m}}\text{Ag}$ i ^{125}Sb . De tots ells, els isòtops del Cesi varen ser sempre els més abundants amb molta diferència, ja que els altres es detectaven només com a traces. Per aquesta raó ens referirem bàsicament a aquest element (Figura 2).

A la taula 1 es mostren els resultats de les anàlisis efectuades sobre 144 animals corresponents a ambdues localitats (Monsià = 107, Mallorca = 37). Tal i com esperàvem, les mesures indicaven una gran variabilitat en el contingut de Cesi radioactiu a les diferents mostres. Aquesta gran variabilitat es deu, fonamentalment, a dos factors. En primer lloc, al procés de contaminació en ell mateix, ja que la contaminació dels sòls depèn de les condicions atmosfèriques (pluges), i del grau d'acumulació d'elements contaminants, del relleu, del tipus de terreny i de moltes altres variables, que provoquen la formació dels anomenats punts calents dins les àrees afectades. En segon lloc, a l'heterogeneïtat de la pròpia mostra quant al seu lloc d'origen.

Efectivament, tant a Catalunya com a Mallorca conflueixen tords de diversos llocs d'Europa, se-

gons evidencien les recuperacions d'animals anellats. A més, a Catalunya n'hi ha una petita població resident. No obstant això, la relació entre el ^{134}Cs i el ^{137}Cs és molt estable i, un cop corregida l'activitat del ^{134}Cs pel seu factor de desintegració al llarg de nou mesos (temps transcorregut entre l'anàlisi i l'accident), el valor obtingut és 0.5, que correspon a la relació entre els dos isòtops en un reactor del tipus de Txernòbyl. Així mateix, els radionuclis trobats a nivell de traces provenen també del quart reactor d'aquesta central, segons han demostrat diversos equips de recerca a diferents països europeus. Així doncs, queda clarament establert que l'origen de la contaminació detectada en els tords és l'accident de Txernòbyl.

Pel que fa a la quantitat de radioactivitat trobada en el cos dels tords, s'observa que és pràcticament el doble a Catalunya que a Mallorca. També constatem que les femelles tenen valors molt més elevats que els mascles, sobretot a Catalunya. La diferència entre localitats és estadísticament significativa, però en canvi no ho és entre sexes. L'explicació d'aquest fenomen rau en el fet que la variació de la mitjana entre sexes és molt elevada, fonamentalment degut a la dispersió de valors en les femelles. Que les femelles presentin una gran variabilitat en els nivells d'acumulació de radionuclis pot ésser degut a molts factors, pe-



Resultats de les mostres analitzades, on hom pot percebre clarament el pic corresponent al cesi 137.

UNITATS EMPRADES A
RADIOPROTECCIÓ

Unitats d'Activitat.

La unitat utilitzada pel sistema internacional des de l'any 1985, és el Bequerel (Bq) que correspon a una desintegració per segon. També s'utilitza el Curie (Ci) l'equivalència del qual amb la unitat internacional és 1 Ci = 3.7 x 10¹⁰ Bq.

Unitats de Dosi absorbida.

La dosi absorbida es defineix com l'energia dipositada per unitat de massa. La unitat internacional és el Gray (Gy), que correspon a 1 Joule x Kg⁻¹. També s'utilitza una unitat antiga anomenada rad, que correspon a 100 ergs x g⁻¹, és a dir, que 1 Gy equival a 100 rads.

Unitats de Dosi equivalent.

La dosi equivalent es defineix com el producte de la dosi absorbida pel factor d'eficiència biològica relativa (EBR). La unitat internacional és el Sievert (Sv) que correspon a 1 Gray x EBR. També s'utilitza la unitat antiga, rem, que correspon a 1 rad x EBR, i equival a 0.01 Sv.

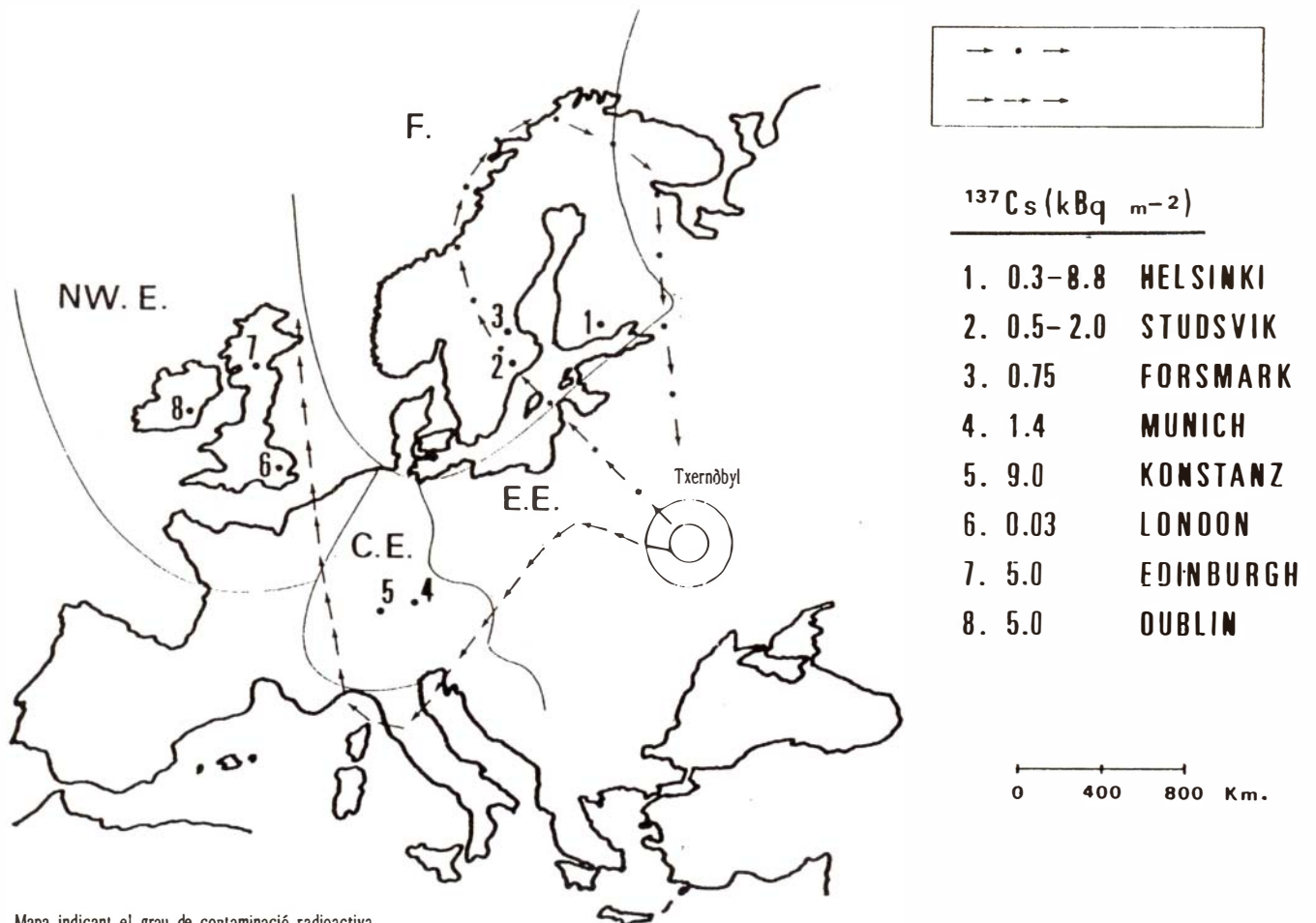
Per a radiació de tipus gamma, l'EBR és igual a 1. La dosi màxima equivalent autoritzada per al públic en general és de 5 mSv x any⁻¹, B.O.E. 1982.

LOCALITAT	ACTIVITAT ¹³⁷ Cs en Bq./Kg.pes fresc					valor U	sig.
	mitjana	d.típica	mínim	màxim	n		
Total	36.05	39.75	0.9	420	144		
Catalunya	41.53	45.52	1.2	420	107	1187	***
Mallorca	20.23	13.61	0.9	70	37		

*** Valor significatiu amb p < 0.001

rò possiblement el més important el constitueixi el fet que aquestes es veuen sotmeses a un esforç reproductor més gran que els mascles. Degut a aquest fet, necessiten menjar més per tal de poder disposar del nivell de reserves adequat per a dur a terme la posta. I, en menjar més, també poden acumular més quantitat de contaminants. Aquesta situació té poca importància quan l'hàbitat és poc contaminat, però possibilita que les diferències entre una localitat poc contaminada i un punt calent siguin molt més marcades per les femelles que pels mascles.

Malgrat això, hem vist que les diferències entre els resultats de Catalunya i Mallorca no són degudes al sexe, ja que quan són comparades sexe per sexe, els resultats no són significatius estadísticament. Atesa l'explicació donada anteriorment, aquest sembla un fet contradictori: per què no trobem diferències entre els sexes? Doncs possiblement perquè a les nostres mostres es barreja la variabilitat sexual amb la geogràfica, és a dir, estem comparant mascles i femelles provinents de diversos llocs, amb diferents nivells de base de contaminació radioactiva a l'ambient, i així la



Mapa indicant el grau de contaminació radioactiva de cesi 137 després de l'accident nuclear de Txernòbyl.

mostra és tan heterogènia que la dispersió de valors confon les tendències. D'aquesta manera, cal atribuir el resultat que hem trobat a diferències en el lloc d'origen per als tords migratoris. De fet, si comparem els països d'origen dels tords anellats recuperats a Mallorca i a Catalunya, trobem que la diferència principal entre un indret i l'altre és que a les Balears hi van més tords de l'Europa central que a Catalunya, i a l'inrevés pel que fa als Països Escandinaus.

Finalment, si calculem la dosi mitjana que hom ingereix en menjar 10 kg. de tords al llarg d'una temporada de caça, el valor obtingut (4.8×10^{-6} Sieverts/any) queda molt lluny de la màxima dosi tolerable pels organismes humans, segons ha establert la Comissió Internacional per la Protecció de la Radiació (1×10^{-3} Sievert/any), per la qual cosa cal concloure que amb aquestes dosis només són esperables efectes estocàstics (és a dir, aleatoris) sobre la salut humana.

Xavier Ruiz, Gustavo A. Llorente, Alberto F. Sánchez-Reyes, M. Isa el Febrián i Lluís Jover.

REFERÈNCIES

GREENING, J.R. (1981). Fundamentals of Radiation Dosimetry. Ed. Adam Hilger.

K.R. KASE, W.R. NELSON (1978). Concepts of Radiation Dosimetry. Ed. Pergamon Press.

K.Z. MORGAN, J.R. TURNER (1977). Principles of Radiations Protection. Ed. Jhon Wiley and Sons.