

EL ESTUDIO DEL PLUMBISMO EN DOÑANA Y OTROS HUMEDALES ANDALUCES

MEMORIA FINAL



Investigador responsable:

Andy J. Green

Equipo de redacción:

Andy J. Green, Rafael Mateo, Hugues Lefranc, Jordi Figuerola y Mark Taggart

Dirección de Contacto:

Unidad de Biología Aplicada

Estación Biológica de Doñana

Apdo. 1056. 41080 Sevilla

Tel. 954232340, Fax: 954621125

E-mail: andy@ebd.csic.es

Consejería de Medio Ambiente Andalucía-Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

De acuerdo al Convenio de Colaboración entre la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) para realizar el proyecto “EL ESTUDIO DEL PLUMBISMO EN DOÑANA Y OTROS HUMEDALES ANDALUCES”, se ha elaborado la presente memoria, en Sevilla, a 1 de diciembre de 2003.

ÍNDICE DE CAPÍTULOS Y ANEXOS:

Sumario	1
1.- Introducción general	4
2.- Muestreo de plomo en suelos de marismas y lagunas andaluzas	8
2.1- Introducción.....	9
2.2- Área de estudio	9
2.3- Material y Métodos	10
2.4.- Resultados y Discusión	14
2.5.- Resumen por localidad.....	32
3.- Plumbismo en Doñana: la radiografía de aves acuáticas, aves rapaces y sus egagropilas	35
3.1- Introducción.....	36
3.2- Material y Métodos	37
3.3- Resultados y Discusión	38
3.4- Conclusiones sobre la prevalencia de perdigones	48
4.- La prevalencia de plomos ingeridos en aves acuáticas y su relación con el grit ingerido en Doñana y otras zonas principales de invernada	51
4.1- Introducción.....	52
4.2- Métodos.....	53
4.3.- Resultados	56
4.4.- Discusión	62
5.- Análisis de plomo y otros metales pesados en los tejidos de patos y rálidos en Doñana	66
5.1- Introducción.....	67
5.2- Material y Métodos	70

5.3.- Resultados y Discusión	71
6.- Estudio de la exposición al plomo y otros metales pesados en los ánsares	
Doñana mediante el muestreo no invasivo de heces.....	83
6.1- Introducción.....	84
6.2- Material y Métodos.....	84
6.3.- Resultados	85
6.4.- Discusión.....	91
7.- Conclusiones generales y recomendaciones	101
7.1- Conclusiones.....	102
7.2- Recomendaciones	105
Agradecimientos	107
8.- Bibliografía.....	108
Anexo 1.- Pb en suelos: Laguna Salada de Zorrilla, complejo de Espera	117
Anexo 2.- Pb en suelos: Laguna Salada del Puerto de Santa María.....	120
Anexo 3.- Pb en suelos: Laguna Chica del Puerto de Santa María	123
Anexo 4.- Pb en suelos: Laguna del Jeli de Chiclana.....	125
Anexo 5.- Pb en suelos: Laguna de Medina.....	128
Anexo 6.- Pb en suelos: Salinas de Sanlúcar, Parque Natural de Doñana.....	134
Anexo 7.- Pb en suelos: Paraje Natural del Brazo del Este	141
Anexo 8.- Pb en suelos: Laguna de Santa Olalla, Parque Nacional de Doñana	144
Anexo 9.- Pb en suelos: Lucio del Italiano, Parque Natural de Doñana	147
Anexo 10.- Pb en suelos: Laguna del Taraje, complejo de Lebrija-Las Cabezas	148
Anexo 11.- Las aves radiografiadas en Doñana: prevalencia de perdigones.....	149
Anexo 12.- Egagropilas radiografiadas en Doñana: prevalencia de perdigones.....	156
Anexo 13.- Concentraciones de metales pesados, y número de perdigones	

ingeridos, en huesos de patos y rálidos	159
Anexo 14.- Concentraciones de metales pesados, y número de perdigones ingeridos, en hígados de patos y rálidos.....	166
Anexo 15.- Concentraciones de metales en los tejidos de ánsar común cazados en enero 2003.	172
Apéndices:	174
Apéndice I: Meharg, A.A., Pain, D.J., Ellam, R.M., Baos, R., Olive, V., Joyson, A., Powell, N., Green, A.J. y Hiraldo, F. 2002. Isotopic identification of the sources of lead contamination for white storks (<i>Ciconia ciconia</i>) in a marshland ecosystem (Doñana, S.W. Spain). Science of the Total Environment 300: 81-86.	
Apéndice II: Mateo, R., Cristòfal, C., Green, A.J., Godoy, C. y Castells, G. Determination of porphyrins and biliverdin in bile and excreta of birds by a single HPLC/UV analysis. Manuscrito enviado a Journal of Chromatography B .	

Fotos en la portada: Hugues Lefranc (Laguna Salada de Zorrilla; radiografía de un ganso con perdigones de plomo ingeridos y enquistados; radiografía de muestras de suelo de la laguna de Medina contaminadas con perdigones de plomo; cartuchos en el Cerro de los ánsares, Parque Nacional de Doñana).

ÍNDICES DE TABLAS Y FIGURAS:

2.- Muestreo de plomo en suelos de marismas y lagunas andaluzas

Figura 2.1 Número de puntos muestreados en cada localidad.....	13
Figura 2.2 Porcentaje de muestras con perdigones de plomo.....	14
Figura 2.3 Número promedio de perdigones de plomo por muestra	15
Figura 2.4 Presencia de perdigones de plomo según la profundidad	18
Figura 2.5 Densidades de perdigones de plomo a distintas profundidades.....	21
Figura 2.6 Nuestros resultados en el contexto nacional e internacional	23
Figura 2.7 Abundancia de grit (g/m^2 superficie) en las distintas localidades.	25
Figura 2.8 Relación entre la densidad de perdigones y de grit	26
Figura 2.9 Comparación de las densidades de perdigones registrados en dos muestreos en la capa superficial en la laguna de Medina.....	29
Figura 2.10 Distribución de los perdigones en distintas profundidades en la Laguna de Medina	30
Tabla 2.1 Detalles del muestreo de cada localidad estudiada.....	12
Tabla 2.2 Número y porcentaje de plomos encontrados en las dos profundidades estudiadas.	17
Tabla 2.3 Densidades de perdigones de plomo en cada localidad (n/m^2).....	20
Tabla 2.4 Cantidad estimada de plomo en cada localidad (kg/ha).....	22

3.- Plumbismo en Doñana: la radiografía de aves acuáticas, aves rapaces y sus egagropilas

Tabla 3.1 Prevalencia de ingestión de perdigones en aves acuáticas examinadas por RX.....	40
Tabla 3.2 Diferencias en la prevalencia de ingestión de perdigones en ánzar común en función del método de muestreo.....	41
Tabla 3.3. Prevalencia de ingestión de perdigones en ánzar común en 5 temporadas de caza	42
Tabla 3.4 Presencia de perdigones en egagropilas de rapaces de Doñana.....	43
Tabla 3.5. Presencia de perdigones enquistados en aves de Doñana.	46
Tabla 3.6. Diferencias en la presencia de perdigones enquistados en el ánzar común en función del método de muestreo.....	47

4.- La prevalencia de plomos ingeridos en aves acuáticas y su relación con el grit ingerido en Doñana y otras zonas principales de invernada

Figura 4.1. Abundancia de grit en la molleja de aves acuáticas en tres localidades principales del Mediterráneo occidental.....	57
Figura 4.2. Clases de tamaño de grit encontradas en la molleja de siete especies de aves acuáticas.	58
Figura 4.3. Variación local y interespecifica en el tamaño de grit estimado de un análisis de componentes principales: a) PC1, b) PC2.	59
Tabla 4.1. Presencia de perdigones de Pb en la molleja de aves acuáticas muestreadas en Doñana, el Delta del Ebro y la Camarga.	54
Tabla 4.2. Eigenvectores para los dos primeros componentes principales calculado a través de un matriz de correlación de la composición de grit.....	55
Tabla 4.3. Relaciones entre las distintas fracciones de tamaños de grit y la presencia de perdigones de Pb en las mollejas recogidas en las tres localidades estudiadas.	60
Tabla 4.4. GLM analizando los patrones de variación en la presencia/ausencia de perdigones de Pb en las mollejas de aves acuáticas, a través de la regresión hacia delante por pasos.....	62
Tabla 4.5. Presencia de perdigones de Pb en <i>Anas acuta</i> y <i>Anas platyrhynchos</i> estudiados en distintas localidades.	65

5.- Análisis de plomo y otros metales pesados en los tejidos de patos y rálidos en Doñana

Figura 5.1 Niveles de metales en 5 especies de aves acuáticas de Doñana	69
Tabla 5.1 Niveles de metales en el humero de 5 especies de aves acuáticas en Doñana.	79
Tabla 5.2 Niveles de metales en el hígado de 5 especies de aves acuáticas en Doñana.....	80
Tabla 5.3 Variación explicada por varios factores en concentraciones de metales en aves acuáticas en Doñana.	81
Tabla 5.4 Valor medio, error de estándar y mediano de las concentraciones de metales en 5 especies de aves, en relación con localidad, edad y sexo.	82

6.- Estudio de la exposición al plomo y otros metales pesados en los ánsares

Doñana mediante el muestreo no invasivo de heces

Figura 6.1. Relación entre el ratio de coproporfirina III y coproporfirina I y las concentraciones de Pb en excrementos de ánsar común	87
Figura 6.2. Relación entre la proporción de suelo y la concentración de plomo en muestras de heces de ánsares	89
Figura 6.3. Diferencias entre zonas de Doñana en coproporfirina I relativa a la biliverdina, b) coproporfirina III relativa a la biliverdina, c) plomo	90
Tabla 6.1. Concentraciones de tres metales pesados en diferentes tipos de muestra de ánsares comunes en Doñana.....	94
Tabla 6.2 Correlaciones entre las concentraciones de Pb en los diferentes tipos de muestras analizadas de ánsares comunes	95
Tabla 6.3. Medias geométricas (mínimo-máximo) de las cenizas insolubles en ácido y metales pesados en heces de ánsares comunes muestreadas en diferentes zonas de Doñana	96
Table 6.4. Correlaciones entre el porcentaje de cenizas insolubles en ácido (CIA) y las concentraciones de metales pesados en las diferentes zonas de muestreo	97
Tabla 6.5. Porcentaje de cenizas insolubles en ácido.	98
Tabla 6.6. Correlaciones entre las concentraciones de Pb en los ánsares comunes y los biomarcadores del metabolismo del grupo hemo en excrementos (contenido del intestino grueso).	99
Tabla 6.7. Correlaciones entre las concentraciones de Pb en los ánsares comunes y los biomarcadores del metabolismo del grupo hemo en bílis.....	100

SUMARIO:

En este informe presentamos todos los resultados obtenidos en la investigación realizada en Doñana y otros humedales andaluces durante los años 2001 – 2003.

Muestreamos los suelos de varias zonas húmedas afectadas por la actividad cinegética en el pasado y/o en la actualidad, determinando la densidad de perdigones de plomo en los sedimentos (profundidades de 0-10 cm) donde las aves acuáticas buscan piedrecillas (grit) y pueden ingerir los perdigones. En las Marismas del Guadalquivir, muestreamos la Laguna de Santa Olalla, Veta la Palma, las Salinas de Sanlúcar y el Brazo del Este, encontrando densidades preocupantes de perdigones en algunas partes de las salinas (hasta 76 m^{-2}) y del brazo (hasta 38 m^{-2}). Además, muestreamos una serie de lagunas endorréicas de las provincias de Cádiz (Jeli de Chiclana, la Chica y la Salada del Puerto de Santa María, Medina y Salada de Zorrilla de Espera) y Sevilla (laguna del Taraje). Se registró la máxima densidad de perdigones en la laguna de Medina (148 m^{-2}) que se sitúa entre los humedales más contaminados de la Península Ibérica. La otra laguna protegida como Sitio Ramsar (Salada del Puerto) también tiene una densidad alta y preocupante (59 m^{-2}). Es probable que las malvasías cabeciblancas, flamencos y otras aves en Medina padezcan tasas altas de plumbismo.

Para determinar las tasas de plumbismo entre las aves en las Marismas del Guadalquivir, se ha examinado un total de 542 individuos de 26 especies de aves para determinar la presencia de perdigones ingeridos en el tracto digestivo. También se examinaron 1.993 egagrópilas de ocho especies de aves, incluyendo siete rapaces. La proporción de aves acuáticas afectadas por perdigones de plomo ingeridos es relativamente baja en Doñana y muy inferior a la prevalencia detectada en el Levante y el Delta del Ebro. La prevalencia encontrada en los ánsares es menor que en los estudios anteriores en Doñana y más baja entre ánsares cazados (3%) que entre los encontrados

muertos (26%). La prevalencia de plomos enquistados es mucho más alto en todas las aves acuáticas (56% en el caso del ánsar común), afectando a las rapaces que se alimentan de ellas. Entre las rapaces de Doñana, hemos detectado perdigones de plomo en el 3% de las egagrópilas del águila imperial y el 2% de las del milano real. En el Brazo del Este, el 4% de de las egagrópilas del aguilucho lagunero tienen perdigones de plomo. Es imprescindible evitar la caza con plomo en las Marismas del Guadalquivir para proteger sus águilas imperiales y otras rapaces de plumbismo.

El grit consumido por los patos y fochas en Doñana tiene una composición de tamaños muy diferente al grit consumido en el Delta del Ebro o la Camarga. Varía entre especies en una manera que cambia según la localidad. Las especies que consumen más grit de tamaño grande (diámetro 3-4 mm) ingieren más perdigones de plomo. Sin embargo, debido a la variación en selección de grit, las especies más afectadas por plumbismo en Doñana no son las mismas en otras localidades.

Analizamos las concentraciones de plomo y otros metales pesados en el hueso e hígado de 170 patos y rálidos recogidos en Doñana, incluyendo 124 aves recogidos 2-3 meses después del vertido de Aznalcollár, con el fin de averiguar el papel del vertido en el plumbismo sufrido por estas poblaciones. Tan solo 20 aves tenían niveles altos de plomo en hueso, y en general los lodos parecen haber contribuido poco a esta contaminación comparado con los perdigones y otras fuentes de plomo. Los niveles altos de As detectados en algunas aves podrían deberse a la presencia de As en los perdigones de caza. En algunas especies, la concentración de plomo varió según la edad y el sexo. En el caso de la Cigüeña Blanca criando en la Dehesa de Abajo, mediante el análisis de isótopos se ha demostrado que el plomo de los lodos sí ha entrado en la sangre de los pollos.

Desarrollamos una técnica que permite el seguimiento de la contaminación por plomo en los ánsares por el estudio no invasivo de sus heces. Se estudiaron 270 heces de ánsar común recogidas entre noviembre de 2001 y enero de 2002 en diferentes zonas de las Marismas del Guadalquivir: arrozales de Cantarita, Entremuros, lucio de Marilópez, Matasgordas y Cerro de los Ánsares. La contaminación por plomo varió entre localidades, siendo más alta en Entremuros debido a la ingestión de suelo contaminado por el vertido de Aznalcóllar. Estas muestras de heces confirmaron la baja prevalencia de ingestión de perdigones de plomo registrada con el estudio de ánsares cazados o capturados.

En Andalucía, los problemas más importantes detectados por nuestro estudio son las tasas de plumbismo en águila imperial y otras rapaces en Doñana a consecuencia del uso de perdigones de plomo para cazar aves acuáticas, y la alta densidad de perdigones en el fondo de la laguna de Medina. La prioridad para la gestión sería hacer cumplir la normativa que prohíbe el uso de plomo en la caza de aves acuáticas en Andalucía. Las prioridades para la investigación incluyen a) hacer un seguimiento de la prevalencia de perdigones de plomo, acero y otras alternativas en las egagrópilas de las rapaces de las Marismas del Guadalquivir (que a su vez sirve como índice del uso de dichos perdigones por los cazadores), b) hacer un seguimiento de la contaminación de los gansos en Doñana mediante el análisis de sus heces, y c) realizar un estudio de la contaminación por plomo de las poblaciones de aves en la laguna de Medina.

1. INTRODUCCION GENERAL

Las Marismas del Guadalquivir reciben cada invierno, numerosas aves migradoras, especialmente aves acuáticas. Según los años, la concentración de Anatidae puede superar los 300.000 individuos. También en las Marismas se reproducen especies amenazadas como la cerceta pardilla *Marmaronetta angustirostris*, la focha moruna *Fulica cristata* y el calamón *Porphyrio porphyrio*. Uno de los factores de mortalidad más importante para las aves acuáticas, es la ingestión de los perdigones de caza que se acumulan en el campo año tras año, y que los pájaros confunden con el grit o piedrecitas que utilizan para facilitar la trituración en la molleja de los elementos duros (semillas, tubérculos, fibras) de su alimentación.

El problema de la ingestión de plomo de caza por las aves acuáticas es un fenómeno conocido desde finales del siglo XIX, y desde entonces, ampliamente documentado. En el caso de las Marismas del Guadalquivir y del Parque Nacional de Doñana, el problema del plumbismo ha sido estudiado de forma casual y anecdótica. El primer dato que tenemos sobre la ingestión de plomo en Doñana procede del estudio del régimen alimenticio del calamón, donde se detectó la presencia de perdigones en el 7,4 % de los estómagos analizados (Rodríguez y Hiraldo, 1975). El segundo caso de plumbismo en Doñana, fue la mortandad de unos 50 flamencos en 1991 en el lucio de Mari López, dentro el Parque Nacional, debido a la ingestión masiva de perdigones de caza (Ramos et al., 1992). En los primeros estudios sobre la prevalencia de plomo en aves acuáticas de las Marismas del Guadalquivir, comenzados en 1992, se determinaron los porcentajes de plomos ingeridos en ánsar común *Anser anser* y ánade azulón *Anas platyrhynchos*, y se detectaron intoxicaciones letales en ánsar común y ánade rabudo *Anas acuta* (Mateo et al., 1998). También se estudió la densidad de plomo en los suelos de las zonas frecuentadas por los ánsares, particularmente en la duna conocida como el Cerro de los ánsares, antiguo

cazadero, donde cada mañana, en invierno, los gansos acuden a tomar el grit que necesitan. (Calderon et al., 1996; Mateo et al., 1998, Mateo et al., 2000a).

La ingestión de plomo por las aves acuáticas no es el único problema que supone la utilización de perdigones de plomo. Las rapaces también ingieren perdigones al consumir presas con perdigones de disparo enquistados en su cuerpo. La intoxicación por plomo en rapaces fue descrita por primera vez hace unas décadas (Jacobson et al., 1977) y se han encontrado numerosos casos desde entonces (Pattee y Hennes, 1983; Frenzel y Anthony, 1989). La muerte por plumbismo se ha descrito en 18 especies de rapaces diurnas (Locke y Friend, 1992; Pain y Amiard-Triquet, 1993; Falandysz et al., 1994; Mateo et al. 2003).

En España, se ha diagnosticado la intoxicación en aves carroñeras como el buitre leonado *Gyps fulvus* (Mateo et al., 1997), pero también en otras aves de presas con tendencias carroñera como el águila real *Aquila chrysaetos* (Cerradelo et al., 1992), el águila imperial ibérica *Aquila adalberti* (Hernández, 1995) y el busardo ratonero *Buteo buteo* (Mateo, 1999). La ingestión de perdigones ha sido estudiada mediante el examen de las egagrópilas en el aguilucho lagunero *Circus aeruginosus* en el delta del Ebro (Mateo et al., 1999) y en el alimoche común *Neophron percnopterus* en las islas Canarias (EBD, datos no publicados). En Doñana, la ingestión de plomo ha sido detectada en egagrópilas de aguilucho lagunero (Gonzalez, 1991), de águila imperial ibérica y milano real *Milvus milvus* (Mateo et al., 2001a).

En los informes anteriores, presentamos los resultados provisionales de las radiografías de aves y egagrópilas recogidas en las Marismas del Guadalquivir desde el año 1995, y de la densidad y distribución de perdigones de plomo en distintos puntos de la

marisma y en una serie de lagunas andaluzas donde se practica o se ha practicado la caza con perdigones de plomo. En esta memoria, presentamos los resultados definitivos de dichos estudios, así como los resultados de los análisis de las prevalencias de perdigones de plomo ingeridos en las aves acuáticas y su relación con la composición de grit ingerido por distintas especies en distintas localidades. También presentamos los resultados de nuestros análisis de las concentraciones de plomo y otros metales pesados en los tejidos (hígado y hueso) de los patos y rálidos en las marismas después del vertido, en los que consideramos la contribución de las distintas fuentes de plomo (perdigones, lodos, etcétera). Finalmente, presentamos nuestros análisis de las concentraciones de plomo y otros metales pesados en las heces de los ánsares y cómo esto se relaciona con los niveles de intoxicación en el ave.

2. MUESTREO DE PLOMO EN SUELOS DE MARI SMAS Y LAGUNAS ANDALUZAS

2.1 INTRODUCCIÓN

La acumulación de perdigones de plomo en humedales a lo largo de los años debido a la práctica de la caza o del tiro deportivo aumenta el riesgo de ingestión de perdigones por aves acuáticas (Pain, 1991). Para el estudio del plumbismo, es muy importante localizar las zonas donde las aves acuáticas están expuestas a un mayor riesgo de ingerir plomos de caza debido a su alta concentración en los sedimentos de los humedales. En este estudio, la mayoría de las zonas analizadas están protegidas desde el año 1989 o antes. Sin embargo, estudios anteriores en otras zonas protegidas (p.ej. Tablas de Daimiel, Mateo et al., 1998) han comprobado que perdigones que llevan muchos años en los sedimentos siguen suponiendo una fuente de intoxicación para las aves. El objetivo principal de este estudio es determinar la distribución de perdigones en la capa superficial más disponible para las aves (0-5 cm de profundidad) así como a mayor profundidad (5-10 cm) en las zonas analizadas. En humedales con tasas bajas de sedimentación, puede haber perdigones en la capa superficial aunque no se haya cazada desde los años ochenta. En algunas zonas de estudio, se sigue cazando hoy en día de manera legal (p.ej. el lucio del italiano en Veta la Palma) o furtiva (p.ej. el brazo del este).

2.2 ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se ha llevado a termino en las siguientes zonas de las Marismas del Guadalquivir y en las siguientes lagunas endorreicas de las provincias de Cádiz:

La laguna Salada de Zorrilla del complejo endorreico de Espera, declarada Reserva Natural (Anexo 1)

Las lagunas Salada (Anexo 2) y Chica (Anexo 3) del Puerto de Santa María, declaradas Reserva Natural

La laguna de Jeli de Chiclana, declarada Reserva Natural (Anexo 4)

La laguna de Medina, declarada Reserva Natural (Anexo 5)

Cuatro zonas dentro de las Salinas de Sanlúcar de Barrameda, declaradas Parque Natural (Anexo 6)

Cinco tramos del Brazo del Este, declarado Paraje Natural (Anexo 7)

La laguna de Santa Olalla en el Parque Nacional de Doñana (Anexo 8)

El lucio del Italiano en Veta la Palma, una zona no protegida (Anexo 9)

La laguna del Taraje de Lebrija-las Cabezas, declarada Reserva Natural (Anexo 10)

Estos humedales destacan por su importancia para las aves acuáticas y especialmente para especies amenazadas como la malvasía cabeciblanca, la cerceta pardilla y la focha moruna. También, en la mayoría de ellos se cazaba intensivamente hasta su protección. En gran medida, la selección de zonas de muestreo se ha basado en información proporcionada por las personas con mucho conocimiento sobre la caza que hay o que ha habido en los humedales andaluces (a saber, Juan Aguilar, Javier Hidalgo, Concha Raya).

2.3 MATERIAL Y MÉTODOS

Hemos tomado un número variable de muestras por zona, distribuidas entre hasta siete transectos según el tamaño de la zona (Tabla 2.1, Anexos 1-10). Los muestreos se han

realizado en la cubeta de las lagunas a una profundidad de 10 cm mediante un “corer” (saca testigos) de metal para los suelos compactos o arenosos (de 6 cm de diámetro), o un corer de PVC para los suelos más blandos (de 10 cm de diámetro). Para llegar a una superficie muestreada parecida con los dos corer, se han tomado tres submuestras por punto con el cilindro de 6 cm. Por ello, la superficie muestreada por muestra ha sido de 84,81 cm² con el corer de 6 cm y 78,54 cm² con el corer de 10 cm. Lógicamente, transformamos nuestros datos en densidades por m² de superficie para que sean comparables entre un método y otro. Los puntos han sido elegidos previamente sobre un mapa a escala 1/10 000, de cada laguna, estableciendo transectos desde la orilla hacia el interior de la laguna. En los casos en los que se ha podido averiguar qué posición ocuparon los puestos fijos de caza que había en algunos humedales (Salinas de Sanlúcar y Santa Olalla), se posicionaron los transectos desde el antiguo emplazamiento de los puestos hacia en interior del humedal. En las lagunas de Medina y del Taraje, la longitud del transecto ha sido determinada por el perfil de la laguna, siendo imposible la toma de muestras en la parte más profunda debido a la necesidad de acceder a pie para obtener las muestras con el corer.

El número total de muestras varió en función de la superficie de la laguna. Una vez tomado el testigo en cada punto, se dividió cada muestra en dos porciones correspondientes a los 5 cm superficiales de sedimento y a los 5-10 cm de profundidad. Las muestras fueron cribadas a través de un tamiz de 1mm de luz de malla y examinadas para cuantificar la presencia de perdigones. En suelos arcillosos la operación de criba fue muy laboriosa y costosa en tiempo (10 puntos filtrados al día). En el curso del proyecto hemos probado y puesto a punto con éxito el uso de radiografías para la detección de los perdigones en muestras de suelo (Milne et al., 1987). Hemos utilizado un equipo radiológico Muralix 100 (Versión 120) con placas de 30x40 cm. En cada placa se colocaban muestras de 6 puntos,

de este modo se han podido examinar 60 bolsas al día. De todas las muestras en que se detectaron perdigones, se extrajeron los plomos para su posterior medición.

Tabla 2.1. Detalles del muestreo de cada localidad estudiada

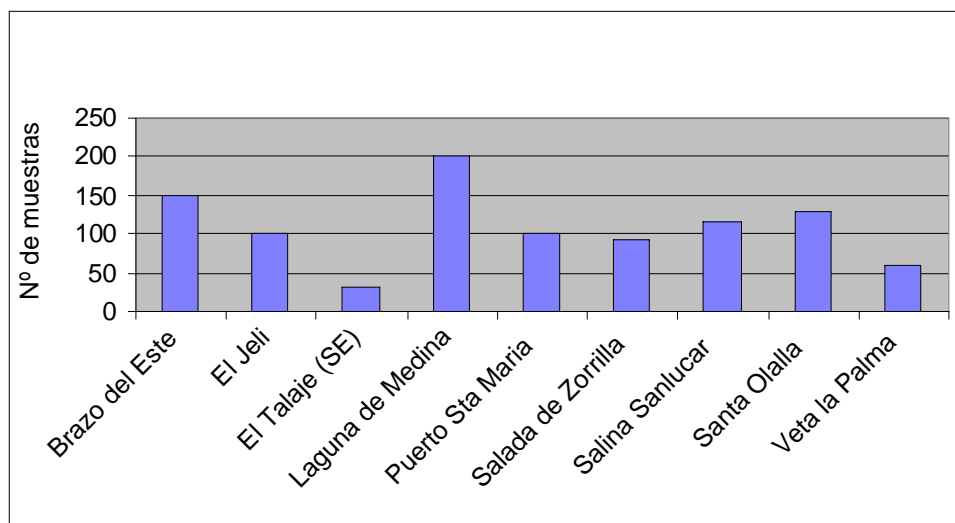
Localidad	Código	Nº Transecto	Distancia en puntos	Diámetro Corer	Nº Punto
Santa Olalla		2	5 m	6 cm	130
Veta la Palma		5	5 m	6 cm	60
Brazo del Este, El Conde 1	1	3	5	10 cm	30
Brazo del Este, El Conde 2	2	3	5	10 cm	30
Brazo del Este, Caño Navarro	3	3	5	10 cm	30
Brazo del Este, Casa Bomba	4	3	5	10 cm	30
Brazo del Este, Margazuela Chica	5	3	5	10 cm	30
Salinas de Sanlúcar	2/CA	1	5 m	10 cm	10
Salinas de Sanlúcar	1/LA	1	5 m	10 cm	10
Salinas de Sanlúcar	3/GR	3	10 m	10 cm	45
Salinas de Sanlúcar	4/S	2	10 m	6 cm	50
Salada del Puerto de María	2	4	15 m	10 cm	80
Chica del Puerto de María	1	1	20 m	10 cm	21
Salada de Zorrilla		2	10 m	6 cm	50
		2	10 m	10 cm	42
El Jeli		4	10 m	10 cm	100
Medina		9	10 m	10 cm	201
El Taraje		3	5 m	10 cm	30
Total					979

Los códigos numéricos son los utilizados en las otras tablas y figuras, y los códigos de letras son los usados en los anexos. En Salada de Zorrilla, se realizaron dos transectos con un corer/saca testigos de 6 cm y otros dos con un corer de 10 cm.

También, se cuantificó la disponibilidad de piedrecitas (grit) en el 10 % de las muestras de cada zona de estudio. El grit se extrajo en un tamiz de 1 mm de luz de malla, dividiendo las muestras entre las profundidades de 0-5 cm y 5-10 cm. En zonas con poco grit disponible, la ingestión de perdigones de plomo por las aves es más frecuente. Por lo tanto, los datos de grit ayudan a localizar las zonas donde el riesgo de intoxicación para las aves es mayor.

En el caso de las Salinas de Sanlúcar hemos tomado muestras en dos lagunas y en dos pequeñas marismas encharcables (<5 ha). En total en esta zona, se han muestreado 115 puntos (Anexo 6).

Figura 2.1. Número de puntos muestreados en cada localidad

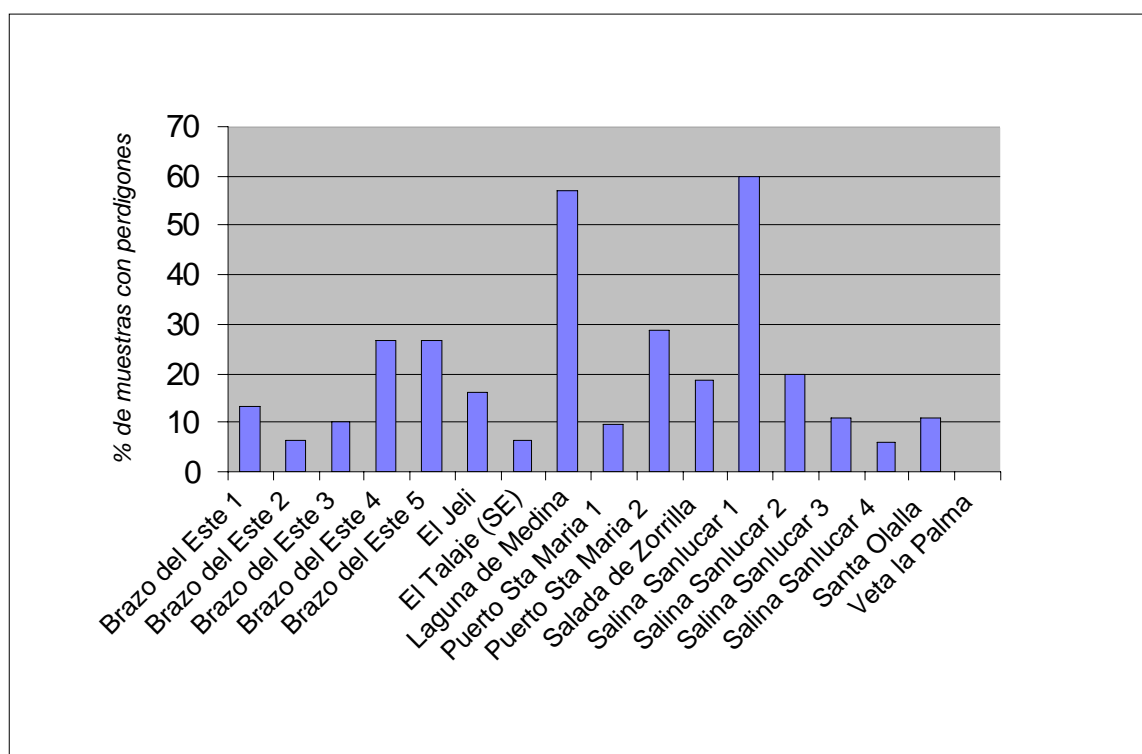


2.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.4.1 Presencia de perdigones en los suelos

A pesar de la prohibición de caza en la mayoría de las zonas estudiadas (desde hace más de 10 años en las lagunas endorreicas de la provincia de Cádiz, y más de 30 años en el caso de Santa Olalla), siguen detectándose cantidades notables de perdigones de plomo en los sedimentos. En la mayoría de las zonas, entre 10 y 30% de las muestras contienen por lo menos un perdigón de plomo, llegando a más del 50 % de los puntos en la laguna de Medina y en una de las zonas en las salinas de Sanlúcar (Fig. 2.2).

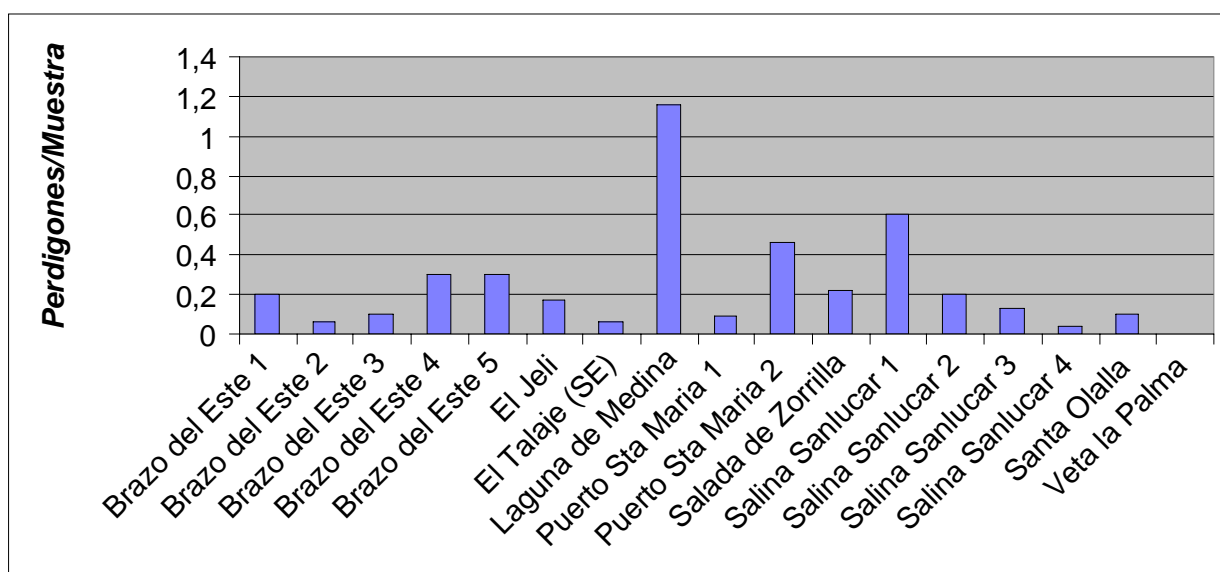
Figura 2.2 Porcentaje de muestras con perdigones de plomo en cada localidad



Ver Tabla 2.1 para una explicación de los códigos utilizados

En términos del número de perdigones por muestra, se destaca la laguna de Medina con una media de 1,2 plomo por muestra (Figura 2.3), seguido por los valores encontradas en la zona 1 de Sanlúcar (0,6) y la laguna Salada del Puerto de Santa María (0,46). El resto de las lagunas no presentan más de 0,4 plomos por muestra (Figura 2.3). Es sorprendente la ausencia de perdigones de caza en el Lucio del Italiano en Veta la Palma. Después de modificarlo expresamente para la caza, se ha vuelto a cazar en esta zona desde hace unos seis años, y es posible que hayamos muestreado una parte que quede fuera del antiguo lucio.

Figura 2.3 Media de perdigones de plomo por muestra en cada localidad



La presencia de plomos en los primeros cinco centímetros (Tabla 2.2) nos informa sobre el riesgo de ingestión por la mayoría de las aves acuáticas, ya que suelen utilizar los primeros centímetros de los sedimentos para alimentarse y buscar el grit. La proporción de

perdigones que se encuentran en los primeros 5 cm (Figura 2.4) depende en parte en la velocidad de sedimentación de los perdigones, la cual está influenciada por el tipo de suelo (limoso > arenoso > arcilloso). También depende de las tasas de colmatación de la cubeta, que depende del arrastre de sedimentos de la cuenca vertiente del humedal y de los movimientos de suelo en las zonas cercanas (dragado, construcción de diques, etcétera). Obras de este tipo pueden traer a la superficie los perdigones enterrados antiguamente.

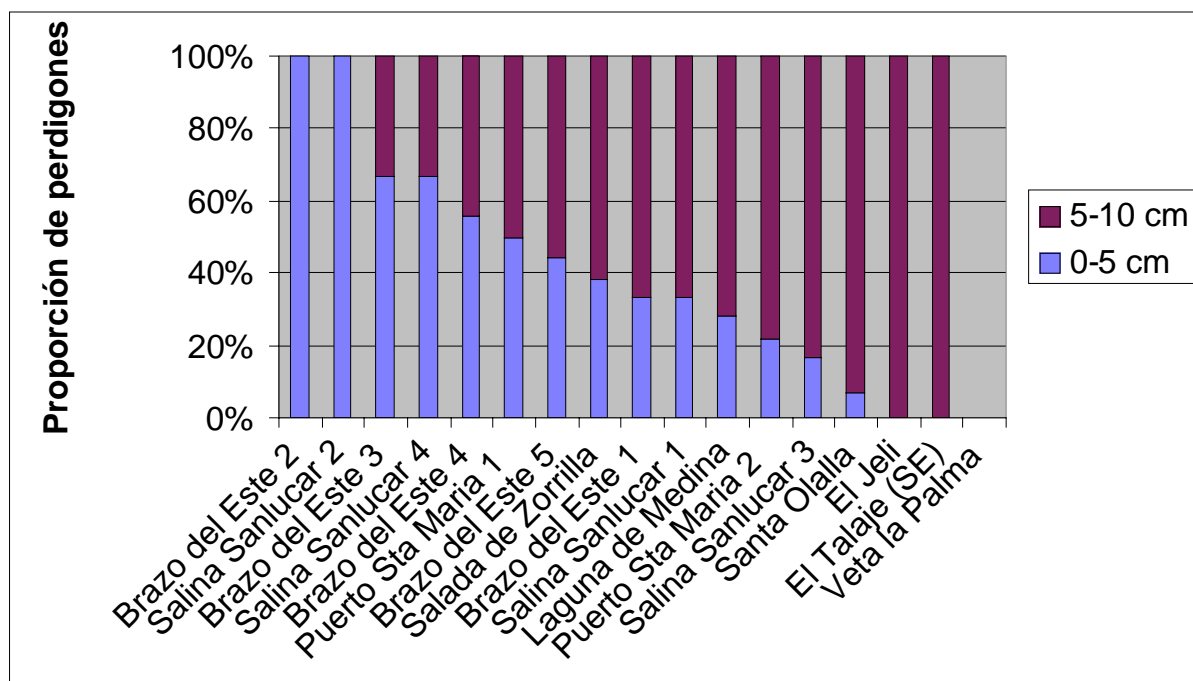
En algunos casos, la presencia de perdigones en los primeros cinco centímetros en humedales protegidos podría ser debida a que el perímetro de protección alrededor de las lagunas es demasiado reducido, permitiendo la entrada de perdigones tirados en el entorno de la laguna en la actualidad. La presencia de cotos de caza en el borde de zonas protegidas, puede también causar la entrada de perdigones de plomo en los humedales. En otros casos, la presencia de perdigones en la capa superficial seguramente se debe a la caza furtiva (por ejemplo, el Brazo del Este).

La presencia de perdigones de plomo entre 5 y 10 cm de profundidad (Tabla 2.2, Figura 2.4) es un problema menor, debido a la inaccesibilidad de los plomos para la mayoría de las especies. Sin embargo, el riesgo de ingestión por aves sigue existiendo en zonas de sedimentos blandos y especialmente para aves grandes que remueven el fondo (por ejemplo los flamencos) y por lo tanto pueden traer los perdigones hacia la superficie.

Tabla 2.2 Número y porcentaje de plomos encontrados por localidad en las dos profundidades estudiadas.

Localidad (n de muestras)	Nº perdigones encontrados	Perdigones 0-5 cm (%)	Perdigones 5-10 cm (%)
Brazo del Este 1 El Conde (n =30)	6	2 (33)	4 (67)
Brazo del Este 2 El Conde (n =30)	2	2 (100)	0 (0)
Brazo del Este 3 Caño Navarro (n =30)	3	2 (67)	1 (33)
Brazo del Este 4 Bomba (n =30)	9	5 (56)	4 (44)
Brazo del Este 5 Margazuela Chica (n =30)	9	4 (44)	5 (56)
El Jeli (n =100)	17	0 (0)	17 (100)
El Taraje (SE) (n =30)	2	0 (0)	2 (100)
Laguna de Medina (n =201)	234	66 (28)	168 (72)
Puerto Sta Maria 1 Chica (n =21)	2	1 (50)	1 (50)
Puerto Sta Maria 2 Salada (n =80)	37	8 (22)	29 (78)
Salada de Zorrilla (n =92)	21	8 (38)	13 (62)
Salina Sanlucar 1 (n =10)	6	2 (33)	4 (67)
Salina Sanlucar 2 (n =10)	2	2 (100)	0 (0)
Salina Sanlucar 3 (n =45)	6	1 (17)	5 (83)
Salina Sanlucar 4 (n =50)	3	2 (67)	1 (33)
Santa Olalla (n =130)	14	1 (7)	13 (93)
Veta la Palma (n =60)	0	0 (0)	0 (0)

Figura 2.4. Presencia de perdigones de plomo según la profundidad



El hecho de que, en las lagunas del Jeli y del Taraje (Figura 2.4), no se haya detectado la presencia de perdigones en profundidades de 0-5 cm podría deberse a la ausencia del depósito de nuevos perdigones pero también a la colmatación rápida de estas lagunas, cuyas cubetas están rodeadas por campos de cultivo. Aprovechamos esta ocasión para avisar a la Junta de Andalucía de la mala situación de conservación en la laguna de Jeli. El día de nuestro muestreo se encontraron cadáveres de más de 50 cigüeñas, 20 gaviotas reidora, 20 gaviotas patiamarilla, 3 garza reales y 2 avefrías. Sospechamos que la causa principal de esta mortalidad sea la contaminación proveniente de los vertederos que se encuentran en el entorno de la laguna. Al ser utilizado como dormitorio por muchas aves, esta puede ser la explicación de la gran cantidad de cigüeñas y gaviotas encontradas en la

laguna. Sin embargo, sea cual sea la causa de muerte, la descomposición de tantos cadáveres en la laguna perjudica gravemente a la calidad sanitaria y medioambiental de este humedal.

En un caso opuesto, una pequeña marisma dentro de las salinas de Sanlúcar tenía todos los plomos detectados entre 0 y 5 cm de profundidad (Tabla 2.2, Figura 2.4). Esto quizás se explique en parte por una sedimentación muy lenta de los perdigones, al tratarse de un suelo inmovilizado por la vegetación (almajos). También el hecho de que esta zona sea poco encharcable hace que el suelo sea poco propicio para la sedimentación de los perdigones. Además, se sigue cazando en esta zona, por lo que los perdigones encontrados podrían llevar relativamente poco tiempo allí. En uno de los dos transectos realizados en el tramo del Conde del Brazo del Este, de nuevo todos los plomos detectados (dos perdigones) se encontraron en la capa superficial (Tabla 2.2). Sin embargo, esto no fue el caso en el otro transecto realizado en el mismo tramo. El Conde nos parece una zona de mucha colmatación y mucho furtivismo. Es decir, pensamos que los perdigones de caza encontrados en los primeros centímetros son recientes. Hemos recogido cientos de cartuchos del cauce del Conde en los últimos años durante el censado de sus aves acuáticas.

2.4.2 Densidad de perdigones

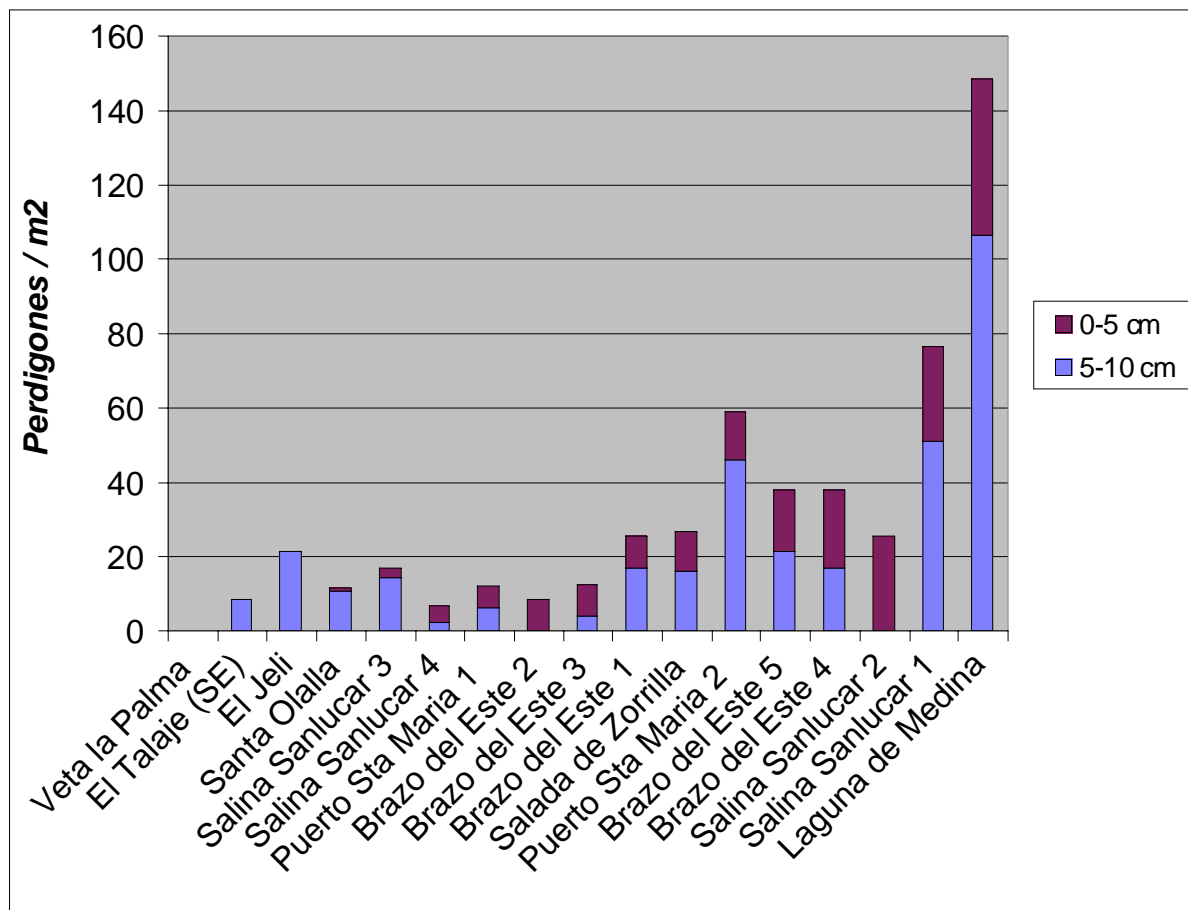
En la Tabla 2.3 se presentan las densidades de perdigones de plomo por metro cuadrado, el valor más útil para evaluar el riesgo de ingestión de perdigones por las aves acuáticas.

Tabla 2.3 Densidades de perdigones de plomo en cada localidad (n/m²)

Localidad	Densidad 0-5 cm	Densidad 5-10 cm	Densidad total
Brazo del Este 1 El Conde (n =30)	8,49	16,98	25,46
Brazo del Este 2 El Conde (n =30)	8,49	0	8,49
Brazo del Este 3 Caño Navarro (n =30)	8,49	4,24	12,73
Brazo del Este 4 La Bomba (n =30)	21,23	16,98	38,21
Brazo del Este 5 Margazuela Chica (n =30)	16,98	21,23	38,21
El Jeli (n =100)	0	21,64	21,64
El Taraje (SE) (n =30)	0	8,49	8,49
Laguna de Medina (n =201)	41,82	106,47	148,3
Puerto Sta Maria 1 Chica (n =21)	6,06	6,06	12,12
Puerto Sta Maria 2 Salada (n =80)	12,73	46,17	58,91
Salada de Zorrilla (n =92)	10,40	16,27	26,73
Salina Sanlucar 1 (n =10)	25,46	50,93	76,39
Salina Sanlucar 2 (n =10)	25,46	0	25,46
Salina Sanlucar 3 (n =45)	2,82	14,14	16,97
Salina Sanlucar 4 (n =50)	4,34	2,16	6,54
Santa Olalla (n =130)	0,83	10,87	11,75
Veta la Palma (n =60)	0	0	0

Los resultados más alarmantes son los de la laguna de Medina, donde a pesar de la prohibición de la caza desde hace más de 13 años, encontramos densidades de 148 perdigones por metro cuadrado (Tabla 2.4), suficiente para poner sus aves acuáticas bajo grave riesgo de muerte por plumbismo. Esta laguna es la zona muestreada con más perdigones en ambas fracciones de profundidad estudiadas.

Figura 2.5 Densidades de perdigones de plomo a distintas profundidades



Para tener una idea de la cantidad de plomo en cada zona, multiplicamos la densidad de perdigones por el peso medio de perdigones encontrados en el muestreo (0,08 g) y lo expresamos en peso por hectárea (Tabla 2.4). En el caso de la Laguna de Medina (121 ha), estimamos que se encuentra un total de 14,3 toneladas de plomo en la cubeta de la laguna a profundidades de entre 0 y 10 cm y potencialmente accesible para las aves acuáticas. Por desgracia, no tenemos datos sobre la prevalencia de plomo en las aves acuáticas en esta laguna, y sería importante empezar un estudio concreto de la problemática

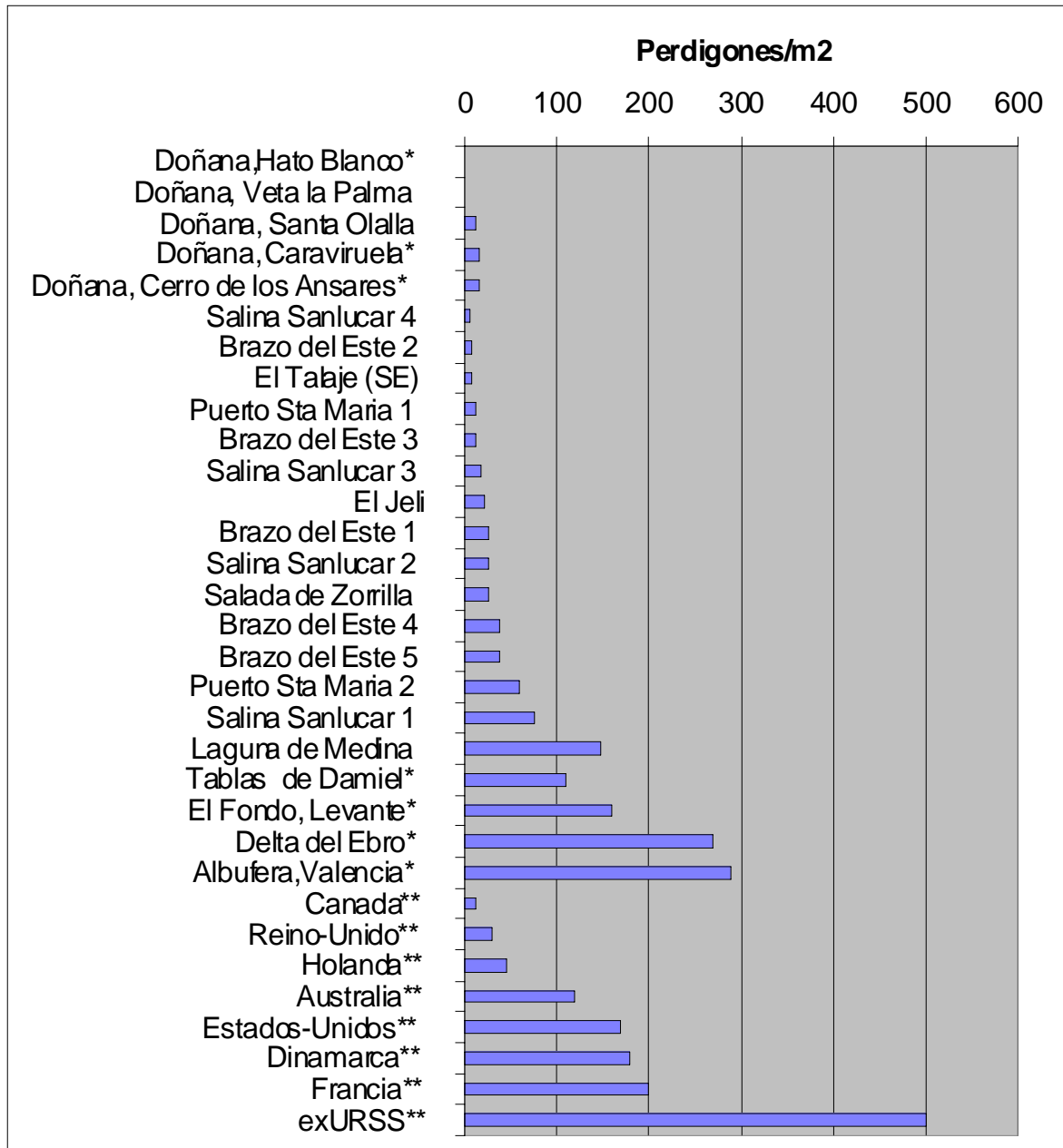
del plumbismo allí, especialmente debido a la importancia que esta laguna tiene para la malvasía cabeciblanca y otras especies amenazadas. En El Hondo, Alicante, hay una densidad parecida de perdigones que causa una prevalencia de plumbismo muy alta en las malvasías y cercetas pardillas allí (Mateo et al., 2001b).

Tabla 2.4 Cantidad estimada de plomo en cada localidad, expresada como Kg/ha en los primeros 10 cm de suelo

Localidad	Perdigones / m ²	Peso de perdigones Kg / ha
Brazo del Este 1 El Conde (n =30)	25,46	20,368
Brazo del Este 2 El Conde (n =30)	8,49	6,792
Brazo del Este 3 Caño Navarro (n =30)	12,73	10,184
Brazo del Este 4 La Bomba (n =30)	38,21	30,568
Brazo del Este 5 Margazueta Chica (n =30)	38,21	30,568
El Jeli (n =100)	21,64	17,312
El Taraje (SE) (n =30)	8,49	6,792
Laguna de Medina (n =201)	148,3	118,64
Puerto Sta Maria 1 Chica (n =21)	12,12	9,696
Puerto Sta Maria 2 Salada (n =80)	58,91	47,128
Salada de Zorrilla (n =92)	26,73	21,384
Salina Sanlucar 1 (n =10)	76,39	61,112
Salina Sanlucar 2 (n =10)	25,46	20,368
Salina Sanlucar 3 (n =45)	16,97	13,576
Salina Sanlucar 4 (n =50)	6,54	5,232
Santa Olalla (n =130)	11,75	9,400
Veta la Palma (n =60)	0	0

Figura 2.6 Nuestros resultados en el contexto nacional e internacional (datos de este estudio, Pain 1992 y Mateo et al. 1998*).**

Hay que tener en cuenta que las profundidades de muestreo son diferentes en algunos casos



Es deseable comparar nuestros resultados con los de otros estudios de la contaminación de suelos por perdigos, tanta a escala nacional como internacional (Figura

2.6). La mayoría de las zonas estudiadas en este proyecto se sitúan entre las zonas con las densidades más bajas registradas. En cambio, las lagunas Salada del Puerto de Santa María y de Medina se encuentran entre los humedales más contaminados (Figura 2.6), un hallazgo importante y preocupante en estos dos sitios Ramsar. Dentro de las marismas del Guadalquivir, algunas zonas de las Salinas de Sanlúcar y del Brazo del Este también tienen niveles preocupantes. Según los datos disponibles, las zonas de Doñana situadas al oeste del Río Guadalquivir tienen niveles bajos de contaminación por perdigones.

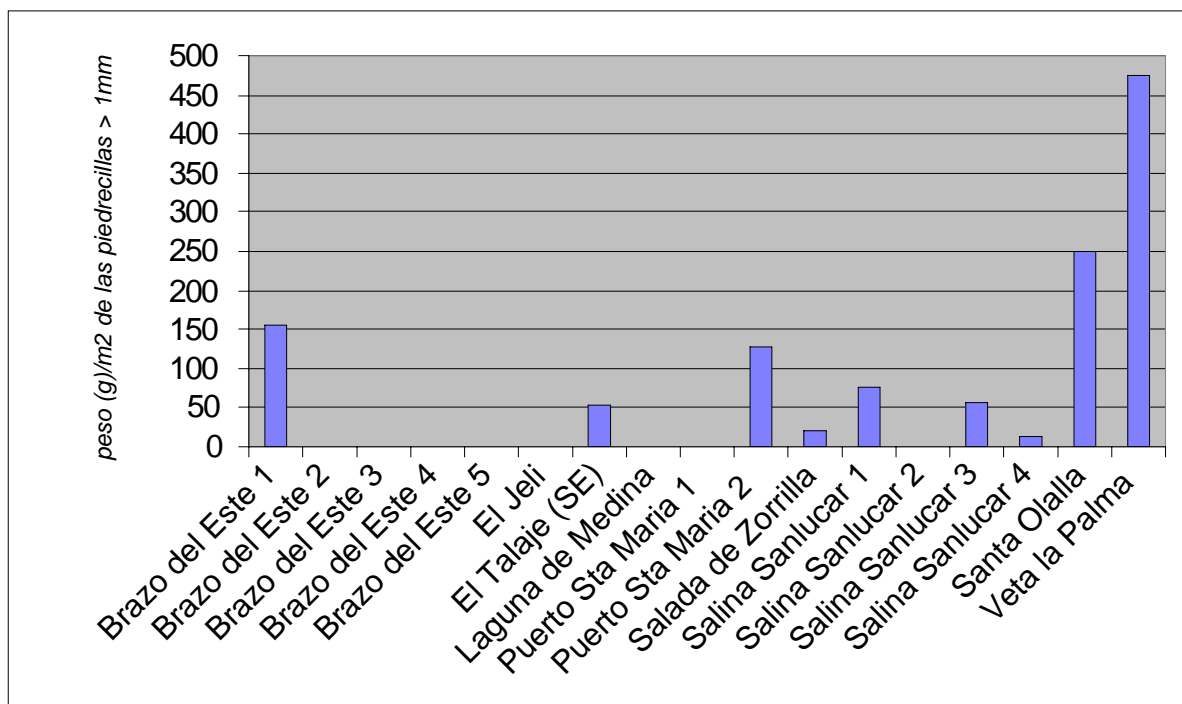
Es importante destacar que nuestros datos subestiman la densidad de perdigones de plomo en los suelos estudiados, ya que hemos utilizado un método visual con error humano y sobre todo porque hay perdigones desgastados que pasan por la malla de 1 mm utilizado cuando filtramos el suelo. Como prueba de esto, estudiamos 19 muestras recogidas en varias localidades. Antes de filtrarlas, se hizo radiografía y se detectaron un total de 26 perdigones de plomo. Durante el filtrado, solo localizamos 21 perdigones, es decir el 81% de los que había.

2.4.3 Presencia de grit en los sedimentos

Las aves acuáticas ingieren los perdigones de plomo porque los confunden con las piedrecillas o gastrolitos (grit) ingeridas para ayudar a la digestión (ver capítulo 4). Por lo tanto, es importante estudiar la disponibilidad de grit en los humedales con suelos contaminados por perdigones de plomo, ya que las aves tienden a ingerir menos perdigones cuando hay más grit disponible (Mateo et al, 1998). Cuantificamos la cantidad de grit excluyendo la parte fina que pasa por un tamiz con 1mm de luz de malla, ya que la

disponibilidad del grit grande está más relacionado con la ingestión de perdigones, los que tienen un tamaño parecido (ver capítulo 4).

Figura 2.7 Abundancia de grit (g/m^2 superficie) en los primeros 10 cm de suelo en las distintas localidades.

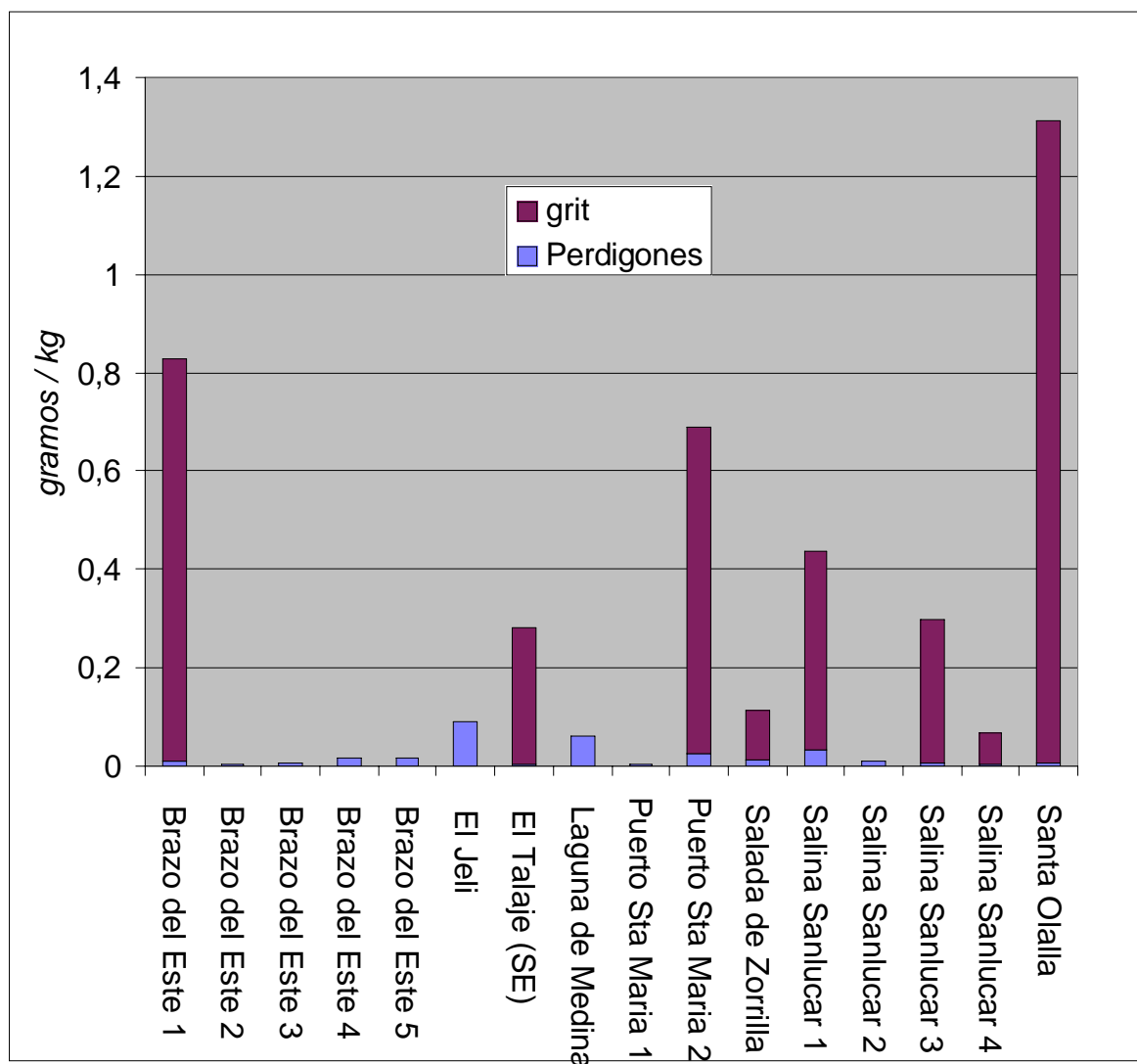


En general, encontramos poco grit en nuestras muestras de la capa superficial (Figura 2.7). En todos los casos, la cantidad encontrada fue menos del 1% del peso de la muestra de suelo (que tenía un peso medio de 1,254 kg). Sin embargo, en nueve localidades (incluyendo Veta la Palma) el peso de grit fue muy superior al peso de los perdigones (Figura 2.8). En dichas localidades, cabe esperar prevalencias bajas de ingestión de plomo

por las aves. Afortunadamente, estas localidades incluyen la laguna Salada del Puerto de Santa María y tres de las cuatro zonas estudiadas dentro de las Salinas de Sanlúcar.

Figura 2.8 Relación entre la densidad de perdigones de Pb y de grit en los primeros 10 cm de suelo en cada localidad

No se incluye Veta la Palma porque no se encontraron perdigones (Figura 2.2)



En cambio, en ocho localidades encontramos más peso de perdigones en nuestros transectos que peso de grit (Figura 2.8). Incluso teniendo en cuenta el mayor peso por volumen de plomo comparado con las piedrecillas, el *volumen* de perdigones sigue siendo superior al *volumen* de grit en las muestras de estas ocho localidades. Desafortunadamente, la laguna de Medina, la localidad con más contaminación por perdigones, es una de estas localidades por lo que tenemos más razones para pensar que podría haber tasas altas de plumbismo entre las aves albergadas en esta localidad gaditana. No obstante, estos datos refieren solamente a la cantidad de grit encontrada en nuestros transectos, y en muchas localidades hemos observado concentraciones de grit que cayeron fuera de nuestros transectos, especialmente en el borde de las lagunas, donde los efectos del viento y el oleaje suele concentrar las piedrecillas en alguna parte.

Así pues, en Medina y en la laguna del Jeli no hubo grit en los transectos, pero sí hay zonas de la orilla de las lagunas donde se encuentra mucho grit. Es probable que la mayoría de las aves acuáticas localicen y utilicen estas zonas para consumir su grit, reduciendo de esa manera las tasas de plumbismo. En cambio, sospechamos que las especies tan acuáticas como la malvasía cabeciblanca usen muy poco las orillas de la laguna, y que busquen su grit en el fondo. Hay una diferencia muy importante en el comportamiento entre una malvasía (que prácticamente nunca sale del agua o usa las zonas muy someras) y los patos nadadores tipo ánade (que salen a la orilla mucho y se alimentan fundamentalmente en la parte somera de una laguna). Es decir, entre las aves en la laguna de Medina, cabe esperar una tasa de ingestión de perdigones de plomo mucha más alto en malvasías que en el ánade azulón y otros patos nadadores. Sería conveniente investigar este tema profundamente. Como vemos en retrospectiva, habría sido útil situar algún transecto

empezando desde esa parte de la orilla donde más grit hubo para cuantificar el grit disponible en esa zona.

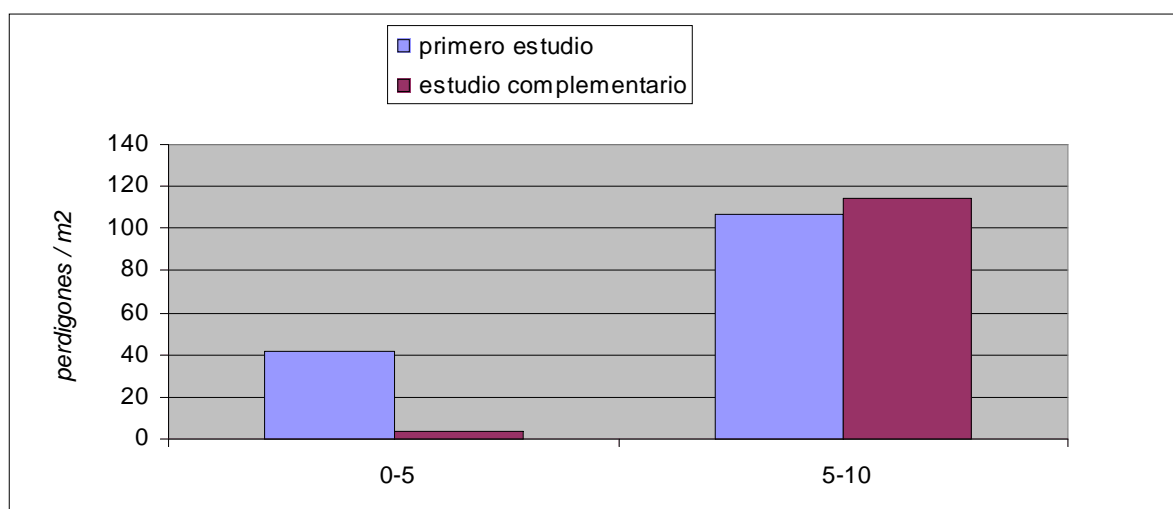
La relación entre disponibilidad de grit y la probabilidad de ingerir perdigones es complicado, y queda mucho por investigar. Por ejemplo, en otras zonas de mucha contaminación por perdigones se ha planteado el suministro de grit como medida de gestión. Sin embargo, dicha medida podría ser contraproducente en algunas condiciones. Si hay mucho grit disponible en una zona donde la densidad de perdigones es muy alto, puede provocar graves problemas de plumbismo ya que el grit atrae a las aves a una zona donde hay muchos perdigones por ingerir (Mateo 1998).

2.4.4 La laguna de Medina : densidad de perdigones a profundidades mayores

Nuestros muestreos han demostrado que la laguna de Medina es la localidad más contaminada por perdigones de plomo. Teniendo en cuenta la importancia de decidir si es factible o recomendable realizar una limpieza de la capa superficial contaminada, volvimos a muestrear los suelos con otro método que nos permitiera averiguar los niveles de contaminación en profundidades mayores. Con el mismo corer de PVC (diámetro 10 cm) tomamos muestras de 30 puntos hasta la mayor profundidad posible en cada punto. Estas muestras las tomamos al azar en la parte de la cubeta de la laguna donde habíamos detectado la mayor densidad de perdigones en el primer muestreo. En todos los 30 puntos, llegamos hasta profundidades de 25 cm o más. Esta vez, no filtramos el suelo sino que usamos la radiografía para detectar los perdigones. El uso de la radiografía nos permite saber a qué profundidad están localizados los perdigones, con precisión milimétrica, ya que

la imagen radiográfica refleja la escala real. En cambio, con el método usado en el primero muestreo, tuvimos que dividir cada muestra en dos partes (correspondiendo a profundidades de 0-5 y de 5-10 cm) *antes* de filtrarla. Evidentemente, los dos métodos tienen errores diferentes a la hora de determinar a qué profundidad estaba situado un perdigón.

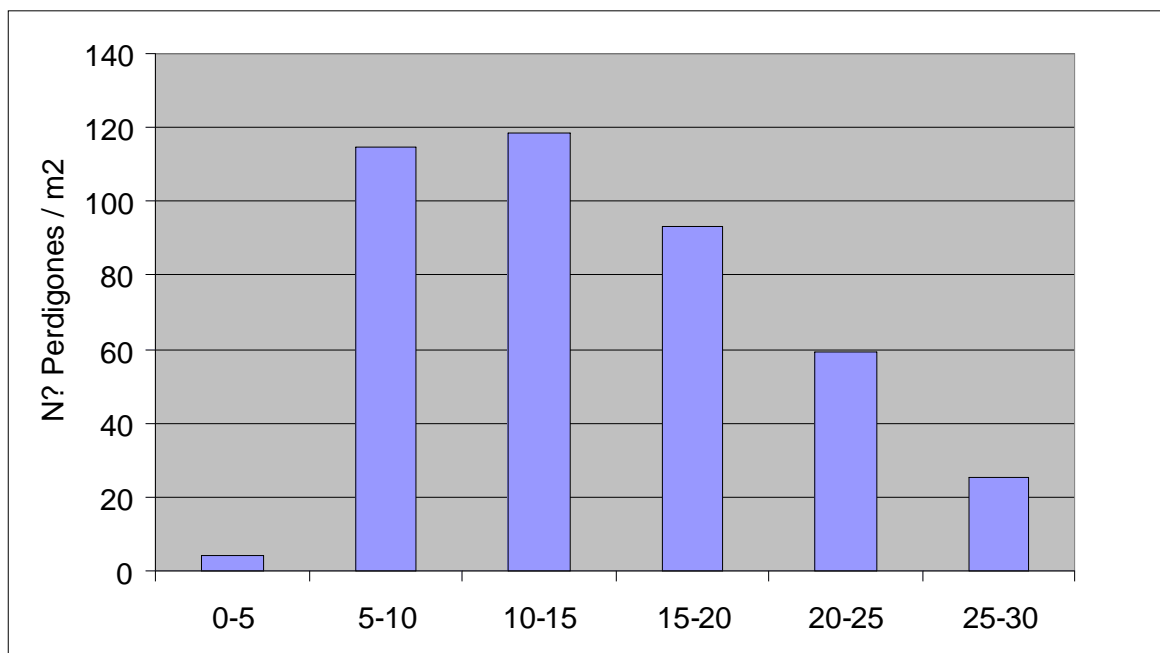
Figura 2.9 Comparación de las densidades de perdigones de plomo registrados en los dos muestreos en la capa superficial (0-10 cm profundidad) en la laguna de Medina



Los resultados de este segundo muestreo son muy diferentes a los del primer muestreo, con una densidad estimada de perdigones en los cinco primeros centímetros de suelo más de 10 veces menor en el segundo muestreo (Figura 2.9). En cambio, las densidades calculadas en profundidades de 5-10 cm son muy parecidas (Figura 2.9). Hay que tener cuidado interpretando esta diferencia porque las muestras no se tomaron

exactamente en los mismos puntos de la laguna, y hay error con ambos métodos. Además, se tomaron muchos más puntos en el primer muestreo, reduciendo el factor aleatorio a la hora de calcular las densidades. No obstante, pensamos que el método utilizado en el segundo muestreo es más fiable que en el primero, porque no hay división previa de la muestra y sabemos con más exactitud la posición de los perdigones en el sedimento. En el primer muestreo, al tener muchos sedimentos finos y líquidos en la capa superficial, fue muy difícil coger precisamente los primeros 5 cm, y probablemente se ha cogido algunos centímetros más en algunos casos. Es decir, en retrospectiva, sospechamos que en general nuestros datos de densidades en los primeros 5 cm en todas las localidades estudiadas (Tabla 2.3) son algo inflados.

Figura 2.10 Distribución de los perdigones en distintas profundidades en la Laguna de Medina



Nuestro segundo muestreo ha puesto de manifiesto que la mayoría de los perdigones de plomo están localizados en profundidades superiores, de entre 10 y 30 cm (Figura 2.10). Este resultado no es sorprendente considerando que la caza ha sido prohibida en Medina desde el año 1987, y hay una tasa alta de colmatación en la laguna acelerada por las actividades agrícolas e industriales en la cuenca vertiente. En total en los primeros 30 cm de suelo, hemos detectado una densidad total que alcanza a los 398,9 de perdigones por m² de superficie, es decir uno 319,1 kg de perdigones por hectárea, una de las mayores densidades registradas en cualquier humedal (Mateo 1998).

Aunque no estén ingeridos por las aves, los perdigones se deshacen poco a poco, contaminando los suelos y pudiendo incorporarse en las cadenas tróficas. La velocidad de disolución de los perdigones en los suelos depende del acidez del sustrato. Según el pH del suelo, los perdigones de caza pueden tardar entre decenas de años y 300 años en deshacerse. Los perdigones se convierten en derivados de Pb con mayor bio-disponibilidad para la fauna y flora. Por lo tanto, en la laguna de Medina potencialmente hay 167 mg/kg de plomo disponible para cualquier ser vivo. Esta cantidad está por encima de los valores de Pb encontrados en los suelos contaminados por el vertido tóxico de Aznalcóllar (135.3 mg/kg según Simon et al. 1999). Es decir, los suelos de Medina se puede clasificar como sumamente contaminados.

A pesar de estos problemas, una limpieza de los suelos en Medina nos parece poco aconsejable, ya que habría que llegar hasta mucha profundidad y mover muchísimo suelo que se convertiría en residuos peligrosos. Sería mejor empezar por un estudio detallado de los niveles de plumbismo de las aves en esta laguna, para determinar la importancia de esta enfermedad como causa de mortalidad o de bajo éxito reproductivo en esta localidad.

2.5 RESUMEN POR LOCALIDAD

Nuestro estudio ha confirmado la presencia de perdigones de plomo en el suelo de todas las zonas muestreadas, con la excepción del lucio del Italiano en **Veta la Palma**. Se han encontrado plomos en todas las zonas protegidas, a pesar de la prohibición de la caza desde hace más de 10 años.

La **laguna de Medina** representa el sitio con mayor riesgo para las aves acuáticas de todas las localidades estudiadas por nosotros. Es prioritario estudiar las tasas de plumbismo en sus malvasías, flamencos y otras aves acuáticas.

Las zonas 1 y 2 de las **Salinas de Sanlúcar** tienen densidades altas de perdigones en la capa superficial, pero el pequeño tamaño de estos humedales (Ca y La en anexo 6) reduce la importancia de nuestros resultados. Se tratan de zonas temporales que pueden provocar brotes de plumbismo cuando se encharcan en invierno. Es probable que algunas otras partes de las salinas de Sanlúcar aún sin muestrear estén igualmente contaminadas.

La laguna 3 y la laguna 4 de las **Salinas de Sanlúcar** tienen densidades bajas de perdigones. Es posible que la caza no ha sido tan intensiva aquí al ser balsas de una gran extensión (Gr y S en Anexo 6). La densidad baja también podría deberse a posibles intervenciones en la superficie de la cubeta durante modificaciones de las salinas (dragados, construcciones de las balsas, etcétera).

Las **lagunas Chica del Puerto de Santa María y Taraje de Sevilla** presentan las densidades más bajas de perdigones de las varias lagunas endorreicas estudiadas. La fuerte

colmatación de la laguna Chica podría explicar los pocos plomos hallados en los primeros centímetros, comparado con la laguna Salada del Puerto, la laguna vecina con una densidad muy superior.

La **laguna Salada del Puerto** es la segunda laguna más contaminada respecto a la densidad total de plomos. Afortunadamente, el 76% de los plomos encontrados están enterrados entre 5 y 10 centímetros, fuera del alcance de la mayoría de las aves. Además, esta laguna tiene grit en los sedimentos. Sin embargo, conviene estudiar las tasas de plumbismo en sus malvasías y otras aves.

La **laguna Salada de Zorrilla de Espera** tiene una densidad de plomos intermedia respecto al conjunto de las lagunas estudiadas por nosotros.

En Paraje Natural del **Brazo del Este** se muestrearon en total cuatro de sus ocho tramos, encontrándose perdigones en cada zona con niveles altos en la Margazuela Chica y la Bomba. El riesgo de ingestión parece alto, ya que hemos encontrado casos de ingestión de perdigones en ánade azulones recogidos en el Brazo (capítulo 3). La escasez de grit en tres de los tramos estudiados empeora la situación.

La **laguna del Jeli** presenta una de las situaciones menos preocupantes, ya que no se han detectado perdigones en los cinco primeros centímetros. No obstante, hay densidades intermedias entre 5 y 10 cm.

A pesar de ser la localidad donde se prohibió la caza hace más tiempo (más de 30 años sin cazar), se sigue encontrando plomo en los sedimentos de la **laguna de Santa**

Olalla. Sin embargo los perdigones han casi desaparecido de la capa superficial, y la laguna contiene mucho grit, por lo que no puede ser un foco importante de plumbismo.

**3.- Plumbismo en Do ana: la
radiograf a de aves acu ticas,
aves rapaces y sus egagr pilas**

3.1 INTRODUCCIÓN

En los primeros estudios sobre la prevalencia de plomo en aves acuáticas de las Marismas del Guadalquivir, comenzados en el año 1992, se determinaron los porcentajes de plomos ingeridos en ánsar común *Anser anser* y ánade azulón *Anas platyrhynchos*, y se detectaron intoxicaciones letales en ánsar común y ánade rabudo *Anas acuta* (Mateo et al., 1998).

La ingestión de plomo por las aves acuáticas no es el único problema que supone la utilización de perdigones de plomo. Las rapaces también ingieren perdigones al consumir presas con perdigones de disparo enquistados en su cuerpo. En España, se ha diagnosticado la intoxicación en aves carroñeras como el buitre leonado *Gyps fulvus* (Mateo et al., 1997), pero también en aves de presas con tendencias carroñera como el águila imperial ibérica *Aquila adalberti* (Hernández, 1995) y el busardo ratonero *Buteo buteo* (Mateo, 1999). La ingestión de perdigones ha sido estudiada mediante el examen de las egagrópilas en el aguilucho lagunero *Circus aeruginosus* en el delta del Ebro (Mateo et al., 1999). En Doñana, la ingestión de plomo ha sido detectada previamente en egagrópilas de aguilucho lagunero (Gonzalez, 1991), de águila imperial ibérica y milano real *Milvus milvus* (Mateo et al., 2001a).

En este capítulo presentamos los resultados de las radiografías de aves y egagrópilas recogidas en las Marismas del Guadalquivir desde 1995 hasta ahora con el fin de conocer la frecuencia de la ingestión de perdigones de plomo en distintas especies de aves acuáticas y aves rapaces en Doñana. Nuestros objetivos incluyen el estudio del problema de plumbismo en especies de aves acuáticas y rapaces que no se han estudiado

anteriormente en Doñana. Además, en el caso de especies en las que ya se ha identificado un problema de plumbismo previamente (especialmente el águila imperial y en ánzar común), hemos recogido muchas más muestras con el fin de evaluar qué proporción de la población está afectada, y cuáles son las tendencias entre años y estaciones. También estudiamos la frecuencia de perdigones enquistados en las aves acuáticas, ya que son estos perdigones los que causan plumbismo en las rapaces que se alimentan de dichas aves.

3.2 MATERIAL Y MÉTODOS

En el laboratorio del Bolín en la Reserva Biológica de Doñana, se hicieron radiografías de aves y egagrópilas encontradas en las Marismas del Guadalquivir. Se ha examinado un total de 542 individuos de 26 especies de aves para determinar la presencia de perdigones ingeridos en el tracto digestivo. En el examen radiológico también se pudo detectar la presencia de perdigones enquistados en las aves y que suponen un riesgo para las rapaces que se alimentan de ellas. También se examinaron 1.993 egagrópilas de ocho especies de aves, incluyendo siete rapaces.

Para los plomos ingeridos, se presentan los resultados de todas las especies de aves acuáticas (Tabla 3.1), sin diferenciar el año de captura (pero ver Tabla 3.3 y Anexo 11), para destacar las especies expuestas más y menos al plomo por la ingestión de perdigones. Sabiendo que existe una diferencia según el régimen y comportamiento alimenticio, se distingue entre patos buceadores (porrón europeo *Aythya ferina* y malvasía cabeciblanca *Oxyura jamaicensis*!!!), patos nadadores granívoros o omnívoros (ánade azulón *Anas platyrhynchos*, cerceta común *Anas crecca*, cuchara común *Anas clypeata*, ánade

rabudo *Anas acuta* y cerceta pardilla *Marmaronetta angustirostris*) y los patos herbívoros (pato colorado *Netta rufina*, ánade silbón *Anas penelope*, ánade friso *Anas strepera*). Se analizó en detalle la especie más afectada por plumbismo, el ánsar común *Anser anser*, considerando si existen diferencias entre años y según el método de captura.

Se examinaron las diferencias entre especies de aves en plomos presentes en egagrópilas, y se detallaron los resultados por años, y temporada (ver Anexo 12). Se presentan los porcentajes de plomo enquistados en las distintas especies de aves encontradas en Doñana, como posibles carroñas o presas de las rapaces (Rallidae y Anatidae). Se considera especialmente la presencia de perdigones enquistados en el ánsar común (ver Anexo 11).

3.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.3.1 Presencia de perdigones ingeridos en aves acuáticas

A la vista de nuestros resultados es importante destacar la ingestión de perdigones en la focha común, el calamón y el ánade azulón, aunque con una baja frecuencia (Tabla 3.1, Anexo 11). Las cifras obtenidas en el ánade azulón (prevalencia de 2,5%) están muy por debajo de las observadas en Francia (18,1 %) y se sitúan en los niveles más bajos encontrados para esta especie en Europa (Pain, 1991, ver también capítulo 4). La prevalencia de perdigones en el ánade azulón, cuchara y porrón común son superiores (Tabla 3.1), aunque el tamaño de muestra es bajo, haciendo que las estimas sean poco fiables. En cuanto al calamón, la diferencia es notable entre los resultados de 1975 (7,43

%) (Rodríguez y Hiraldo 1975) y nuestro resultado (1,81 %). No obstante en el trabajo citado no se especifica si alguno de los perdigones encontrados en la molleja podrían proceder del disparo con que se capturaron a las aves.

El bajo número de muestras para algunas de las especies radiografiadas no nos permite sacar conclusiones por el momento. Sin embargo, en el caso de los patos, agrupándolos según si son herbívoros, nadadores granívoros o buceadores confirma que los patos más expuestos son los buceadores (9,5%), seguidos por los patos nadadores granívoros (4%) y los patos herbívoros (0%).

El hecho más destacable de estos resultados es el alto nivel (14,6%) de ingestión de plomos por el ánsar común, llegando a encontrarse hasta 48 perdigones en la molleja de un individuo (cabe subrayar que nuestros datos no incluyen los de la oficina del Parque Natural de Doñana, presentados en un informe llamado “Propuesta de seguimiento de la actividad cinegética en el Parque Natural de Doñana”). Se trata de una prevalencia elevada comparada con otras especies de ánsares. La prevalencia de perdigones ingeridos en ánsares en América del Norte no supera el 10% (Sanderson y Bellrose, 1986; DeStefano et al., 1991). Tampoco la presencia de plomo en la molleja del ánsar común en el Reino Unido (7,1%) alcanza nuestros resultados (Mudge, 1983). La prevalencia obtenida por nosotros también es más alta que la encontrada anteriormente en las aves cazadas (10%), pero parecida a la prevalencia obtenida en aves encontrado muertas en el Parque Nacional (28%, Mateo et al., 1998). Estos primeros resultados ponen en evidencia la influencia del método de captura sobre los resultados. Si separamos las aves por la forma en que han sido muestreadas, entonces la prevalencia en los ánsares cazados es más baja que en otros lugares (Tabla 3.2).

**Tabla 3.1 Prevalencia de ingestión de perdigones en aves acuáticas
examinadas por RX.**

Especie	N	Ingestión de perdigones %
Focha común <i>Fulica atra</i>	48	2,08
Calamón común <i>Porphyrio porphyrio</i>	55	1,81
Cerceta pardilla <i>Marmaronetta angustirostris</i>	1	0
Ánade silbón <i>Anas Penélope</i>	2	0
Ánade rabudo <i>Anas acuta</i>	4	25
Cerceta común <i>Anas crecca</i>	4	0
Pato colorado <i>Netta rufina</i>	11	0
Ánade friso <i>Anas strepera</i>	15	0
Porrón europeo <i>Aythya ferina</i>	16	6,25
Cuchara común <i>Anas clypeata</i>	21	9,52
Ánade azulón <i>Anas platyrhynchos</i>	120	2,5
Ánsar común <i>Anser anser</i>	213	14,55
Garza real <i>Ardea cinera</i>	2	0
Cigüeña blanca <i>Ciconia ciconia</i>	3	0
Gaviota patiamarilla <i>Larus cachinans</i>	2	0
Gaviota reidora <i>Larus ridibundus</i>	1	0
Flamenco <i>Phoenicopterus ruber</i>	2	0
Morito <i>Plegadis falcinellus</i>	3	0
Malvasía canela <i>Oxyura jamaicensis</i>	5	20
Negrón común <i>Melanitta negra</i>	2	0
Zampullín cuellinegro <i>Podiceps nigricollis</i>	2	0

Tabla 3.2 Diferencias en la prevalencia de ingestión de perdigones en ánsar común en función del método de muestreo

Método de muestreo	N	Ingestión de perdigones
		N (%)
Caza	107	3 (2,8)
Capturado vivo	11	0
Encontrado muerto o moribundo	94	24 (25,5)

También hemos encontrados variaciones en la ingestión de plomo en *Anser anser*, según los años (Tabla 3.3).

3.3.2 Presencia de perdigones en egagrópilas de aves rapaces y carroñeras

Los porcentajes de presencia de perdigones en egagrópilas de rapaces y aves carroñeras encontrados en Doñana son relativamente bajos (Tabla 3.4, Anexo 12) respecto a los encontrados en Estados Unidos en la pigargo americano *Halieaeetus leucocephalus* (71%) (Patte y Henes, 1983). También en las rapaces pocos carroñeras como el halcón peregrino y el águila calzada, la ingestión es casi inexistente.

Tabla 3.3. Prevalencia de ingestión de perdigones de plomo en ánsar común en cinco temporadas de caza.

Temporada	Método de muestreo	N	Ingestión de perdigones N (%)
94/96	Encontrado muerto	34	13 (38,2)
	Capturado	6	0 (0)
	Total	40	13 (32,5)
98/99	Encontrado muerto	42	7 (16,7)
	Cazado	38	3 (9,4)
	Total	74	10 (13,5)
99/00	Encontrado muerto	6	2 (33,3)
	Capturado vivo	2	0
	Caza científica	21	0
	Total	29	2 (6,9)
00/01	Encontrado muerto	10	2 (20)
	Capturado vivo	3	0 (0)
	Caza científica	9	0 (0)
	Total	22	2 (9,1)
02/03	Caza científica	45	0 (0)
	Total	45	0 (0)

Tabla 3.4 Presencia de perdigones en egagrópilas de rapaces de Doñana.

Especie	N	Egagrópilas con perdigones
		N (%)
Aguila imperial <i>Aquila adalberti</i>	506	14 (2,8)
Buho real <i>Bubo bubo</i>	2	0
Halcon peregrino <i>Falco peregrinus</i>	117	1 (0,85)
Aguila calzada <i>Hieraetus pennatus</i>	76	0
Milano real <i>Milvus milvus</i>	852	15 (1,8)
Aguilucho lagunero <i>Circus aeruginosus</i>	69	3 (4,3)
Lechuza común <i>Tyto alba</i>	50	0
Cuervo comun <i>Corvus corax</i>	321	0

La exposición a los perdigones es mayor durante el ejercicio de la caza, debido al número importante de aves heridas no recuperadas, unos 15 % para los ánsares y 19 % para los patos (USFWS, 1975). Sin embargo los resultados nuestros no reflejan esta realidad. Los resultados que obtuvimos para las egagrópilas del águila imperial en la época de caza (octubre-febrero) son muy parecidos a los del resto del año, siendo 2,32 y 3,8 % respectivamente. Por el contrario, Mateo et al. (2001a) detectaron una mayor presencia de perdigones en las egagrópilas recogidas durante la época de caza (otoño-invierno, 15%) que en los meses de primavera-verano (4%).

También, los datos de nuestro estudio difieren de los publicados por Mateo et al. (2001a) en el porcentaje total. En dicho estudio, en las egagrópilas recogidas entre el 1994

y 1995 (N = 109), se detectó la presencia de perdigones en el 11%. Esta diferencia entre los resultados puede tener como explicación una variación entre años. En los años secos, los ánsares frecuentan más los campos de cultivo cercanos al parque, y están más sometidos a la presión cinegética, aumentando así la probabilidad para la águila imperial de encontrar gansos muertos o heridos por la caza. El periodo de muestro de nuestro estudio corresponde a tres años en que ha habido una reducción del ejercicio de la caza. En la temporada 1998/99, debido al accidente minero de Aznalcóllar, la caza de ánsares no fue autorizada. En la temporada 2000/01, el Parque permaneció seco hasta Diciembre, acogiendo las marismas del Guadalquivir un número menor de esta especie (> 40.000).

Lo mismo ocurre con el milano real, es decir nuestro resultado es más bajo que el de Mateo et al. (2001a), que encontraron un 5,5% de egagrópilas de este rapaz con perdigones, frente al 1,8% de nuestro estudio por la misma época del año. Cabe destacar la presencia de un perdigón de plomo en una de las 11 egagrópilas de águila imperial de la provincia de Jaén que también han sido examinadas.

En dormideros del Brazo del Este, hemos encontrado perdigones de plomo en el 4,3% de las egagrópilas del aguilucho lagunero, una prevalencia superior a la encontrada en otras rapaces estudiadas (Tabla 3.4). La prevalencia registrada en egagrópilas con restos de aves fue muy superior, ya que la mayoría de las egagrópilas fueron dominadas por restos de mamíferos, especialmente de ratas. En el delta del Ebro, se encontró perdigones de plomo en el 11% de las egagrópilas de aguilucho lagunero (Mateo et al. 1999).

3.3.3 Plomos enquistados en aves acuáticas, las presas o carroñas de aves rapaces y carroñeras

Tan sólo tenemos datos de la presencia de perdigones enquistados en aves acuáticas de Doñana (Tabla 3.5, Anexo 11). Los rálidos son una presa potencial para numerosas especies de rapaces de la Marismas, principalmente el aguilucho lagunero, pero también el águila imperial. Se ha encontrado una prevalencia de plomos enquistados muy baja (1,02 %) para estas especies. En patos la prevalencia es superior (10,82%), pero no alcanza los resultados encontrados en Estados Unidos, donde se ha encontrado plomos enquistados en el 27% de los ánades azulones. En cambio, los resultados encontrados en ánsar común son de los más elevados que se conocen hasta ahora (Mooij, 1991; Scheuhammer y Norris, 1996).

Esta situación es preocupante, porque el ánsar representa en Doñana más del 50% de la dieta del águila imperial en invierno (Ferrer, 1993). En ánsares capturado vivos, aparentemente sin dificultades para volar, y presa potencial del águila imperial, la prevalencia de plomos enquistados es el 36,4%. Sin embargo, en aves encontradas muertas o moribundas que son frecuentemente depredadas por el águila imperial, la prevalencia sube hasta el 67,3% (Tabla 3.6).

Tabla 3.5. Presencia de perdigones enquistados en aves de Doñana.

Especie	N	Presencia de perdigones
		enquistados N (%)
<i>Ciconia ciconia</i>	3	0
<i>Phoenicopterus ruber</i>	2	1 (50)
<i>Plegadis falcinellus</i>	3	2 (66,7)
<i>Fulica atra</i>	48	1 (2,08)
<i>Porphyrio porphyrio</i>	55	0
<i>Marmaronetta angustirostris</i>	1	0
<i>Anas acuta</i>	4	2 (50)
<i>Anas clypeata</i>	21	0
<i>Anas crecca</i>	4	0
<i>Aythya ferina</i>	16	1 (6,25)
<i>Anas penelope</i>	2	2 (100)
<i>Netta rufina</i>	11	0
<i>Anas platyrhynchos</i>	120	15 (12,5)
<i>Anas strepera</i>	15	1 (6,6)
<i>Anser anser</i>	94	52 (55,31)

Tabla 3.6. Diferencias en la presencia de perdigones enquistados en el ánsar común en función del método de muestreo

Método de muestreo	N	Presencia de perdigones
		enquistados N (%)
Cacería científica	30	13 (43,3)
Capturado y Soltado	11	4 (36,4)
Encontrado enfermo o muerto	52	35 (67,30)
Total	93	52 (55,91)

También preocupante son los resultados para los flamencos y moritos, dos especies protegidas de las que el 50% y 67% respectivamente tenían plomos enquistados (Tabla 3.5). Esto es prueba de la caza indiscriminada que sigue ocurriendo en algunas zonas de las marismas del Guadalquivir. La situación es especialmente preocupante en el Brazo del Este, donde la mayoría de los moritos de Europa Occidental duermen y se alimentan en otoño-invierno, y donde hemos podido observar el furtivismo directamente en muchas ocasiones.

3.4 CONCLUSIONES SOBRE LA PREVALENCIA DE PERDIGONES

- Respecto a otros países u otras regiones de España, la ingestión de perdigones de plomo en aves acuáticas en Doñana es relativamente baja (ver también capítulo 4). Sin embargo, en algunas especies de aves acuáticas la intoxicación por plomo ingerido probablemente sea una causa importante de mortalidad en zonas y/o años concretos. Entre estas especies se encuentran el ánsar común y el flamenco rosa (Ramo et al. 1992).
- Existen diferencias importantes en la prevalencia de ingestión de perdigones entre años en el ánsar común en Doñana, posiblemente relacionada con el grado de inundación de la marisma que puede afectar a su vez a la dieta, ingestión de grit o uso del territorio por parte de los ánsares. En general, las aves muestreadas mediante la caza tienen una baja prevalencia de perdigones. Son estos los ejemplares que mejor representan la población de ánsares en general. Hasta la fecha, es posible que se haya exagerado las tasas de plumbismo en los ánsares de Doñana debido al estudio de aves encontradas muertas, que tienen más probabilidad de haberse intoxicado por plomo.
- En general entre las anátidas y otras aves acuáticas estudiadas, la prevalencia de plomos enquistados en músculo es superior a la prevalencia de perdigones ingeridos. Esto sugiere que el mayor problema de plumbismo en Doñana es con las rapaces por la ingestión de plomos enquistados en sus presas. Por otro lado, indica que con un cambio generalizada y eficiente de cartuchos de plomo a cartuchos alternativos, el problema en rapaces se reduciría rápidamente ya que no depende de la acumulación histórica de perdigones en el suelo, sino de los perdigones utilizados para herir o abatir a las aves

acuáticas. En el caso de patos por ejemplo, la gran mayoría de plomos enquistados en la población de hoy se proceden de tiros realizados en los últimos dos años. En cambio, la situación es muy diferente para las aves de larga vida (por ejemplo, el flamenco).

- Se observa una ingestión notable de perdigones de plomo en el águila imperial después de terminar la temporada de caza, en periodo que se realiza la puesta o incluso cuando se están cebando a los pollos, con los problemas de conservación que ello puede causar a una especie en peligro de extinción.
- Existen, al igual que con los ánzares, diferencias entre años en la presencia de perdigones en las egagrópilas de águila imperial, posiblemente relacionadas con variaciones en la presión de caza sobre los ánzares.
- Nuestros resultados sobre las prevalencias de perdigones de plomo en el ánzar común y el águila imperial son muy preocupantes, especialmente por sus consecuencias para el águila. Es imprescindible tomar medidas para solucionar este problema, sobre todo una prohibición eficaz del uso de perdigones de plomo en la actividad cinegética en los humedales andaluces.
- Según nuestros datos, la zona del Brazo del Este es un punto negro para los problemas asociados con la caza con plomo en las marismas del Guadalquivir. En primer lugar, la prevalencia de perdigones encontrada en aguiluchos allí es especialmente alta. En segundo lugar, la frecuencia de perdigones enquistados en los moritos confirma que la actividad cinegética ilegal en el Brazo es un problema de conservación que queda por resolver.

- Hay que subrayar que nuestros datos se limitan a las marismas del Guadalquivir. Sería muy importante estudiar igualmente las aves acuáticas y rapaces utilizando las lagunas gaditanas (especialmente Medina y del Puerto de Santa María), donde cabe esperar mayores problemas con perdigones ingeridos (ver capítulo 2).

4. La prevalencia de perdigones de plomo ingeridos en aves acuáticas y su relación con las características de grut ingerido en Do ana y otras zonas principales de invernada

4.1 INTRODUCCIÓN

La ingestión de arena y piedrecitas (grit) para facilitar la digestión de la comida es común en las aves (Ziswiler y Farner 1972), y especialmente importante en las anátidas (Thomas et al. 1977, Gionfriddo y Best 1999).

Varios estudios indican que las anátidas ingieren perdigones de plomo porque los confunden con el grit (Trost 1981, Moore 1998, Mateo y Guitart 2000). Las características del grit ingerido varían entre especies invernando en una localidad concreta (Mateo et al. 2000b). Se ha demostrado que las especies con prevalencias de perdigones ingeridos más altas son las que consumen relativamente más grit grande de tamaños por encima de 2 mm en diámetro, es decir parecidos al tamaño de los perdigones (Hall y Fisher 1985, Pain 1990a, Mateo et al. 2000b). Además, el propio grit es una fuente importante de plomo y otros metales pesados (Mateo y Guitart 2003). En el delta del Ebro, no se encontraron diferencias intra-específicas en la composición del grit en función de la edad o sexo de las aves acuáticas (Mateo et al. 2000b), aunque otros sí han detectado diferencias de este tipo (Thomas et al. 1977; Norman y Mumford 1985; Pain 1990a).

En este trabajo estudiamos la prevalencia de perdigones de plomo en distintas especies de patos y en la focha común, y lo relacionamos con la cantidad y tamaño de grit seleccionado por cada especie. Comparamos datos de tres localidades que representan las tres zonas de invernada de anátidas más importantes del Mediterráneo: Doñana, el Delta del Ebro y la Camarga en Francia. Analizamos la prevalencia de perdigones en Doñana en relación a la encontrada en otras localidades,

y si las diferencias entre especies en las características de grit son constantes entre localidades. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es comprobar la hipótesis de que el riesgo de plumbismo varía entre especies de aves acuáticas en una manera constante en su rango de distribución. Es decir, determinaremos hasta qué grado se puede generalizar cuáles son las especies más susceptibles de ingerir perdigones, debido a diferencias coherentes en la forma de grit utilizada.

4.2 MÉTODOS

Todas las muestras analizadas se recogieron entre Septiembre y Febrero, pero de años distintos (Tabla 4.1). En el Delta del Ebro, se obtuvieron 262 ejemplares abatidos por cazadores durante las temporadas de caza de los años 1991-96 (ver Mateo et al. 2000b), así como 61 aves encontradas muertas en el campo. En la Camarga, se obtuvieron 670 mollejas de animales abatidos por cazadores en las marismas cerca de Tour du Valat (ver Mondain-Monval et al. 2002). En Doñana, las muestras corresponden a 258 mollejas, la mayoría conseguidas después del vertido tóxico de Aznalcollár (ver anexos 13-14).

Se abrieron las mollejas, lavando su contenido y separando la materia vegetal y animal del grit por decantación. Se secó el contenido a 60°C hasta conseguir un peso constante. Después de contar y quitar los perdigones de Pb, se tamizó el grit dividiéndolo en varias fracciones (utilizando tamices de 4, 3, 2, 1.5, 1, y 0.5 mm). Después se pesó cada fracción con una precisión de 0.001 gr. Para poder analizar la composición del grit, hicimos un análisis de los componentes principales usando la

matriz de correlaciones de los ratios a su logaritmo de cada fracción (dividiendo por $\text{grit} \leq 0.5 \text{ mm}$). Se obtuvieron dos componentes del PCA que resumen el 52.7 y el 20.3% del total de la varianza respectivamente (Tabla 4.2). El PC1 fue mayor para ejemplares con grit dominado por los tamaños medios (entre 1 y 3 mm). El PC2 fue asociado positivamente con el tamaño de grit, siendo mayor para ejemplares con más grit por encima de los 2 mm.

Tabla 4.1 Presencia de perdigones de Pb en la molleja de aves acuáticas muestreadas en Doñana, el Delta del Ebro y la Camarga.

	Doñana	Ebro	Camarga
<i>Anas acuta</i>	1/5	94/123	0/5
<i>Anas clypeata</i>	1/61	8/25	16/109
<i>Anas crecca</i>	0/45	8/27	37/281
<i>Anas platyrhynchos</i>	4/56	23/50	62/172
<i>Anas strepera</i>	0/15	2/23	4/73
<i>Aythya ferina</i>	0/7	18/25	2/23
<i>Fulica atra</i>	1/63	1/30	10/74
<i>Netta rufina</i>	0/4	4/20	0/5

Para cada localidad, se presenta el número de mollejas con perdigones como una fracción del total examinado.

Analizamos los datos usando modelos lineares generalizados (GLMs) y ANOVA en SAS utilizando el macro GLIMMIX (Littell et al. 1996) con una

distribución de error normal (para la cantidad de grit, PC1 y PC2) o binomial (para presencia/ausencia de perdigones).

Algunos autores han sugerido que la dieta influye sobre la selección de grit por las aves (Mateo et al. 2000b, Barnes y Thomas 1986). Por lo tanto usamos una estima de la proporción del volumen del alimento en la molleja (%) que fue material vegetal (hojas y tubérculos, sin contar las semillas). Esta variable nos permitió separar las especies más herbívoras de las que se alimentan fundamentalmente de semillas y/o invertebrados. Para la Camarga, se tomó dichos porcentajes de Tamisier y Dehorter (1999) y para Doñana se tomó directamente de las muestras de 136 individuos.

Tabla 4.2. Eigenvectores para los dos primeros componentes principales calculado a través de un matriz de correlación de la composición de grit.

	PC1	PC2
> 4.0 mm	0.11245	0.43780
3.0 > x ≥ 4.0 mm	0.38304	0.46457
2.0 > x ≥ 3.0 mm	0.47803	0.29878
1.5 > x ≥ 2.0 mm	0.51768	0.01454
1.0 > x ≥ 1.5 mm	0.48861	-0.37107
0.5 > x ≥ 1.0 mm	0.32464	-0.60443

4.3 RESULTADOS

4.3.1 Diferencias sexuales en grit

En primer lugar, analizamos el papel del sexo de las aves en explicar las diferencias en cantidad y tamaño de grit. En muchos casos, los datos fueron de mollejas perteneciendo a aves de sexo desconocido. Por lo tanto, solo se pudo analizar el efecto de sexo en 420 individuos de cuatro especies de pato (*Anas clypeata*, *A. crecca*, *A. platyrhynchos* y *A. strepera*). Ni el sexo, ni su interacción con localidad o especie tuvo una relación significativa con la abundancia de grit ($p \geq 0.31$) o su tamaño (PC1: $p \geq 0.08$; PC2: $p \geq 0.07$). Por ello, no incluimos el sexo en los análisis posteriores para permitir aumentar el número de individuos y especies incluidos en los análisis.

4.3.2 Variabilidad entre especies y localidades en las características del grit

La cantidad de grit varió entre especies ($F_{7,14}=12.00$, $p < 0.0001$; 60.2% de la varianza explicada, Figura 4.1). La localidad no tuvo un efecto significativo ($F_{2,14}=1.07$, $p=0.37$, 2.1% de la varianza explicada). Sin embargo, se encontró una interacción significativa entre los dos factores ($F_{14,1227}=12.86$, $p < 0.0001$, 13.0% de la varianza explicada), ya que existían diferencias significativas entre localidades solo para algunas especies (Figura 4.1).

Es evidente que los tamaños de grit varían entre especies de aves y también entre localidades (Figura 4.2). La composición de tamaños de grit estimado como PC1 varió entre especies (Figura 4.3, $F_{7,14}=7.76$, $p=0.0006$, 18.8% de la varianza explicada). En contraste con los resultados para cantidad de grit, la localidad tenía más importancia en explicar la composición por tamaño del grit ($F_{2,14}=34.38$, $p<0.0001$, 30.4%). PC1 fue más alto en Doñana y más bajo en el Ebro. PC2 también varió entre especies (Figura 4.3, $F_{7,14}=5.20$, $p=0.004$, 10.3% de la varianza explicada) y localidades ($F_{2,14}=18.41$, $p=0.0001$, 14.9%). PC2 fue más alto en el Ebro y más bajo en Doñana.

Figura 4.1. Abundancia de grit en la molleja de aves acuáticas en tres localidades principales del Mediterráneo occidental.

Para cada especie se analizó la significación de la diferencia entre localidades con test slices. * $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.0001$.

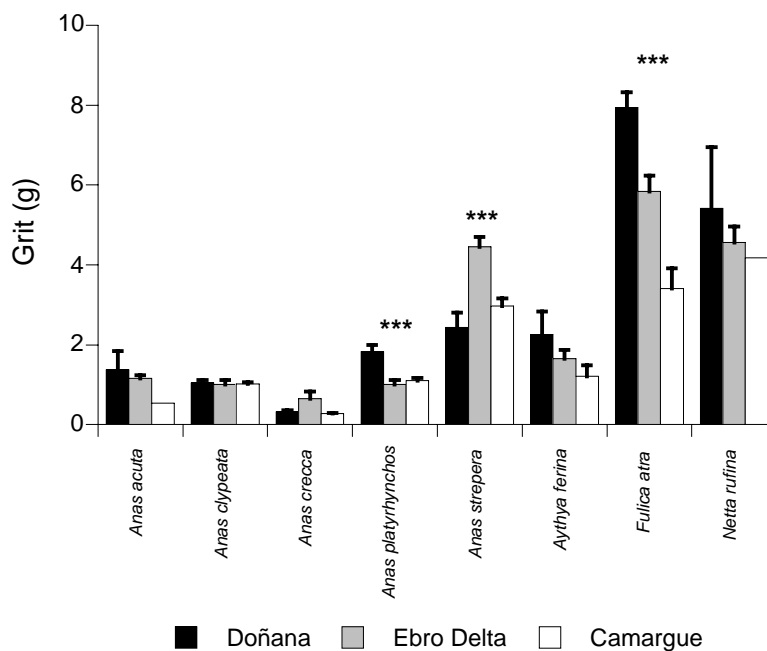
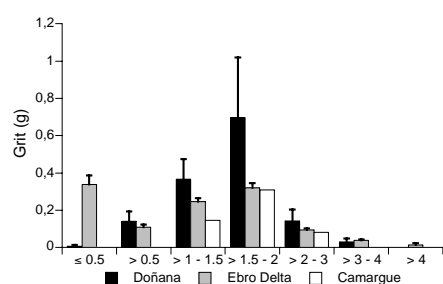


Figura 4.2. Clases de tamaño de grit encontradas en la molleja de siete especies de aves acuáticas.

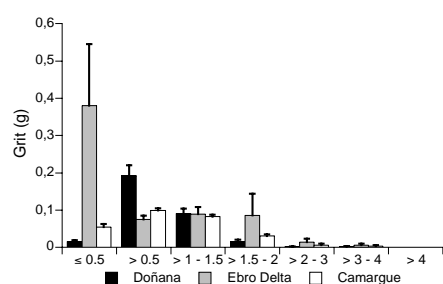
A. *Anas acuta*, B. *Anas clypeata*, C. *Anas crecca*, D. *Anas platyrhynchos*, E.

Anas strepera, F. *Aythya ferina*, G. *Fulica atra*, H. *Netta rufina*.

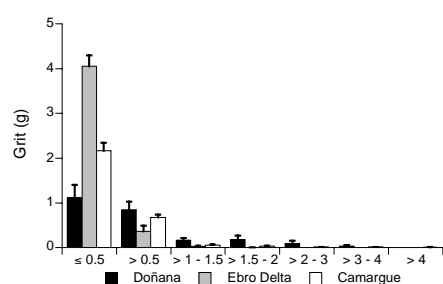
A



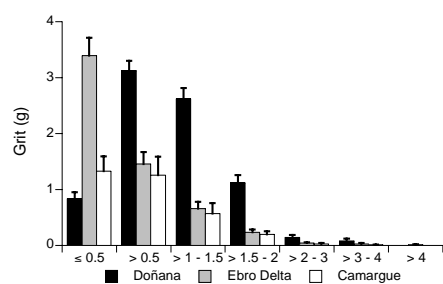
C



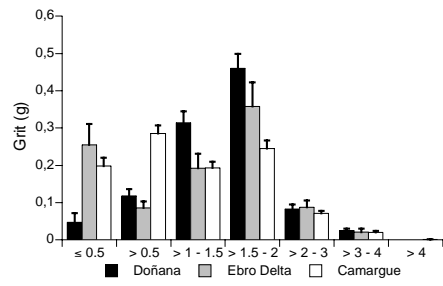
E



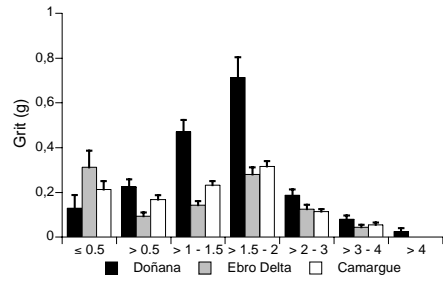
G



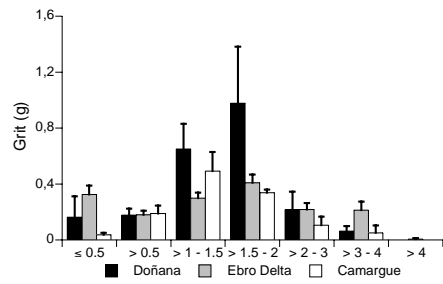
B



D



F



H

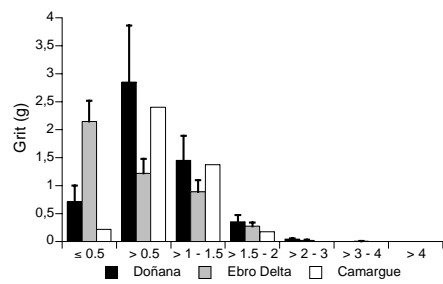
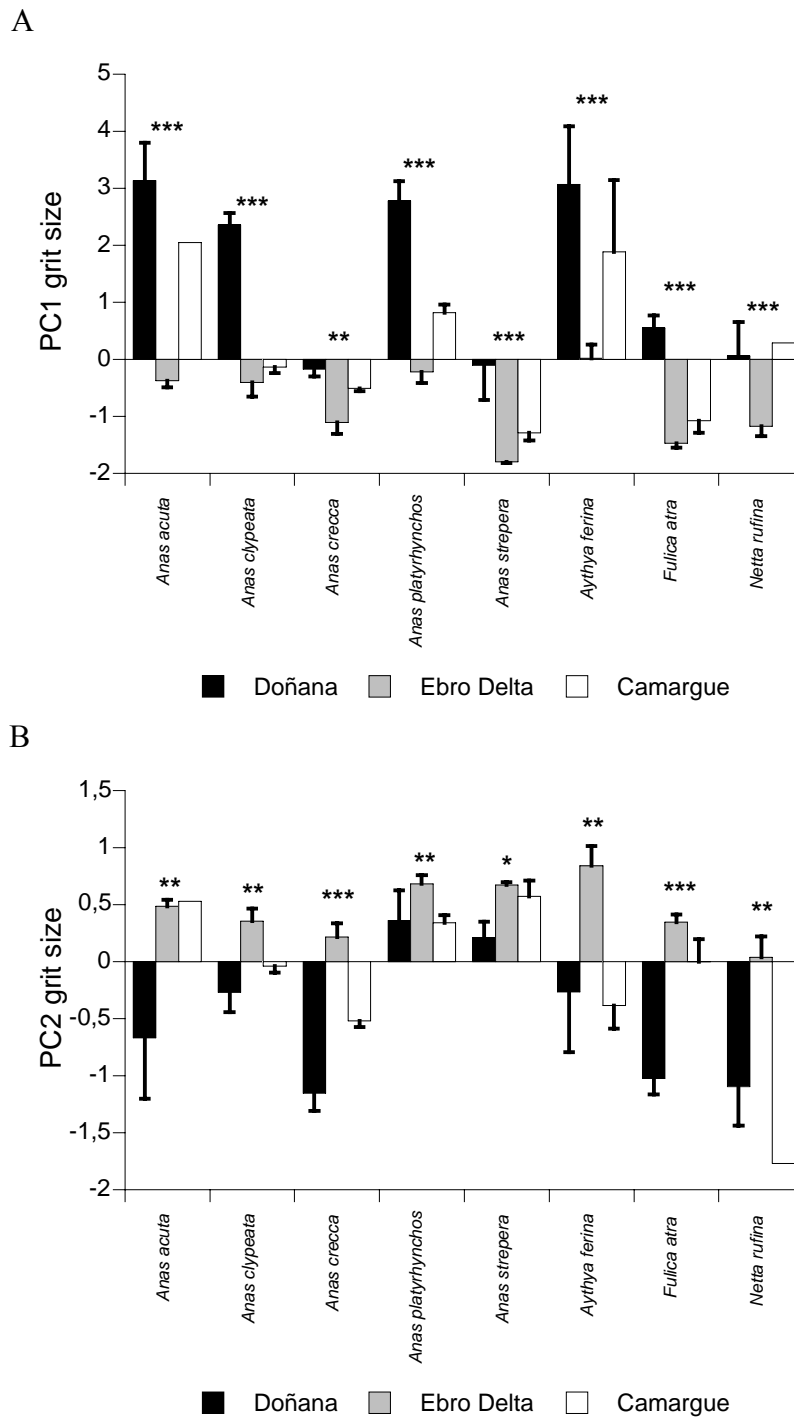


Figura 4.3. Variación local y interespecifica en el tamaño de grit estimado de un análisis de componentes principales: a) PC1, b) PC2.

Para cada especie se analizó la significación de la diferencia entre localidades con test slices. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.0001$.



En total, la varianza explicada por los modelos fue muy superior para la cantidad de grit (varianza no explicada = 24.7%) que por los modelos de tamaño de grit (PC1: 46.1%, PC2: 71.6%), indicando que hay mucha variación en el tamaño de grit que no está relacionada ni por la especie ni por la localidad.

La proporción de vegetación en la dieta estuvo positivamente correlacionada con la cantidad de grit ($F_{1,12}=13.52$, $p=0.003$), pero no tuvo relación con su composición de tamaños (PC1, $F_{1,12}=1.62$, $p=0.23$; PC2, $F_{1,12}=0.38$, $p=0.55$).

Tabla 4.3. Relaciones entre las distintas fracciones de tamaños de grit y la presencia de perdigones de Pb en las mollejas recogidas en las tres localidades estudiadas.

	Camarga			Doñana			Ebro Delta		
	estimate	$F_{1,6}$	p	estimate	$F_{1,6}$	p	estimate	$F_{1,6}$	p
≤ 0.5 mm	-00286	2.08	0.20	-0.1510	2.85	0.14	-0.0712	14.41	0.009
>0.5 - 1 mm	-0.0516	7.13	0.04	-0.0488	3.22	0.12	-0.1290	3.20	0.12
>1 - 1.5 mm	0.0025	0.01	0.93	0.0008	0.00	0.99	0.2065	9.46	0.02
>1.5 - 2 mm	0.0465	6.52	0.04	0.0413	2.12	0.20	0.0800	6.69	0.04
>2 - 3 mm	0.1135	10.90	0.02	0.2444	6.98	0.04	0.1800	5.59	0.06
>3 - 4 mm	0.2697	21.65	0.004	0.5814	12.56	0.01	0.3798	7.30	0.04
> 4 mm	-3.1343	1.70	0.24	1.2854	4.47	0.08	3.4013	8.93	0.02

Se presentan los efectos significativos en negrita.

4.3.3 Variabilidad entre especies y localidades en la prevalencia de perdigones ingeridos

Tanto localidad como especie tuvieron un efecto significativo sobre la presencia o ausencia de perdigones de plomo en la molleja (efecto localidad, $\chi^2=88.85$, 1 df, $p<0.0001$; efecto especie, $\chi^2=137.29$, 1 df, $p<0.0001$), con una interacción significativa entre los dos factores ($\chi^2=26.03$, 1 df, $p<0.0001$). En total, el modelo final explicó el 26.0% de la devianza original (1040.27 vs 1405.58). La proporción de individuos de cada especie con perdigones en la molleja no fue repetible entre las tres localidades ($r_i=0$, $F_{7,16}=0.72$, $p=0.66$). Tampoco fue repetible el orden por rangos de las especies en cada localidad según su prevalencia de perdigones ($r_i=0.17$, $F_{7,16}=1.60$, $p=0.21$) sugiriendo que son principalmente factores de envergadura local los que determinan hasta qué punto una especie concreta está expuesta al plumbismo, incluso cuando tenemos en cuenta que la presencia de perdigones en el suelo varía enormemente entre localidades.

Los análisis univariados demostraron que el grit de tamaño entre 3 y 4 mm es el más relacionado con la variación interespecífica en la prevalencia de plomo (Tabla 4.3) por lo que incluimos esta variable en los modelos multivariados. En dichos modelos, la presencia de perdigones de Pb aumentó con la presencia relativa del grit con un diámetro de 3-4 mm ($F_{1,17}=25.87$, $p<0.0001$, Tabla 4.4). La proporción de vegetación en la dieta no fue relacionada con la presencia de perdigones ($F_{1,9}=0.03$, $p=0.87$).

Tabla 4.4 GLM multivariable analizando los patrones de variación en la presencia/ausencia de perdigones de plomo en las mollejas de aves acuáticas, a través de la regresión hacia delante por pasos.

	Estimate	F	df	p
Localidad				
Camarga	0.11			
Doñana	-1.68			
Ebro	1.57			
%grit 3-4 mm	0.30	25.87	1,17	<0.0001

La devianza del modelo nulo fue 333.77, y el modelo final explicó el 84.4% de la devianza original. Las variables rechazados del modelo final por no tener significación incluyeron el peso total de grit, PC1 y PC2.

4.4 DISCUSIÓN

Según nuestros resultados, la cantidad de grit en la molleja es una característica de cada especie de ave acuática (por lo menos durante la invernada), mientras que el tamaño de grit no lo es, sino que varía mucho entre localidades. Es el tamaño de grit y no la cantidad lo que determina mayoritariamente la prevalencia de perdigones ingeridos, y por lo tanto de plumbismo. La cantidad de grit tiene una estrecha relación con la proporción de materia vegetal en la dieta. Barnes y Thomas

(1986) encontraron que en Norteamérica, las especies de pato más herbívoras tienen una molleja relativamente más grande. Nuestros resultados indican que las especies herbívoras también tienen más grit en su molleja.

La variación en la composición de grit entre localidades probablemente refleja tanto la variación en la disponibilidad de grit de distintos tamaños en los tres complejos de humedales como la variación en la dieta de cada especie en las tres localidades. No encontramos una relación entre la proporción de materia vegetal y la composición del grit, pero no teníamos datos detallados de la composición de la dieta, y es probable que haya mucha variación en dieta entre localidades y años. Esta ausencia de relación contrasta con los obtenidos por otros autores en estudios a nivel intraspecífico y escala local. Así, dentro de una especie determinada, otros han demostrado una relación entre el tamaño de grit y la dieta (Bird y Smith 1964; Mott et al. 1972, Player 1971). En el Delta del Ebro, también se ha encontrado una relación entre la presencia de arroz en la dieta y el tamaño de grit (Mateo et al. 2000b), siendo de mayor tamaño el grit ingerido por especies con un mayor consumo de arroz.

Según nuestros resultados, las diferencias entre localidades en los tamaños de grit utilizados por cada especie se traduce en diferencias entre el riesgo relativo de ingerir un perdigón y padecer plumbismo. Esto se ve reflejado en la interacción observada entre localidad y especie en la presencia/ausencia de perdigones, y significa que la orden de riesgo de plumbismo de distintas especies cambia entre localidades. Es decir que no se puede suponer que las especies más afectadas por plumbismo en un humedal serán las mismas en otro humedal con una comunidad de aves acuáticas parecida. Un claro ejemplo lo representa la elevada variación registrada en la

incidencia relativa de plumbismo en dos especies de amplia distribución, el ánade rabudo *Anas acuta* y el ánade azulón *Anas platyrhynchos* (Tabla 4.5). En algunas localidades/estudios el ánade rabudo presentó una mayor incidencia de perdigones en la molleja mientras que en otros fue el ánade azulón. En definitiva, que no podemos asumir que el rabudo y el porrón común serán las especies de patos más afectadas por plumbismo en Doñana porque lo sean en el Delta del Ebro (Tabla 4.1).

Afortunadamente, las prevalencias de perdigones ingeridos en Doñana en patos y fochas son generalmente bajas comparado con la Camarga, el Delta del Ebro y los humedales valencianos (Tabla 4.1, ver también Mateo et al. 1998). Nuestro estudio indica que el plumbismo es un problema de conservación mucho más grave en el Delta del Ebro, El Hondo y l'Albufera de Valencia que en Doñana. Sin embargo, visto los datos de los muestreos de suelos (capítulo 2), y los resultados de este mismo capítulo, es probable que haya tasas de plumbismo más altas en otros humedales andaluces (p.ej. Laguna Medina) cuyas comunidades orníticas no hemos podido estudiar hasta la fecha.

Tabla 4.5. Presencia de perdigones de plomo en *Anas acuta* y *Anas platyrhynchos* estudiados en distintas localidades.

Localidad	<i>A. acuta</i>		<i>A. platy</i>		ratio	Referencias
	%	n	%	n		
Camarga (Francia)	0.0	5	36.0	172	0.00	Mondain et al. (en prensa)
Slimbridge (UK)	1.0	103	3.9	51	0.26	Mudge (1983)
Otros, UK	1.4	73	4.2	820	0.33	Mudge (1983)
San Luis (CA, USA)	2.4	251	4.9	242	0.49	White & Stendell (1977)
Canada	15.7	446	18.2	675	0.86	Pain (1990b)
Minnesota (USA)	13.4	97	13.1	229	1.02	Reid (1948)
Louisiana (USA)	75.0	684	69.2	218	1.08	Zwank et al. (1985)
Sauvie Is. (OR, USA)	29.1	230	26.5	230	1.10	White & Stendell (1977)
Ouse Washes (UK)	10.1	89	9.0	380	1.12	Thomas (1975)
Sweden	10.0	40	8.7	416	1.15	Pain (1990)
Nova Scotia (Canada)	8.3	60	6.5	46	1.28	Daury et al. (1994)
USA	8.9	4530	6.8	17066	1.31	Pain (1990)
Mississippi Flyway	10.3	4408	7.8	50541	1.32	Anderson et al. (1987)
Evros Delta (Grecia)	50.0	8	36.4	11	1.37	Pain & Handrinos (1990)
USA	11.7	33719	8.1	81480	1.44	Pain (1990b)
Albufera (España)	50.0	2	33.3	27	1.50	Mateo et al. (1998)
Dinamarca	4.5	44	2.9	3251	1.55	Pain (1990b)
Suiza	23.1	133	13.6	59	1.70	Pain (1990b)
Ebro Delta (España)	74.2	97	30.2	86	2.46	Mateo et al. (2000b)
Doñana (España)	20.0	5	7.1	56	2.82	Este estudio
Finlandia	40.0	5	6.0	85	6.67	Pain (1990b)
Maine (USA)	3.0	164	0.3	397	10.00	Longcore et al. (1982)

La prevalencia relativa de la ingestión de plomo está expresado como el ratio %

A.acuta / % *A. platyrhynchos*.

**5. Analisis de plomo y otros
metales pesados en los tejidos
de patos y r lidos en Do ana**

5.1 INTRODUCCIÓN

El 25 de abril de 1998, la rotura de la balsa minera de Aznalcóllar vertió 5-6 millones de metros cúbicos de lodos y aguas tóxicos en el Río Guadiamar (Vidal et al., 1999; Galán et al., 2002). Los lodos contuvieron 0.4-0.6% As, 0.8-1.3% Pb, 0.5-0.9% Zn, 0.1-0.2% Cu y 0.001-0.002% Se (Galán et al., 2002; Pain et al., 1998; Alastuey et al., 1999). En Entremuros, el pH de las aguas bajó del 8.5 al 4.5 y en las aguas abiertas, se registraron niveles de Zn de hasta 270 mg l⁻¹, de Pb hasta 2.5 mg l⁻¹, de Cu de <0.01 mg l⁻¹, de As hasta 0.011 mg l⁻¹ y de selenio (Se) de <0.005 mg l⁻¹ (Pain et al., 1998; Garralon et al., 1999).

De las aves afectadas en Doñana, las aves acuáticas son especialmente susceptibles, pues consumen cantidades importantes de sedimentos con su alimento (Beyer et al., 1994, 1999, 2000). Entre los patos, las especies herbívoras ingieren más suelo que las granívoras (Beyer et al. 1999).

Desde el accidente de Aznalcóllar, Benito et al. (1999) y Hernández et al. (1999) han demostrado que los niveles de metal en sangre, hígado y huesos de aves en Doñana no alcanzaron niveles tóxicos poco después del vertido, pero los niveles de Zn, Cu, Pb y Cd parecían ser elevados en comparación con áreas no contaminadas. Usando técnicas de isótopos del Pb, se ha demostrado que el Pb en la sangre de las cigüeñas blancas *Ciconia ciconia* de la colonia de la dehesa de abajo procede de los lodos (Meharg et al. 2002, ver apéndice I).

Después del vertido de 1998, se hizo un gran esfuerzo para recoger aves acuáticas del área de Doñana con el objetivo de valorar el impacto de este vertido sobre sus poblaciones. La mayor parte de estas aves han sido estudiadas anteriormente, con análisis detallados de las concentraciones de metales pesados en hígado y sangre (Benito et al., 1999; Hernández et al., 1999; ver también los informes de la comisión de expertos del CSIC). Sin embargo, quedaron un número importante de ejemplares sin estudiar (algunos recogidos con anterioridad al vertido tóxico), que nos han permitido hacer un estudio detallado de la contaminación en tejidos (tanto hígado como hueso, este último siendo un tejido importante para el estudio de contaminación más a largo plazo), así como un análisis detallado del papel de los perdigones de caza en el acúmulo de plomo en dichos tejidos. Es decir, nos planteamos investigar hasta qué punto el plomo acumulado en estas aves se debe a los perdigones en lugar de a los lodos.

Hay que destacar que este es el primer estudio sobre la acumulación de metales pesados en hueso en aves realizado después del vertido, y que ninguno de estos datos ha sido presentado anteriormente en otros informes o artículos científicos de la Estación Biológica de Doñana. No se han utilizado ninguno de los individuos incluidos en este estudio en otros trabajos relacionados con el vertido. También el presente es el primer estudio que incluye datos sobre los niveles de Se, o que estudia los efectos de sexo o de edad sobre las concentraciones de metales en una especie concreta de ave.

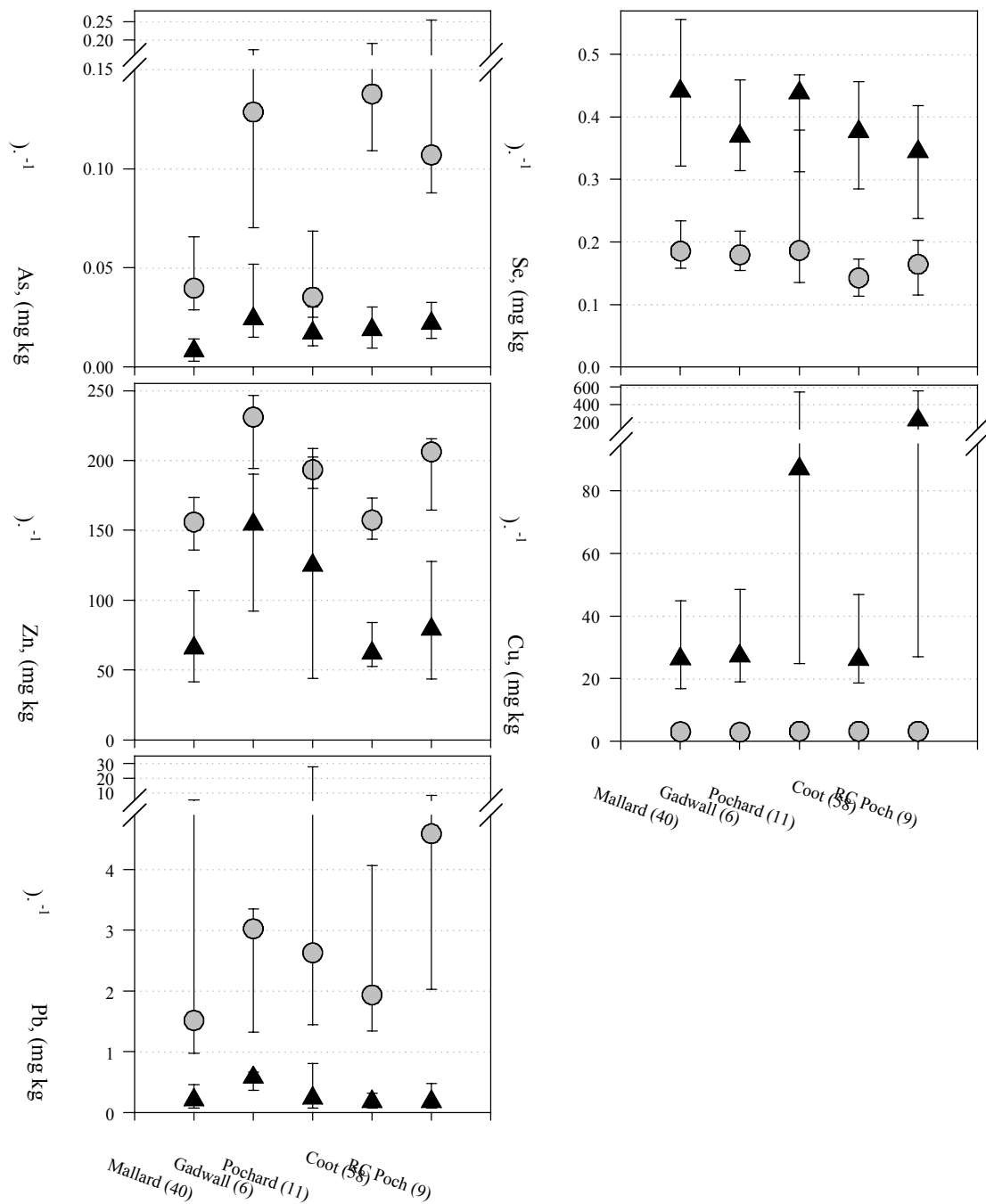


Figura 5.1. Niveles de metales en 5 especies de aves acuáticas en Doñana.

Se demuestran los porcentajes medianos y de los 25°/75° percentiles; los valores de n están en parentesis después del nombre de la especie. Concentraciones en hueso (peso seco) están representadas por círculos gris, concentraciones en hígado (peso mojado) están representadas por triángulos negros.

5.2 MATERIAL Y METODOS

Se analizaron más de 170 anátidas y rálidos recogidos entre 1990 y 2000 (anexos 13 y 14). Tan sólo 18 se recogieron antes del vertido de abril 1998. Para muchos análisis incluidos en este capítulo, utilizamos solamente 124 aves de cinco especies que fueron recogidos en los Parques Nacional y Natural de Doñana entre el 2 de junio y el 26 de julio de 1998, 2-3 meses después del vertido y que no tenían perdigones de plomo ingeridos, con el fin de averiguar el impacto del vertido (Figura 5.1, Tablas 5.1-5.4). Las aves estaban congeladas desde su recogida hasta el comienzo de nuestro estudio. Se sexaron las aves y se determinaron su edad como pollo, joven del año o adulto. De cada ejemplar se hizo radiografía y se sacaron dos huesos largos (un húmero y un fémur), se limpiaron de otros tejidos y se secaron al aire libre. Se extrajeron el hígado y la molleja y se congelaron. El contenido de la molleja se inspeccionó visualmente para determinar la presencia de perdigones.

Los análisis de tejidos se realizaron en el laboratorio de Dr. Andrew Meharg en el Departamento de Ciencia de Plantas y Suelos, Universidad de Aberdeen, Escocia. Se quitó aproximadamente un 0,5 g de hígado con un bisturí limpio y se pesó en un tubo de ensayo limpio. Se analizaron las muestras en grupos de 40, usando muestras de referencia comerciales de hueso y hígado bovino que tenían concentraciones conocidas de Pb, As, Zn y Se. En cada tubo se añadió 2,5 ml de ácido nítrico al 70% y se dejaron en reposo durante 12 horas. Después se añadió 2,5 ml de peróxido de hidrógeno al 30% y se calentaron los tubos hasta alcanzar 160 grados para digerir la muestra completamente. Esta solución se decantó en un tubo de centrifuga, se añadió agua desionizada hasta alcanzar un volumen combinado de 10

ml y se almacenó cada tubo en la nevera hasta su análisis. Las muestras de hueso se trataron en la misma manera, cortando aproximadamente 0.5 g del hueso más grande. Las concentraciones de metales en hígados se presentan en ppm peso fresco, y de huesos en ppm peso seco. Al analizar también hígados de aves de Doñana, Hernández et al. (1999) utilizaron un factor de conversión de 3.46 para convertir peso seco (DW) en peso mojado (WW). Este factor se puede utilizar también para los datos nuestros (i.e, multiplicar las concentraciones de WW por 3.46 para determinar valores aproximados de DW).

Se analizaron las concentraciones de Cu y Zn con un Perkin Elmer AAS 100, el Pb con un Perkin Elmer AAS 3300 graphite furnace system y el Se y As con un Perkin Elmer AAS 300 hydride generation system.

5.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.3.1 Niveles de plomo en general

Los resultados de los análisis para todas las aves se detallan en los anexos 13 y 14. Tan solo dos ejemplares de aves (dos ánades azulones) tenían perdigones ingeridos en la mollejas, indicando una baja prevalencia de perdigones ingeridos en las poblaciones de patos y rálidos en Doñana en su entorno (ver también capítulos 3 y 4).

El umbral de exposición de Pb en hígado fresco es de 1.5-2 ppm (Pain 1986). Los que pueden mostrar signos clínicos de plumbismo tendrían más de 7 ppm en peso fresco (a partir de estos valores se podría dar la muerte por intoxicación). En hueso, se considera que el umbral de exposición de Pb es de 10-20 ppm en peso seco, y que las aves pueden mostrar signos clínicos de intoxicación con más de 20 ppm (Pain 1986). Según nuestros resultados hay 20 aves del total de más de 170 que tienen niveles de exposición altos en hueso (>10 ppm), siendo cinco ejemplares de focha común *Fulica atra*, nueve de ánade azulón *Anas platyrhynchos*, cuatro de porrón común *Aythya ferina*, un ejemplar de calamón *Porphyrio porphyrio* y una polla de agua *Gallinula chloropus*. Hay niveles de intoxicación letal en varias especies de aves acuáticas. En el caso de los niveles de plomo en hígado, hay solo cinco aves que tienen niveles altos de exposición en hígado (>2 ppm): una focha, tres ánades azulones y un porrón común. Algunos ejemplares con niveles altos se recogieron antes del vertido (anexos 13 y 14) y aparte de los lodos y los perdigones existen otras posibles fuentes de plomo y otros metales pesados en la zona de estudio (por ejemplo, los plásticos quemados en los cultivos).

Es claramente apreciable una correlación entre los niveles de plomo en hueso e hígado, con bastantes aves con niveles altos de Pb en hueso que coinciden con los valores máximos en hígado. Que salgan más ejemplares con niveles altos para hueso que hígado es normal porque el Pb tiende a acumularse en hueso y refleja las exposiciones anteriores y las veces que han ingerido perdigones antes (es decir, exposición crónica). El Pb tiende a ser secuestrado en huesos a lo largo del tiempo, y su concentración aumenta generalmente con la edad. Está depositado en hueso en competencia con el calcio. Por lo tanto, durante períodos de más metabolismo del

calcio, por ejemplo cuando las hembras están poniendo huevos o los huesos de pollos están creciendo rápidamente, los niveles del Pb en hueso pueden elevarse (Pain, 1986; Finley y Dieter, 1978).

5.3.2 Análisis para aves recogidas en Junio y Julio del año 1998

Entre 124 aves recogidas en los Parques Nacional y Natural y que no tenían perdigones de plomo ingeridos, se observaron diferencias significativas entre especies en concentraciones de metales en hígado y hueso, excepto en lo referente a Pb y Cu en hueso, y Se en hígado (Tablas 5.1-5.3, e Figura 5.1). En el caso de As en hueso, el ánade azulón y el porrón común generalmente tenían niveles más bajos que las otras tres especies estudiadas (Figura 5.1), es decir el pato colorado, ánade friso y la focha común. En el caso de As en hígado, el ánade azulón tuvo menos que las otras cuatro especies. En el caso de Zn, la focha y azulón tenían niveles más bajos. La focha (y hasta cierto punto el pato colorado) tenían niveles más bajos de Se en hueso. En el caso de Cu en hígado, el porrón y el colorado tenían niveles mucho más altos (Figura 5.1).

Fochas son de la familia Rallidae (rálidos), y tienden a ser más herbívoras que las cuatro especies de patos (familia Anatidae) analizadas, que tienden a ser más granívoras o omnívoras. Usando un ANOVA para comparar a estas dos familias, se encuentran diferencias significativas para Pb, Zn, Se y Cu en hueso, y Cu y As en hígado. En hueso, fochas tienen más As ($p < 0.001$) y Cu ($p < 0.05$) pero niveles más bajos de Zn y Se ($p < 0.05$ y $p < 0.001$ respectivamente). En hígado, los patos tienen

niveles más altos de Cu ($p < 0.05$), pero niveles más bajos de As ($p < 0.05$). También comparamos fochas solamente con ánade azulón ya que hay muchos datos para ambas especies, y se repitieron las diferencias para niveles de As, Se y Cu en hueso, y As en hígado (Tabla 5.3). Estas diferencias probablemente son relacionadas con las diferencias en dieta. Sin embargo, también pueden ser una función de la manera con la cual familias y especies diferentes metabolizan estos metales o los secuestran en el cuerpo. En cambio, podrían ser relacionados con diferencias en los requisitos para los elementos esenciales (Zn, Se y Cu).

Solamente 3 de los ejemplares estudiados tenían Pb de hígado $Pb > 2 \text{ mg kg}^{-1}$ WW, (2.66-3.80 mg kg^{-1}), y dos de ellos se recogieron en zonas del Parque Nacional no afectadas por el vertido. Diecisiete de las aves tenían $> 10 \text{ Pb mg kg}^{-1}$ en hueso. Todos salvo uno eran jóvenes o adultos, y solamente 4 procedieron del Parque Natural afectado por el vertido. Dieciséis tenían concentraciones de 10.04-42.46 mg kg^{-1} , y un azulón macho adulto tenía 134.11 mg kg^{-1} . Puesto que el Pb tiende a acumular con la edad y representa la exposición de Pb a largo plazo, parece poco probable (teniendo en cuenta también los niveles registrados en hígado) que el Pb de los lodos afectaba seriamente la salud de estas especies de aves acuáticas en Doñana 2-3 meses después del desastre. Hernández et al. (1999) también concluyeron que el Pb de los lodos no había entrado en la cadena trófica de las aves acuáticas.

Según Heinz (1986), niveles de 3 mg kg^{-1} WW de Se en hígado pueden perjudicar la reproducción, sugiriendo que los niveles inferiores registrados por nosotros no son perjudiciales. En cambio, nuestros resultados sugieren que los niveles de Cu y de Zn son elevados en muchas aves, apoyando la conclusión de Hernández et

al. (1999) de que estos metales habían entrado en la cadena trófica poco después del vertido.

Los niveles de arsénico encontrados en hueso se extendieron generalmente hasta $0.52 \text{ mg kg}^{-1} \text{ DW}$ con un dato extremo de $1.76 \text{ mg kg}^{-1} \text{ DW}$. Este azulón macho también tuvo el nivel más alto de Pb en hueso registrado, y parece que sufría los efectos de envenenamiento por perdigones de Pb ingerido (aunque no se encontró ningún perdigón en la molleja). El As tiende a estar presente en perdigones de Pb (Hall y Fisher, 1985) y se han encontrado niveles elevados de As y Pb juntos en huesos del milano real (Mateo et al., 2003). Igualmente, el ave con el nivel más alto de As en hígado ($0.34 \text{ mg kg}^{-1} \text{ WW}$) fue una focha hembra adulto que también tenía en nivel más alto de Pb en hígado.

En GLMs analizando las concentraciones de metales en hueso y hígado en función de la especie, sexo, edad y localidad (Parque Nacional y Parque Natural), el factor especie es la variable que explica más devianza (Tabla 5.3). En el caso de As en hígado, los niveles son más altos en el Parque Natural y en hembras (Tabla 5.4). En el caso de Zn, la edad afectó significativamente a los niveles en hueso, con pollos teniendo los niveles más altos y los adultos los más bajos. En hígado la edad no tuvo un efecto significativo, pero sí había una interacción entre localidad y edad ($p < 0.05$). En el Parque Natural, los niveles en huesos fueron superiores (Tablas 5.3-5.4). En el caso de Cu, localidad tenía efecto significativo, con más Cu en hueso y hígado en el Parque Natural. En lo referente al Cu en hígado, también hubieron interacciones significativas entre localidad y edad y entre especie y localidad (Tabla 5.3), este

ultimo también en el caso de los datos de las dos especies más abundantes (focha y azulón).

Los niveles de Pb en hígado están afectados por especie (Tabla 5.3). La edad y el sexo también tienen efectos significativos. Las hembras tienen niveles más altos que los machos, y los adultos tienen más Pb que los jóvenes, y los jóvenes más que los pollos (Tabla 5.4). Esto probablemente se debe a que los pollos ingieren menos grit y sedimentos que los adultos, y quizá también porque sea menos probable que hayan ingerido algún perdigón en algún momento. En la cerceta pardilla en el Levante, los pollos también tenían menos Pb en hígado que los adultos (Mateo et al. 2001b). Cuando analizamos solamente los datos de las dos especies más abundantes entre nuestras muestras (el azulón y la focha), también encontramos una interacción significativa entre especie y edad en lo referente al Pb del hueso ($p < 0.05$). Anteriormente, se ha encontrado un efecto de edad en la concentración de Pb en el hueso de cerceta pardilla (adultos tenían más Pb), pero no en la malvasía cabeciblanca (Mateo et al. 2001b). Registramos niveles significativamente superiores de Pb en hueso en aves recogidas en el Parque Natural (Tabla 5.3).

5.3.4. Impacto del vertido de Aznalcóllar

Basado en sus análisis de muestras del hígado, Hernández et al. (1999) concluyeron que el Cu y el Zn habían entrado en las cadenas tróficas de las aves acuáticas de Doñana justo después del vertido de Aznalcóllar, pero que el Pb, Cd y As

no habían entrado. Basado en sus análisis de sangre, Benito et al. (1999) concluyeron que los niveles de Cd y Pb también parecían ser elevados.

En función de nuestros resultados, pensamos que los niveles del Pb están generalmente por debajo de los límites que causarían efectos toxicológicos en aves acuáticas. Donde encontramos niveles elevados, hay poca evidencia de que la fuente de Pb sea el vertido, y es más probable que sea por la contaminación de fondo de los suelos y en parte por la exposición a perdigones de plomo ingeridos anteriormente a la recogida de nuestras muestras. Hay poca evidencia de que las aves del Parque Natural tengan más Pb que las del Parque Nacional, como cabría esperar si el vertido fuera la fuente principal de Pb.

Los niveles de Se no son preocupantes ya que se trata de un elemento esencial, y no hay evidencia de un impacto del vertido. Los niveles de Cu y Zn son elevados, y son claramente más altos en el Parque Natural aunque en el caso de Cu quizá estén más relacionados con el uso de pesticidas que con el vertido. Los niveles de As están generalmente por debajo de los umbrales preocupantes, y donde fueron elevados el origen del As podría ser los perdigones de Pb en vez de los lodos. Sin embargo, las aves del Parque Natural tenían niveles más altos que las del Parque Nacional, probablemente debido al vertido de Aznalcóllar.

Tabla 5.1. Niveles de metales en hueso de cinco especies de aves acuáticas en Doñana.

Especie/Familia	n	Mediano, media geometrica y rango de concentraciones en hueso (mg kg ⁻¹)				
		As ^x	Zn ^x	Se ^x	Pb	Cu
<i>Fulica atra</i>	58	0.14, 0.14 (A)	157.30, 158.95 (B)	0.14, 0.14 (B)	1.93, 2.36 (A)	3.16, 3.34 (A)
Rallidae		0.02-0.52	109.44-234.29	0.06-0.32	0.36-28.83	2.18-8.92
<i>Anas platyrhynchos</i>	40	0.04, 0.05 (B)	155.87, 154.92 (B)	0.19, 0.19 (A)	1.51, 2.23 (A)	3.00, 3.04 (A)
ANATIDAE		0.01-1.76	122.15-205.86	0.11-0.85	nd-134.11	2.42-4.27
<i>Anas strepera</i>	6	0.13, 0.11 (A)	230.93, 211.07 (A)	0.18, 0.18 (A)	3.02, 2.19 (A)	2.88, 2.94 (A)
ANATIDAE		0.04-0.22	124.89-247.60	0.13-0.27	0.62-4.05	2.48-3.70
<i>Aythya ferina</i>	11	0.04, 0.04 (B)	193.25, 193.11 (A)	0.19, 0.25 (A)	2.63, 4.47 (A)	3.17, 3.22 (A)
ANATIDAE		nd-0.14	163.69-220.78	0.08-1.27	0.87-29.66	2.41-4.52
<i>Netta rufina</i>	9	0.11, 0.13 (A)	206.09, 191.28 (A)	0.16, 0.16 (AB)	4.59, 4.05 (A)	3.17, 3.32 (A)
ANATIDAE		0.05-0.33	149.43-239.99	0.10-0.31	1.14-8.79	2.81-3.94

nd - por debajo del límite de detección (sustituidos por la mitad de este valor para realizar estadística).

Grupos de datos que comparten la misma letra en una columna no son significativamente diferentes ($p > 0.05$; usando ANOVA unidireccional).

^xLos elementos con diferencias entre especies según el GLM de la Tabla 5.3.

Tabla 5.2 Niveles de metales en el hígado de cinco especies de aves acuáticas en Doñana.

Especie/Familia	n	Mediano, media geométrica y rango de concentraciones en hueso (mg kg ⁻¹)				
		As ^x	Zn ^x	Se	Pb ^x	Cu ^x
<i>Fulica Atra</i>)	58	0.02, 0.02 (A)	61.92, 68.08 (B)	0.38, 0.36 (A)	0.17, 0.18 (B)	26.11, 29.06 (C)
Rallidae		nd-0.34	33.82-190.18	0.16-0.85	nd-3.80	7.30-103.34
<i>Anas platyrhynchos</i>	40	0.01, 0.01 (B)	65.70, 66.35 (B)	0.44, 0.40 (A)	0.21, 0.21 (B)	26.32, 27.46 (C)
ANATIDAE		nd-0.06	29.75-156.90	0.15-0.69	nd-2.81	10.86-194.07
<i>Anas strepera</i>	6	0.02, 0.03 (A)	154.40, 138.85 (A)	0.37, 0.38 (A)	0.57, 0.52 (A)	27.14, 30.12 (BC)
ANATIDAE		0.01-0.07	79.86-214.82	0.30-0.59	0.31-0.78	17.06-76.14
<i>Aythya ferina</i>	11	0.02, 0.02 (A)	124.93, 103.73 (A)	0.44, 0.38 (A)	0.23, 0.26 (AB)	86.93, 101.40 (AB)
ANATIDAE		nd-0.05	40.99-216.41	0.23-0.53	nd-2.66	13.82-742.96
<i>Netta rufina</i>	9	0.02, 0.02 (A)	79.07, 79.43 (AB)	0.34, 0.34 (A)	0.18, 0.20 (B)	218.67, 134.51 (A)
ANATIDAE		0.01-0.04	41.73-220.11	0.20-0.67	nd-0.88	17.14-639.52

nd - por debajo del límite de detección (sustituidos por la mitad de este valor para realizar estadística).

Grupos de datos que comparten la misma letra en una columna no son significativamente diferentes ($p > 0.05$; usando ANOVA unidireccional).

^xLos elementos con diferencias entre especies según el GLM de la Tabla 5.3.

Tabla 5.3. Variación explicada (valores eta-cuadrados) por varios factores en concentraciones de metales en aves acuáticas en Doñana.

Las cinco especies	Hueso					Hígado				
	As	Zn	Se	Pb	Cu	As	Zn	Se	Pb	Cu
Especie ^{ab}	0.417***	0.299**	0.193**	NS	NS	0.150*	0.147***	NS	0.058*	0.319***
Localidad ^{ab}	NS	0.026*	NS	0.039*	0.078**	0.050**	NS	NS	NS	0.075***
Edad ^{ab}	NS	0.052*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.073**	0.032*
Sexo ^{ab}	NS	NS	NS	NS	NS	0.030*	0.044*	NS	0.087**	NS
Localidad*Edad ^b	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.058*	NS	NS	0.036*
Especie*Localidad ^b	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.045**
Edad*Sexo ^b	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.027*
Ánade azulón y focha										
Especie ^{ab}	0.403***	NS	0.187***	NS	0.055*	0.118**	NS	NS	NS	NS
Localidad ^{ab}	NS	NS	NS	NS	0.101**	0.093**	NS	NS	NS	0.058*
Edad ^{ab}	NS	0.088*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Sexo ^{ab}	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.085**	NS
Especie*Sexo ^b	NS	NS	NS	NS	NS	0.018*	NS	NS	NS	NS
Especie*Localidad ^b	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.002*
Edad*Sexo ^b	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.087*

* p<0.05; ** p<0.01; *** p<0.001. Ns - no significativo.

Se demuestran los resultados para dos modelos. En primer lugar, un modelo incluyendo los factores especie, localidad, edad y sexo. En segundo lugar, un modelo que también incluye las interacciones Especie*Sexo, Especie*Localidad, y Edad*Sexo.

Tabla 5.4. Valor medio, error de estándar y mediano (en paréntesis) de las concentraciones de metales en cinco especies de aves en Doñana, en relación con localidad, edad y sexo.

	Hueso		Hígado	
	Pq Nacional (99)	Pq Natural (25)	Pq Nacional (99)	Pq Natural (25)
As	0.118 ± 0.019 (0.080)	0.144 ± 0.018 (0.140)	0.021 ± 0.004 (0.010) ^x	0.027 ± 0.003 (0.030) ^x
Zn	163.4 ± 2.9 (158.7) ^x	182.8 ± 5.8 (175.3) ^x	78.45 ± 4.10 (66.82)	103.0 ± 12.1 (89.7)
Se	0.182 ± 0.014 (0.160)	0.220 ± 0.042 (0.160)	0.397 ± 0.014 (0.380)	0.393 ± 0.023 (0.380)
Pb	6.02 ± 1.55 (1.69) ^x	7.68 ± 1.69 (4.63) ^x	0.355 ± 0.055 (0.180)	0.449 ± 0.121 (0.230)
Cu	3.15 ± 0.05 (3.05) ^x	3.79 ± 0.30 (3.27) ^x	37.4 ± 4.3 (25.9) ^x	182.4 ± 49.1 (47.9) ^x
	Hembra (35)	Macho (86)	Hembra (35)	Macho (86)
As	0.100 ± 0.011 (0.080)	0.135 ± 0.022 (0.110)	0.033 ± 0.010 (0.020) ^x	0.018 ± 0.002 (0.010) ^x
Zn	170.5 ± 5.8 (168.5)	166.0 ± 3.0 (160.2)	102.4 ± 9.6 (85.7) ^x	76.3 ± 4.2 (62.4) ^x
Se	0.173 ± 0.009 (0.160)	0.196 ± 0.020 (0.155)	0.405 ± 0.019 (0.380)	0.393 ± 0.016 (0.380)
Pb	6.17 ± 1.43 (2.56)	6.56 ± 1.75 (1.70)	0.613 ± 0.134 (0.425) ^x	0.283 ± 0.043 (0.170) ^x
Cu	3.18 ± 0.07 (3.17)	3.33 ± 0.10 (3.11)	76.6 ± 20.5 (40.8)	65.6 ± 15.0 (27.6)

	Hueso		
	Pollo (32)	Joven (56)	Adulto (36)
As	0.122 ± 0.015 (0.105)	0.133 ± 0.012 (0.120)	0.109 ± 0.048 (0.040)
Zn	192.5 ± 5.9 (193.7) ^x	161.4 ± 2.9 (158.0) ^x	154.1 ± 3.9 (149.6) ^x
Se	0.242 ± 0.047 (0.165)	0.152 ± 0.006 (0.150)	0.202 ± 0.021 (0.170)
Pb	3.26 ± 0.47 (2.41)	4.70 ± 0.99 (1.72)	11.64 ± 3.98 (2.33)
Cu	3.36 ± 0.16 (3.17)	3.30 ± 0.12 (3.11)	3.18 ± 0.09 (3.14)

	Hígado		
	Pollo (32)	Joven (56)	Adulto (36)
As	0.022 ± 0.003 (0.020)	0.021 ± 0.003 (0.020)	0.025 ± 0.010 (0.010)
Zn	90.8 ± 10.4 (68.4)	79.0 ± 5.6 (62.0)	84.3 ± 6.9 (77.7)
Se	0.409 ± 0.022 (0.390)	0.385 ± 0.019 (0.380)	0.402 ± 0.025 (0.405)
Pb	0.263 ± 0.043 (0.170) ^x	0.336 ± 0.065 (0.180) ^x	0.544 ± 0.137 (0.330) ^x
Cu	93.8 ± 28.7 (35.0) ^x	63.4 ± 18.4 (25.8) ^x	51.1 ± 14.4 (30.4) ^x

^xSeñala los efectos significativos de edad, localidad y sexo en el GLM para todas las especies en Tabla 5.3.

**6. ESTUDIO DE LA EXPOSICIÓN AL
PLOMO Y OTROS METALES PESADOS
EN LOS NIÑOS EN DO ANA
MEDIANTE EL MUESTREO NO
INVASIVO DE HECES**

6.1 INTRODUCCIÓN

Para estudiar el plumbismo y la contaminación por otros metales en las aves, tradicionalmente se han capturado o cazado ejemplares para conseguir muestras de sangre o tejidos (hígado, riñón y hueso). Esto requiere un esfuerzo considerable, y hay sesgos importantes debido al hecho de que las aves débiles y enfermas suelen ser más fáciles de capturar o cazar, de forma hay una mayor probabilidad de muestrear animales intoxicados (ver capítulo 3). Recientemente se han desarrollado técnicas que permiten el estudio de contaminación a través del análisis de las heces de las aves (Beyer et al., 1994, 1999; Hui y Beyer 1998). Estas técnicas tienen muchas ventajas ya que evitan la necesidad de capturar aves para muestrearlas, y no tienen el sesgo de muestrear excesivamente a esa fracción de la población que está débil o enferma. Aquí presentamos un estudio de los ánsares en Doñana, que es el primero en España que utiliza estas técnicas.

6.2 MATERIAL Y MÉTODOS

Con el fin de comprobar la validez del muestreo heces para valorar la exposición en los ánsares, 45 ejemplares fueron capturados mediante caza científica en enero de 2003 para estudiar las concentraciones de Pb, Zn y Cu en diferentes tipos de muestras, como los contenidos del proventrículo, molleja e intestino, hígado, sangre, músculo y hueso (ver anexo 15). Las aves fueron necropsiadas, la molleja examinada para estudiar la presencia de perdigones ingeridos, y los órganos estudiados histológicamente. También se determinó en estos animales el contenido en cenizas insolubles en ácido del contenido intestinal, y se analizaron las porfirinas y biliverdina presentes en el contenido del intestino grueso (que

equivaldría a las heces del anterior muestreo) y la bilis. El método de análisis de porfirinas y biliverdina en heces está ampliamente descrita en Mateo et al. (enviado) que se incluye en el apéndice II.

Entre noviembre de 2001 y enero de 2002, se recogieron 270 heces de ánsar común en diferentes zonas de las Marismas del Guadalquivir: arrozales de Cantarita, Entremuros, lucio de Marilópez, praderas de Matasgordas y Cerro de los Ánsares. Los muestreos fueron realizados a principios de noviembre en Cantarita, Marilópez y Cerro, y a mediados de diciembre y mediados de enero en Cerro, Matasgordas y Entremuros. Los muestreos fueron realizados en las zonas frecuentadas por los ánsares en cada momento. Las heces fueron recogidas sin contaminación externa de suelo e intentando que fuesen siempre frescas. En caso de no ser frescas, esto fue anotado. Una alícuota de cada muestra fue conservada congelada para hacer en ella la determinación de porfirinas y biliverdina. El resto de la muestra fue secado a 60 °C hasta alcanzar un peso constante. En esta parte seca se hizo la determinación de las cenizas insolubles en ácido clorhídrico para estimar la ingestión de suelo (Beyer et al., 1994), y se determinó también la concentración de plomo por espectrometría de absorción atómica en horno de grafito, y de zinc y cobre por espectrometría de absorción atómica de llama. La proporción de cenizas insolubles en ácido también fue determinada en muestras de plantas y suelo de las zonas de muestreo y en las zonas de alimentación de los ánsares.

6.3 RESULTADOS

En la Tabla 6.1 se presentan las concentraciones de metales en las diferentes muestras de las aves capturadas (ver también anexo 15). Se ha podido observar una buena

relación entre los niveles de Pb en los tejidos y los contenidos del tracto digestivo (Tabla 6.2). En particular, nos resulta útil comprobar que el contenido del intestino grueso, de naturaleza muy similar a las heces, puede reflejar hasta cierto punto las concentraciones de Pb en tejidos como el hígado o la sangre que muestran exposiciones recientes al Pb. Debemos tener en cuenta que únicamente dos animales capturados en Entremuros mostraron niveles elevados de plomo en sus tejidos y así como en su contenido intestinal (Figura 6.1). De este muestreo de aves hay que destacar la ausencia de perdigones de plomo en la molleja, en especial en aquellas aves cazadas en las inmediaciones del Cerro de los Ánsares (Marismillas y El Puntal). Por el contrario, las dos aves que mostraron niveles de Pb en hígado (8,4-12,8 $\mu\text{g/g DW}$) por encima de los niveles basales (5 $\mu\text{g/g DW}$), fueron las dos aves capturadas en Entremuros, en las que la concentración de plomo en contenido intestinal era también elevada (14 y 18 $\mu\text{g/g DW}$). Esta concentración era similar a la observada en las heces recogidas en Entremuros en la temporada anterior (Tabla 6.3).

El estudio ciego de los tejidos de los ánsares cazados no detectó ninguna lesión significativa asociada a la exposición al Pb.

Tanto el porcentaje de cenizas insolubles en las heces como las concentraciones de metales fueron analizados tras ser transformados en logaritmos (\ln) para aproximar los datos a una distribución normal. Las diferencias en el porcentaje de cenizas insolubles son significativas entre zonas ($p = 0.004$) y muestreos ($p < 0.001$), para la concentración de Pb entre zonas ($p < 0.001$) y para las concentraciones de Zn y Cu entre zonas ($p < 0.01$) y muestreos ($p < 0.001$). La zona con mayores concentraciones de metales, como era de esperar, fue Entremuros y con una predominancia del Zn sobre los otros metales. La razón

entre Zn y Pb en Entremuros fue de 20.5, mientras que en las otras zonas se observó entre 6.2 y 11.2. El Cu es el metal que menos ha variado entre zonas, siendo en Entremuros 1.7-3.8 veces más alto que en las otras zonas, mientras que los niveles de Pb y Zn fueron 2.3-6 y 5.8-15.4 veces más altos, respectivamente (Tabla 6.3).

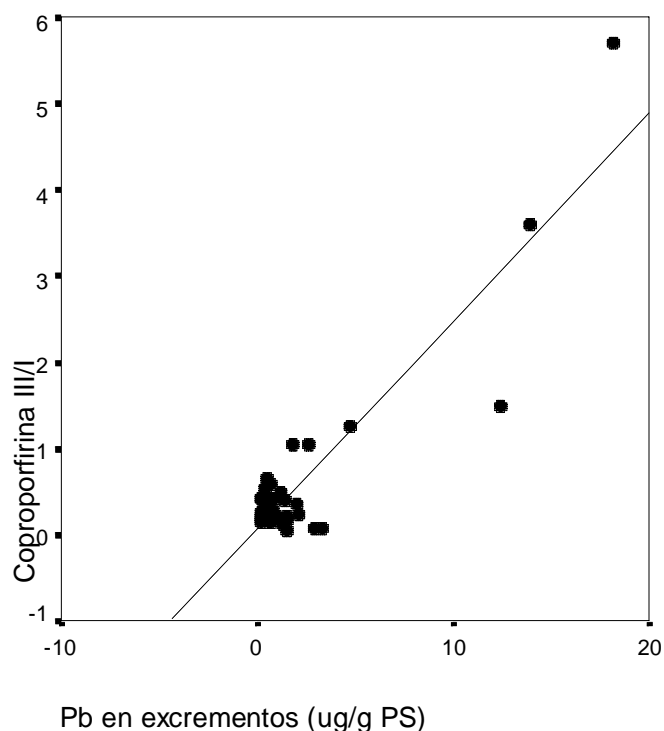


Figura 6.1. Relación entre el ratio de coproporfirina III y coproporfirina I y las concentraciones de plomo en excrementos de ánsar común en Doñana.

Basándonos en la relación entre cenizas insolubles en ácido y las concentraciones de metales en heces podemos esperar una mayor contaminación por plomo en el suelo de Entremuros, seguido de Marilópez y Cantarita, como se desprende de las pendientes de las regresiones de la Figura 6.2 y Tabla 6.4. Con los datos de proporción de cenizas insolubles en suelo y plantas (Tabla 6.5) y con valores que estamos recopilando de la digestibilidad de las plantas que constituyen la dieta de los ánsares podríamos estimar la ingesta de suelo, y

realizar un análisis del riesgo de intoxicación a partir de las concentraciones de metales en suelos.

Los efectos de la exposición anormal al Pb sobre el metabolismo del grupo hemo esperables en base a lo que hemos observado en estudios preliminares (apéndice II) serían un aumento en bilis de biliverdina, protoporfirina IX y coproporfirina III, con un aumento también del ratio coproporfirina III/coproporfirina I. Estos cambios serían esperables también en heces. En las muestras de contenido intestinal de ánsares comunes podemos observar una mayor concentración de coproporfirina III y un alto ratio entre coproporfirina III y coproporfirina I en las aves con mayor concentración de plomo en el contenido intestinal procedentes de Entremuros (Tabla 6.6 y Figura 6.1). No obstante, esta relación no pudo ser comprobada en la bilis porque esta muestra no fue recogida en las aves de Entremuros, que son las que marcan la significación de las anteriores observaciones. Ninguno de los otros cambios esperables en relación a la exposición al Pb, aumento de protoporfirina IX o biliverdina, fue observado en los contenidos intestinales obtenidos de los ánsares cazados (Tabla 6.6). Sin embargo, en bilis se pudo observar una mayor concentración de uroporfirina y protoporfirina IX, y otra vez un mayor ratio de coproporfirina III/coproporfirina I, en las aves con mayor exposición al plomo (Tabla 6.7).

En las heces recogidas en el campo únicamente se pudo observar una cierta relación entre la concentración de coproporfirina relativa a la biliverdina y los niveles de plomo. Es en las heces de ánsar recogidas en Entremuros, Matasgordas y Marilópez donde se observan concentraciones mayores de plomo y también unas mayores concentraciones de coproporfirina I y III una vez corregidas por la cantidad de biliverdina presentes en las heces (Figura 6.3).

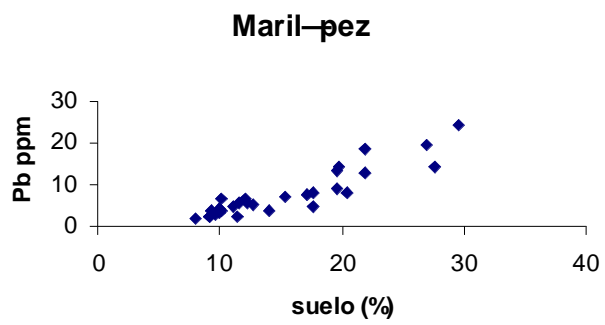
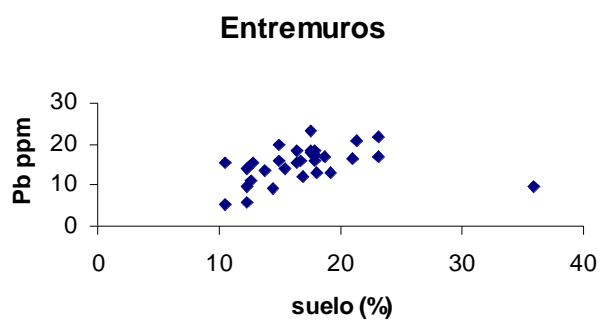
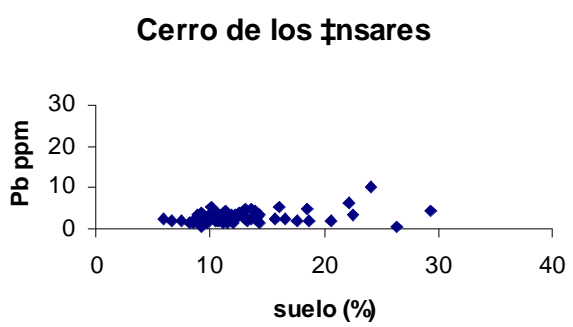
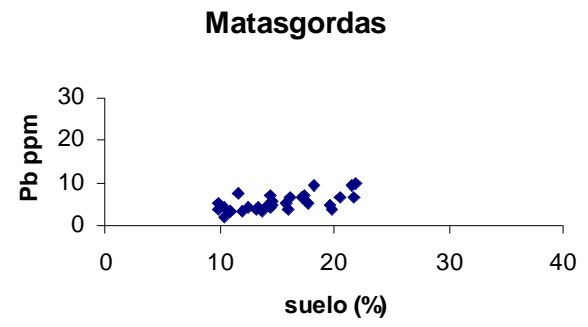
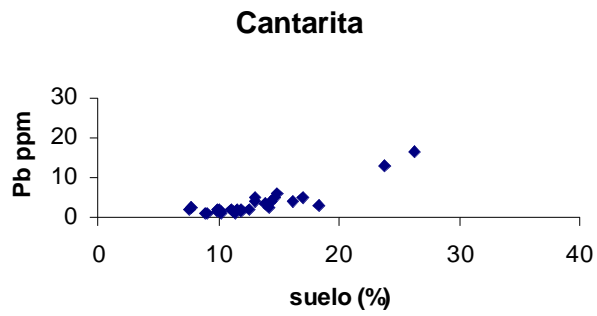
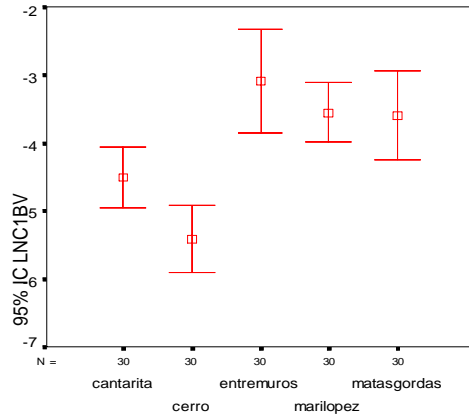
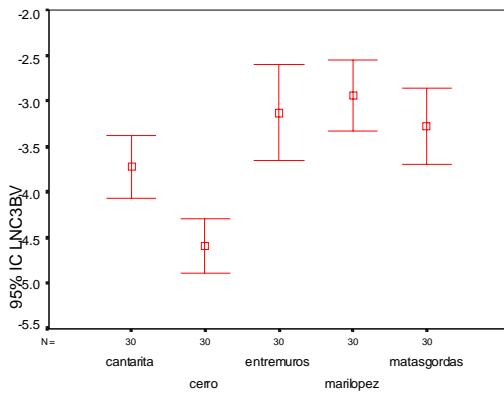


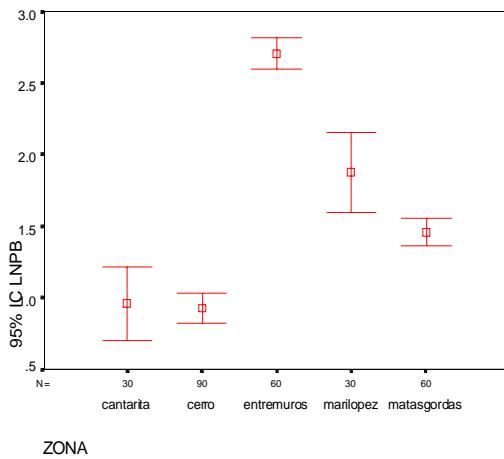
Figura 6.2 Relación entre la proporción de suelo y la concentración de plomo en muestras de heces de ánsares en Doñana



a) ZONA



b)



c)

Figura 6.3. Diferencias entre zonas de Doñana en las concentraciones presentes en heces de ánsar común de: a) coproporfirina I relativa a la biliverdina, b) coproporfirina III relativa a la biliverdina, c) plomo.

6.4 DISCUSIÓN

A juzgar por los resultados con las aves cazadas, el análisis de heces puede ser un buen método no invasivo para conocer la exposición al Pb en las aves silvestres. Hay que destacar que la mayor parte de los animales muestreados presentaban niveles bajos de Pb en sus tejidos y contenidos del tracto digestivo, y ausencia de perdigones de Pb en su molleja, lo que contrasta con los anteriores muestreos de ánsares realizados por Mateo et al. (1998), en que un 10% de las aves mostraron perdigones en 1995-96 (ver también capítulo 3). El plumbismo representaba el 20% de las causas de muerte de ánsares comunes encontrados dentro del Parque Nacional de Doñana (Mateo et al. 1998). En aquellos años las densidades de perdigones de Pb en el Cerro de los Ánsares, cerca de donde fueron capturados los ánsares para el presente estudio, se hallaban entorno a los 5 perdigones/m² en la superficie de la duna (16,2 perdigones/m² a los 20 cm de profundidad) (Mateo et al. 2000a). La posible disminución de la prevalencia en los años del presente estudio ha podido deberse a una disminución de la concentración de perdigones en el Cerro de los Ánsares por los trabajos de limpieza llevados a cabo por SEO/BirdLife, el enterramiento de los perdigones por el avance de la duna, o la desaparición de buena parte de los perdigones de la parte alta de la duna por parte de los propios ánsares durante estos años (1995-2003). El mismo resultado que obtuvimos con el muestreo de heces, que reflejaba la baja exposición al plomo en las aves que visitaban el Cerro de los Ánsares en la temporada 2001-2002, se confirmó en la temporada 2002-2003 con la captura de ánsares, por lo que el tamaño de muestra nos permite asegurar una baja prevalencia de exposición a los perdigones de plomo en las aves que visitan el Cerro.

En cuanto al análisis de heces, se obtuvieron resultados que implican claramente a la ingestión de sedimento como una importante fuente de exposición a metales pesados. En

general, el contenido de metales en heces estaba muy relacionada con la presencia de suelo, expresado como cenizas insolubles en ácido. La pendiente entre la cantidad de suelo y concentración de metales como por ejemplo el Pb, permite comprobar que la exposición más alta de da en la zona contaminada por el vertido de Aznacóllar, en Entremuros, habiendo también altas concentraciones de Pb en zonas en principio no afectadas por el vertido como Matasgordas y el Lucio de Marilópez. Es precisamente en la zona de Entremuros, donde se capturan los dos ánsares comunes con los niveles más elevados de Pb en sangre, hígado y contenido gástrico, sin observarse la presencia de perdigones de plomo en sus mollejas. Este muestreo no invasivo con heces puede ser muy útil en el estudio del impacto del vertido de Aznalcóllar en las aves acuáticas, tal y como lo fue en la contaminación originada por la actividad minera en la cenca del río Coeur d'Alene en Idazo (EE.UU.) (Beyer et al. 2000).

La cantidad de cenizas insolubles en ácido en las heces y en consecuencia de metales fue descendiendo durante la invernada en todas las zonas en general, lo que puede deberse a una menor ingestión de sedimento al aumentar los niveles de agua en la marisma, lo que favorecería el lavado del alimento por filtración, o bien deberse a un aumento de la probabilidad de recoger heces que han estado más tiempo a la intemperie y que han podido ser lavadas por la lluvia. Teniendo en cuenta que se ha intentado recoger heces frescas en las zonas frecuentadas por los ánsares en los momentos de muestreo, parece probable que la explicación sea una menor ingestión de suelo cuando las aves se alimentan en zonas más inundadas. De hecho, la mayor ingestión de sedimento se observa en las aves que se alimentan en terreno seco como los campos de cereales de Caracoles, cercanos a Marilópez, o las praderas de Entremuros y Matasgordas.

Los cambios en la composición de porfirinas en heces de ánsares en relación al Pb han sido poco significativos. En el caso de las aves cazadas, es donde se observan los efectos de forma más marcada, con un aumento en heces y bilis del ratio de coproporfirina III/coproporfirina I como cambio más constante en bilis y contenido intestinal. Sin embargo, en las heces muestreadas en el campo, este cambio no ha sido observado, aunque sí se observa una mayor concentración relativa de las coproporfirinas respecto a la biliverdina en las zonas con mayores concentraciones de Pb en heces. Las heces de ánsar presentan en general concentraciones muy bajas de porfirinas y esto dificulta la observación de cambios significativos en los precursores del grupo hemo ante la exposición al plomo. No obstante, los cambios observados en las aves capturadas en Entremuros resultan importantes, por representar un indicio de efecto adverso en los ánsares expuestos al vertido de Aznalcóllar.

Tabla 6.1. Concentraciones de tres metales pesados en diferentes tipos de muestra de ánsares comunes de Doñana.

	N	Media	S.E.	Mínimo	Máximo
Pb					
Proventrículo	44	0,71	0,14	,18	5,40
Molleja	45	0,71	0,27	,18	11,13
Excrementos	45	1,98	0,54	,18	18,17
Sangre ^a	38	0,13	0,04	,04	1,15
Hígado	45	0,91	0,34	,18	12,85
Músculo	44	0,22	0,01	,18	,46
Hueso	45	8,17	1,33	,45	45,16
Zn					
Proventrículo	44	31,24	3,50	4,19	100,41
Molleja	45	9,56	3,02	0,60	130,03
Excrementos	45	59,18	7,05	19,06	281,72
Sangre ^a	38	4,93	0,12	2,89	6,39
Hígado	45	120,93	6,59	64,00	244,87
Músculo	44	88,15	4,19	50,71	173,38
Hueso	45	208,85	4,11	146,97	264,66
Cu					
Proventrículo	44	13,25	3,69	1,46	168,70
Molleja	45	8,40	0,64	4,13	27,74
Excrementos	45	21,75	2,32	6,52	94,76
Sangre ^a	38	0,99	0,13	0,21	3,30
Hígado	45	106,32	10,64	15,82	398,26
Músculo	44	6,85	0,30	4,14	13,26
Hueso	45	5,57	0,13	3,69	7,63

Concentraciones expresadas en $\mu\text{g/g}$ de peso seco, excepto en sangre expresada en $\mu\text{g/ml}$.

Tabla 6.2 Correlaciones entre las concentraciones de plomo en los diferentes tipos de muestras analizadas de ánsares comunes de Doñana.

	Molleja	Excrementos	Sangre	Hígado	Músculo	Hueso	% Cenizas
Proventrículo	,485	,677	,589	,535	,099	-,084	-,217
	,001	,000	,000	,000	Ns	ns	Ns
Molleja		,825	,851	,876	-,169	,040	-,107
		,000	,000	,000	Ns	ns	Ns
Excrementos			,771	,741	-,126	,024	-,120
			,000	,000	Ns	ns	Ns
Sangre				,989	,110	,117	-,045
				,000	Ns	ns	Ns
Hígado					,040	,105	-,070
					Ns	ns	Ns
Músculo						,215	,207
						ns	Ns
Hueso							-,030
							Ns

Tabla 6.3. Medias geométricas (mínimo-máximo) de las cenizas insolubles en ácido y metales pesados en heces de ánsares comunes muestreadas en diferentes zonas de Doñana durante la invernada de 2001-02.

Área	Mes	Cenizas (%)	Pb (µg/g)	Zn (µg/g)	Cu (µg/g)
Cantarita	Noviembre	13^{AB}	2.6^A	20^A	7.1^A
		(7.6-26)	(1.0-16)	(8.0-334)	(2.4-52)
Cerro de los Ánsares	Noviembre	14 ^a	2.6	9.8	16 ^a
		(9.5-29)	(0.7-6.1)	(9.8-89)	(6.4-80)
	Diciembre	11 ^b	2.6	25	12 ^{ab}
		(6.0-24)	(0.6-10)	(14-103)	(4.2-111)
	Enero	9.8 ^b	2.3	24	9.1 ^b
		(5.7-21)	(0.7-5.5)	(5.2-156)	(5.6-16)
	Total	11^A	2.5^A	28^A	12^B
		(5.7-29)	(0.6-10)	(5.2-156)	(4.2-111)
Entremuros	Diciembre	16 ^a	15	309	29
		(11-36)	(5-23)	(138-567)	(12-52)
	Enero	10 ^b	16	308	26
		(2.9-24)	(7.8-43)	(61-840)	(10-55)
	Total	13^{AB}	15^D	308^C	27^D
		(2.9-36)	(5.1-43)	(61-840)	(10-55)
Marilópez	Noviembre	15^B	6.5^C	53^B	13^{BC}
		(8.1-53)	(1.8-31)	(21-94)	(5.6-24)
Matasgordas	Diciembre	15 ^a	4.9 ^a	33 ^a	20 ^a
		(9.9-22)	(1.8-9.9)	(21-81)	(13-55)
	Enero	9.7 ^b	3.7 ^b	22 ^b	13 ^b
		(7.2-13)	(2.4-8.5)	(8.6-71)	(5.8-26)
	Total	12^{AB}	4.3^B	27^A	16^C
		(7-22)	(1.8-9.9)	(8.6-81)	(5.8-55)
Total		12	4.7	49	15
		(2.9-53)	(0.6-43)	(5.2-840)	(2.4-111)

Table 6.4. Correlaciones entre el porcentaje de cenizas insolubles en ácido (CIA) y las concentraciones de metales pesados en las diferentes zonas de muestreo (datos transformados en logaritmos).

		N	Pb	Zn	Cu
CIA	Cantarita	30	0.826 ^{***}	0.741 ^{***}	0.456 [*]
	Cerro	90	0.409 ^{***}	0.546 ^{***}	0.355 ^{**}
	Entremuros	60	0.538 ^{***}	0.581 ^{***}	0.441 ^{***}
	Marilópez	30	0.919 ^{***}	0.326 ^{ns}	0.632 ^{***}
	Matasgordas	60	0.590 ^{***}	0.434 ^{**}	0.453 ^{***}
	Total	270	0.432^{***}	0.313^{***}	0.329^{***}
Pb	Cantarita	30	-	0.653 ^{***}	0.609 ^{***}
	Cerro	90	-	0.195 ^{ns}	-0.032 ^{ns}
	Entremuros	60	-	0.621 ^{***}	0.502 ^{***}
	Marilópez	30	-	0.380 [*]	0.608 ^{***}
	Matasgordas	60	-	0.447 ^{***}	0.512 ^{***}
	Total	270	-	0.787^{***}	0.589^{***}
Zn	Cantarita	30	-	-	0.525 ^{**}
	Cerro	90	-	-	0.546 ^{***}
	Entremuros	60	-	-	0.805 ^{***}
	Marilópez	30	-	-	0.099 ^{ns}
	Matasgordas	60	-	-	0.804 ^{***}
	Total	270	-	-	0.692^{***}

Tabla 6.5. Porcentaje de cenizas insolubles en ácido.

Muestra	Área/Planta	n	Cenizas (%)
Suelo	Cantarita	3	64.6 ± 2.1 ^A
	Cerro de los Ánsares	3	98.4 ± 0.8 ^C
	Entremuros	3	68.6 ± 0.7 ^{AB}
	Caracoles	3	69.6 ± 0.5 ^{AB}
	Matasgordas	3	70.7 ± 0.9 ^B
Planta	Arroz (<i>Oryza sativa</i>)	3	0.44 ± 0.23 ^A
	Cebada (<i>Hordeum vulgare</i>)	3	3.86 ± 0.43 ^C
	<i>Plantago sp.</i>	5	3.46 ± 0.23 ^{BC}
	No identificada	2	0.83 ± 0.05 ^A
	<i>Scirpus sp.</i>	3	0.73 ± 0.11 ^A
	Gramínea	2	2.31 ± 0.22 ^B

Tabla 6.6. Correlaciones entre las concentraciones de plomo en los ánsares comunes y los biomarcadores del metabolismo del grupo hemo en excrementos (contenido del intestino grueso).

	Coproporfirina III	Protoporfirina IX	Biliverdina	CoproIII/I
Proventrículo	,476	-,086	-,101	,724
	,001	ns	Ns	,000
Molleja	,689	-,111	-,151	,796
	,000	ns	Ns	,000
Excrementos	,728	-,204	-,232	,907
	,000	ns	Ns	,000
Sangre	,689	,029	-,128	,852
	,000	ns	Ns	,000
Hígado	,634	,055	-,120	,800
	,000	ns	Ns	,000
Músculo	-,021	,135	-,038	-,129
	,894	ns	Ns	ns
Hueso	,293	-,049	,123	,031
	,050	ns	Ns	ns

Tabla 6.7. Correlaciones entre las concentraciones de plomo en los ánsares comunes y los biomarcadores del metabolismo del grupo hemo en bñlis.

	Uro-PF	7C-PF	Copro-I	Copro-III	BVD	Proto-PF	CIII/CI
Proventrículo	,149	-,200	-,053	,101	-,094	,046	,181
	ns	ns	ns	ns	Ns	ns	ns
Molleja	,703	-,242	-,079	,207	,095	-,086	,548
	,000	ns	ns	ns	Ns	ns	,001
Excremento	,574	-,258	-,265	,089	-,072	-,198	,518
	,000	ns	ns	ns	Ns	ns	,001
Sangre	-,044	,085	,285	,198	,085	,468	,138
	ns	ns	ns	ns	Ns	,009	ns
Hígado	-,067	,010	,259	,152	-,012	,420	,089
	ns	ns	ns	ns	Ns	,011	ns
Músculo	-,164	,070	,120	-,111	,001	,340	-,211
	ns	ns	ns	ns	Ns	,043	ns
Hueso	,177	,120	,311	,259	,007	,181	,184
	ns	ns	ns	ns	Ns	ns	ns

7. Conclusiones generales y recomendaciones

7.1 CONCLUSIONES GENERALES

En la comarca de Doñana, las salinas de Sanlúcar tienen concentraciones de perdigones de plomo en el suelo muy superiores a las de los arrozales, la laguna de Santa Olalla o de Veta la Palma, y podrían ser la fuente de plomo responsable de la mortandad de flamencos registrada en el año 1991. Sin embargo, las concentraciones no destacan en comparación con las de otros humedales españoles, y no justifican una limpieza del suelo.

La Laguna de Medina tiene concentraciones de perdigones más altas que los otros humedales andaluces estudiados, y se encuentra entre los humedales españoles más contaminados. Son niveles suficientemente altos para poner en peligro sus poblaciones de malvasías cabeciblancas y otras aves acuáticas. Es probable que el plumbismo sea un problema de conservación muy importante en este humedal Ramsar. Sin embargo, no hemos recibido muestras de aves de este lugar para poder estudiar el problema en más detalle. La disponibilidad de grit natural en las orillas de esta laguna así como la abundancia de plomos en profundidades mayores hace que, de momento, no sea recomendable realizar una limpieza de los suelos en Medina.

La Laguna Salada del Puerto de Santa María, la otra laguna gaditana protegida como humedal Ramsar, también tiene densidades de plomo preocupantes. De nuevo, la malvasía cabeciblanca probablemente se vea afectada por plumbismo en esta laguna. Sin embargo, no hemos recibido muestras de aves de este lugar para poder estudiar el problema en más detalle. La disponibilidad de grit natural en esta laguna así como la abundancia de plomos en profundidades mayores hace que, de momento, no sea recomendable realizar una limpieza de los suelos en la Salada.

Las tasas de prevalencia de perdigones de plomo ingeridos en los patos y rálidos de Doñana son relativamente bajos y no alarmantes. La probabilidad de ingerir un perdigón depende del tamaño de grit seleccionado por cada especie y especialmente de la proporción de grit de 3-4 mm de diámetro. Las diferencias entre especies en su selección de grit varía entre localidades. Por lo tanto, no se puede predecir de antemano cuáles son las especies de patos más afectadas por plumbismo en un humedal donde su uso de grit no ha sido estudiado.

El vertido de Aznalcollár contribuye al problema del plumbismo en Doñana ya que una parte del plomo registrado en las aves acuáticas viene de los lodos. Es prueba de ello nuestro estudio de los isótopos en la Cigüeña Blanca (apéndice I). Sin embargo, nuestros análisis indican que los perdigones siguen siendo la fuente de plomo más importante para las aves acuáticas y rapaces de Doñana, incluso en los meses siguiendo el vertido. Hay que recordar que hay otras fuentes de contaminación de fondo que pueden contribuir a la contaminación de las aves registrada (por ejemplo, los plásticos quemados en los campos alrededor del Parque Nacional, los abonos contaminados echados a los suelos agrícolas en la finca de los Caracoles,).

Según nuestros resultados, el principal problema de plumbismo en Doñana se encuentra en el águila imperial y otras rapaces que consumen gansos y otras presas que tienen perdigones de plomo enquistados en sus músculos y otros tejidos. Las egagrópilas de las rapaces tienen altas prevalencias de perdigones, que se deben a la ingestión de perdigones en los tejidos que luego disuelven en parte en el estomago ácido de la ave causando plumbismo. Es decir, es el uso actual de perdigones de plomo en la caza que está

creando el problema más grave, no los perdigones acumulados en los suelos a través de la caza histórica. Por lo tanto, es prioritario hacer cumplir la normativa que prohíbe el uso de plomo en la caza de aves acuáticas en Andalucía. Al hacerlo, cabe esperar una mejora notable y inmediata en el problema de plumbismo en las aves rapaces de Andalucía. Sin embargo, hay que destacar que el uso de perdigones de plomo en la caza realizada en ambientes terrestres va a seguir siendo una fuente importante de intoxicación por plomo de las aves rapaces.

Hemos desarrollado una técnica innovadora y muy útil para seguir la contaminación de los ánsares por metales pesados a través del estudio de sus heces. Dicho método es mucho más fácil y más versátil y el estudio tradicional de aves capturadas o encontradas muertas. Se ha puesto de manifiesto que los ánsares utilizando la zona de Entremuros siguen estando afectados por los lodos, a pesar de la limpieza realizada en esa zona. Es prioritario un seguimiento de la evolución de los niveles de contaminación de los ánsares en Doñana, como indicador del impacto de los lodos de Aznalcollár en todo el ecosistema. Nuestros estudios de heces, combinado en nuestros estudios de gansos cazados, coinciden en encontrar tasas relativamente bajas de plumbismo causado por la ingestión de perdigones de caza. La ausencia de ingestión de perdigones de plomo en la actualidad contrasta con la prevalencia obtenida en muestreos de aves cazadas realizados a mediados de los años 90, que era del 10%. Esto puede ser debido a una disminución de las densidades de perdigones en el Cerro de los Ánsares que debería ser comprobada con muestreos periódicos. Por otra parte, el muestreo por caza científica y heces indicaría que el estudio de aves encontradas muertas o enfermas tenderá a sobrevalorar la presencia de plumbismo.

7.2 RECOMENDACIONES

Realizar un estudio del plumbismo de las aves alojadas en las lagunas de Medina y del Puerto de Santa María, especialmente de sus malvasías. Es importante analizar las aves acuáticas (especialmente las anátidas) encontradas muertas en las lagunas, por lo menos por radiografía. Al ser posible, conviene capturar anátidas para sacarles sangre y analizar la concentración de plomo en ella. Dicho estudio es imprescindible para establecer si conviene o no hacer una limpieza de los plomos en las lagunas, tal y como se ha realizado en El Hondo.

Hacer cumplir la normativa que prohíbe el uso de plomo en la caza de aves acuáticas en Andalucía, a través de una vigilancia efectiva y un programa de educación del cazador. En cuanto sea posible, prohibir la caza con plomo en otros ambientes que no sean humedales. Al fin y al cabo, es una locura verter un metal tan tóxico al medio ambiente para razones de diversión cuando su destino es acabar en las cadenas tróficas (incluyendo la humana). Hay que promulgar el sistema danés en el que está prohibido hasta la posesión de cartuchos de plomo.

Realizar un seguimiento de la evolución de la contaminación por plomo y otros metales de los ánsares en Doñana, a través el análisis de sus heces siguiendo el método desarrollado por nosotros. Recomendamos el estudio de heces recogidas anualmente en Entremuros y dos zonas de control (Cantaritas y Marí Lopez). Proponemos el estudio de 30 muestras de heces tomadas en cada zona durante diciembre o enero.

Realizar un seguimiento de las concentraciones de perdigones en el Cerro de los Ánsares en las zonas más usadas por los ánsares con el objetivo de relacionarlo con el seguimiento de plomo en heces. Esto es necesario para entender las fluctuaciones anuales en tasas de ingestión de perdigones encontrados en este informe, y para poder evaluar las contribuciones relativas de los lodos de Aznalcóllar y de los perdigones del Cerro a los niveles de plomo detectados en heces. Proponemos un muestro anual durante diciembre o enero.

Realizar un seguimiento de la evolución de la contaminación por perdigones de plomo, acero y otros metales en las egagrópilas del aguilucho lagunero (en el Brazo del Este, Cantaritas, Parque Nacional) y del águila imperial (en el Parque Nacional) en las marismas del Guadalquivir. Esto serviría como buen índice de la eficacia del reglamento prohibiendo el uso de perdigones de plomo, así como de la gravedad del problema de plumbismo en distintas localidades, épocas y años.

El Brazo del Este es una zona sumamente importante para las aves acuáticas pero una sometida a mucha presión de furtivos y de degradación y transformación de hábitat. Es necesario dedicarle más recursos para asegurar su conservación y proteger sus aves (por ejemplo, su dormitorio de moritos invernantes que es único en el Mediterráneo Occidental).

AGRADECIMIENTOS

A lo largo del proyecto, recibimos mucha ayuda necesaria para organizar los permisos, tomar las muestras y analizarlas. Este trabajo no habría sido posible sin la ayuda del Equipo de Seguimiento de Procesos Naturales, Raquel Alejandre, Isidro Barroso, G. Castells, José Juan Chans, Carles Cristòfol, Antonio Franco, Libertad García, Hector Garrido, C. Godoy, Juan Manuel Grande, Javier Hidalgo, Lars Hillström, Fernando Hiraldo, Isabel Luque, Andy Meharg, Jean-Baptiste Mourontval, Fernando Ostos, David Paz, Antoni Ramis, Cristina Ramo, Blanca Ramos, Monica Rodríguez, Pierre-Francois Sebillet, Mara Sempere, Juan María Tejedo, Carlos Urdiales, Sonia Velasco, Matthias Vögeli y más gente.

8. BIBLIOGRAFIA

- Alastuey A., García-Sánchez A., López F. y Querol X. (1999). Evolution of pyrite mud weathering and mobility of heavy metals in the Guadiamar valley after the Aznalcóllar spill, SW Spain. *Science of the Total Environment* 242: 41-55.
- Anderson W.L., Havera S.P. y Montgomery R.A. (1987). Incidence of ingested shot in waterfowl in the Mississippi flyway, 1977-1979. *Wildlife Society Bulletin* 15: 181-188.
- Barnes G.G. y Thomas V.G. (1986). Digestive organ morphology, diet and guild structure of North American Anatidae. *Canadian Journal of Zoology* 65: 1812-1817.
- Benito V., Devesa V., Muñoz O., Suñer M.A., Montoro R., Baos R., Hiraldo F., Ferrer M., Fernández M. y González M.J. (1999). Trace elements in blood collected from birds feeding in the area around Doñana National Park affected by the toxic spill from the Aznalcóllar mine. *The Science of the Total Environment* 242: 309-323.
- Beyer W.N. (2000). Hazards to wildlife from soil-borne cadmium re-considered. *Journal of Environmental Quality* 29: 1380-1384.
- Beyer W.N., Audet D.J., Heinz G.H., Hoffman D.J. y Day D. (2000). Relation of waterfowl poisoning to sediment lead concentrations in the Coeur d'Alene River Basin. *Ecotoxicology* 9: 203-214.
- Beyer W.N., Connor E.E. y Gerould S. (1994). Estimates of soil ingestion by wildlife. *Journal of Wildlife Management* 58: 375-382.
- Beyer W.N., Spann J. y Day D. (1999). Metal and sediment ingestion by dabbling ducks. *The Science of the Total Environment* 231: 235-239.
- Bird R.D. y Smith L.B. (1964). The food habits of the Red-winged Blackbird, *Agelaius phoeniceus*, in Manitoba. *Canadian Field Naturalist* 78: 179-186.

- Beyer W.N., Spann J. y Day D. (1999). Metal and sediment ingestion by dabbling ducks. *Science of the Total Environment* 231: 235-239.
- Calderon J., Ramo C., Chans J.J. y Garcia L. (1996). *Plan de gestión cinegética para el ansar común en las Marismas del Guadalquivir*. Estación Biológica de Doñana, Sevilla, Spain.
- Cerradelo S., Muñoz E., To-Figueras J., Mateo R. y Guitart R. (1992). Intoxicación por ingestión de perdigones de plomo en dos águilas reales. *Doña. Acta. Vert.* 19: 122-126.
- Daury R.W., Schwab F.E. y Bateman M.C. (1994). Prevalence of ingested lead shot in American Black Duck, *Anas rubripes*, and Ring-necked Duck, *Aythya collaris*, gizzards from Nova Scotia and Prince Edward Island. *Canadian Field-Naturalist* 108: 26-30.
- Destefano S., Brand C.J., Rusch D.H., Finley D.L. y Gillespie M.M. (1991). Lead exposure in Canada Geese of the Eastern Prairie population. *Wildl. Soc. Bull.* 191: 23-32.
- Falandysz J., Yamashita N., Tanabe S., Tatsukawa R., Rucińska L., Mizera T. y Jakuczun B. (1994). Congener-specific analysis of polychlorinated biphenyls in white-tailed sea eagles *Haliaeetus albicilla* collected in Poland. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 26: 13-22.
- Ferrer M. (1993). *El águila imperial*. Quercus. Madrid.
- Finley M.T. y Deiter M.P. (1978). Influence of laying on lead accumulation in bone of mallard ducks. *Journal of Toxicology and Environmental Health* 4: 123-129.
- Frenzel R.W. y Anthony R.G. (1989). Relationship of diets and environmental contaminants in wintering bald eagles. *J. Wild. Manage.* 53: 792-802.

- Galán E., González I. y Fernández-Caliani J.C. (2002). Residual pollution load of soils impacted by the Aznalcollar Spain. mining spill after clean-up operations. *Science of the Total Environment* 286: 167-179.
- Garralón A., Gómez P., Turrero M.J., Sánchez M. y Melón A.M. (1999). The geochemical aspects of toxic waters retained in the Entremuros area Spain. *Science of the Total Environment* 242: 27-40.
- Gionfriddo J.P. y Best L.B. (1999). *Grit use by birds*. A review. En: Current Ornithology, vol 15 V. Nolan, Jr., ed. Pp. 89-148. Kluwer Academic / Plenum Publishers, New York.
- Godin A.J. (1967). Test of grit types in alleviating lead poisoning in mallards US Fish & Wildl. Serv. Spec. Sci. Rep. Wildl. 107: 9pp.
- Gonzalez J.L. (1991). El aguilucho lagunero *Circus aeruginosus* en España. ICONA-CSIC, Madrid. 216 pp.
- Hall S.L. y Fisher F.M. (1985). Heavy metal concentration of duck tissues in relation to ingestion of spent shot. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 35: 163-172.
- Heinz G.H. (1986). *Selenium in birds*. In: Beyer, W.N., Heinz, G.H., Redmon-Norwood, A.W., eds. Environmental contaminants in wildlife: interpreting tissue concentrations. CRC Press.
- Hernández L.M., Gómara B., Fernández M., Jiménez B., González M.J., Baos R., Hiraldo F., Ferrer M., Benito V., Suñer M.A., Devesa V., Muñoz O. y Montoro R. (1999). Accumulation of heavy metals and As in wetland birds in the area around Doñana National Park affected by the Aznalcóllar toxic spill. *The Science of the Total Environment* 242: 293-308.
- Hernandez M. (1995). Lead poisoning in a free-ranging imperial eagle. *J. W. D. Suppl.* 31.

- Hui C.A. y Beyer W.N. (1998). Sediment ingestion of two sympatric shorebird species. *The Science of the Total Environment* 224: 227-233.
- Jacobson E., Carpenter J.W. y Novilla M. (1977). Suspected lead toxicosis in a bald eagle. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 171: 952-954.
- Littell R.C., Milliken G.A., Stroup W.W. y Wolfinger R.D. (1996). *SAS System for Mixed Models*. Cary, NC, SAS Institute Inc.
- Locke L.N. y Friend M. (1992). *Lead poisoning of avian species other than waterfowl*. In *Lead poisoning in waterfowl*, D. J. Pain. ed. Intl. Waterfowl and Wetland Res. Bureau, Slimbrige 16: 19-22.
- Longcore J.R., Corr P.O. y Spencer H.E., Jr. (1982). Lead shot incidence in sediments and waterfowl gizzards from Merrymeeting Bay, Maine. *Wildlife Society Bulletin* 10: 3-10.
- Mateo R. (1998). *Estudio de la intoxicación por ingestión de pedrigones de plomos en aves silvestres en España*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma Barcelona.
- Mateo R., Belliure J., Dolz J.C., Aguilar-Serrano J.M. y Guitart R. (1998). High prevalences of lead poisoning in wintering waterfowl in Spain. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 35: 342-347.
- Mateo R., Bonet A., Dolz J.C. y Guitart R. (2000a). Lead shot densities in a site of grit ingestion for greylag geese *Anser anser* in Doñana Spain. *Ecotoxicology and Environmental Restoration* 3: 76-80.
- Mateo R., Cadenas R., Mañez M. y Guitart R. (2001a). Lead shot ingestion in two raptor species from Doñana, Spain. *Ecotox. Environ. Safety*. 48: 6-10.
- Mateo R., Estrada J., Paquet J-Y., Riera X., Dominguez L., Guitart R., y Martin-Vilalta A. (1999). Lead shot ingestion by marsh harriers *Circus aeruginosus* from the Ebro delta, Spain. *Environ. Pollut.* 104: 435-440.

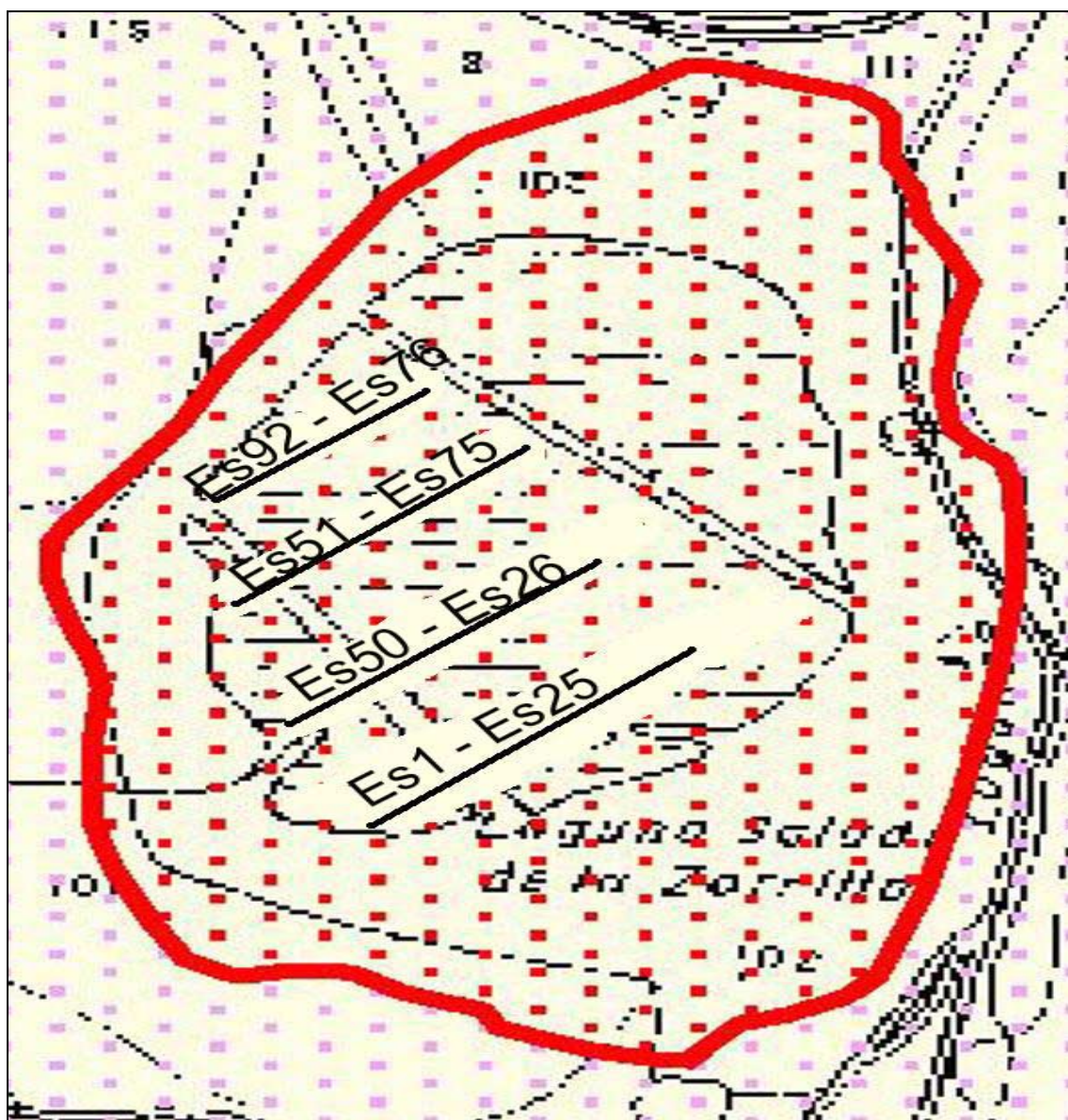
- Mateo R., Green A.J., Jeske C.W., Urios V. y Gerique, C. (2001b). Lead poisoning in the globally threatened Marbled Teal and White-headed Duck in Spain. *Environmental Toxicology and Chemistry* 20: 2860-2868.
- Mateo R. y Guitart R. (2000). The effects of grit supplementation and feed type on steel-shot ingestion in mallards. *Preventive Veterinary Medicine* 44: 221-229.
- Mateo R., Guitart R. y Green A.J. (2000b). Determinants of lead shot, rice, and grit ingestion in ducks and coots. *Journal of Wildlife Management* 64: 939-947.
- Mateo R., Molina R., Grifols J. y Guitart R. (1997). Lead poisoning in a free ranging griffon vulture *Gyps fulvus*. *Vet. Rec.* 140: 47-48.
- Mateo R., Taggart M. y Meharg A.A. (2003). Lead and arsenic in bones of birds of prey from Spain. *Environmental Pollution* 126: 107-114.
- Meharg A.A., Pain D.J., Ellam R.M., Baos R., Olive V., Joyson A., Powell N., Green A.J. y Hiraldo F. (2002). Isotopic identification of the sources of lead contamination for white storks *Ciconia ciconia*. in a marshland ecosystem Doñana, S.W. Spain. *Science of the Total Environment* 300: 81-86.
- McCann L.J. (1961). Grit as an ecological factor. *Am.Midl.Nat.* 65: 187-192.
- Mondain-Monval J.-Y., Desnouhes L. y Taxis J.-P. (2002). Lead shot ingestion in waterbirds in the Camargue France. *Game and Wildlife Science* 19: 237-246.
- Mooij J.H. (1991). Hunting - a questionable method of regulating goose damage. *Ardea* 79: 219-225.
- Moore S.J. (1998). Use of an artificial gizzard to investigate the effect of grit on the breakdown of grass. *Journal of Zoology* 246: 119-124.
- Mott D.F., West R.R., De Grazio J.W. y Guardino J.L. (1972). Foods of the Red-winged Blackbird in Brown County, South Dakota. *Journal of Wildlife Management* 36: 983-987.

- Mudge G.P. (1983). The incidence and significance of ingested lead pellet poisoning in British wildfowl. *Biological Conservation* 27: 333-372.
- Norman F.I. y Mumford L. (1985). Studies on the purple swamphen, *Porphyrio porphyrio*, in Victoria. *Australian Wildlife Research* 12: 263-278.
- Pain D.J. (1986). *Lead in waterfowl*. In: Beyer, W.N., Heinz, G.H., Redmon-Norwood, A.W., eds. Environmental contaminants in wildlife: interpreting tissue concentrations. CRC Press.
- Pain D.J. (1989). *Lead poisoning of waterfowl: A review*. En Managing waterfowl populations. Matthews, G. ed. Pp.171-181.
- Pain D.J. (1992). *A review of lead poisoning in waterfowl*. In Proceedings of the IWRB Lead Poisoning In Waterfowl Workshop, Brussels, Belgium. D. Pain, ed. 16: 7-13.
- Pain D.J. (1993). Lead poisoning of raptors in France and elsewhere. *Ecotox. Environ. Safety*. 25: 183-192.
- Pain D.J. (1990a). Lead shot ingestion by waterbirds in the Camargue, France: an investigation of levels and interspecific differences. *Environmental Pollution* 66: 273-285.
- Pain D.J. (1990b). Lead poisoning of waterfowl: a review. In Matthews, G.V.T. ed. *Managing waterfowl Populations. IWRB Special Publication* 12: 172-181.
- Pain D.J. y Handrinos G.I. (1990). The incidence of ingested lead shot in ducks of the Evros Delta, Greece. *Wildfowl* 41: 167-170.
- Pain D.J., Sánchez A. y Meharg A.A. (1998). The Doñana ecological disaster: Contamination of a world heritage estuarine marsh ecosystem with acidified pyrite mine waste. *Science of the Total Environment* 222: 45-54.
- Pattee O.H., Wiemeyer S.N., Mulhern B.M., Sileo L. y Carpenter J.W. (1983). *Bald eagle and waterfowl: the lead shot connection*. In 48th North American Wildlife

- Conference 1983. The Wildlife Management Institute, Washington, DC. 230-237.
- Player P.V. (1971). Food and feeding habits of the Common Eider at Seafield, Edinburgh, in winter. *Wildfowl* 22: 100-106.
- Ramo C., Sanchez C. y Hernandez Saint-Aubin L. (1992). Lead poisoning of greater flamingos *Phoenicopterus ruber*. *Wildfowl* 43: 220-222.
- Reid V.H. (1948). Lead shot in Minnesota waterfowl. *Journal of Wildlife Management* 12: 123-127.
- Rodriguez R. y Hiraldo F. (1975). Régimen alimenticio del calamon *Porphyrio porphyrio*. en las Marismas del Guadalquivir. *Doña. Acta. Vert.* 2: 201-213.
- Sanderson G.C. y Bellrose F.C. (1986). A review of the problem of lead poisoning in waterfowl. *Ill. Nat. Hist. Surv. Spec. Publ.* 4: 1-34.
- Scheuhammer A.M. y Norris S.L. (1996). The ecotoxicology of Lead shot y Lead fishing weights. *Ecotoxicology* 5: 279-295.
- Simon M., Ortiz I., Garcia I., Fernandez E., Fernandez J., Fernandez J., Dorronsoro C. y Aguilar J. (1999). Pollution of soils by the toxic spill of a pyrite mine (Aznalcollar, Spain). *The Science of Total Environment* 242: 105-115.
- Tamisier A. y Dehorter O. (1999). *Camargue Canards et Foulques*. Centre Ornithologique de Gard, Nimes, France.
- Thomas G.J. (1975). Ingested lead pellets in waterfowl at the Ouse Washes, England, 1968-73. *Wildfowl* 26: 43-48.
- Thomas G.J., Owen M. y Richards P. (1977). Grit in waterfowl at the Ouse Washes, England. *Wildfowl* 28: 136-138.
- Trost R.E. (1981). Dynamics of grit selection and retention in captive mallards. *Journal of Wildlife Management* 45: 64-73.

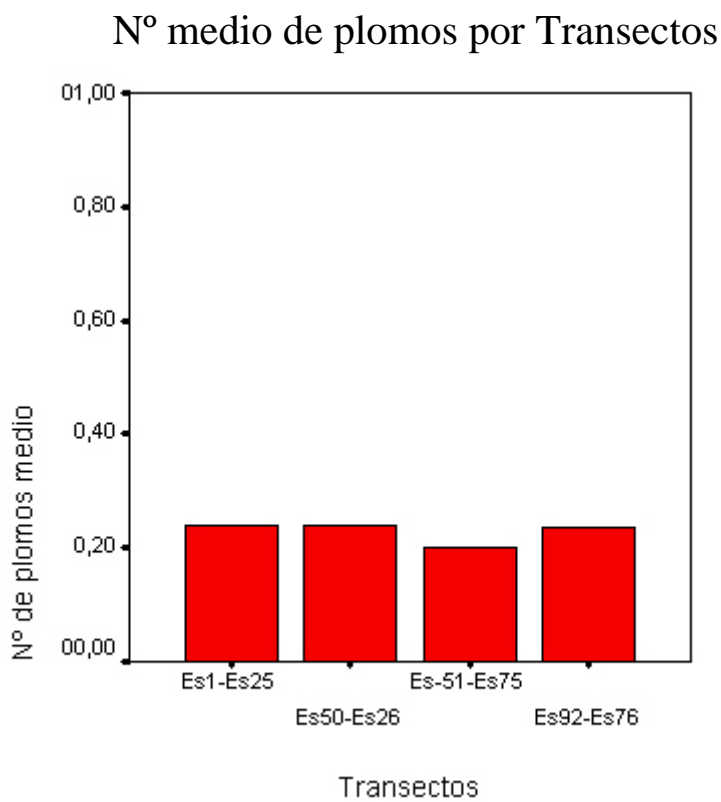
- Trust K.A., Miller M.W., Ringelman J.K. y Orme I.M. (1990). Effects of ingested lead on antibody production in mallards (*Anas platyrhynchos*). *J. Wildlife. Dis.* 26: 316–322.
- U.S. Fish y Wildlife Service (1975). *Issuance of annual regulations permitting the sport hunting of migratory birds*. Final Environmental Statement. USFWS, Washington. DC.
- Vidal M., López-Sánchez J.F., Sastre J., Jimenez G., Dagnac T., Rubio R. y Rauret G. (1999). Prediction of the impact of the Aznalcóllar toxic spill on the trace element contamination of agricultural soils. *Science of the Total Environment* 242: 131-148.
- White D.H. y Stendell R.C. (1977). Waterfowl exposure to lead and steel shot on selected hunting areas. *Journal of Wildlife Management* 41: 469-475.
- Ziswiler V. y Farner D.S. (1972). *Digestion and digestive system*. In *Avian Biology*. Vol. 2 D.S. Farner, J.R. King y K.C. Parkes, eds. Pp. 343-430. Academic Press, New York.
- Zwank P.J., Wright V.L., Shealy P.M. y Newsom J.D. (1985). Lead toxicosis in waterfowl on two major wintering areas in Louisiana. *Wildlife Society Bulletin* 13: 17-26.

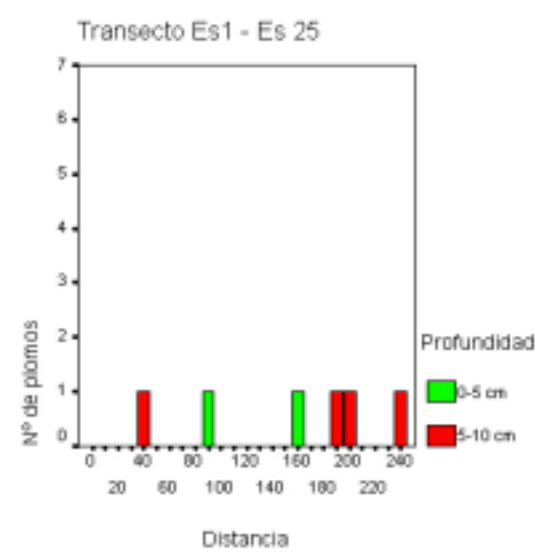
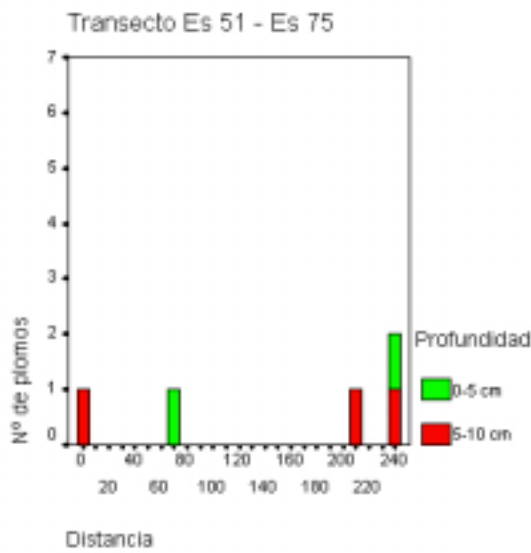
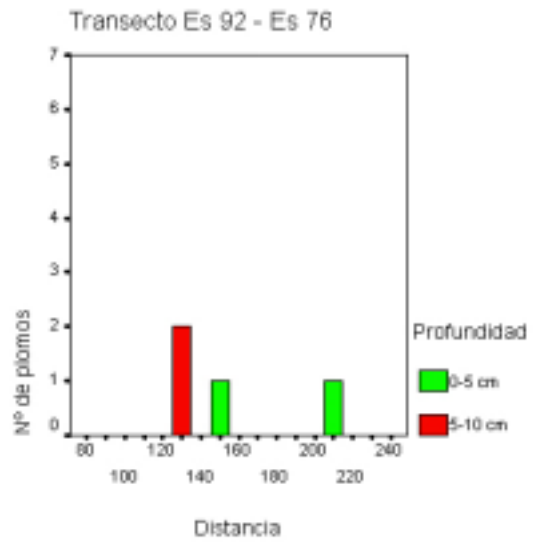
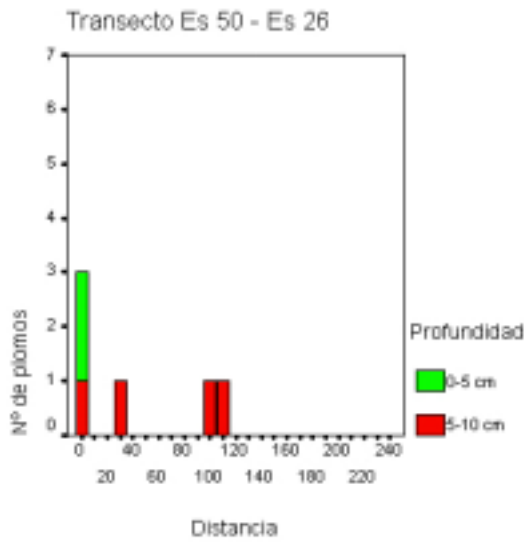
Laguna de Zorrilla, Complejo de Espera



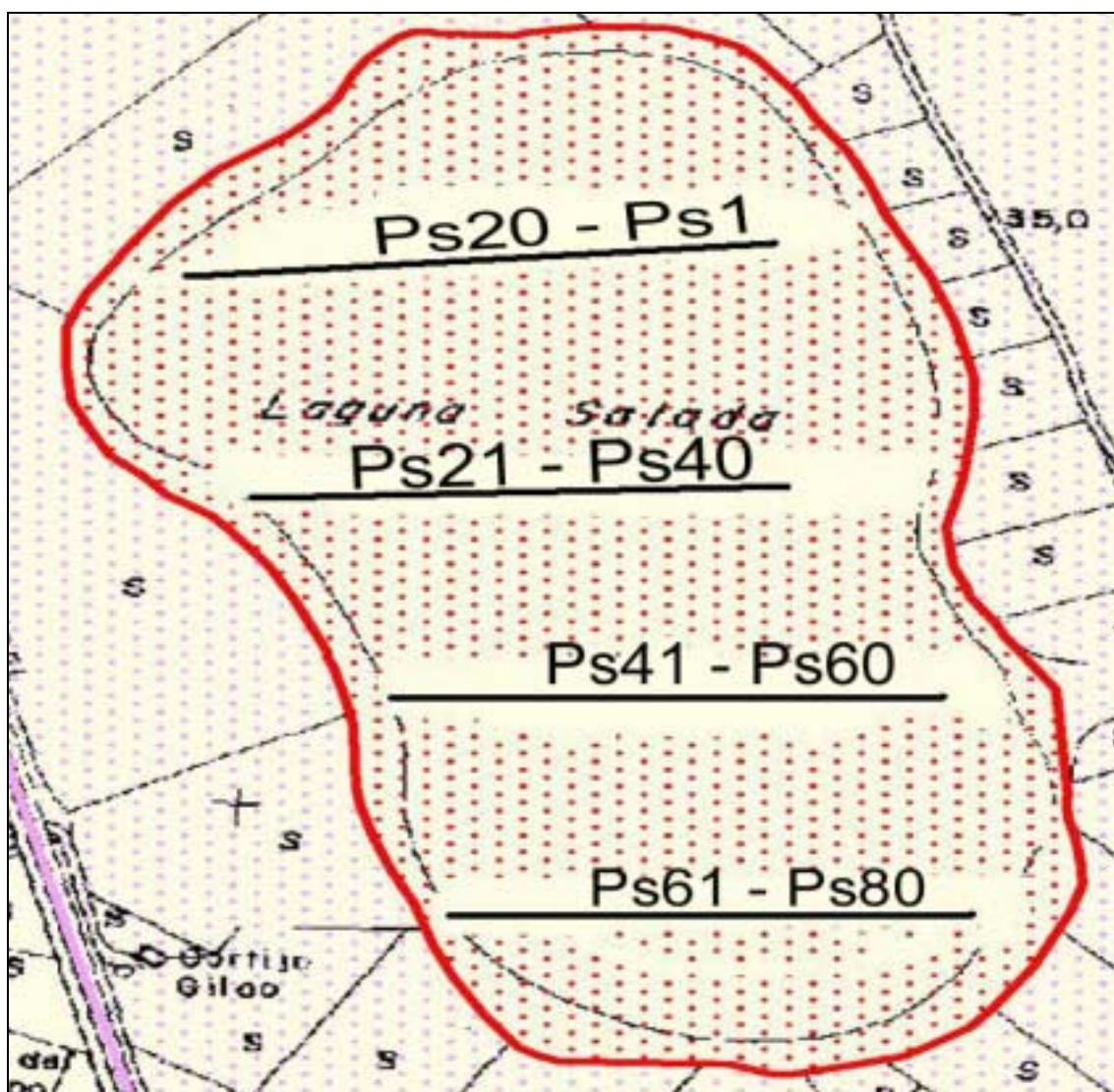
Resultados detallados del muestreo

N° Muestras	N° Transectos	% Muestras con Pb	Media Pb / Muestras	% Pb / Profundidad		Densidad m2			Kilo Pb / Ha
				0-5	5-10	0-5	5-10	Total	
92	4	15.2	0.22	38.1	61.9	10.77	17.0	27.78	31.4





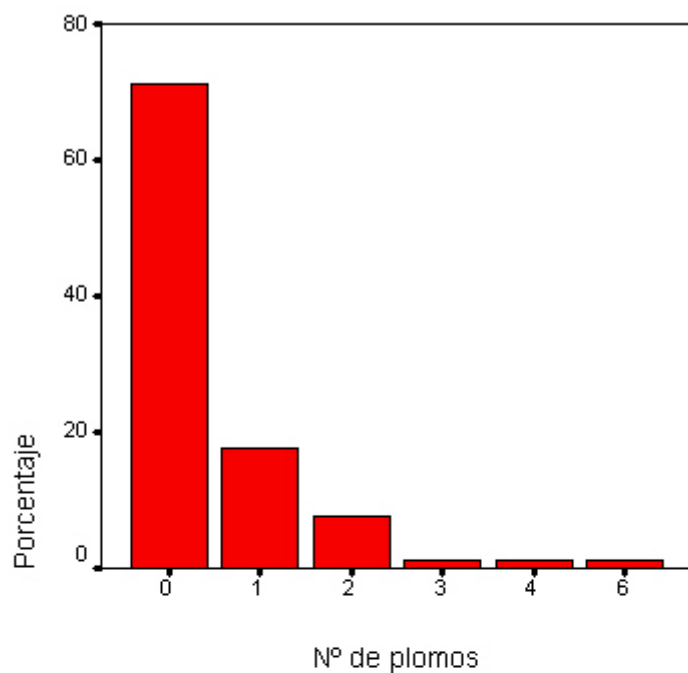
Laguna Salada, Puerto de Santa María, y los transectos



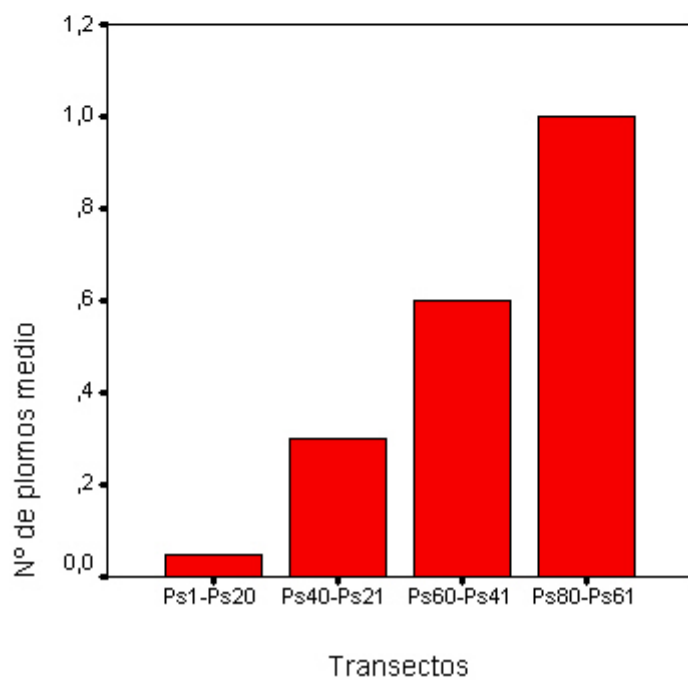
Resultados detallados del muestreo

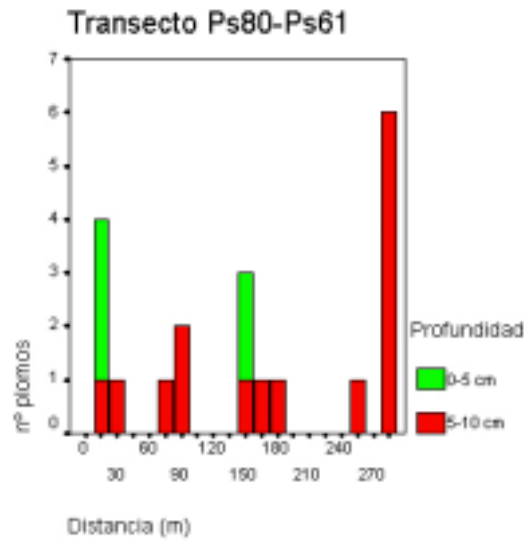
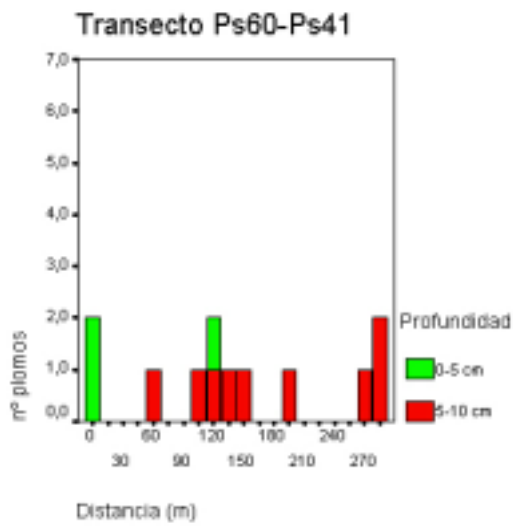
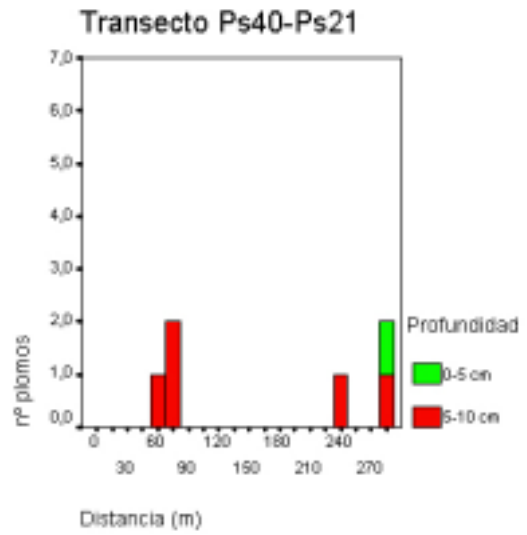
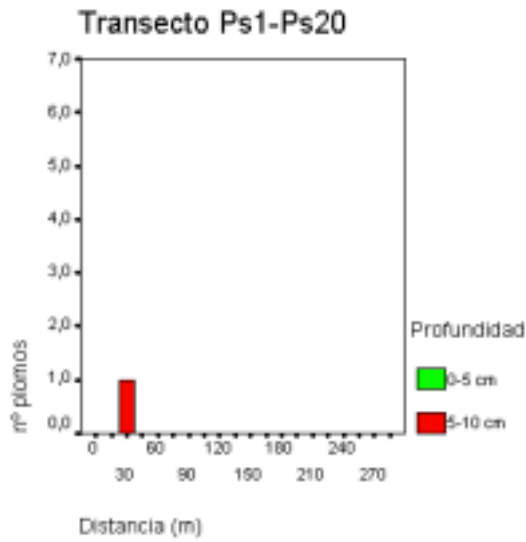
N° Muestras	N° Transectos	% Muestras con Pb	Media Pb / Muestras	% Pb / Profundidad		Densidad m2			Kilo Pb / Ha
				0-5	5-10	0-5	5-10	Total	
80	4	28.7	0.48	23.08	76.92	14.32	47.75	62.07	70.1

Frecuencia de plomos / Muestras

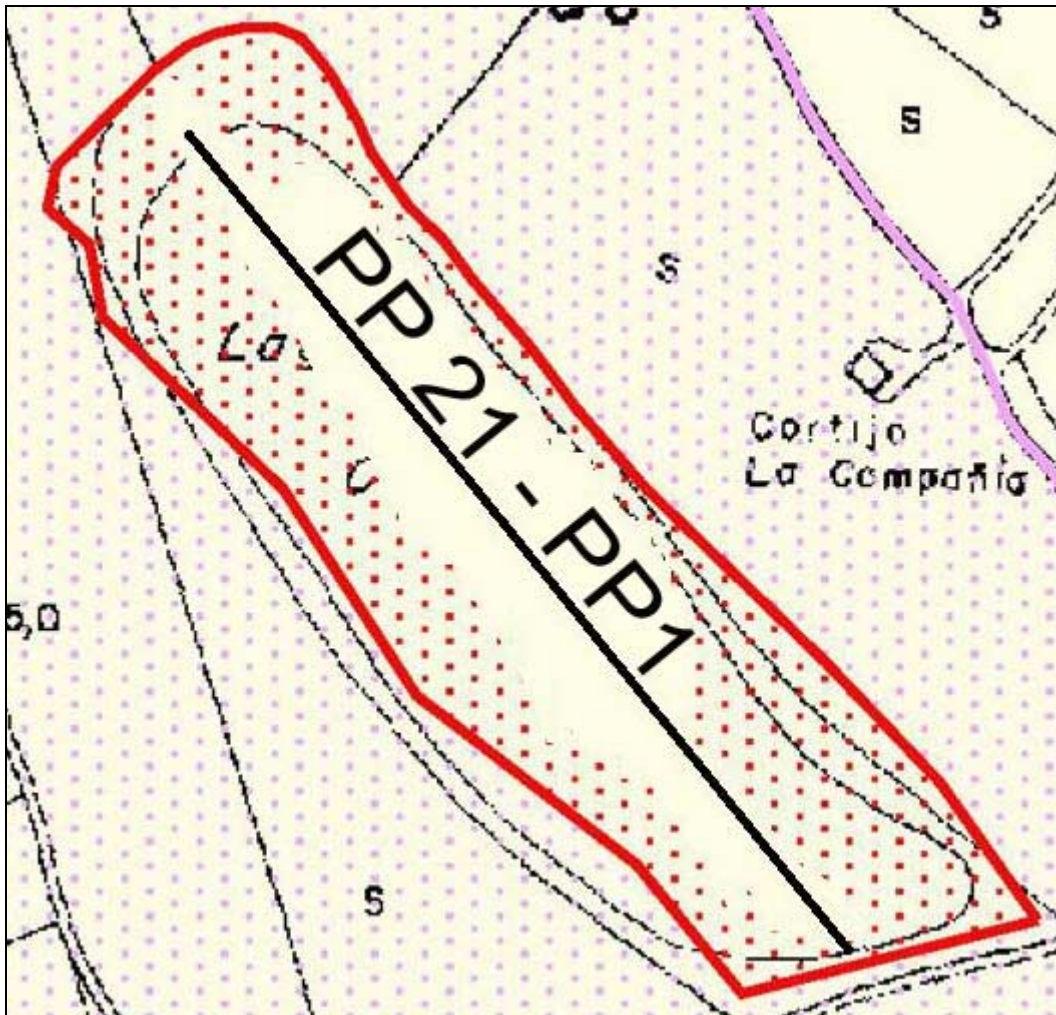


Nº de plomos medio / Transecto





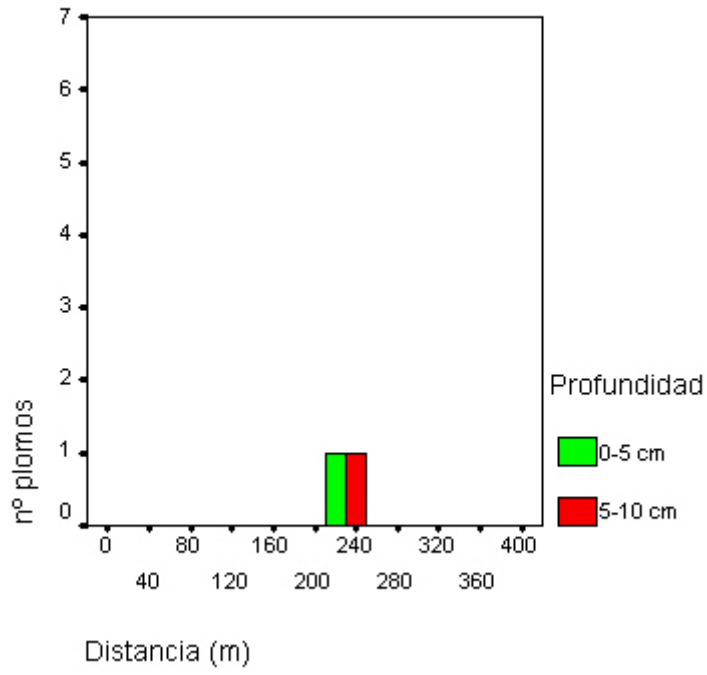
Laguna Chica del Puerto de Santa María, y los transectos



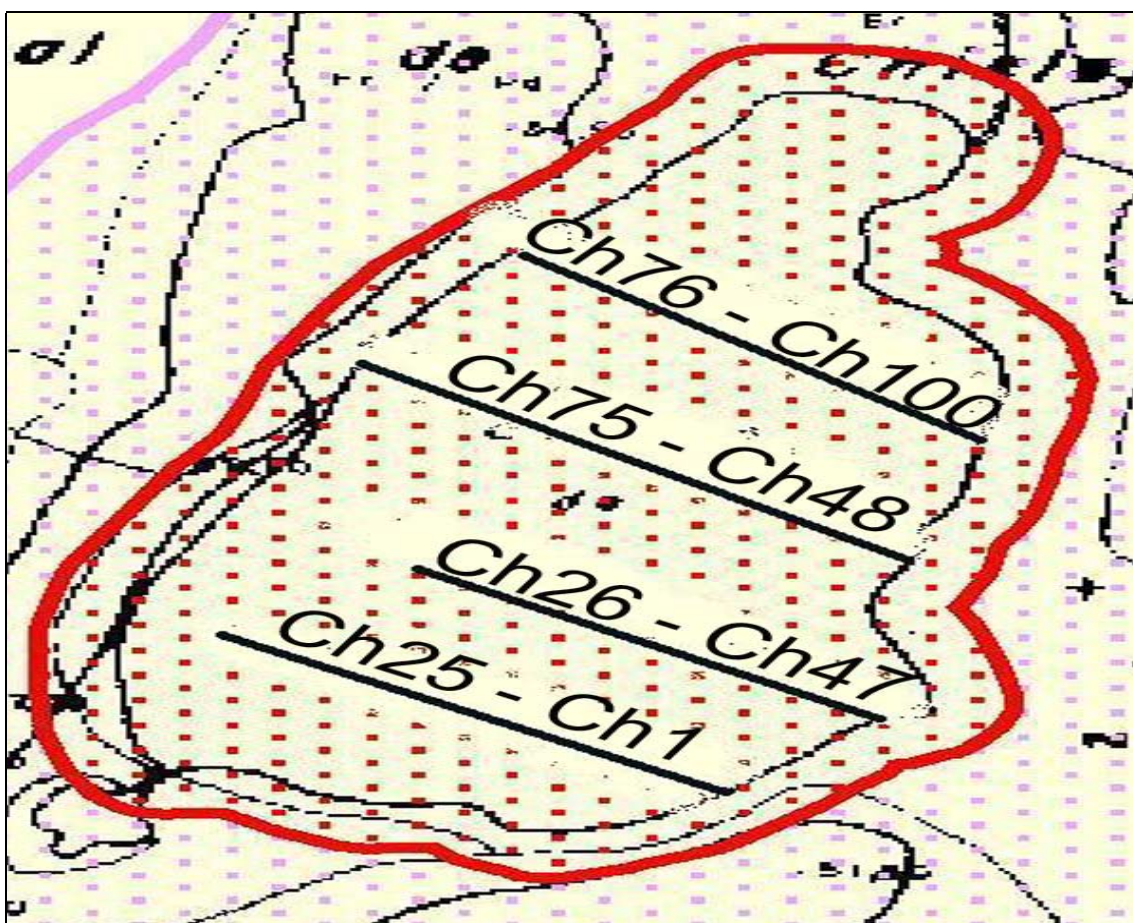
Información detallada del muestreo

N° Muestras	N° Transectos	% Muestras con Pb	Media Pb / Muestras	% Pb / Profundidad		Densidad m2			Kilo Pb / Ha
				0-5	5-10	0-5	5-10	Total	
21	1	9,5	0.09	50.0	50.0	6.06	6.06	12.12	13.6

Transecto PP1-PP21

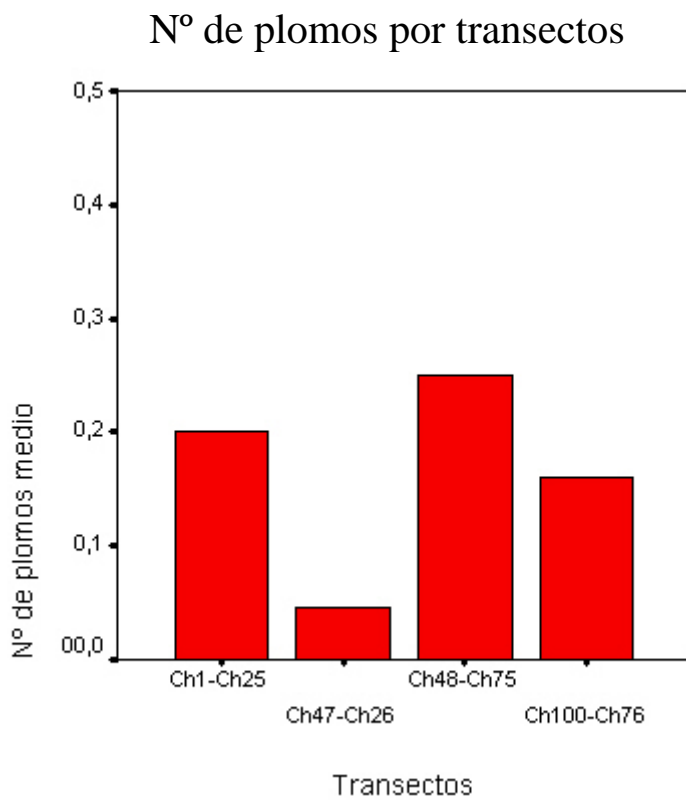
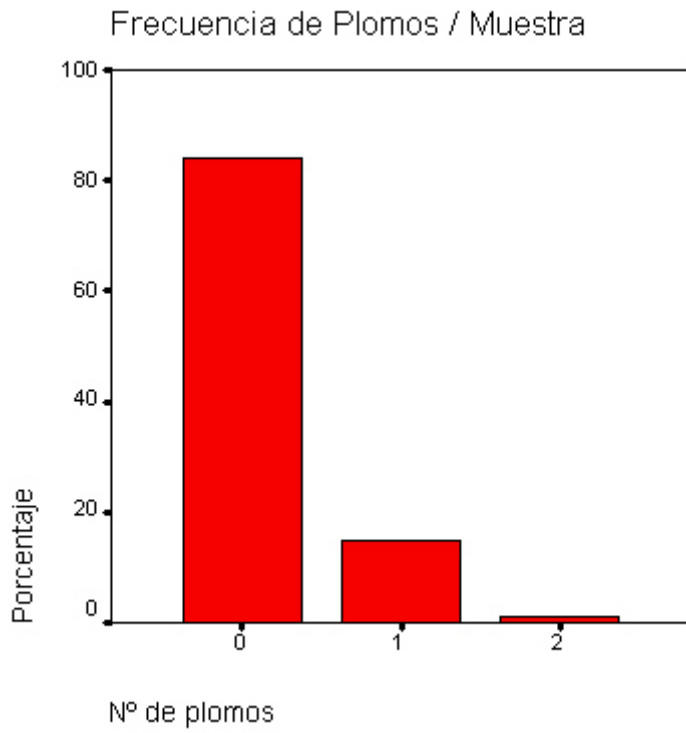


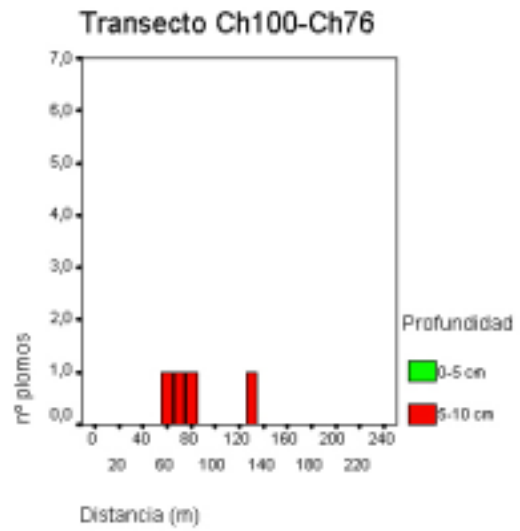
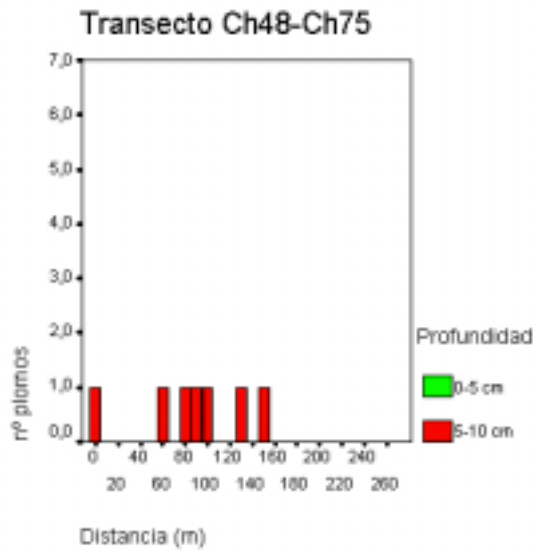
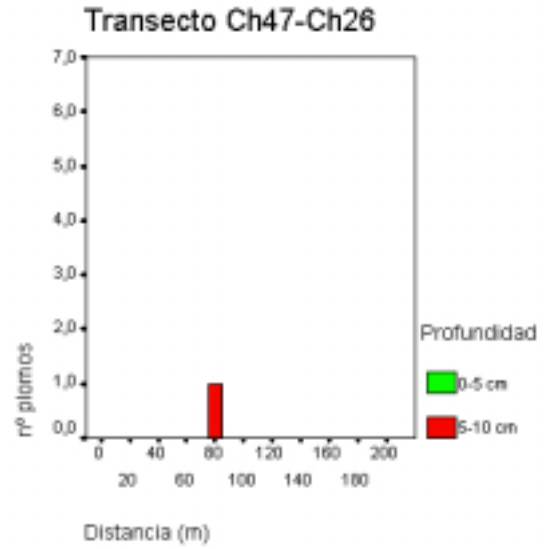
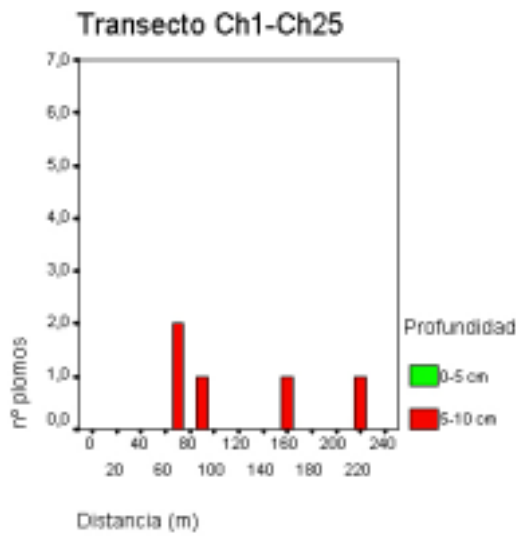
Laguna de Jeli, Complejo de Chiclana, y los transectos



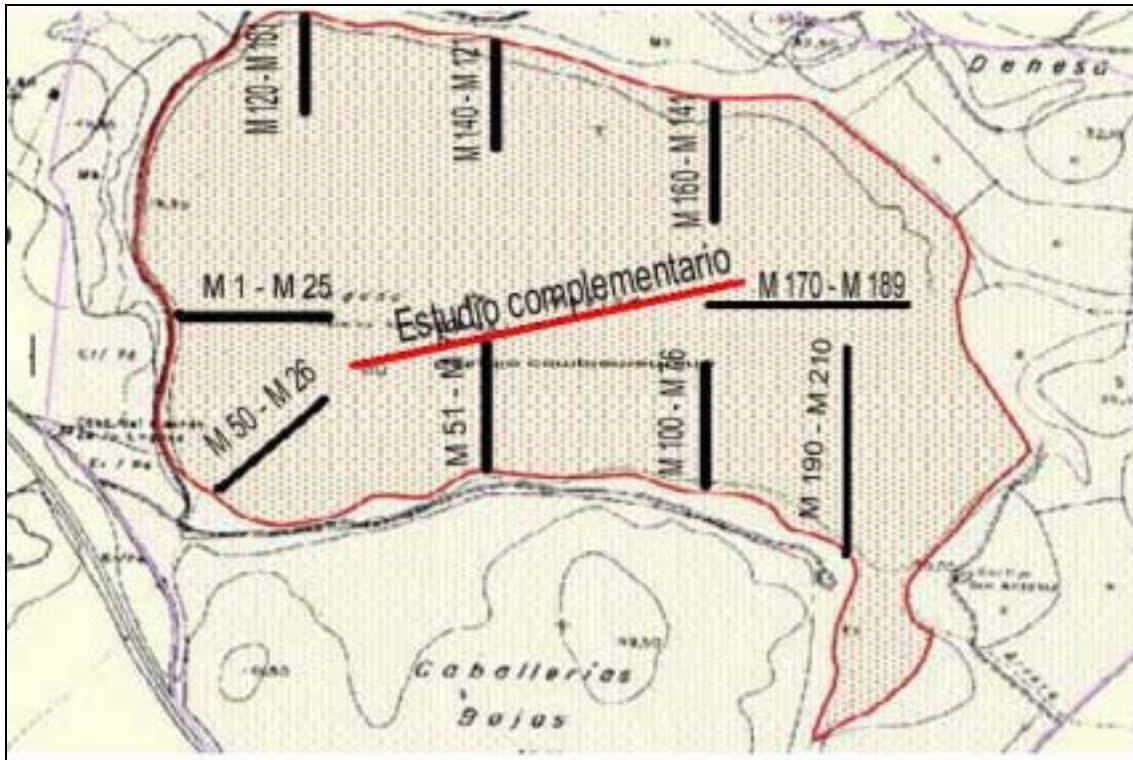
Resultados detallados del muestreo

Nº Muestras	Nº Transectos	% Muestras con Pb	Media Pb / Muestras	% Pb / Profundidad		Densidad m2			Kilo Pb / Ha
				0-5	5-10	0-5	5-10	Total	
100	4	15.0	0.17	0.0	100.0	0.0	21.64	21.64	24.4





Laguna de Medina y los transectos



Información detallada del muestreo

N° Muestras	N° Transectos	% Muestras con perd.	Media Pb / Muestras	% Perd. / Profundidad		Densidad m2			Kilo Pb / Ha
				0-5	5-10	0-5	5-10	Total	
201	9	57.21	1.16	28.20	71.79	41.82	106.47	148.3	118.6

Estudio complementario

N° Muestras	N° Transectos	% Muestras con perd.	Media Pb / Muestras	N° perd por m2	Kilo Pb / Ha
30	1	93.3	3.13	398.9	319.120

Estudio complementario

N° de perdigones por m2						
0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	Total
4,2	114,59	118,41	93,32	59,33	25,46	398,9

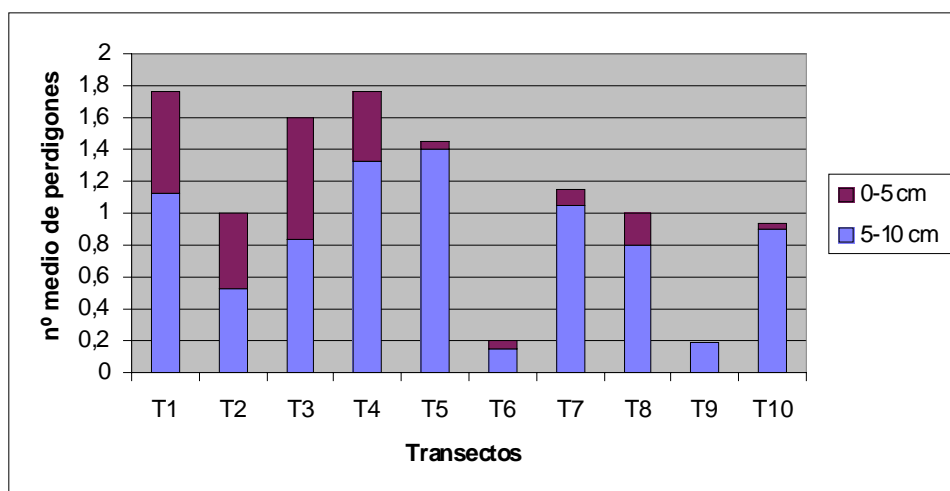
M1-M25 (T1), M26-M50 (T2), M51-M75 (T3), M76-M100 (T4): 240 m

M101-M120 (T5), M121-M140 (T6);M141-M160 (T7): 190 m

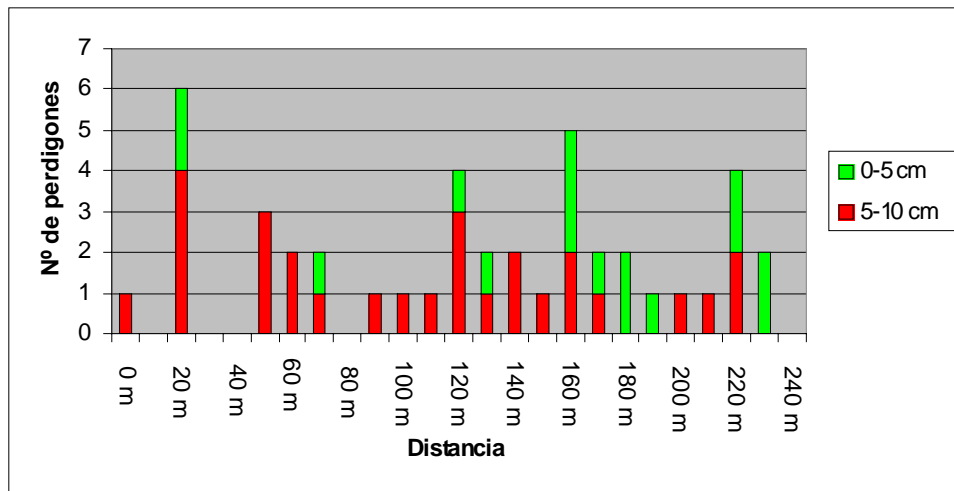
M170-M189 (T8): 380 m

M190-M210 (T9) : 400 m

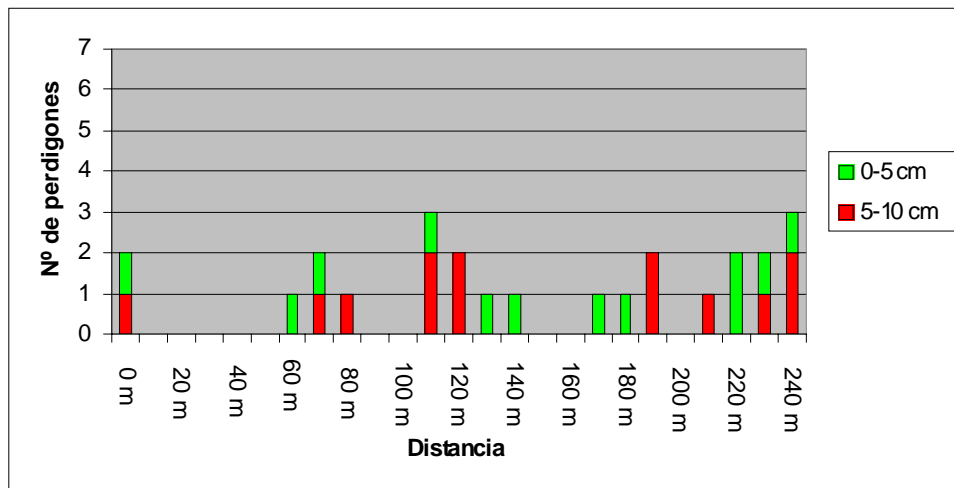
Estudio complementario : 600 m



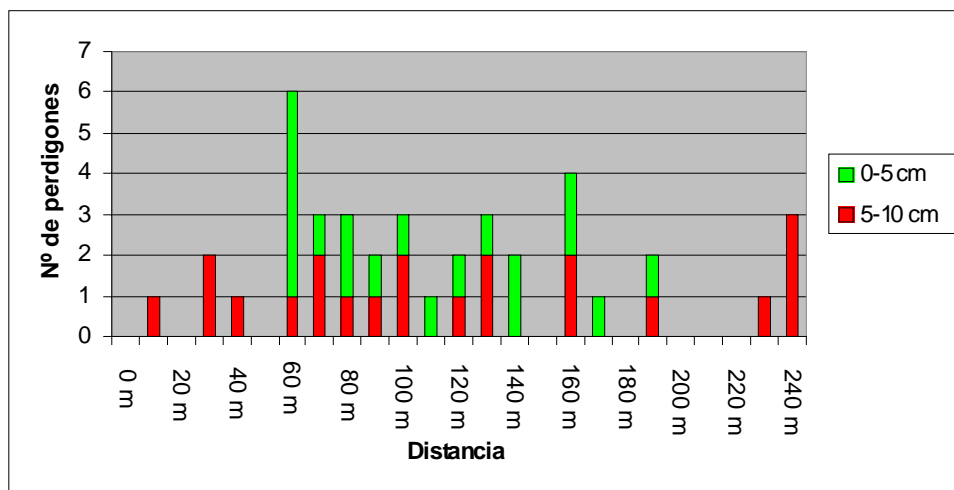
Transecto 1



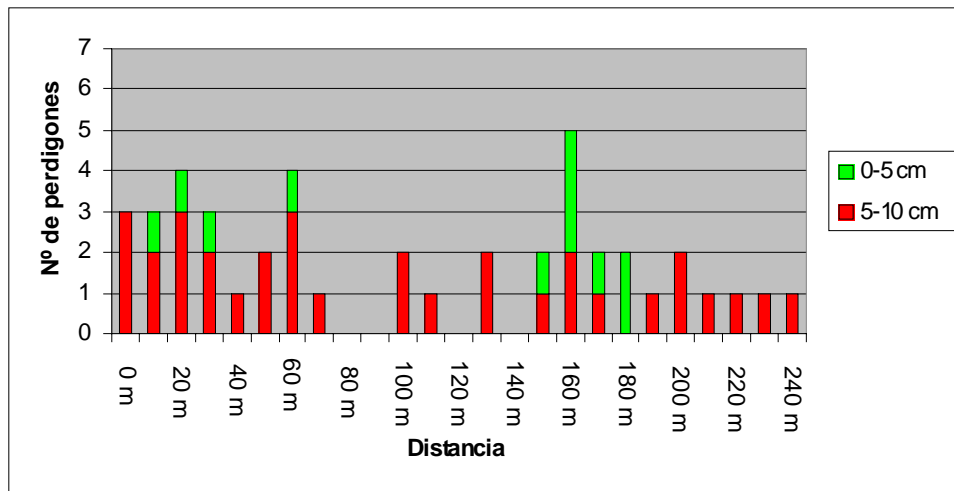
Transecto 2



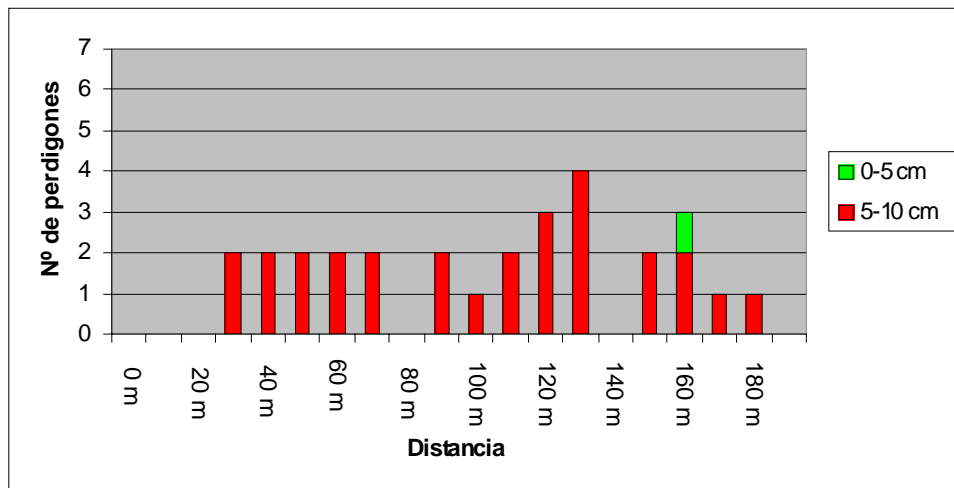
Transecto 3



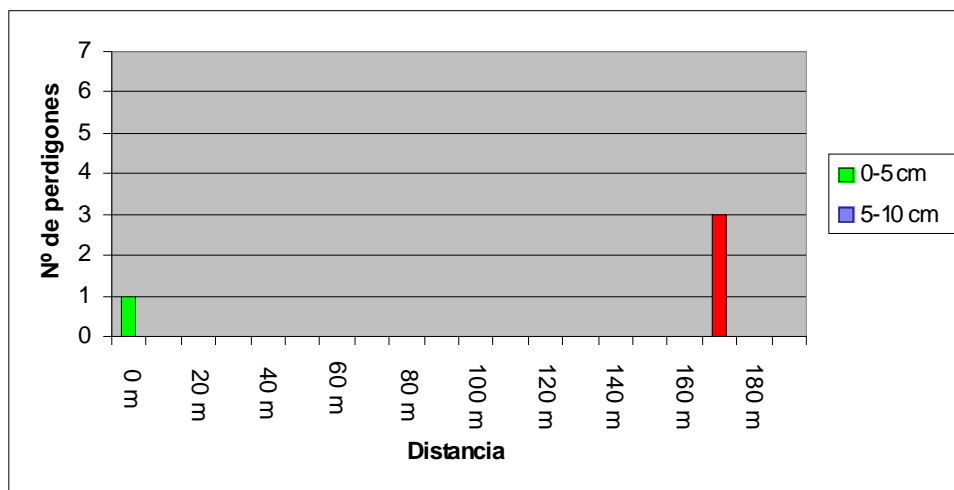
Transecto 4



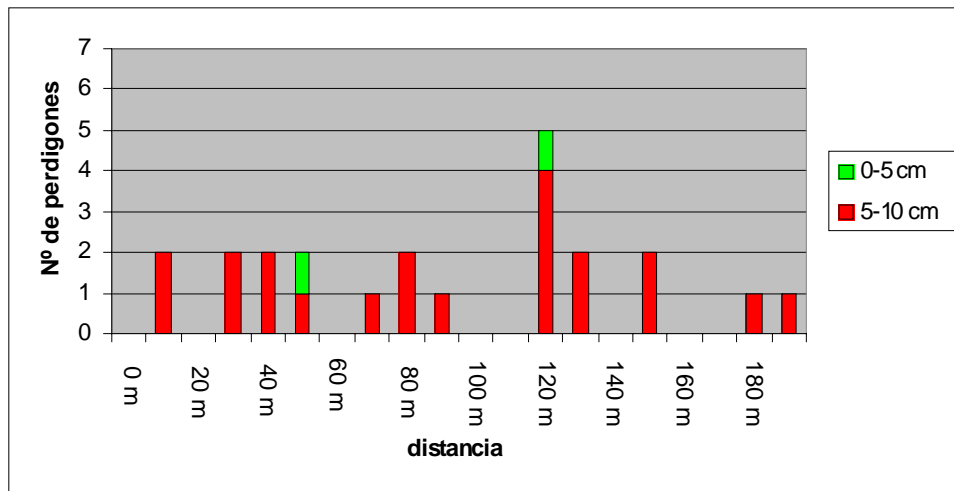
Transecto 5



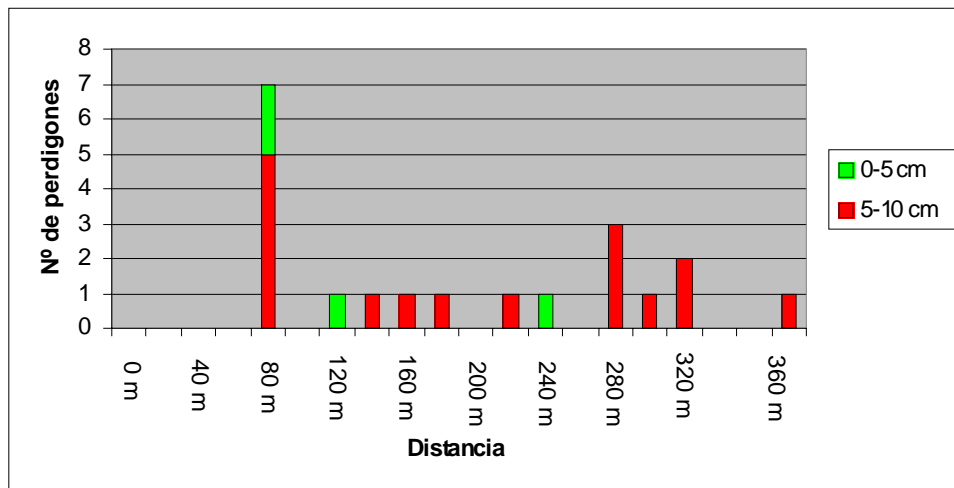
Transecto 6



Transectos 7

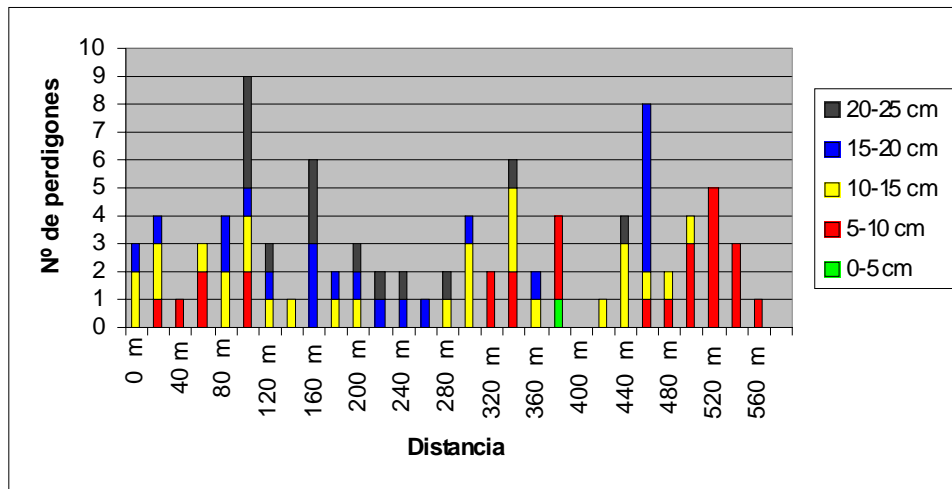


Transecto 8

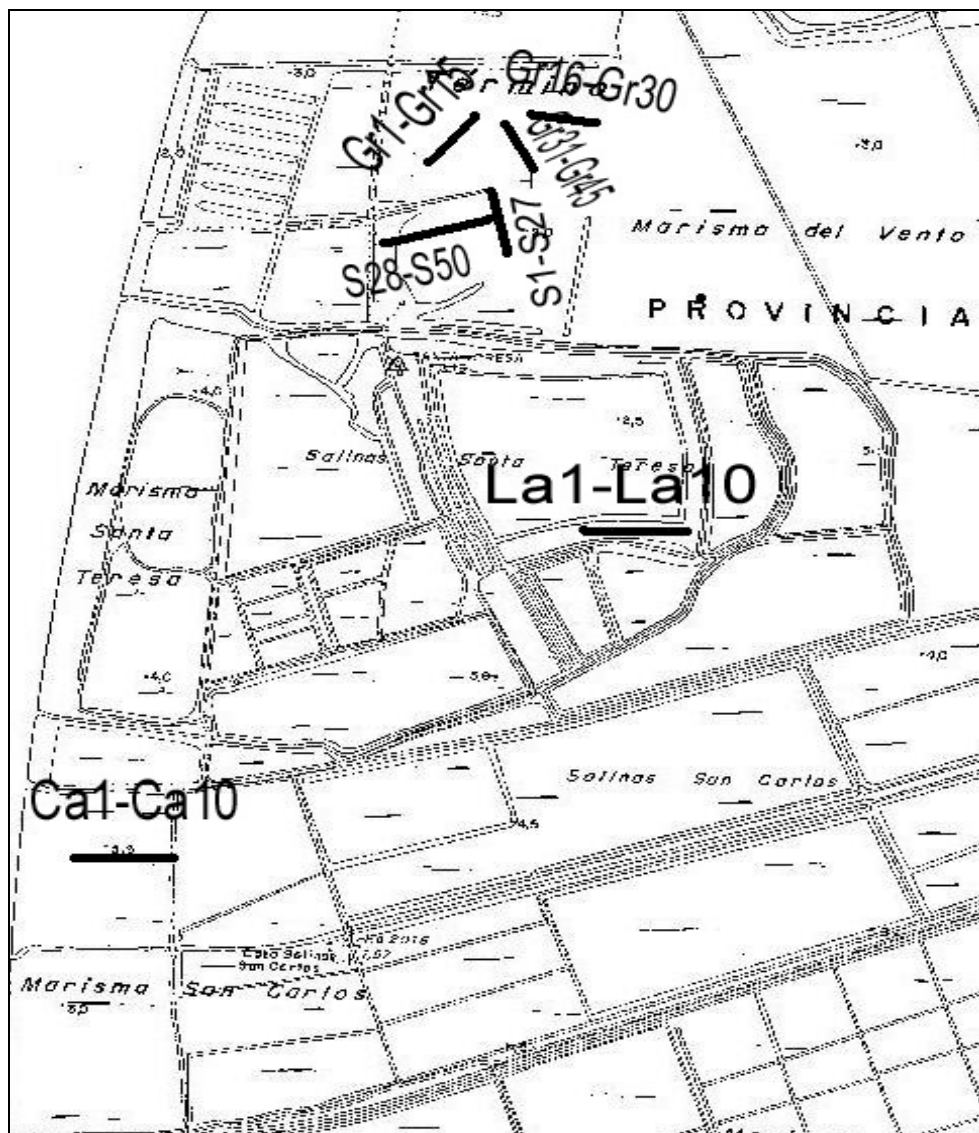


Estudio complementario

Transecto 9:



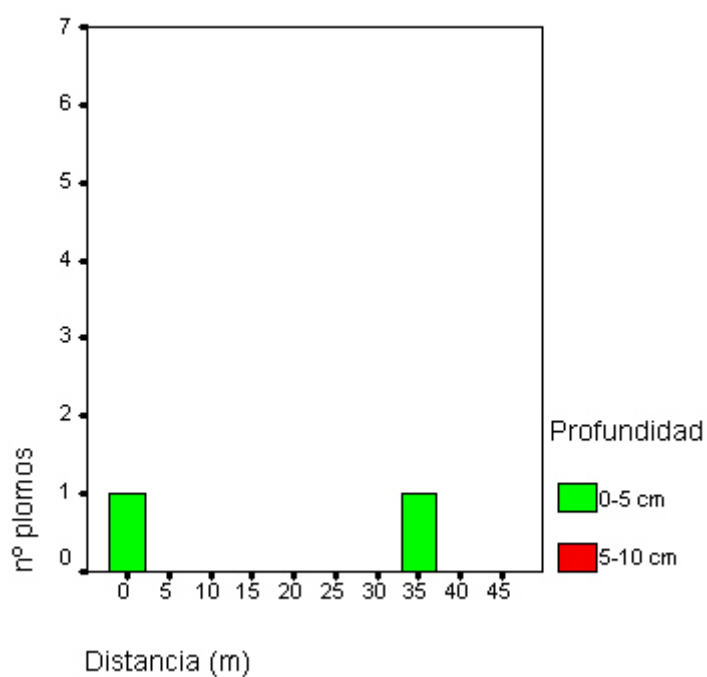
Salinas de Sanlúcar, con cuatro zonas muestreadas



Salinas de Sanlúcar, Laguna Ca

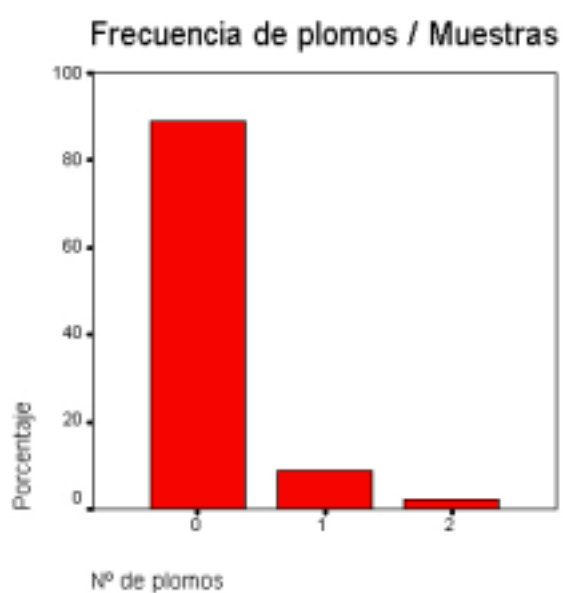
N° Muestras	N° Transectos	% Muestras con Pb	Media Pb / Muestras	% Pb / Profundidad		Densidad m2			Kilo Pb / Ha
				0-5	5-10	0-5	5-10	Total	
10	1	20,0	0.2	100,0	0.0	25,46	0,0	25,46	28,7

Transecto Ca1-Ca10

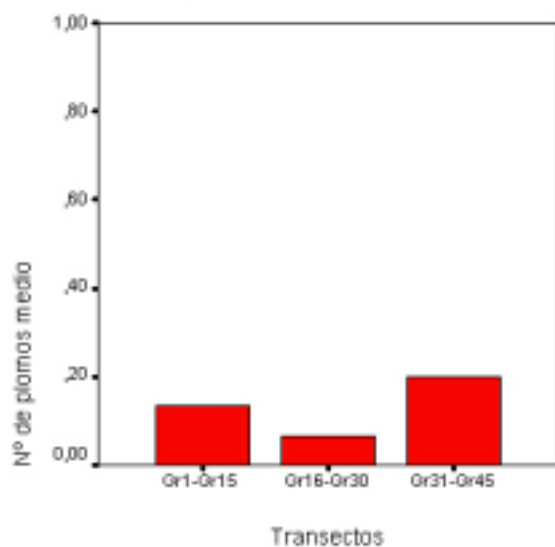


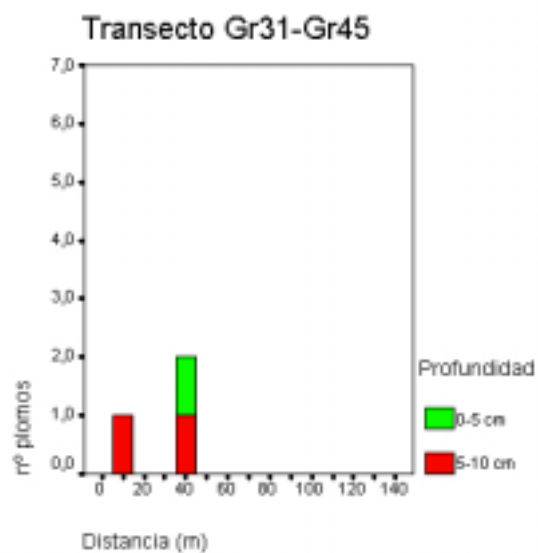
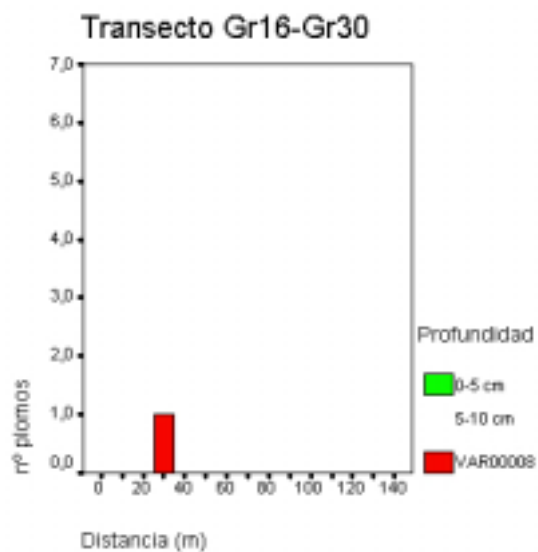
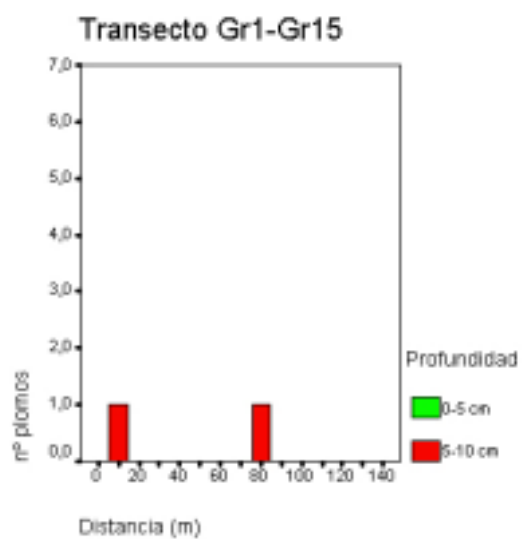
Salinas de Sanlúcar, Laguna Gr

Nº Muestras	Nº Transectos	% Muestras con Pb	Media Pb / Muestras	% Pb / Profundidad		Densidad m2			Kilo Pb / Ha
				0-5	5-10	0-5	5-10	Total	
45	3	11.1	0.13	16.67	83.33	2.82	14.14	16.97	19.2



Nº medio de plomos por transectos

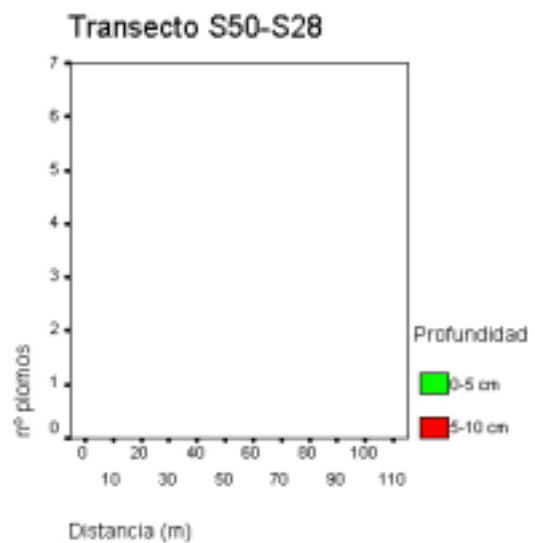
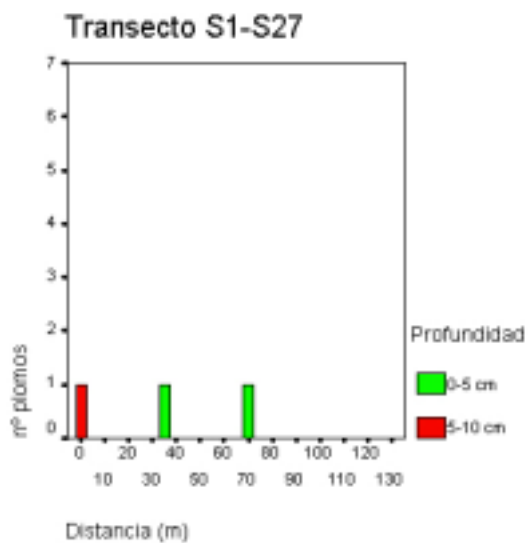
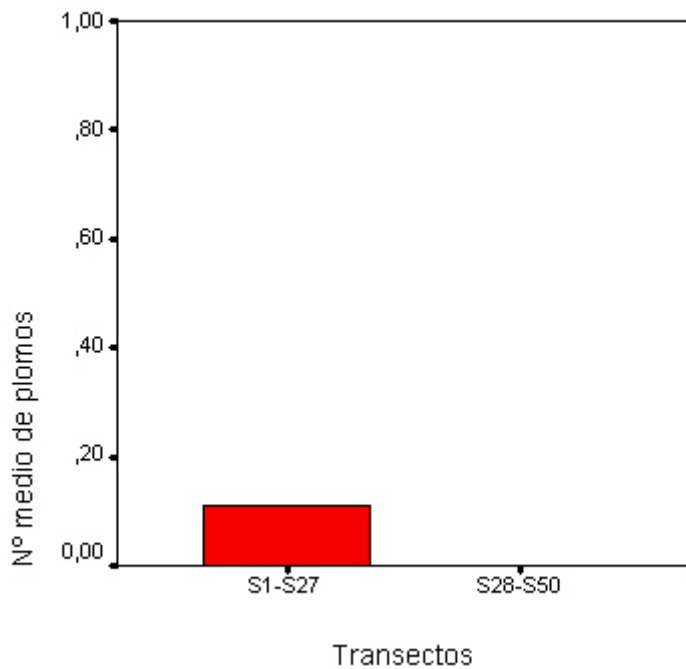




Salinas de Sanlúcar, Laguna S

Nº Muestras	Nº Transectos	% Muestras con Pb	Media Pb / Muestras	% Pb / Profundidad		Densidad m2			Kilo Pb / Ha
				0-5	5-10	0-5	5-10	Total	
50	2	6.0	0.06	33.33	66.67	4.71	2.35	7.07	7.9

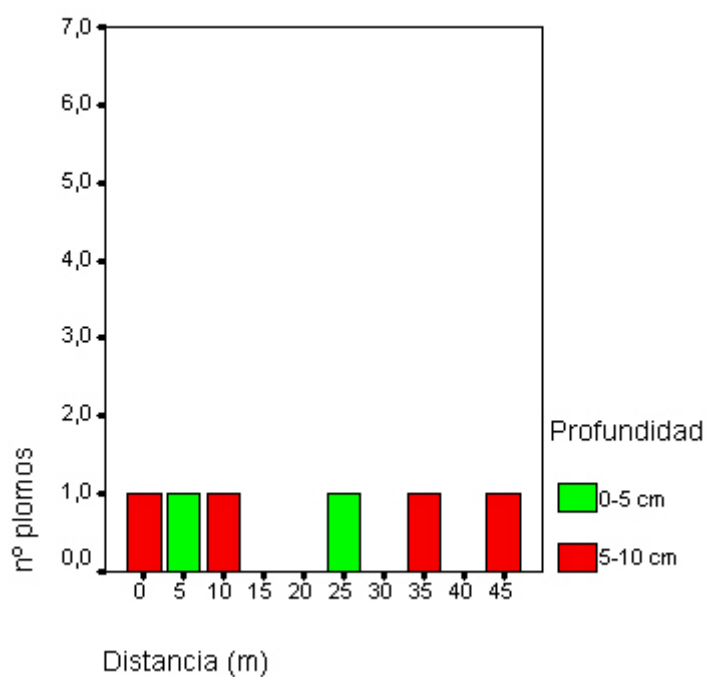
Nº de Plomos medio / Transectos



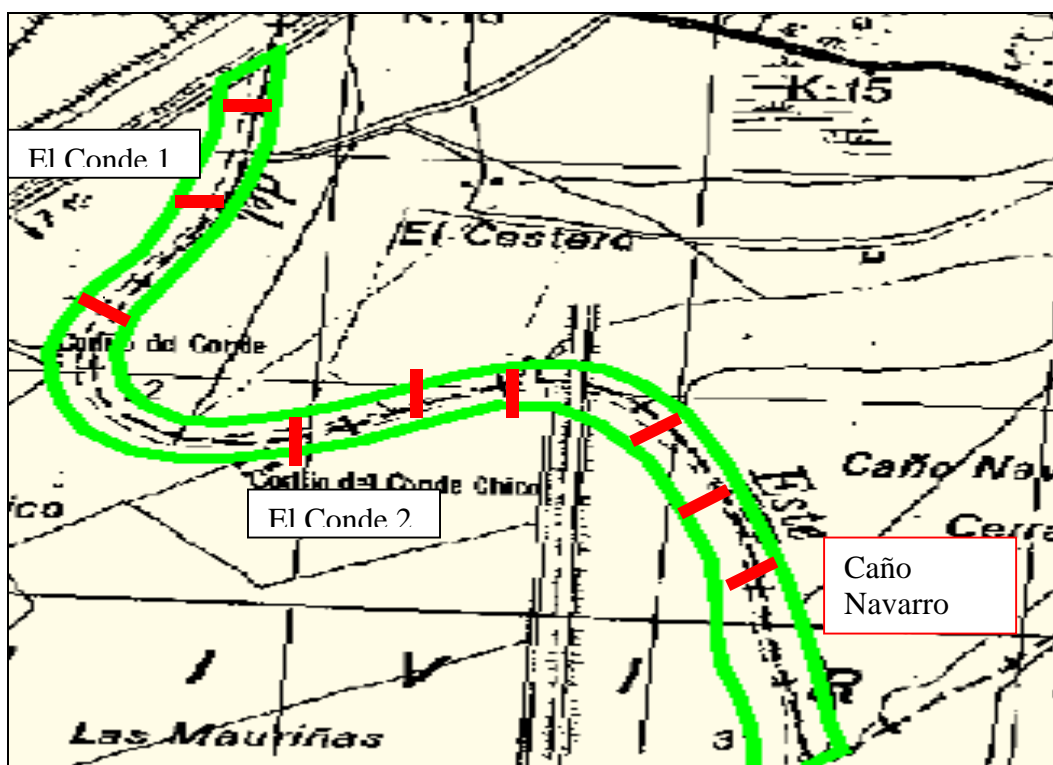
Salinas de Sanlúcar, Laguna 4

Nº Muestras	Nº Transectos	% Muestras con Pb	Media Pb / Muestras	% Pb / Profundidad		Densidad m2			Kilo Pb / Ha
				0-5	5-10	0-5	5-10	Total	
10	1	60.0	0.6	33.33	66.67	25.46	50.93	76.39	86.32

Transecto La1-La10



Brazo del Este, El Conde, Caño Navarro, Bomba y Margazuela Chica



Información detallada del muestreo

Conde 1

Nº Muestras	Nº Transectos	% Muestras con Pb	Media Pb / Muestras	% Pb / Profundidad		Densidad m2			Kilo Pb / Ha
				0-5	5-10	0-5	5-10	Total	
30	3	13,33	0,2	33,33	66,66	8,49	16,98	25,46	20,36

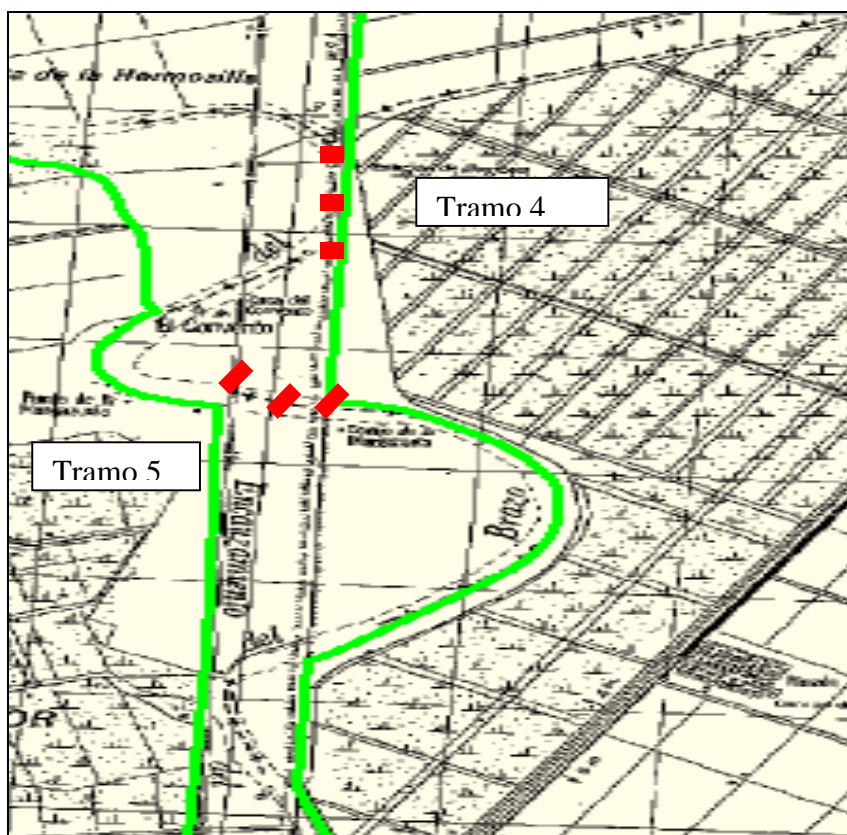
Conde 2

N° Muestras	N° Transectos	% Muestras con Pb	Media Pb / Muestras	% Pb / Profundidad		Densidad m2			Kilo Pb / Ha
				0-5	5-10	0-5	5-10	Total	
30	3	6,66	0,06	100,00	0,00	8,49	0	8,49	6,7

Caño Navarro

N° Muestras	N° Transectos	% Muestras con Pb	Media Pb / Muestras	% Pb / Profundidad		Densidad m2			Kilo Pb / Ha
				0-5	5-10	0-5	5-10	Total	
30	3	10	0,1	66,66	33,33	8,49	4,24	12,73	10,18

Brazo del Este, Tramo 4 (la Bomba) y 5 (Margazuela Chica)



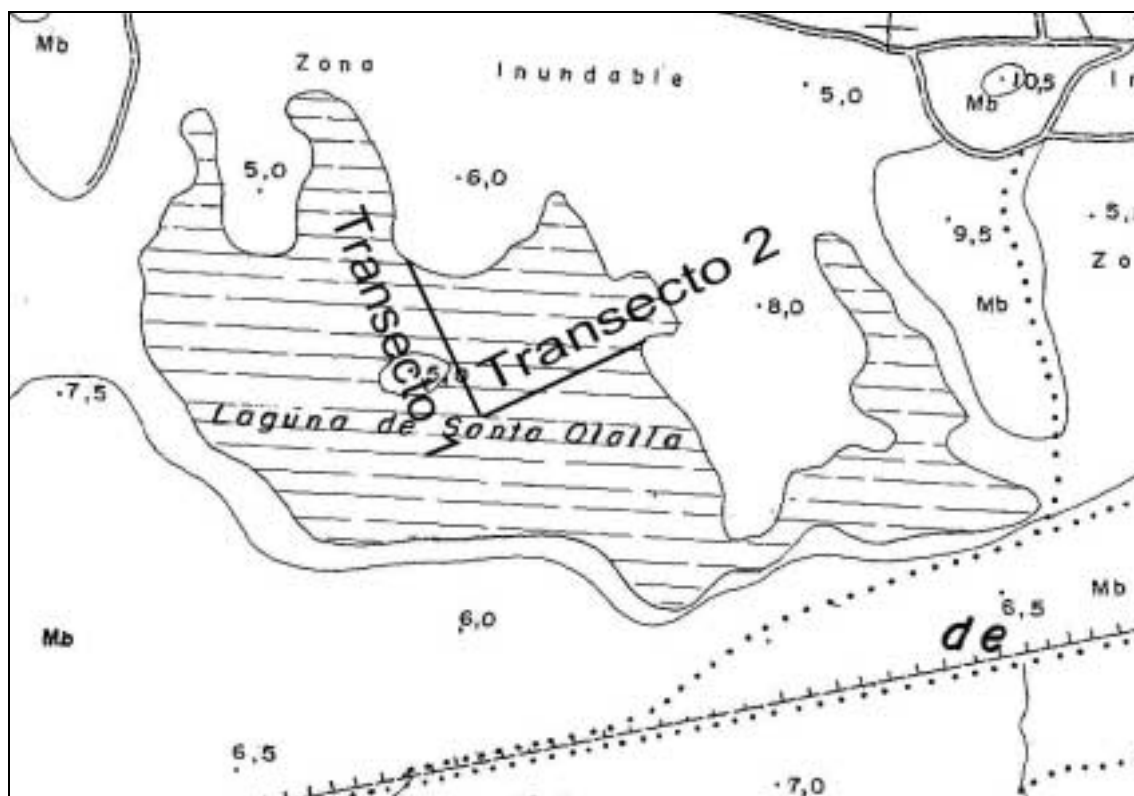
Tramo 4, la Bomba

N° Muestras	N° Transectos	% Muestras con Pb	Media Pb / Muestras	% Pb / Profundidad		Densidad m2			Kilo Pb / Ha
				0-5	5-10	0-5	5-10	Total	
30	3	26,66	0,3	55,55	44,44	21,23	16,98	38,21	30,56

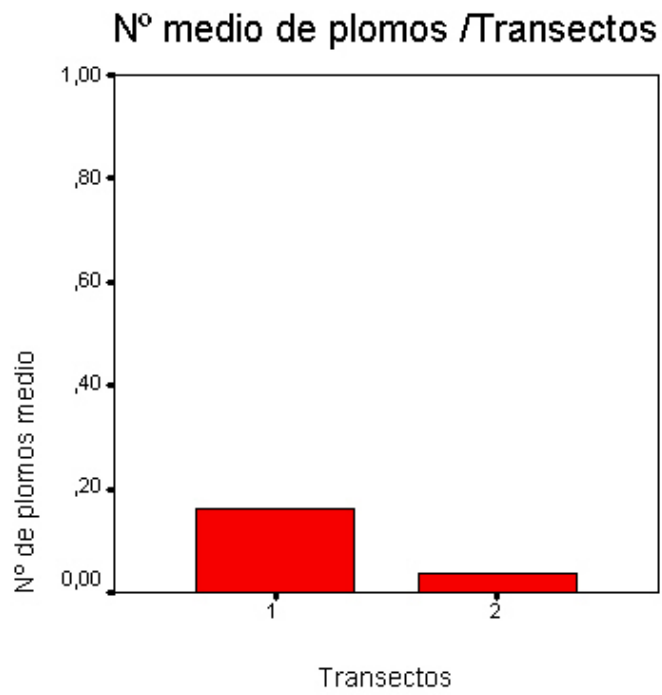
Tramo 5, Margazuela Chica

N° Muestras	N° Transectos	% Muestras con Pb	Media Pb / Muestras	% Pb / Profundidad		Densidad m2			Kilo Pb / Ha
				0-5	5-10	0-5	5-10	Total	
30	3	26,66	0,3	44,44	55,55	16,98	21,23	38,21	30,56

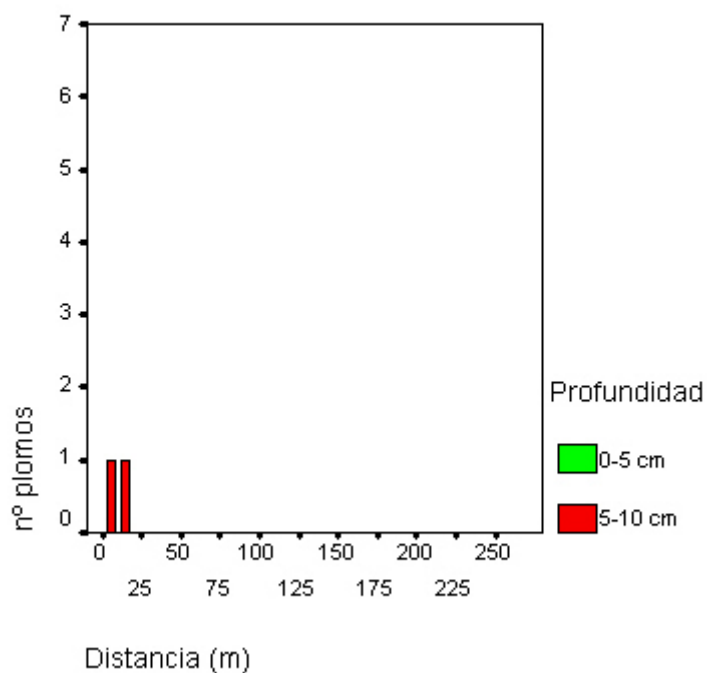
Laguna de Santa Olalla



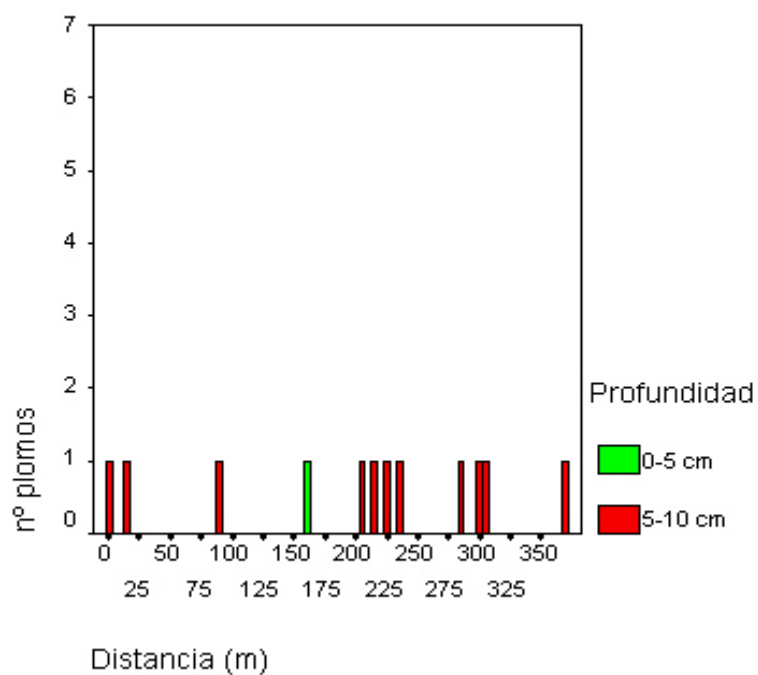
Nº Muestras	Nº Transectos	% Muestras con Pb	Media Pb / Muestras	% Pb / Profundidad		Densidad m2			Kilo Pb / Ha
				0-5	5-10	0-5	5-10	Total	
130	2	10.8	0.10	7.14	92.86	0.9	11.79	12.69	14.3



Transecto A.2.1-A.2.55



Transecto A.1.1-A.1.28-A.1.70-A.1.56



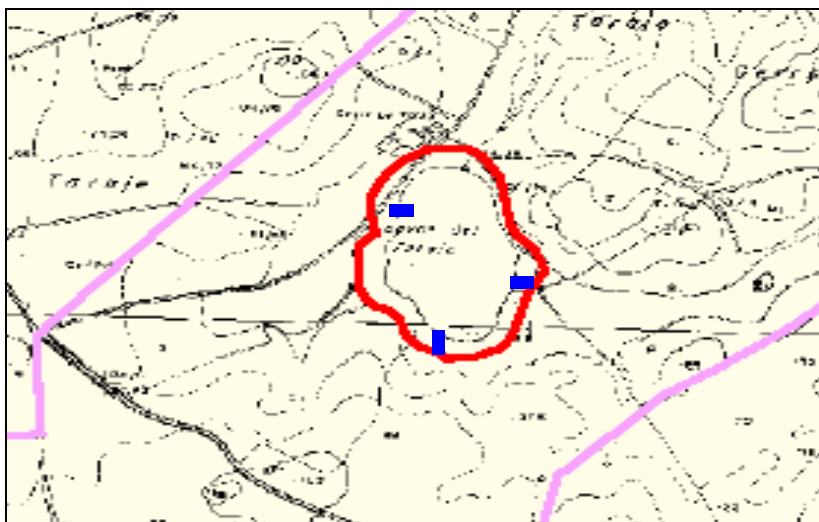
Veta la Palma Lucio del Italiano



Información detallada del muestreo.

N° Muestras	N° Transectos	% Muestras con Pb	Media Pb / Muestras	% Pb / Profundidad		Densidad m2			Kilo Pb / Ha
				0-5	5-10	0-5	5-10	Total	
60	5	0	0	0	0	0	0	0	0

Laguna del Taraje



Información detallada del muestreo

N° Muestras	N° Transectos	% Muestras con Pb	Media Pb / Muestras	% Pb / Profundidad		Densidad m2			Kilo Pb / Ha
				0-5	5-10	0-5	5-10	Total	
30	3	6,66	0,06	0	8,49	8,49	0,0032	6,66	6

Anexo 11. Listado de las aves radiografiadas, y el número de perdigones de plomo registrados.

Pb Ing = Perdigones de plomo ingeridos.

Pb Enq = Perdigones de plomo enquistados.

Especie	Método de captura	Fecha	Nº	Lugar	Pb Ing	Pb Enq
Anas acuta	Muerto		1	Mari Lopez	6	0
Anas clypeata	Moribundo	30/04/99	1	Membrillo	0	0
Anas clypeata	Muerto	19/10/98	1	Veta la Palma	0	0
Anas clypeata	Muerto	05/11/98	1	Veta la Palma	0	0
Anas clypeata	Muerto	05/11/98	1	Veta la Palma	0	0
Anas clypeata	Muerto	05/11/98	1	Veta la Palma	0	0
Anas clypeata	Muerto	05/11/98	1	Veta la Palma	0	0
Anas clypeata	Muerto	05/11/98	1	Veta la Palma	0	0
Anas clypeata	Muerto	05/11/98	1	Veta la Palma	0	0
Anas clypeata	Muerto	05/11/98	1	Veta la Palma	0	0
Anas clypeata	Muerto	05/11/98	1	Veta la Palma	0	0
Anas clypeata	Muerto	05/11/98	1	Veta la Palma	0	0
Anas clypeata	Muerto	05/11/98	1	Veta la Palma	0	0
Anas clypeata	Muerto	21/08/00	1	Veta la Palma	0	0
Anas clypeata	Muerto	25/08/00	1	Veta la Palma	1	0
Anas clypeata	Muerto	15/09/00	1	Odiel	0	0
Anas clypeata	Muerto	10/01/01	1		6	0
Anas crecca	Moribundo		1		0	0
Anas crecca	Muerto	05/11/98	1	Veta la Palma	0	0
Anas crecca	Muerto	05/11/98	1	Veta la Palma	0	0
Anas crecca	Muerto	05/11/98	1	Veta la Palma	0	0
Anas penelope	Muerto		1	Mari Lopez	0	1
Anas platyrhynchos	Muerto	07/06/98	1	Rocina, la	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	30/06/98	1	Nuevas, las	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	01/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	01/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	01/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	07/07/98	1	Veta la Palma	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	07/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	10/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	11/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	11/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	11/07/98	1	PND	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	11/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	12/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	14/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	14/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Especie	Método de	Fecha	Nº	Lugar	Pb Ing	Pb Enq

	captura					
Anas platyrhynchos	Muerto	15/07/98	1	PND	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	15/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	16/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	16/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	16/07/98	1	PND	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	16/07/98	1	PND	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	17/07/98	1	Nuevas, las	0	1
Anas platyrhynchos	Muerto	17/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	17/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	17/07/98	1	PND	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	17/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	17/07/98	1	PND	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	17/07/98	1	PND	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	17/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	17/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	17/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	20/07/98	1	Nuevas, las	0	5
Anas platyrhynchos	Muerto	20/07/98	1	PND	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	20/07/98	1	PND	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	23/07/98	1	Caño Guadamar	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	24/07/98	1	Caño Guadamar	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	26/07/98	1	PND	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	26/07/98	1	PND	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	26/07/98	1	PND	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	27/07/98	1	Caño Guadamar	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	07/04/99	1	Entremuros	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	07/06/99	1	Lucio del Palacio	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	07/06/99	1	Marisma del Rocio	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	12/07/99	1	Rocina, la	1	0
Anas platyrhynchos	Muerto	12/07/99	1	Rocina, la	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	13/07/99	1	Puebla de Cazalla	1	0
Anas platyrhynchos	Muerto	13/07/99	1	Veta la Palma	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	13/07/99	1	Puebla de Cazalla	1	0
Anas platyrhynchos	Muerto	13/07/99	1	Puebla de Cazalla	1	0
Anas platyrhynchos	Muerto	13/07/99	1	Puebla de Cazalla	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	13/07/99	1	Puebla de Cazalla	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	14/07/99	1	Veta la Palma	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	15/07/99	1	Brazo del Este	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	21/07/99	1	Veta la Palma	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	21/07/99	1	Veta la Palma	1	0
Anas platyrhynchos	Muerto	22/07/99	1	Veta la Palma	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	26/07/99	1	Brazo del Este	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	26/07/99	1	Brazo del Este	1	0
Anas platyrhynchos	Muerto	26/07/99	1	Brazo del Este	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	26/07/99	1	Brazo del Este	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	28/07/99	1	FAO	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	03/08/99	1	Brazo del Este	0	0
Especie	Método de captura	Fecha	Nº	Lugar	Pb Ing	Pb Enq

Anas platyrhynchos	Muerto	03/08/99	1	Brazo del Este	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	03/08/99	1	Brazo del Este	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	03/08/99	1	Brazo del Este	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	03/08/99	1	Brazo del Este	4	0
Anas platyrhynchos	Muerto	03/08/99	1	Brazo del Este	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	03/08/99	1	Brazo del Este	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	03/08/99	1	Brazo del Este	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	06/08/99	1	Veta la Palma	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	17/08/99	1	Brazo del Este	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	17/08/99	1	Brazo del Este	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	12/04/00	1	FAO	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	28/07/00	1	Veta la Palma	0	0
Anas platyrhynchos	Muerto	08/08/00	1	Veta la Palma	0	2
Anas platyrhynchos	Muerto	08/08/00	1	Veta la Palma	0	0
Anas strepera	Muerto	07/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Anas strepera	Muerto	16/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Anas strepera	Muerto	16/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Anas strepera	Muerto	24/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Anas strepera	Muerto	25/07/98	1	PND	0	0
Anas strepera	Muerto	25/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Anas strepera	Muerto	26/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Anas strepera	Muerto	29/07/99	1	Veta la Palma	0	0
Anas strepera	Muerto	19/01/00	1	Cañada de los pajaros	0	0
Anas strepera	Muerto	21/01/00	1	Cañada de los pajaros	0	0
Anas strepera	Muerto		1		0	0
Anser anser	Cacería	09/01/00	1	Boca del Lobo	0	0
Anser anser	Cacería		1	Marisma de Hinojos	0	2
Anser anser	Cacería científica	04/02/00	1	Caño Travieso	0	2
Anser anser	Cacería científica	04/02/00	1	Marismilla	1	3
Anser anser	Cacería científica	04/02/00	1	Marismilla	0	0
Anser anser	Cacería científica	04/02/00	1	Caño Travieso	0	0
Anser anser	Cacería científica	04/02/00	1	Marismilla	1	0
Anser anser	Cacería científica	04/02/00	1	Marismilla	0	1
Anser anser	Cacería científica	04/02/00	1	Algaida	0	0
Anser anser	Cacería científica	04/02/00	1	Caño Travieso	0	6
Anser anser	Cacería científica	04/02/00	1	Caño Travieso	0	3
Anser anser	Cacería científica	04/02/00	1	Caño Travieso	0	1
Anser anser	Cacería científica	04/02/00	1	Algaida	0	3
Anser anser	Cacería científica	04/02/00	1	Marismilla	0	0
Anser anser	Cacería científica	04/02/00	1	Caño Travieso	1	3
Anser anser	Cacería científica	04/02/00	1	Caño Travieso	0	1
Anser anser	Cacería científica	04/02/00	1	Algaida	0	0
Anser anser	Cacería científica	04/02/00	1	Algaida	0	1
Anser anser	Cacería científica	14/02/00	1	Algaida	0	0
Anser anser	Cacería científica	14/02/00	1	Caño Brenes	0	0
Anser anser	Cacería científica	14/02/00	1	Caño Brenes	0	0
Anser anser	Cacería científica	14/02/00	1	Caño Travieso	0	0
Especie	Método de captura	Fecha	Nº	Lugar	Pb Ing	Pb Enq
Anser anser	Cacería científica	14/02/00	1	Algaida	0	0

Anser anser	Cacería científica		1	Veta Carizosa	0	0
Anser anser	Cacería científica		1	Veta Carizosa	0	1
Anser anser	Cacería científica		1	Veta Carizosa	0	0
Anser anser	Cacería científica		1	Veta Carizosa	0	0
Anser anser	Cacería científica		1	Veta Carizosa	0	5
Anser anser	Cacería científica		1	Veta Carizosa	0	4
Anser anser	Cacería científica		1	Veta Carizosa	0	0
Anser anser	Cacería científica		1	Veta Carizosa	0	0
Anser anser	Cacería científica		1	Veta Carizosa	0	0
Anser anser	Moribundo	16/12/99	1	Veta la Palma	0	4
Anser anser	Muerto	18/12/94	1	Mari Lopez	3	1
Anser anser	Muerto	18/12/94	1	Mari Lopez	0	3
Anser anser	Muerto	22/12/94	1	Mari Lopez	0	4
Anser anser	Muerto	22/12/94	1	Mari Lopez	14	0
Anser anser	Muerto	22/12/94	1	Mari Lopez	0	5
Anser anser	Muerto	22/12/94	1	Mari Lopez	1	18
Anser anser	Muerto	23/12/94	1	Mari Lopez	1	4
Anser anser	Muerto	23/12/94	1	Mari Lopez	1	0
Anser anser	Muerto	06/01/95	1	Palacio de Doñana	0	0
Anser anser	Muerto	08/01/95	1	Palacio de Doñana	0	1
Anser anser	Muerto	09/01/95	1	Mari Lopez	0	0
Anser anser	Muerto	09/01/95	1	Mari Lopez	0	2
Anser anser	Muerto	09/01/95	1	Mari Lopez	0	3
Anser anser	Muerto	09/01/95	1	Mari Lopez	0	2
Anser anser	Muerto	09/01/95	1	Mari Lopez	0	6
Anser anser	Muerto	09/01/95	1	Mari Lopez	1	0
Anser anser	Muerto	09/01/95	1	Mari Lopez	0	2
Anser anser	Muerto	11/01/95	1	Mari Lopez	2	7
Anser anser	Muerto	24/01/95	1	Mari Lopez	0	4
Anser anser	Muerto	24/01/95	1	Mari Lopez	1	2
Anser anser	Muerto	24/01/95	1	Mari Lopez	0	3
Anser anser	Muerto	24/01/95	1	Mari Lopez	0	7
Anser anser	Muerto	24/01/95	1	Mari Lopez	11	0
Anser anser	Muerto	17/02/95	1	Palacio de Doñana	20	0
Anser anser	Muerto	17/02/95	1	Palacio de Doñana	1	2
Anser anser	Muerto	04/01/00	1	Mari Lopez Chico	3	0
Anser anser	Muerto	15/01/00	1	Vetas Altas	1	1
Anser anser	Muerto	28/11/00	1	Cangrejo Grande	0	4
Anser anser	Muerto	05/12/00	1	Mari Lopez	-7	0
Anser anser	Muerto	17/01/01	1	Veta Lengua	47	0
Anser anser	Muerto	04/02/01	1	Marisma de Hinojos	6	0
Anser anser	Muerto		1	Mari Lopez	0	2
Anser anser	Muerto		1	Mari Lopez	0	1
Anser anser	Muerto		1	Mari Lopez	0	4
Anser anser	Muerto		1	Mari Lopez	0	1
Anser anser	Muerto		1	Mari Lopez	0	0
Especie	Método de captura	Fecha	Nº	Lugar	Pb Ing	Pb Enq
Anser anser	Muerto		1	Mari Lopez	3	0
Anser anser	Muerto		1	Mari Lopez	0	0

Anser anser	Muerto		1	Mari Lopez	0	1
Anser anser	Muerto		1	Mari Lopez	0	12
Anser anser	Muerto		1	Mari Lopez	16	0
Anser anser	Muerto		1	Mari Lopez	0	1
Anser anser	Muerto		1	Mari Lopez	0	2
Ardea cinera	Muerto	13/07/99	1	Entremuros	0	0
Ardea cinera	Muerto	13/07/99	1	Veta la Palma	0	0
Aythya ferina	Muerto	29/06/98	1	Entremuros	0	0
Aythya ferina	Muerto	30/06/98	1	Nuevas, las	0	0
Aythya ferina	Muerto	02/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Aythya ferina	Muerto	17/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Aythya ferina	Muerto	17/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Aythya ferina	Muerto	19/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Aythya ferina	Muerto	20/07/98	1	Mari Lopez	0	0
Aythya ferina	Muerto	25/07/98	1	Caño Guadamar	0	0
Aythya ferina	Muerto	21/07/99	1	Veta la Palma	0	0
Aythya ferina	Muerto	15/11/99	1	Cangrejo Grande	6	0
Aythya ferina	Muerto		1		0	0
Aythya ferina	Muerto		1		0	0
Aythya ferina	Muerto		1		0	0
Aythya ferina	Muerto		1		0	0
Ciconia ciconia	Muerto	13/07/99	1	Canal de la Cigueña	0	0
Ciconia ciconia	Muerto	02/09/99	1	Brazo del la Torre	0	0
Ciconia ciconia	Muerto		1	Dehesa de Abajo	0	0
Corvus corax	Muerto	19/10/99	1	Martinazo	0	0
Corvus corax	Muerto	19/10/99	1	Martinazo	0	0
Falco naumanni	Muerto		1		0	0
Falco subbuteo	Muerto		1	?	0	0
Fulica atra	Muerto	02/06/98	1	Gavetas, las	0	0
Fulica atra	Muerto	30/06/98	1	Caño Guadamar	0	0
Fulica atra	Muerto	02/07/98	1	Caño Guadamar	0	0
Fulica atra	Muerto	02/07/98	1	Caño Guadamar	0	0
Fulica atra	Muerto	03/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Fulica atra	Muerto	05/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Fulica atra	Muerto	07/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Fulica atra	Muerto	07/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Fulica atra	Muerto	09/07/98	1	Mari Lopez	0	0
Fulica atra	Muerto	11/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Fulica atra	Muerto	11/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Fulica atra	Muerto	14/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Fulica atra	Muerto	16/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Fulica atra	Muerto	19/07/98	1	Mari Lopez	0	0
Fulica atra	Muerto	21/07/98	1	PND	0	0
Fulica atra	Muerto	21/07/98	1	PND	0	0
Fulica atra	Muerto	21/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Especie	Método de captura	Fecha	Nº	Lugar	Pb Ing	Pb Enq
Fulica atra	Muerto	21/07/98	1	PND	0	0
Fulica atra	Muerto	24/07/98	1	Caño Guadamar	0	1
Fulica atra	Muerto	24/07/98	1	Nuevas, las	0	0

Fulica atra	Muerto	05/11/98	1	Veta la Palma	0	0
Fulica atra	Muerto	05/11/98	1	Veta la Palma	0	0
Fulica atra	Muerto	17/04/99	1	Entremuros	0	0
Fulica atra	Muerto	17/06/99	1	Veta la Palma	0	0
Fulica atra	Muerto	17/06/99	1	Veta la Palma	0	0
Fulica atra	Muerto	22/07/99	1	Veta la Palma	0	0
Fulica atra	Muerto	26/07/99	1	Brazo del Este	0	0
Fulica atra	Muerto	03/08/99	1	Brazo del Este	0	0
Fulica atra	Muerto	05/08/99	1	Veta la Palma	0	0
Fulica atra	Muerto	10/08/99	1	Veta la Palma	0	0
Fulica atra	Muerto	16/08/99	1	Vado del Quema	0	0
Fulica atra	Muerto	17/08/99	1	Brazo del Este	0	0
Fulica atra	Muerto	21/01/00	1	Cañada de los pajaros	0	0
Fulica atra	Muerto	02/02/00	1	Marisma del Rocio	0	0
Fulica atra	Muerto	16/08/00	1	Veta la Palma	0	0
Fulica atra	Muerto	16/12/00	1	Membrillo	0	0
Fulica atra	Muerto		1		0	0
Fulica atra	Muerto		1		0	0
Fulica atra	Muerto		1		0	0
Fulica atra	Muerto		1		0	0
Fulica atra	Muerto		1		0	0
Fulica atra	Muerto		1	PND	0	0
Larus cachinnans	Moribundo	25/08/00	1	Veta la Palma	0	0
Larus cachinnans	Muerto		1	?	0	0
Larus ridibundus	Muerto	13/07/99	1	Veta la Palma	0	0
Marmaronetta angustirostris	Muerto		1		0	0
Melanitta nigra	Muerto		1		0	0
Melanitta nigra	Muerto		1		0	0
Milvus migrans	Muerto	15/07/99	1	Puntal	0	0
Milvus migrans	Muerto	10/04/00	1	Matasgordas	0	0
Milvus migrans	Muerto		1	?	0	0
Netta rufina	Muerto	30/06/98	1	Caño Guadiamar	0	0
Netta rufina	Muerto	03/07/98	1	Caño Guadiamar	0	0
Netta rufina	Muerto	17/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Netta rufina	Muerto	17/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Netta rufina	Muerto	17/07/98	1	Caño Guadiamar	0	0
Netta rufina	Muerto	20/07/98	1	Caño Guadiamar	0	0
Netta rufina	Muerto	06/02/00	1	Cañada de los pajaros	0	0
Netta rufina	Muerto	15/08/00	1	Veta la Palma	0	0
Netta rufina	Muerto	22/08/00	1	Veta la Palma	0	0
Netta rufina	Muerto		1		0	0
Netta rufina	Muerto		1		0	0
Oxyura jamaicensis	Cazado		1		0	0
Oxyura jamaicensis	Cazado		1		1	0
Especie	Método de captura	Fecha	Nº	Lugar	Pb Ing	Pb Enq
Oxyura jamaicensis	Cazado		1		0	0
Oxyura jamaicensis	Cazado		1		0	0
Oxyura jamaicensis	Cazado		1		0	0

Phoenicopterus ruber	Muerto	26/01/01	1	Mari Lopez	0	1
Phoenicopterus ruber	Muerto		1	?	0	0
Plegadis falcinellus	Muerto	18/11/99	1	Brazo del Este	0	0
Plegadis falcinellus	Muerto	02/12/99	1	Brazo del Este	0	5
Plegadis falcinellus	Muerto	14/06/00	1	FAO	0	1
Podiceps nigricollis	Muerto	08/10/00	1	Odiel	0	0
Podiceps nigricollis	Muerto		1	?, Odiel	0	0
Porphyrio porphyrio	Muerto	25/05/98	1	Entremuros	0	0
Porphyrio porphyrio	Muerto	02/06/98	1	Rinconcillo	0	0
Porphyrio porphyrio	Muerto	07/07/98	1	Mari Lopez	0	0
Porphyrio porphyrio	Muerto	09/07/98	1	Mari Lopez	0	0
Porphyrio porphyrio	Muerto	16/07/98	1	PND	0	0
Porphyrio porphyrio	Muerto	16/07/98	1	Mari Lopez	0	0
Porphyrio porphyrio	Muerto	16/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Porphyrio porphyrio	Muerto	16/07/98	1	Mari Lopez	0	0
Porphyrio porphyrio	Muerto	17/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Porphyrio porphyrio	Muerto	17/07/98	1	Nuevas, las	0	0
Porphyrio porphyrio	Muerto	17/07/98	1	Mari Lopez	0	0
Porphyrio porphyrio	Muerto	21/07/98	1	PND	0	0
Porphyrio porphyrio	Muerto	21/07/98	1	PND	0	0
Porphyrio porphyrio	Muerto	24/07/98	1	PND	0	0
Porphyrio porphyrio	Muerto	24/02/99	1	Lobo	0	0
Porphyrio porphyrio	Muerto	13/07/99	1	Lobo	0	0
Porphyrio porphyrio	Muerto	03/08/99	1	Brazo del Este	0	0
Porphyrio porphyrio	Muerto	15/10/99	1	FAO	0	0
Porphyrio porphyrio	Muerto	26/11/99	1	Entremuros	0	0
Porphyrio porphyrio	Muerto	01/12/99	1	Entremuros	0	0
Porphyrio porphyrio	Muerto	01/12/99	1	Entremuros	1	0
Porphyrio porphyrio	Muerto	01/12/99	1	Entremuros	0	0
Porphyrio porphyrio	Muerto	01/12/99	1	Entremuros	0	0
Porphyrio porphyrio	Muerto	07/02/00	1	Veta la Palma	0	0
Porphyrio porphyrio	Muerto	07/02/00	1	Veta la Palma	0	0
Porphyrio porphyrio	Muerto	18/02/00	1	Veta la Palma	0	0
Porphyrio porphyrio	Muerto	18/02/00	1	Veta la Palma	0	0
Porphyrio porphyrio	Muerto	18/08/00	1	Veta la Palma	0	0
Porphyrio porphyrio	Muerto	05/12/00	1	Sanlucar	0	0
Porphyrio porphyrio	Muerto		1		0	0
Tyto alba	Muerto		1	?, Cangrejo Grande	0	0
Tyto alba	Muerto		1	?, Cangrejo Grande	0	0

Anexo 12. Listado de las egagropilas radiografiadas, y el número de perdigones de plomo registrados

Especie de ave	Nº muestras	Fecha	Lugar	Nº Pb
Aquila adalberti	1	9-nov-94	Algaida	0
Aquila adalberti	3	11-feb-98	Isabel Vieja	0
Aquila adalberti	5	11-feb-98	Isabel Vieja Mogeá	0
Aquila adalberti	1	30-abr-98	Isabel Vieja	3
Aquila adalberti	5	27-nov-98	Soto Chico	0
Aquila adalberti	3	27-nov-98	Soto Chico	0
Aquila adalberti	1	27-nov-98	Soto Chico	0
Aquila adalberti	2	18-mar-99	Mal Tiempo	0
Aquila adalberti	5	18-mar-99	Mal Tiempo Venta Lengua	0
Aquila adalberti	1	18-mar-99	Mal Tiempo Venta Lengua	0
Aquila adalberti	3	18-mar-99	Mal Tiempo Venta Lengua	0
Aquila adalberti	1	18-mar-99	Mal Tiempo Venta Lengua	2
Aquila adalberti	5	18-mar-99	Mal Tiempo Venta Lengua	0
Aquila adalberti	3	18-mar-99	Mal Tiempo Venta Lengua	0
Aquila adalberti	3	18-mar-99	Mal Tiempo Venta Lengua	0
Aquila adalberti	3	18-mar-99	Mal Tiempo Venta Lengua	0
Aquila adalberti	1	18-mar-99	Mal Tiempo Venta Lengua	4
Aquila adalberti	1	27-mar-99	Isabel Vieja	0
Aquila adalberti	1	27-mar-99	Isabel Vieja	0
Aquila adalberti	9	29-mar-99	Porquera	0
Aquila adalberti	1	29-mar-99	Veta la Arena	0
Aquila adalberti	1	3-abr-99	Pajarera	2
Aquila adalberti	1	3-abr-99	Pajarera	1
Aquila adalberti	1	3-abr-99	Pajarera	1
Aquila adalberti	25	8-abr-99	Pajarera	0
Aquila adalberti	1	7-may-99	Isabel Vieja	0
Aquila adalberti	1	7-may-99	Isabel Vieja	0
Aquila adalberti	1	7-may-99	Isabel Vieja	0
Aquila adalberti	1	7-may-99	Isabel Vieja	0
Aquila adalberti	15	15-nov-99	Pajareras	0
Aquila adalberti	3	23-nov-99	Pajarera	0
Aquila adalberti	3	16-feb-00	Coto del Rey	0
Aquila adalberti	5	17-feb-00	Las Pajas	0
Aquila adalberti	3	7-mar-00	Cañuelas Bajas	0
Aquila adalberti	1	9-mar-00	El Puntal	0
Aquila adalberti	5	4-abr-00	Pajarera	0
Aquila adalberti	1	4-abr-00	Pajarera	0
Aquila adalberti	2	22-may-00	Pajarera	0
Aquila adalberti	2	5-jun-00	Punta del caño	0
Aquila adalberti	2	6-jun-00	El Puntal	0
Aquila adalberti	2	6-jun-00	Monte Alegre, Anduja	0

Especie de ave	Nº muestras	Fecha	Lugar	Nº Pb
Aquila adalberti	2	7-jun-00	El Palanco	0
Aquila adalberti	6	14-jun-00	Carallo de la Sierra	0
Aquila adalberti	1	14-jun-00	Carallo de la Sierra	1
Aquila adalberti	1	30-jun-00	M de Enebro	0
Aquila adalberti	2	9-jul-00	Las Pajas	0
Aquila adalberti	4	15-jul-00	Coto del Rey	0
Aquila adalberti	15	15-jul-00	Coto del Rey	0
Aquila adalberti	1	15-jul-00	Coto del Rey	1
Aquila adalberti	3	15-jul-00	Pajarera	0
Aquila adalberti	1	1-ago-00	Marismillas	0
Aquila adalberti	2	14-sep-00	Coto del Rey	0
Aquila adalberti	20	15-sep-00	Pajarera	0
Aquila adalberti	5	15-sep-00	Pajarera	0
Aquila adalberti	12	15-sep-00	Pajarera	0
Aquila adalberti	2	19-sep-00	Pajarera	0
Aquila adalberti	5	19-sep-00	Pajarera	0
Aquila adalberti	50	21-sep-00	Veta Arena	0
Aquila adalberti	1	21-sep-00	Veta Arena	2
Aquila adalberti	7	9-oct-00	Las Pajas	0
Aquila adalberti	1	9-oct-00	Las Pajas	0
Aquila adalberti	2	16-oct-00	Algaida	0
Aquila adalberti	30	24-nov-00	Las Pajareras	0
Aquila adalberti	1	24-nov-00	Las Pajareras	1
Aquila adalberti	1	24-nov-00	Las Pajareras	2
Aquila adalberti	1	11-jun-01		1
Aquila adalberti	21	12-jul-01		0
Aquila adalberti	10	12-jul-01	Santa Olalla	0
Aquila adalberti	23	2-ago-01	El Puntal	0
Aquila adalberti	25	13-ago-01	Veta Arena	0
Aquila adalberti	1	19-sep-01	El Puntal	0
Aquila adalberti	8	19-sep-01	El Puntal	0
Aquila adalberti	1	19-sep-01	Marismillas	0
Aquila adalberti	1	19-sep-01	Marismillas	0
Aquila adalberti	7	19-sep-01	Marismillas	0
Aquila adalberti	7	19-sep-01	Veta Arena	0
Aquila adalberti	22	19-sep-01	Veta Arena	0
Aquila adalberti	3	9-oct-01	Marismillas	0
Aquila adalberti	2	11-oct-01	Punta del Caño	0
Aquila adalberti	1	16-oct-01	El Puntal	0
Aquila adalberti	2	16-dic-01	Santa Olalla	0
Aquila adalberti	7	16-ene-02	Algaida-Mojea	0
Aquila adalberti	10	21-ene-02	El Puntal	0
Aquila adalberti	4	21-ene-02	El Puntal	0
Aquila adalberti	5			0
Aquila adalberti	4			0
Aquila adalberti	12			0
Aquila adalberti	5			0
Aquila adalberti	1			2

Especie de ave	Nº muestras	Fecha	Lugar	Nº Pb
Aquila adalberti	6			0
Aquila adalberti	5			0
Aquila adalberti				0
Aquila adalberti				0
Aquila adalberti	1		?	1
Aquila adalberti	2		?, Mal Tiempo	0
Bubo bubo	1	15-mar-00	Acebuche	0
Bubo bubo	1	10-may-00	El Acebuche	0
Circus aeruginosus	1	5-feb-02	Brazo del Este	4
Circus aeruginosus	1	5-feb-02	Brazo del Este	1
Circus aeruginosus	56	5-feb-02	Brazo del Este	0
Circus aeruginosus	10	15-feb-02	Brazo del Este	0
Circus aeruginosus	1	15-feb-02	Brazo del Este	1
Corvus corax	1	17-feb-00	Santa Olalla	0
Corvus corax	320	17-mar-00	Pinares de Hinojos	0
Falco peregrinus	27	24-abr-00	Cuartel GC	0
Falco peregrinus	25	24-abr-00	Torre de Zaabar	0
Falco peregrinus	30	24-abr-00	Torre Carbonero	0
Falco peregrinus	34	24-abr-00	Torre Marismilla	0
Falco peregrinus	1	24-abr-00	Torre Marismilla	1
Hieraaetus pennatus	76		PND, 1999	0
Milvus milvus	113	17-feb-00	Huerto de los Guardas	0
Milvus milvus	1	17-feb-00	Huerto de los Guardas	1
Milvus milvus	1	17-feb-00	Huerto de los Guardas	3
Milvus milvus	52	22-feb-00	Pinar de San Augustin	0
Milvus milvus	1	22-feb-00	Pinar de San Augustin	1
Milvus milvus	1	22-feb-00	Pinar de San Augustin	1
Milvus milvus	1	22-feb-00	Pinar de San Augustin	1
Milvus milvus	27	20-mar-00	Huerto del Palacio	0
Milvus milvus	23	23-mar-00	Pinar de San Augustin	0
Milvus milvus	1	22-may-00	Pinar del Vicioso	0
Milvus milvus	2	5-dic-00	Huerto de los Guardas	0
Milvus milvus	1	21-ene-02	El Puntal	1
Milvus milvus	1	21-ene-02	El Puntal	1
Milvus milvus	1	21-ene-02	El Puntal	2
Milvus milvus	1	21-ene-02	El Puntal	3
Milvus milvus	1	21-ene-02	El Puntal	1
Milvus milvus	240	21-ene-02	El Puntal	0
Milvus milvus	1	21-ene-02	El Puntal	1
Milvus milvus	200	21-ene-02	El Puntal	0
Milvus milvus	148	6-feb-02	Huerto de los guardas	0
Milvus milvus	1	6-feb-02	Huerto de los guardas	1
Milvus milvus	1	6-feb-02	Huerto de los guardas	1
Milvus milvus	32	6-feb-02	Pajareras	0
Milvus milvus	1	6-feb-02	Pajareras	1
Milvus milvus		6-feb-02	Pajareras	1
Tyto alba	50	24-abr-00	Torre Marismilla	0

Anexo 13. Concentraciones de metales pesados en hueso, y número de perdigones ingeridos

a= adulto, p= pollo, j=joven

Especie	Fecha	Lugar	Edad	Sexo	Pb ingerido	ppm As	ppm Zn	ppm Se	ppm Pb	ppm Cu
Anas clypeata			a	m	0	0,023	148,116	0,111	5,883	2,357
Anas clypeata	30/03/1999	El Membrillo	j	m	0	0,187	201,375	0,183		
Anas crecca	01/08/1999	Brazo del Este		f	0	0,165	178,094	0,291	1,069	4,049
Anas penelope	01/08/1999	Brazo del Este		f	0	0,060	210,235	0,203	6,018	2,961
Anas platyrhynchos	01/08/1999	Brazo del Este	a	f	1	0,022	142,514	0,205	3,134	3,123
Anas platyrhynchos	01/02/1995	Huelva		f	0	0,058	181,907	0,213	54,759	2,917
Anas platyrhynchos			a	f	0	0,006	131,769	0,331	1,764	2,484
Anas platyrhynchos	01/08/1999	Brazo del Este	a	m	5	0,030	132,602	0,125	1,100	2,549
Anas platyrhynchos	07/06/1998	La Rocina	a	f	0	0,115	138,283	0,267	0,978	3,409
Anas platyrhynchos	07/07/1998	Veta la Palma	a	f	0	0,063	160,567	0,292	8,756	3,273
Anas platyrhynchos	01/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,117	156,264	0,162	1,460	3,053
Anas platyrhynchos	01/07/1998	Las Nuevas	a	m	0	0,037	155,480	0,159	0,312	3,254
Anas platyrhynchos	27/06/1998	Laguna Rincon	a	m	0	0,051	148,999	0,161	0,457	3,198
Anas platyrhynchos	30/06/1998	Las Nuevas	a	f	0	0,031	128,534	0,134	1,976	2,483
Anas platyrhynchos	10/07/1998	Las Nuevas	a		0	0,074	197,602	0,175	1,263	3,183
Anas platyrhynchos	16/07/1998	Las Nuevas	a	m	0	0,012	123,540	0,276	1,382	3,135
Anas platyrhynchos	16/07/1998	Las Nuevas	a	f	0	0,029	175,878	0,199	42,464	3,455
Anas platyrhynchos	14/07/1998	Las Nuevas	a	f	0	0,029	148,553	0,227	2,185	2,682
Anas platyrhynchos	07/07/1998	Las Nuevas	p	f	0	0,060	169,774	0,190	1,078	2,796
Anas platyrhynchos	07/07/1998	Las Nuevas	p		0	0,042	181,896	0,250	1,290	2,948
Anas platyrhynchos	14/07/1998	Las Nuevas	a	m	0	0,038	123,915	0,190	7,795	2,837
Anas platyrhynchos	15/07/1998	Las Nuevas	a	m	0	0,036	161,363	0,150	0,476	2,536
Anas platyrhynchos	13/07/1998	Las Nuevas	a	m	0	0,033	153,608	0,132	2,378	2,971
Anas platyrhynchos	12/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,029	150,124	0,853	35,139	3,114
Anas platyrhynchos	17/07/1998	Las Nuevas	a	m	0	0,020	144,765	0,233	2,691	2,948
Anas platyrhynchos	17/07/1998	Las Nuevas	a	f	0	0,030	146,247	0,260	5,027	3,242
Anas platyrhynchos	17/07/1998	Las Nuevas	a	f	0	0,024	178,650	0,161	21,796	2,977
Anas platyrhynchos	17/07/1998	Las Nuevas	a	m	0	0,090	172,523	0,180	1,439	3,155
Especie	Fecha	Lugar	Edad	Sexo	Pb ingerido	ppm As	ppm Zn	ppm Se	ppm Pb	ppm Cu

Anexo 13. Concentraciones de metales pesados en hueso, y número de perdigones ingeridos

a= adulto, p= pollo, j=joven

Anas platyrhynchos	17/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,043	205,863	0,235	0,593	4,201
Anas platyrhynchos	17/07/1998	Las Nuevas	p		0	0,041	157,260	0,205	0,173	2,864
Anas platyrhynchos	17/07/1998	Las Nuevas	p		0	0,069	166,935	0,108	1,722	3,265
Anas platyrhynchos	17/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,053	148,362	0,203	0,456	2,840
Anas platyrhynchos	17/07/1998	Las Nuevas	p	f	0	0,028	135,345	0,202	1,020	2,998
Anas platyrhynchos	20/07/1998	Las Nuevas	a	m	0	0,071	144,461	0,113	36,286	3,185
Anas platyrhynchos	20/07/1998	Las Nuevas	a	m	0	1,764	128,267	0,213	134,109	3,814
Anas platyrhynchos	20/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,032	157,056	0,252	2,638	2,782
Anas platyrhynchos	20/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,045	163,896	0,144		
Anas platyrhynchos	11/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,022	127,876	0,241	4,474	2,648
Anas platyrhynchos	11/07/1998	Las Nuevas	a	m	0	0,024	122,151	0,124	18,715	2,668
Anas platyrhynchos	11/07/1998	Las Nuevas	p	f	0	0,084	177,264	0,172	1,884	2,622
Anas platyrhynchos	01/07/1998	Las Nuevas	a	f	0	0,038	124,564	0,150	1,514	2,422
Anas platyrhynchos	24/07/1998	Veta Hornitos	p		0	0,067	191,637	0,170	0,478	4,274
Anas platyrhynchos	23/07/1998	Veta Hornitos	p	f	0	0,028	173,897	0,171	5,045	3,128
Anas platyrhynchos	22/07/1998	Veta Hornitos	a	m	0	0,121	187,223	0,247	1,440	3,477
Anas platyrhynchos	01/07/1998	Parque Nacional	p	m	0	0,048	132,789	0,179	1,082	2,931
Anas platyrhynchos	01/07/1998	Parque Nacional	a	m	0	0,018	135,506	0,115	0,078	2,605
Anas platyrhynchos	01/07/1998	Parque Nacional	a	m	0	0,032	172,838	0,158	12,829	2,946
Anas platyrhynchos	16/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,061	189,626	0,227	0,400	2,997
Anas platyrhynchos	07/06/1999	Cañada de los Pajaros	a	f	0	0,006	173,158	0,093	48,766	3,266
Anas platyrhynchos	07/06/1999	El Rocio	a	m	0	0,042	157,656	0,179	6,153	2,714
Anas platyrhynchos	03/08/1999	Brazo del Este	a	f	0	0,013	149,785	0,152	1,990	2,416
Anas platyrhynchos	03/08/1999	Brazo del Este	a	f	0	0,047	167,640	0,145	1,042	3,272
Anas platyrhynchos	22/07/1999	Veta la Palma	a	m	0	0,026	133,775	0,364	4,135	3,008
Anas strepera	24/07/1998	Veta la Palma	p	f	0	0,217	246,506	0,161	2,973	2,939
Anas strepera	24/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,118	124,893	0,133	0,618	2,477
Anas strepera	24/07/1998	Las Nuevas	a	m	0	0,042	217,551	0,197	1,565	2,685
Especie	Fecha	Lugar	Edad	Sexo	Pb ingerido	ppm As	ppm Zn	ppm Se	ppm Pb	ppm Cu
Anas strepera	26/07/1998	Las Nuevas	p	f	0	0,159	234,312	0,201	4,047	3,703
Anas strepera	25/07/1998	Parque Nacional	p	f	0	0,080	247,600	0,161	3,076	2,813

Anexo 13. Concentraciones de metales pesados en hueso, y número de perdigones ingeridos

a= adulto, p= pollo, j=joven

Anas strepera	25/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,139	227,542	0,269	3,120	3,155
Anas strepera	19/01/2000	Cañada de los Pajaros	a	m	0	0,021	183,740	0,084	2,610	2,672
Aythya ferina	01/02/1995	Huelva	a	m	0	1,717	188,687	0,397	0,728	3,115
Aythya ferina	29/06/1998	Entremuros	a	m	0	0,012	169,889	0,379	29,661	4,522
Aythya ferina	02/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,062	192,857	0,186	2,628	4,269
Aythya ferina	02/07/1998	Veta Hornitos	p	m	0	0,137	187,833	1,174	2,995	4,093
Aythya ferina	06/07/1998	Parque Nacional	p	m	0	0,095	191,562	0,124	1,251	2,951
Aythya ferina	06/07/1998	Parque Nacional	p		0	0,068	205,740	0,082	1,444	2,514
Aythya ferina	06/07/1998	Parque Nacional	p		0	0,089	205,718	0,175	2,511	4,126
Aythya ferina	14/07/1998	Las Nuevas	p	f	0	0,025	194,495	0,120	2,179	2,884
Aythya ferina	17/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,072	208,457	0,136	1,492	3,166
Aythya ferina	17/07/1998	Las Nuevas	p	f	0	0,006	179,868	0,156	17,470	3,205
Aythya ferina	19/07/1998	Las Nuevas	p	f	0	0,033	216,004	0,231	0,871	2,407
Aythya ferina	20/07/1998	Marilopez	p	m	0	0,043	163,690	1,270	1,049	2,894
Aythya ferina	17/07/1998	Veta Hornitos	p	m	0	0,027	193,250	0,162	28,895	2,792
Aythya ferina	25/07/1998	Veta Hornitos	p	m	0	0,035	220,781	0,250	27,918	3,470
Fulica atra	09/11/1998	Veta la Palma	a	m	0	0,270	140,400	0,150	3,244	4,148
Fulica atra				f	0	0,145	173,893	0,157	9,536	3,481
Fulica cristata	13/05/1999	Cañada de los Pajaros	j	m	0	0,006	157,226	0,152	0,218	3,623
Fulica cristata	17/06/1999	Cañada de los Pajaros	p		0	0,006	189,229	0,271	0,285	9,580
Fulica atra	01/02/1995	Huelva		f		0,116	129,027	0,405	2,603	2,909
Fulica atra	02/06/1998	Las Gavetas		m	0	0,255	151,872	0,113	0,585	2,954
Fulica atra	03/07/1998	Las Nuevas	p		0	0,117	160,982	0,097	1,703	2,964
Fulica atra	01/07/1998	Las Nuevas	j		0	0,133	143,671	0,130	1,221	3,190
Fulica atra	28/06/1998	Lucio de la Piedra	p	f	0	0,243	164,075		0,944	2,571
Fulica atra	02/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,109	129,076	0,101	4,025	3,116
Especie	Fecha	Lugar	Edad	Sexo	Pb ingerido	ppm As	ppm Zn	ppm Se	ppm Pb	ppm Cu
Fulica atra	02/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,077	152,241	0,134	1,469	2,872
Fulica atra	01/07/1998	Las Nuevas	j	m	0	0,113	175,663	0,176	1,008	3,195
Fulica atra	01/07/1998	Las Nuevas	j	m	0	0,122	132,393	0,139	0,898	3,086
Fulica atra	02/07/1998	Veta Hornitos	p	m	0	0,400	157,133	0,134	3,635	3,198

Anexo 13. Concentraciones de metales pesados en hueso, y número de perdigones ingeridos

a= adulto, p= pollo, j=joven

Fulica atra	01/07/1998	Las Nuevas	j		0	0,219	139,771	0,116	2,151	3,701
Fulica atra	29/06/1998	Veta Hornitos	p	m	0	0,215	157,468	0,144	8,556	2,824
Fulica atra	03/07/1998	Las Nuevas	p	f	0	0,162	173,935	0,155	2,073	3,005
Fulica atra	03/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,078	165,822	0,107	1,929	3,109
Fulica atra	02/07/1998	Veta Hornitos	p	m	0	0,205	143,259	0,102	5,042	2,181
Fulica atra	02/07/1998	Veta Hornitos	p		0	0,140	221,544	0,224	7,270	7,348
Fulica atra	02/07/1998	Veta Hornitos	p	m	0	0,130	183,643	0,156	4,205	3,240
Fulica atra	26/06/1998	Veta Hornitos	j	m	0	0,169	210,869	0,186	9,533	8,916
Fulica atra	28/06/1998	Veta Hornitos	p	f	0	0,142	172,332	0,147	10,036	3,652
Fulica atra	30/06/1998	Veta Hornitos	j	m	0	0,200	152,393	0,158	1,937	3,456
Fulica atra	27/06/1998	Laguna Rincon	p	m	0	0,517	185,841	0,145	1,211	4,513
Fulica atra	30/06/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,119	130,718	0,113	3,699	3,115
Fulica atra	06/07/1998	Las Nuevas	j	m	0	0,171	148,145	0,099	7,771	3,049
Fulica atra	06/07/1998	Las Nuevas	j	f	0	0,119	169,595	0,181	26,220	3,421
Fulica atra	06/07/1998	Las Nuevas	a	f	0	0,202	109,440	0,055	2,271	2,924
Fulica atra	28/06/1998	Veta Hornitos	j	m	0	0,144	146,128	0,154	3,365	2,937
Fulica atra	09/07/1998	Canal de Marilo	p	m	0	0,192	206,448	0,101	3,320	3,487
Fulica atra	09/07/1998	Cancela Palacio	j	m	0	0,138	152,157	0,119	0,708	3,290
Fulica atra	09/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,109	165,852	0,177	1,927	3,600
Fulica atra	09/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,111	154,876	0,190	17,791	3,001
Fulica atra	09/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,133	170,160	0,230	1,375	3,247
Fulica atra	16/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,180	126,079	0,121	0,443	3,307
Fulica atra	07/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,159	147,996	0,123	1,304	2,798
Fulica atra	07/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,042	139,883	0,103	1,492	2,819
Especie	Fecha	Lugar	Edad	Sexo	Pb ingerido	ppm As	ppm Zn	ppm Se	ppm Pb	ppm Cu
Fulica atra	14/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,192	191,804	0,250	1,445	2,834
Fulica atra	14/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,160	158,699	0,142	1,364	3,747
Fulica atra	14/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,123	178,465	0,188	3,810	2,812
Fulica atra	15/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,110	191,284	0,188	1,450	4,737
Fulica atra	04/07/1998	Veta Hornitos	p	m	0	0,193	130,977	0,121	4,627	3,181
Fulica atra	05/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,065	133,252	0,140	0,367	3,028

Anexo 13. Concentraciones de metales pesados en hueso, y número de perdigones ingeridos

a= adulto, p= pollo, j=joven

Fulica atra	08/07/1998	Caño Travieso	a		0	0,180	140,115	0,099	2,402	3,168
Fulica atra	17/07/1998	Marilopez	p	m	0	0,089	170,192	0,317	1,418	3,597
Fulica atra	17/07/1998	Las Nuevas	p	f	0	0,083	153,522	0,107	0,478	3,691
Fulica atra	17/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,366	148,362	0,140	1,478	4,245
Fulica atra	17/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,190	156,605	0,174	3,084	3,626
Fulica atra	20/07/1998	Las Nuevas	p		0	0,104	167,457	0,144	7,724	3,909
Fulica atra	20/07/1998	Parque Nacional	p	m	0	0,060	159,457	0,102	3,039	2,956
Fulica atra	11/07/1998	Las Nuevas	p	f	0	0,072	234,289	0,197	1,671	3,378
Fulica atra	11/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,097	155,310	0,110	1,099	3,045
Fulica atra	11/07/1998	Las Nuevas	p		0	0,135	137,837	0,180	2,035	3,024
Fulica atra	11/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,217	174,020	0,126	1,405	3,028
Fulica atra	11/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,126	135,454	0,103	1,357	3,033
Fulica atra	24/07/1998	Parque Nacional	a	f	0	0,164	143,871	0,133	9,824	3,642
Fulica atra	24/07/1998	Parque Nacional	p	m	0	0,251	185,419	0,153	1,718	3,116
Fulica atra	24/07/1998	Parque Nacional	p	f	0	0,069	160,287	0,160	2,717	3,049
Fulica atra	24/07/1998	Parque Nacional	p	m	0	0,076	154,756	0,144	28,827	2,538
Fulica atra	22/07/1998	Parque Nacional	p	m	0	0,181	162,841	0,172	13,730	3,148
Fulica atra	22/07/1998	Parque Nacional	p		0	0,025	172,774	0,153	1,022	3,705
Fulica cristata	06/07/1999	Cañada de los Pajaros		m	0	0,014	141,229	0,145	0,078	5,117
Gallinula chloropus	29/12/1991				0	0,158	135,764	0,120	27,344	3,135
Gallinula chloropus	16/11/1998	Cano Aulaga	a	f	0	0,024	166,485	0,075	0,510	2,871
Gallinula chloropus	27/10/2000	Veta la Palma	j		0	0,073	171,235	0,072	0,386	3,445
Especie	Fecha	Lugar	Edad	Sexo	Pb ingerido	ppm As	ppm Zn	ppm Se	ppm Pb	ppm Cu
Gallinula chloropus	15/11/2000		a	f	0	0,064	178,178	0,120	1,705	3,215
Gallinula chloropus	27/07/1998	Acebuche	p	m	0	0,158	213,820	0,181	1,338	3,146
Gallinula chloropus	16/11/1998	El Rocío	a	f	0	0,050	161,542	0,119	0,264	2,896
Anas platyrhynchos	17/07/1998	Las Nuevas	a	m		0,138	175,276	0,152	0,355	5,445
Marmaronetta angustirostris	15/08/1999	Cañada de los Pajaros		f	0	0,006	158,704	0,141	1,143	2,452
Netta rufina	03/05/1996	Cañada de los Pajaros	a	m	0	0,024	115,904	0,142	3,739	3,992
Netta rufina	02/07/1998	Veta Hornitos	p	m	0	0,097	213,079	0,124	1,414	2,807
Netta rufina	30/06/1998	Veta Hornitos	p		0	0,110	217,910	0,199	2,645	3,576

Anexo 13. Concentraciones de metales pesados en hueso, y número de perdigones ingeridos

a= adulto, p= pollo, j=joven

Netta rufina	30/06/1998	Las Nuevas	p	m		0	0,328	239,991	0,134	5,524	3,099
Netta rufina	30/06/1998	Las Nuevas	p	f		0	0,079	206,092	0,208	4,460	3,937
Netta rufina	14/07/1998	Las Nuevas	p			0	0,048	149,433	0,164	1,143	2,831
Netta rufina	03/07/1998	Veta Hornitos	p	m		0	0,294	169,144	0,107	8,252	3,155
Netta rufina	17/07/1998	Las Nuevas	p	f		0	0,107	160,021	0,171	8,790	3,796
Netta rufina	20/07/1998	Veta Hornitos	p	f		0	0,217	173,548	0,097	8,311	3,743
Netta rufina	17/07/1998	Veta Hornitos	p			0	0,097	212,648	0,308	4,587	3,169
Podiceps cristatus	14/07/1998	Las Nuevas	p	m		0	0,054	182,045	0,250	0,556	3,008
Porphyrio porphyrio	20/02/2000	Veta la Palma	a	m		0	0,018	97,621	0,039	0,541	2,202
Porphyrio porphyrio	20/02/2000	Veta la Palma	a				0,024	136,913	0,088	1,046	2,535
Porphyrio porphyrio	01/12/1995	Rio Guadaira				0	0,011	163,287	0,069	2,101	2,733
Porphyrio porphyrio				m		0	0,038	169,830	0,088	1,700	3,185
Porphyrio porphyrio	21/07/1997	Lucio Ansares		f		0	0,028	144,726	0,281	1,026	2,610
Porphyrio porphyrio	21/07/1997	Lucio Ansares		f		0	0,015	154,193	0,247	0,756	2,931
Porphyrio porphyrio	12/07/1997	Las Nuevas	p	m		0	0,069	178,216	0,225	1,576	4,090
Porphyrio porphyrio	17/07/1997	Las Nuevas	j	f		0	0,037	146,629	0,325	1,476	2,875
Porphyrio porphyrio	16/07/1997	Marisma Hinojo	j	m		0	0,012	143,331	0,234	1,166	2,537
Porphyrio porphyrio	17/07/1997	Las Nuevas	p	f		0	0,006	149,161	0,179	1,269	2,755
Porphyrio porphyrio	17/07/1998	Las Nuevas	p			0	0,006	155,489	0,162	1,367	2,623
Porphyrio porphyrio	19/11/1993	El Rocio	a	m		0	0,006	107,479	0,031	0,766	2,240
Especie	Fecha	Lugar	Edad	Sexo	Pb ingerido	ppm As	ppm Zn	ppm Se	ppm Pb	ppm Cu	
Porphyrio porphyrio	02/02/1998	La Rocina	a	m		0	0,006	129,619	0,149	23,074	2,658
Porphyrio porphyrio	02/02/1998	La Rocina	a	f		0	0,006	114,121	0,097	0,268	2,351
Porphyrio porphyrio	27/12/1990	Brazo de la To	a	f		0	0,021	102,265	0,056	0,857	2,899
Porphyrio porphyrio	17/07/1990	Pinar de San Agustin		f		0	0,024	168,606	0,144	1,223	2,722

Anexo 14. Concentraciones de metales pesados en hígado, y número de perdigones ingeridos

a= adulto, p= pollo, j=joven

Especie	Fecha	Lugar	Edad	Sexo	Pb ingerido	ppm As	ppm Zn	ppm Se	ppm Pb	ppm Cu
Anas clypeata			a	m	0	0,027	87,750	1,044	0,313	62,569
Anas clypeata	30/03/1999	El Membrillo	j	m	0	0,109	100,398	0,326	1,274	37,984
Anas crecca	01/08/1999	Brazo del Este		f	0	0,014	42,808	0,815	0,077	19,712
Anas penelope	01/08/1999	Brazo del Este		f	0	0,006	55,873	0,343	0,404	21,869
Anas platyrhynchos	01/08/1999	Brazo del Este	a	f	1	0,010	28,514	0,310	0,077	6,538
Anas platyrhynchos	01/02/1995	Huelva		f	0	0,009	47,925	0,161	4,248	11,155
Anas platyrhynchos			a	f	0	0,022	27,479	0,780	0,750	20,002
Anas platyrhynchos	01/08/1999	Brazo del Este	a	m	5	0,371	42,839	0,573	0,857	27,444
Anas platyrhynchos	07/06/1998	La Rocina	a	f	0					
Anas platyrhynchos	07/07/1998	Veta la Palma	a	f	0	0,012	29,749	0,532	0,440	23,495
Anas platyrhynchos	01/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,008	38,978	0,345	0,077	14,513
Anas platyrhynchos	01/07/1998	Las Nuevas	a	m	0	0,011	74,035	0,323	0,077	28,037
Anas platyrhynchos	27/06/1998	Laguna Rincon	a	m	0	0,014	62,404	0,513	0,077	31,422
Anas platyrhynchos	30/06/1998	Las Nuevas	a	f	0	0,006	34,975	0,435	0,077	83,357
Anas platyrhynchos	10/07/1998	Las Nuevas	a		0	0,008	64,586	0,447	0,077	12,016
Anas platyrhynchos	16/07/1998	Las Nuevas	a	m	0	0,003	45,554	0,633	0,166	20,097
Anas platyrhynchos	16/07/1998	Las Nuevas	a	f	0	0,016	122,182	0,345	0,594	23,816
Anas platyrhynchos	14/07/1998	Las Nuevas	a	f	0	0,003	40,806	0,583	0,549	34,775
Anas platyrhynchos	07/07/1998	Las Nuevas	p	f	0	0,015	86,275	0,510	0,220	27,396
Anas platyrhynchos	07/07/1998	Las Nuevas	p		0	0,018	66,822	0,393	0,077	11,863
Anas platyrhynchos	14/07/1998	Las Nuevas	a	m	0	0,003	49,234	0,581	0,467	72,732
Anas platyrhynchos	15/07/1998	Las Nuevas	a	m	0					
Anas platyrhynchos	13/07/1998	Las Nuevas	a	m	0	0,003	104,507	0,491	0,329	38,110
Anas platyrhynchos	12/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,005	68,690	0,561	0,193	13,183
Anas platyrhynchos	17/07/1998	Las Nuevas	a	m	0	0,007	94,327	0,351	0,455	55,911
Anas platyrhynchos	17/07/1998	Las Nuevas	a	f	0	0,003	50,078	0,474	0,406	18,100
Anas platyrhynchos	17/07/1998	Las Nuevas	a	f	0	0,020	136,272	0,241	2,805	50,625
Anas platyrhynchos	17/07/1998	Las Nuevas	a	m	0	0,009	91,253	0,432	0,077	25,234
Anas platyrhynchos	17/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,019	156,901	0,199	0,217	20,781
Especie	Fecha	Lugar	Edad	Sexo	Pb ingerido	ppm As	ppm Zn	ppm Se	ppm Pb	ppm Cu
Anas platyrhynchos	17/07/1998	Las Nuevas	p		0	0,011	74,277	0,591	0,077	11,020

Anexo 14. Concentraciones de metales pesados en hígado, y número de perdigones ingeridos

a= adulto, p= pollo, j=joven

Anas platyrhynchos	17/07/1998	Las Nuevas	p		0	0,011	124,778	0,233	0,077	31,300
Anas platyrhynchos	17/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,007	36,246	0,278	0,077	11,168
Anas platyrhynchos	17/07/1998	Las Nuevas	p	f	0	0,003	47,968	0,316	0,077	21,879
Anas platyrhynchos	20/07/1998	Las Nuevas	a	m	0	0,009	121,860	0,229	1,060	43,082
Anas platyrhynchos	20/07/1998	Las Nuevas	a	m	0	0,014	37,019	0,153	1,055	30,373
Anas platyrhynchos	20/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,007	41,214	0,566	0,333	21,066
Anas platyrhynchos	20/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,005	49,763	0,427	0,077	22,717
Anas platyrhynchos	11/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,003	72,344	0,645	0,210	53,347
Anas platyrhynchos	11/07/1998	Las Nuevas	a	m	0	0,007	41,736	0,563	0,203	50,490
Anas platyrhynchos	11/07/1998	Las Nuevas	p	f	0	0,005	125,369	0,555	0,077	54,682
Anas platyrhynchos	01/07/1998	Las Nuevas	a	f	0	0,011	41,981	0,472	0,473	11,361
Anas platyrhynchos	24/07/1998	Veta Hornitos	p		0	0,016	128,373	0,378	0,077	194,072
Anas platyrhynchos	23/07/1998	Veta Hornitos	p	f	0	0,065	114,329	0,362	0,941	17,637
Anas platyrhynchos	22/07/1998	Veta Hornitos	a	m	0	0,050	149,111	0,505	0,539	72,754
Anas platyrhynchos	01/07/1998	Parque Nacional	p	m	0	0,003	37,400	0,690	0,077	10,859
Anas platyrhynchos	01/07/1998	Parque Nacional	a	m	0	0,003	81,306	0,202	0,380	28,758
Anas platyrhynchos	01/07/1998	Parque Nacional	a	m	0	0,008	55,733	0,241	0,415	29,903
Anas platyrhynchos	16/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,003	37,455	0,489	0,077	14,371
Anas platyrhynchos	07/06/1999	Cañada de los Pajaros	a	f	0	0,003	132,344	0,178	11,620	33,390
Anas platyrhynchos	07/06/1999	El Rocio	a	m	0	0,059	73,059	0,507	0,352	15,092
Anas platyrhynchos	03/08/1999	Brazo del Este	a	f	0	0,003	47,097	0,604	0,077	40,040
Anas platyrhynchos	03/08/1999	Brazo del Este	a	f	0	0,007	27,168	0,483	0,203	11,222
Anas platyrhynchos	22/07/1999	Veta la Palma	a	m	0	0,008	58,414	0,469	0,466	50,313
Anas strepera	24/07/1998	Veta la Palma	p	f	0	0,027	214,825	0,595	0,574	39,454
Anas strepera	24/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,017	79,864	0,415	0,575	28,238
Anas strepera	24/07/1998	Las Nuevas	a	m	0	0,021	96,370	0,303	0,314	17,064
Anas strepera	26/07/1998	Las Nuevas	p	f	0	0,047	181,972	0,383	0,778	76,142
Anas strepera	25/07/1998	Parque Nacional	p	f	0	0,009	149,872	0,355	0,386	19,794
Especie	Fecha	Lugar	Edad	Sexo	Pb ingerido	ppm As	ppm Zn	ppm Se	ppm Pb	ppm Cu
Anas strepera	25/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,067	158,933	0,318	0,628	26,051
Anas strepera	19/01/2000	Cañada de los Pajaros	a	m	0	0,003	55,846	0,334	0,299	38,416
Aythya ferina	01/02/1995	Huelva	a	m	0	0,205	42,523	0,656	0,077	115,539

Anexo 14. Concentraciones de metales pesados en hígado, y número de perdigones ingeridos

a= adulto, p= pollo, j=joven

Aythya ferina	29/06/1998	Entremuros	a	m	0	0,011	124,928	0,313	0,263	494,596
Aythya ferina	02/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,014	41,373	0,442	0,361	16,360
Aythya ferina	02/07/1998	Veta Hornitos	p	m	0	0,021	40,992	0,344	0,204	76,964
Aythya ferina	06/07/1998	Parque Nacional	p	m	0					
Aythya ferina	06/07/1998	Parque Nacional	p		0	0,015	44,086	0,439	0,077	13,825
Aythya ferina	06/07/1998	Parque Nacional	p		0	0,034	77,950	0,689	0,077	137,388
Aythya ferina	14/07/1998	Las Nuevas	p	f	0	0,048	168,042	0,363	0,464	96,893
Aythya ferina	17/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,017	123,945	0,231	0,077	68,746
Aythya ferina	17/07/1998	Las Nuevas	p	f	0	0,030	168,801	0,279		
Aythya ferina	19/07/1998	Las Nuevas	p	f	0	0,018	209,368	0,469	0,077	137,325
Aythya ferina	20/07/1998	Marilopez	p	m	0	0,010	49,656	0,464	0,077	27,592
Aythya ferina	17/07/1998	Veta Hornitos	p	m	0	0,003	202,403	0,467	1,863	712,095
Aythya ferina	25/07/1998	Veta Hornitos	p	m	0	0,031	216,413	0,530	2,662	742,959
Fulica atra	09/11/1998	Veta la Palma	a	m	0	0,028	43,266	0,383	0,077	18,545
Fulica atra				f	0	0,056	83,646	0,604	0,077	64,656
Fulica cristata	13/05/1999	Cañada de los Pajaros	j	m	0	0,003	22,744	0,136	0,077	20,303
Fulica cristata	17/06/1999	Cañada de los Pajaros	p		0	0,003	39,131	0,251	0,077	27,035
Fulica atra	01/02/1995	Huelva		f		0,240	68,084	1,071	0,245	6,868
Fulica atra	02/06/1998	Las Gavetas		m	0	0,067	33,816	0,164	0,077	7,302
Fulica atra	03/07/1998	Las Nuevas	p		0	0,010	72,482	0,224	0,241	48,356
Fulica atra	01/07/1998	Las Nuevas	j		0	0,007	68,820	0,455	0,077	14,372
Fulica atra	28/06/1998	Lucio de la Piedra	p	f	0	0,014	62,022	0,516	0,227	19,061
Fulica atra	02/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,016	55,153	0,294	0,288	20,673
Fulica atra	02/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,003	42,183	0,446	0,077	12,869
Fulica atra	01/07/1998	Las Nuevas	j	m	0	0,003	53,128	0,410	0,077	33,629
Fulica atra	01/07/1998	Las Nuevas	j	m	0	0,121	56,767	0,358	0,273	13,544
Especie	Fecha	Lugar	Edad	Sexo	Pb ingerido	ppm As	ppm Zn	ppm Se	ppm Pb	ppm Cu
Fulica atra	02/07/1998	Veta Hornitos	p	m	0	0,038	43,320	0,364	0,077	13,521
Fulica atra	01/07/1998	Las Nuevas	j		0	0,012	37,859	0,376	0,077	8,778
Fulica atra	29/06/1998	Veta Hornitos	p	m	0	0,019	43,978	0,304	0,077	24,503
Fulica atra	03/07/1998	Las Nuevas	p	f	0	0,031	124,628	0,281	0,835	50,506
Fulica atra	03/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,014	83,922	0,287	0,205	25,792

Anexo 14. Concentraciones de metales pesados en hígado, y número de perdigones ingeridos

a= adulto, p= pollo, j=joven

Fulica atra	02/07/1998	Veta Hornitos	p	m	0	0,020	70,645	0,392	0,233	46,764
Fulica atra	02/07/1998	Veta Hornitos	p		0	0,032	46,885	0,381	0,077	37,275
Fulica atra	02/07/1998	Veta Hornitos	p	m	0	0,016	57,201	0,270	0,077	23,668
Fulica atra	26/06/1998	Veta Hornitos	j	m	0	0,034	91,308	0,339	0,314	75,290
Fulica atra	28/06/1998	Veta Hornitos	p	f	0	0,026	59,592	0,393	0,173	46,927
Fulica atra	30/06/1998	Veta Hornitos	j	m	0	0,030	60,952	0,324	0,175	47,858
Fulica atra	27/06/1998	Laguna Rincon	p	m	0	0,022	49,033	0,541	0,175	20,460
Fulica atra	30/06/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,013	42,963	0,643	0,077	12,300
Fulica atra	06/07/1998	Las Nuevas	j	m	0	0,029	59,262	0,181	0,331	40,902
Fulica atra	06/07/1998	Las Nuevas	j	f	0	0,028	51,401	0,212	1,013	34,936
Fulica atra	06/07/1998	Las Nuevas	a	f	0	0,118	57,872	0,256	1,195	12,611
Fulica atra	28/06/1998	Veta Hornitos	j	m	0	0,019	74,343	0,336	0,293	45,412
Fulica atra	09/07/1998	Canal de Marilo	p	m	0	0,023	61,917	0,570	0,077	52,345
Fulica atra	09/07/1998	Cancela Palacio	j	m	0	0,010	53,588	0,507	0,077	17,223
Fulica atra	09/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,003	52,164	0,692	0,077	32,248
Fulica atra	09/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,019	73,684	0,246	0,507	12,040
Fulica atra	09/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,022	73,817	0,365	0,343	43,461
Fulica atra	16/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,013	50,038	0,278	0,175	22,041
Fulica atra	07/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,019	60,746	0,415	0,077	18,292
Fulica atra	07/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,003	55,418	0,176	0,077	22,712
Fulica atra	14/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,007	44,060	0,573	0,077	17,950
Fulica atra	14/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,003	41,960	0,390	0,077	21,699
Fulica atra	14/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,028	57,165	0,382	0,077	23,740
Fulica atra	15/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,003	72,948	0,402	0,236	34,961
Especie	Fecha	Lugar	Edad	Sexo	Pb ingerido	ppm As	ppm Zn	ppm Se	ppm Pb	ppm Cu
Fulica atra	04/07/1998	Veta Hornitos	p	m	0	0,046	107,427	0,521	0,196	40,536
Fulica atra	05/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,003	61,923	0,283	0,077	12,485
Fulica atra	08/07/1998	Caño Travieso	a		0	0,020	81,278	0,562	0,077	18,221
Fulica atra	17/07/1998	Marilopez	p	m	0	0,006	102,104	0,852	0,077	21,915
Fulica atra	17/07/1998	Las Nuevas	p	f	0	0,003	93,305	0,325	0,182	29,186
Fulica atra	17/07/1998	Las Nuevas	p	m	0					
Fulica atra	17/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,009	72,200	0,544	0,077	32,260

Anexo 14. Concentraciones de metales pesados en hígado, y número de perdigones ingeridos

a= adulto, p= pollo, j=joven

Fulica atra	20/07/1998	Las Nuevas	p		0	0,080	190,184	0,383	1,411	101,531
Fulica atra	20/07/1998	Parque Nacional	p	m	0	0,046	105,944	0,183	0,506	74,814
Fulica atra	11/07/1998	Las Nuevas	p	f	0	0,034	84,542	0,379	0,364	95,462
Fulica atra	11/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,010	60,465	0,366	0,232	18,843
Fulica atra	11/07/1998	Las Nuevas	p		0	0,013	81,899	0,357	0,077	44,733
Fulica atra	11/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,003	75,153	0,462	0,077	57,915
Fulica atra	11/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,003	47,768	0,392	0,077	21,029
Fulica atra	24/07/1998	Parque Nacional	a	f	0	0,342	145,662	0,458	3,795	103,336
Fulica atra	24/07/1998	Parque Nacional	p	m	0	0,017	90,615	0,287	0,077	23,594
Fulica atra	24/07/1998	Parque Nacional	p	f	0	0,013	85,662	0,399	0,729	54,806
Fulica atra	24/07/1998	Parque Nacional	p	m	0	0,053	79,501	0,182	0,968	26,105
Fulica atra	22/07/1998	Parque Nacional	p	m	0	0,019	127,785	0,313	0,962	72,594
Fulica atra	22/07/1998	Parque Nacional	p		0	0,028	140,938	0,476	0,077	39,121
Fulica cristata	06/07/1999	Cañada de los Pajaros		m	0	0,024	35,771	0,186	0,247	11,301
Gallinula chloropus	29/12/1991				0	0,064	50,588	0,601	0,853	11,322
Gallinula chloropus	16/11/1998	Cano Aulaga	a	f	0	0,006	38,144	0,300	0,077	3,209
Gallinula chloropus	27/10/2000	Veta la Palma	j		0	0,003	22,176	0,297	0,077	4,609
Gallinula chloropus	15/11/2000		a	f	0	0,006	43,086	0,220	0,077	6,592
Gallinula chloropus	27/07/1998	Acebuche	p	m	0	0,009	90,744	0,445	0,077	11,734
Gallinula chloropus	16/11/1998	El Rocio	a	f	0	0,003	21,310	0,589	0,077	5,294
Anas platyrhynchos	17/07/1998	Las Nuevas	a	m		0,033	141,455	0,179	0,360	63,066
Marmaronetta angustirostris	15/08/1999	Cañada de los Pajaros		f	0	0,003	46,188	0,503	0,077	40,047
Especie	Fecha	Lugar	Edad	Sexo	Pb ingerido	ppm As	ppm Zn	ppm Se	ppm Pb	ppm Cu
Netta rufina	03/05/1996	Cañada de los Pajaros	a	m	0	0,003	54,981	0,274	0,230	368,203
Netta rufina	02/07/1998	Veta Hornitos	p	m	0	0,017	42,536	0,398	0,077	17,137
Netta rufina	30/06/1998	Veta Hornitos	p		0	0,030	89,710	0,426	0,077	626,826
Netta rufina	30/06/1998	Las Nuevas	p	m	0					
Netta rufina	30/06/1998	Las Nuevas	p	f	0	0,014	47,713	0,357	0,077	42,161
Netta rufina	14/07/1998	Las Nuevas	p		0	0,018	41,730	0,330	0,180	21,985
Netta rufina	03/07/1998	Veta Hornitos	p	m	0	0,026	136,610	0,216	0,387	242,235
Netta rufina	17/07/1998	Las Nuevas	p	f	0	0,038	101,360	0,205	0,508	356,062
Netta rufina	20/07/1998	Veta Hornitos	p	f	0	0,033	220,115	0,300	0,882	639,523

Anexo 14. Concentraciones de metales pesados en hígado, y número de perdigones ingeridos

a= adulto, p= pollo, j=joven

Netta rufina	17/07/1998	Veta Hornitos	p		0	0,010	68,434	0,671	0,176	195,111
Podiceps cristatus	14/07/1998	Las Nuevas	p	m	0	0,003	37,603	0,321	0,077	42,797
Porphyrio porphyrio	20/02/2000	Veta la Palma	a	m	0	0,032	42,692	0,067	0,383	5,988
Porphyrio porphyrio	20/02/2000	Veta la Palma	a			0,011	49,310	0,113	0,225	6,651
Porphyrio porphyrio	01/12/1995	Rio Guadaira			0	0,011	53,648	0,149	0,077	4,201
Porphyrio porphyrio				m	0	0,011	107,589	0,183	0,165	27,151
Porphyrio porphyrio	21/07/1997	Lucio Ansares		f	0	0,118	56,080	0,232	0,186	9,749
Porphyrio porphyrio	21/07/1997	Lucio Ansares		f	0	0,003	50,505	0,170	0,077	9,363
Porphyrio porphyrio	12/07/1997	Las Nuevas	p	m	0	0,016	51,062	0,494	0,077	11,235
Porphyrio porphyrio	17/07/1997	Las Nuevas	j	f	0	0,011	34,745	0,271	0,077	10,348
Porphyrio porphyrio	16/07/1997	Marisma Hinojo	j	m	0	0,014	54,713	0,234	0,225	14,524
Porphyrio porphyrio	17/07/1997	Las Nuevas	p	f	0	0,008	59,986	0,279	0,077	7,399
Porphyrio porphyrio	17/07/1998	Las Nuevas	p		0	0,003	59,630	0,204	0,077	7,479
Porphyrio porphyrio	19/11/1993	El Rocio	a	m	0	0,017	26,857	0,082	0,326	4,788
Porphyrio porphyrio	02/02/1998	La Rocina	a	m	0	0,007	114,488	0,135	0,768	8,826
Porphyrio porphyrio	02/02/1998	La Rocina	a	f	0	0,011	43,667	0,113	0,077	4,768
Porphyrio porphyrio	27/12/1990	Brazo de la To	a	f	0	0,013	14,388	0,101	0,077	2,656
Porphyrio porphyrio	17/07/1990	Pinar de San Agustin		f	0	0,003	68,851	0,291	0,077	8,279

Anexo 15. Concentraciones de metales pesados en los tejidos de ánsar común cazados en enero 2003

a= adulto, p= pollo, j=joven

Para cada elemento y tejido, las dos muestras subrayadas son las que tienen los niveles más altos.

No.	Sangre				Heces				Hueso				Músculo				Hígado			
	Pb	Cu	Zn	As	Pb	Cu	Zn	As	Pb	Cu	Zn	As	Pb	Cu	Zn	As	Pb	Cu	Zn	As
1	<u>6,04</u>	<u>18,08</u>	<u>40,86</u>	0,04	<u>18,17</u>	44,12	<u>281,72</u>	1,13	3,96	5,96	230,81	0,05	0,18	8,16	130,33	0,04	<u>8,39</u>	93,53	153,74	0,04
2	<u>5,87</u>	8,92	31,00	0,04	<u>13,90</u>	36,74	<u>201,79</u>	2,32	11,46	5,30	202,02	0,04					<u>12,85</u>	118,44	197,41	0,04
3	0,42	1,44	20,91	0,04	0,49	7,99	48,98	0,19	9,05	5,18	204,64	0,04	0,18	5,39	72,15	0,04	0,59	127,38	<u>227,31</u>	<u>0,08</u>
4	0,31	4,50	21,90	0,04	1,83	8,93	50,49	0,36	0,93	6,64	215,35	0,04	0,18	7,53	141,29	0,04	0,37	100,63	192,02	0,04
5	0,38	4,73	26,91	0,04	12,42	29,96	121,47	3,00	19,61	4,96	201,09	0,04	0,18	5,76	70,75	0,04	0,37	71,21	200,95	<u>0,07</u>
6	0,25	2,75	20,65	0,04	4,72	19,39	77,16	1,25	1,65	5,25	146,97	0,04	0,18	7,30	88,93	0,04	0,22	101,54	<u>244,87</u>	0,04
7	0,52	5,77	22,88	0,04	0,48	10,93	68,34	0,05	<u>45,16</u>	7,03	<u>264,66</u>	0,05	0,29	9,47	<u>173,38</u>	0,04	0,53	232,06	180,62	0,04
8	0,41	4,48	18,78	0,04	0,43	14,00	65,64	0,15	9,55	5,59	159,32	0,04	0,18	8,05	<u>165,24</u>	0,04	0,25	15,82	146,30	0,04
9					2,58	18,48	19,06	1,29	11,44	5,43	172,08	0,04	0,18	7,94	59,54	0,04	0,18	203,24	80,74	0,04
10	0,18	4,33	24,07	0,04	1,32	25,04	24,22	0,57	3,76	5,18	171,97	0,05	0,18	5,02	53,68	0,04	0,18	106,85	64,00	0,04
11	0,28	2,19	19,80	0,04	0,39	21,71	41,21	0,37	4,05	5,93	209,29	0,04	0,18	6,48	75,15	0,04	0,18	99,00	101,08	0,04
12					0,72	19,19	32,80	<u>3,47</u>	9,43	6,94	201,06	<u>0,09</u>	0,24	5,28	64,16	0,04	0,18	88,60	102,25	0,04
13					1,39	22,17	41,93	1,71	6,76	5,24	232,35	0,04	0,32	5,46	86,12	0,04	0,18	<u>298,07</u>	92,99	0,04
14					1,52	18,34	34,48	1,37	11,04	5,60	251,67	0,04	0,18	6,22	50,71	0,04	2,97	120,19	119,70	0,04
15					2,95	16,18	34,26	3,43	8,81	4,62	203,09	0,04	0,18	5,77	86,94	0,04	0,18	88,91	81,65	0,04
16					0,72	17,59	35,05	0,30	0,45	4,22	213,15	0,04	0,22	9,55	98,02	0,04	0,18	136,55	92,52	0,04
17	0,18	4,81	23,75	0,04	1,18	26,72	35,62	2,02	1,95	5,41	202,85	0,04	0,18	4,74	77,38	0,04	0,18	106,01	99,33	0,04
18	0,22	2,41	22,45	0,04	1,41	18,07	35,21	0,75	12,48	4,73	192,69	0,04	<u>0,45</u>	5,19	83,47	0,04	0,18	169,82	87,43	0,04
19	0,52	4,19	24,23	0,04	1,50	42,20	57,91	1,44	13,15	5,26	206,50	0,04	0,18	6,41	62,18	0,04	0,87	124,91	138,48	0,04
20	0,32	15,68	<u>33,73</u>	0,04	0,26	15,86	28,97	0,31	7,81	4,24	209,39	0,04	0,18	5,19	71,14	0,04	0,21	85,54	91,79	0,04
21	0,27	2,62	24,49	0,04	0,42	6,52	20,51	0,31	24,34	5,54	181,54	0,04	0,18	7,25	81,56	0,04	0,20	244,63	112,19	0,04
22	0,31	2,64	22,89	<u>0,04</u>	3,35	20,05	41,70	0,92	4,26	4,45	166,22	0,04	0,18	8,90	104,50	0,04	0,19	83,16	140,36	0,04
23	0,31	<u>19,03</u>	26,47	<u>0,04</u>	1,51	11,75	30,66	1,53	4,94	5,30	194,65	0,04	0,18	6,69	93,68	0,04	0,18	44,42	93,93	0,04
24	0,21	3,84	27,08	0,04	0,85	10,55	43,95	0,39	5,17	6,03	228,64	0,04	0,18	7,50	80,39	0,04	0,18	87,08	129,88	0,04
25	0,41	1,41	22,96	0,04	0,18	13,62	99,00	0,30	2,37	6,21	254,94	<u>0,07</u>	0,19	5,78	73,64	0,04	0,18	101,96	95,90	0,04

Anexo 15. Concentraciones de metales pesados en los tejidos de ánsar común cazados en enero 2003

a= adulto, p= pollo, j=joven

Para cada elemento y tejido, las dos muestras subrayadas son las que tienen los niveles más altos.

No.	Sangre				Heces				Hueso				Músculo				Hígado			
	Pb	Cu	Zn	As	Pb	Cu	Zn	As	Pb	Cu	Zn	As	Pb	Cu	Zn	As	Pb	Cu	Zn	As
26	0,83	1,06	24,85	0,04	0,44	14,54	67,85	0,07	6,82	5,92	199,96	0,04	0,20	5,32	63,85	0,04	0,58	55,18	97,10	0,04
27	0,18	9,28	26,08	0,04	1,40	20,44	36,17	1,13	3,15	4,92	215,88	0,04	0,20	5,49	64,62	0,04	0,20	37,04	80,96	0,04
28					1,99	17,43	29,35	<u>4,08</u>	6,17	5,90	242,79	0,04	0,42	7,61	108,51	0,04	0,18	68,81	88,28	0,04
29	0,18	1,41	18,85	0,04	0,75	54,02	63,49	1,60	2,80	5,79	169,50	0,04	0,18	8,48	119,81	0,04	0,18	81,02	124,84	0,04
30	0,32	1,98	20,69	0,04	2,10	26,27	49,54	1,88	1,96	5,67	197,01	0,04	0,18	4,25	91,67	0,04	0,18	44,37	117,28	0,04
31	0,24	2,04	24,67	0,04	0,18	11,67	54,98	0,25	2,30	6,37	220,13	0,07	0,18	4,64	66,76	0,04	0,18	54,80	98,75	0,04
32	0,26	1,55	25,73	0,04	0,32	15,72	47,60	0,36	3,93	6,71	205,65	0,05	0,21	4,90	77,61	0,04	0,20	83,74	102,00	0,04
33	0,18	1,44	23,87	0,04	0,24	14,54	61,29	0,34	5,39	<u>7,17</u>	240,53	0,04	0,21	5,91	79,50	0,04	0,18	53,27	94,80	0,04
34	0,20	1,50	21,41	0,04	0,65	12,47	53,47	0,40	2,14	4,45	179,97	0,04	0,18	9,09	112,74	0,04	0,19	44,69	208,63	0,04
35	0,18	6,02	22,09	0,04	1,09	16,43	34,36	2,61	4,25	4,94	202,64	0,04	0,22	6,30	81,68	0,04	0,18	54,29	91,56	0,04
36	0,55	8,31	27,10	0,04	0,62	17,26	55,59	0,22	4,19	<u>7,63</u>	200,68	0,04	0,18	<u>11,51</u>	111,91	0,04	0,18	114,15	118,50	0,04
37	0,93	4,37	20,00	0,04	0,24	12,38	54,39	0,12	5,15	5,91	224,09	0,06	0,30	5,01	63,49	<u>0,06</u>	2,05	<u>398,26</u>	178,97	0,04
38	0,18	1,67	22,74	0,04	1,04	18,66	39,72	2,11	0,54	6,23	235,22	0,04	0,18	4,14	55,69	0,04	0,18	92,50	96,79	0,04
39	0,18	3,58	16,47	0,04	1,34	16,14	33,70	0,84	5,61	5,33	224,47	0,04	0,40	10,23	86,75	0,04	0,18	52,77	82,84	0,04
40	2,37	2,96	22,46	0,04	0,88	13,76	66,27	0,24	19,45	4,88	183,40	0,04	0,37	5,58	82,36	0,04	3,87	86,99	119,73	0,04
41	0,52	5,05	21,21	0,04	0,18	27,52	62,57	0,29	<u>36,44</u>	6,40	251,66	0,06	0,18	9,13	107,76	0,04	1,08	112,03	118,27	0,04
42	0,60	5,04	25,29	0,04	0,18	<u>94,76</u>	145,17	1,44	13,04	5,76	219,27	0,04	<u>0,45</u>	6,37	82,99	<u>0,06</u>	0,46	112,29	101,39	0,04
43	0,22	1,68	24,30	0,04	0,18	10,80	35,76	0,12	0,93	4,84	<u>260,67</u>	0,04	0,18	<u>13,26</u>	131,41	0,04	0,18	87,92	93,70	0,04
44	0,33	2,97	24,72	0,04	0,27	13,39	49,59	0,13	7,67	5,86	226,13	0,06	0,24	7,36	75,65	0,04	0,18	65,99	90,10	0,04
45	0,18	15,19	24,98	0,04	0,53	<u>54,31</u>	50,16	0,75	1,98	3,60	181,61	0,04	0,18	5,91	69,49	0,04	0,18	34,80	70,00	0,04