

3. - RESULTADOS

3.1. - ESTUDIO DE LOS SEDIMENTOS

3.1.1. - CONCENTRACIÓN DE PERDIGONES EN EL SEDIMENTO

Se han prospectado en definitiva cinco zonas, con varias áreas de muestreo en algunas de ellas, tomándose entre 40 y 151 muestras de sedimento de cada área. Las concentraciones obtenidas (*Tabla 3.1*) oscilan entre los 2.875.984 perdigones/ha de la Albufera de València y la ausencia de perdigones en la Punta de la Banya del Delta de l'Ebre. Las zonas más contaminadas resultan ser la Albufera de València, la laguna de La Encanyissada del Delta de l'Ebre y el Embalse de Levante de El Fondo.

Tabla 3. 1. - Concentraciones de perdigones en las marismas españolas (valores para los primeros 20 cm de profundidad).

Zona	n	Perdigones	Concentración (perdigones/ha)
DELTA DE L'EBRE			
Llanada	100	54	485.524
Encanyissada	100	296	2.661.386
Illa de Buda	50	54	971.047
Punta de la Banya	100	0	0
ALBUFERA DE VALENCIA			
Arrozales de Sueca	51	483	2.875.984
EL FONDO			
Embalse de Levante	150	272	1.630.398
Charca Reserva	40	55	1.236.285
TABLAS DE DAIMIEL			
Puesto del Rey	151	167	994.388
DOÑANA			
L. de Caraviruelas	125	10	144.358
"	25	2	71.929

Los perdigones se distribuyen a lo largo de los 20 cm de profundidad muestreados de diferente forma según la zona, como se puede apreciar en las figuras siguientes (*Figuras 3.1 y 3.2*). Esta distribución vertical de los perdigones puede ser uniforme en las diferentes capas de sedimento, como sucede en los arrozales de la Llanada del Delta de l'Ebre; o puede haber una mayor concentración en las capas profundas, como en la laguna de la Encanyissada del Delta de l'Ebre o en el Embalse de Levante de El Fondo; o bien se puede dar una localización de los perdigones principalmente en la superficie, como en el caso de la laguna de la Illa de Buda.

En cuanto a las concentraciones de perdigones en los 5 cm más superficiales, que por otra parte son los más accesibles a las aves acuáticas, encontramos un máximo de 341.665 perdigones/ha en la zona de la Encanyissada que fue desecada y de la que únicamente estudiamos los cinco centímetros superiores. Pero esta concentración es todavía más elevada en la parte de ésta que además fue roturada, llegando a los 593.417 perdigones/ha. Esto indica que la desecación y posterior roturación del fondo de la laguna produjo un ascenso de los perdigones acumulados en capas profundas a la superficie, como se puede observar en la *Figura 3.1c*.

Figura 3.1. - Concentración de perdigones a diferentes profundidades en la Illa de Buda (a), los arrozales de la Llanada (b) y la Encanyissada (c) del Delta de l'Ebre y en los arrozales de Sueca de la Albufera de València (d).

En la Tabla 3.2 se puede observar que las zonas con mayores concentraciones de perdigones en el total del sedimento no son siempre las zonas con más perdigones en la superficie. Las zonas más afectadas y que suponen un mayor riesgo de intoxicación a las aves acuáticas son por lo tanto las lagunas de la Encanyissada y de la Illa de Buda del Delta de l'Ebre, los arrozales de la Albufera de València y el Embalse de Levante de El Fondo.

En la Illa de Buda del Delta de l'Ebre se ha estudiado el efecto de la proximidad de los puntos de caza (tinan) en la distribución de los perdigones en la laguna, no habiéndose observado diferencias significativas entre las diferentes distancias perpendiculares a la línea de tinan.

Figura 3.2. -Concentración de perdigones a diferentes profundidades en el Embalse de Levante (a) y la Charca Reserva (b) de El Fondo, en el Puesto del Rey de las Tablas de Daimiel (c) y en el Lucio de Caraviruelas en Doñana (d).

Las zonas muestreadas presentaban una cobertura vegetal diversa: así, por ejemplo, los arrozales de Sueca y de La Llanada presentaban restos del cultivo del arroz, mientras que las lagunas -a excepción de la Illa de Buda o la Encanyissada- apenas presentaban plantas subacuáticas. Por otra parte, en la Encanyissada la mitad de los transectos se llevaron a cabo en el interior de las formaciones de enea y carrizo que rodean la laguna. No obstante no se observó ningún efecto de la cobertura vegetal en la concentración de perdigones.

Tabla 3.2. - Concentración de perdigones en los 5 cm más superficiales de las marismas españolas.

Zona	n	Perdigones	Concentración (perdigones/ha)
DELTA DE L'EBRE			
Llanada	100	10	89.912
Encanyissada	100	5	44.956
Zona desecada	100	38	341.665
Illa de Buda	50	18	323.682
Punta de la Banya	100	0	0
ALBUFERA DE VALENCIA			
Arrozales de Sueca	151	37	220.313
EL FONDO			
Embalse de Levante	150	19	113.888
Charca Reserva	40	1	22.478
TABLAS DE DAIMIEL			
	151	7	41.681
DOÑANA			
L. de Caraviruelas	125	4	57.743
"	25	1	35.964

3.1.2. - ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

El estudio granulométrico revela que el sedimento en las zonas estudiadas está formado principalmente por limo y arena, todo ello partículas de tamaño inferior a 0,5 mm de diámetro. Las únicas partículas de tamaño superior al citado corresponden a conchas de bivalvos o gasterópodos que se encuentran, enteras o fragmentadas, a lo largo de la columna del sedimento. Estos fragmentos de conchas tienen interés como "grit" para algunas de las especies de aves estudiadas como veremos más adelante. Se debe recalcar por lo tanto la ausencia total de piedrecitas de diámetro similar a los perdigones en los sedimentos estudiados (Tabla 3.3).

Tabla 3.3. - Porcentaje de fracciones granulométricas del sedimento de diferentes marismas españolas.

Zona	Diámetro de la fracción			
	>4mm	4-2mm	2-1mm	1-0.5mm
DELTA DE L'EBRE				
Llanada	0.110	0.337	1,085	0,880
Encanyissada	1,309	0,539	0,936	0,676
Illa de Buda	0,794	0,416	1,866	1,449
Punta de la Banya	0,014	0,056	0,113	0,028
ALBUFERA DE VALÉNCIA	0,150	0,102	0,920	1,687
EL FONDO	0,007	0,010	0,242	0,604
TABLAS DE DAIMIEL	0,370	0,943	4,516	7,532
DOÑANA	0.000	0.082	0.417	0.996

Es de destacar también la ausencia de sedimento de cierto grosor en zonas como Doñana, El Fondo o la Punta de la Banya. El resto de zonas, aunque en realidad no poseen grava adecuada para las aves acuáticas, al menos presentan restos de conchas en cierta cantidad, lo que puede servir para algunas especies como fuente de grit. De todas las zonas estudiadas es en las Tablas de Daimiel donde se da una mayor concentración de la fracción de diámetro similar a los perdigones de plomo, lo que puede favorecer la menor ingestión de perdigones que en las otras zonas.

3.2. - ESTUDIO DE LAS POBLACIONES DE AVES

3.2.1. - ANÁLISIS INTRAESPECÍFICO

3.2.1.1. - Delta de l'Ebre

En el Delta de l'Ebre la intoxicación por plomo en aves acuáticas ha resultado ser importante para ciertas especies, como son el Ánade Rabudo, el Porrón Común o el más escaso Porrón Moñudo. Estudiando los resultados de la *Tabla 3.4* podemos observar que existen unas especies más afectadas que otras, en función del examen de la molleja. De esta forma ha habido dos especies con prevalencia muy alta, como el Ánade Rabudo y el Porrón Común, otras dos con una prevalencia alta, que han sido el Pato Cuchara y la Cerceta Común, otras dos con una prevalencia intermedia, el Pato Colorado y el Ánade Friso, y dos más con prevalencia baja o nula, como el Ánade Silbón o la Focha Común.

Tabla 3.4. - Prevalencia de la intoxicación por plomo en aves acuáticas del Delta de l'Ebre, según diagnóstico basado en la presencia de perdigones en molleja.

Especie	n	Psitivos	Prevalencia (%) ¹
A. penelope	19	1	5.3 C
A. strepera	23	2	8.7 BC
A. crecca	28	8	28.6 B
A. platyrhynchos	4	2	--
A. acuta	24	17	70.8 A ²
A. querquedula	2	0	--
A. clypeata	32	9	28.1 B
N. rufina	20	4	20.0 BC
A. ferina	26	18	69.2 A
A. fuligula	5	4	--

F. atra	28	1	3.6 C
G. gallinazo	2	0	--
TOTAL	213	66	31

- 1) Calculada para muestras superiores o iguales a seis ejemplares.
- 2) Prevalencias con una misma letra no difieren significativamente (Test de χ^2 , $P < 0,05$).

Unos resultados similares se extraen del análisis de plomo en hígado (Tabla 3.5). En este caso, en el nivel intermedio, también se incluye al Ánade Silbón.

En definitiva, en el Delta de l'Ebre se han estudiado un total de 212 animales mediante ambas técnicas diagnósticas, presencia de perdigones en molleja y niveles de plomo en hígado por encima de 5 ppm. De éstos, 54 han dado positivos y 143 negativos a las dos técnicas, 12 positivos al examen de la molleja pero negativos al análisis del hígado, y 3 positivos respecto al nivel de plomo en hígado pero negativos a la presencia de perdigones en la molleja. Según estos datos, el coeficiente Kappa de concordancia de las dos pruebas fue 0,8286. En el conjunto de animales de las 12 especies muestreadas la prevalencia resultante fue del 31% para el examen de la molleja y del 26,9% para el análisis del hígado, lo que daría una media para ambos valores del 29%. Sin embargo un 25,5% de los animales han sido positivos a ambas pruebas.

Tabla 3. 5. - Prevalencia de la intoxicación por plomo en las aves acuáticas del Delta de l'Ebre, en función de los niveles de plomo en hígado (valor umbral de intoxicación >5 ppm en peso seco).

Especie	n	Positivos	Prevalencia (%) ¹
A. penelope	19	1	5.3 BC
A. strepera	23	2	8.7 BC
A. crecca	28	6	21.4 B
A. platyrhynchos	3	2	--
A. acuta	24	18	75.0 A ²
A. querquedula	2	0	--
A. clypeata	32	8	25.0 B
N. rufina	20	2	10.0 BC
A. ferina	26	14	53.9 A
A. fuligula	5	3	--
F. atra	28	1	3.6 C
G. gallinazo	2	0	--
TOTAL	212	57	26.9

- 1) Calculada para muestras superiores o iguales a seis ejemplares.
- 2) Prevalencias con una misma letra no difieren significativamente (Test de χ^2 , $P < 0,05$).

Ánade Silbón *Anas penelope*

Ésta ha sido la anátida menos afectada por plumbismo de las estudiadas, ya que se ha detectado un sólo animal positivo y que además lo ha sido a ambas pruebas diagnósticas, lo que significa un 5,3% de prevalencia para la especie. El coeficiente Kappa de concordancia de ambas pruebas es igual a 1.

Al igual que las otras anátidas herbívoras, el Ánade Silbón selecciona un grit de pequeño tamaño, siendo en su

mayoría arena de menos de 0,5 mm de diámetro (*Figura 3.3a*).

Ánade Friso *Anas strepera*

Ésta es una de las anátidas menos afectadas, tan sólo 2 de 23 individuos muestreados presentaban perdigones en la molleja, lo que significa un 8,7% de la población. Respecto a niveles de plomo en hígado han dado positivos los mismos ejemplares, con lo que el porcentaje es el mismo por ambos métodos y el coeficiente Kappa es igual a 1.

Los dos animales con perdigones en la molleja tuvieron unos niveles de plomo en hígado superiores al resto de aves ($U=45$, $p=,0,0005$), con una mediana (rango) de 38,1 (16,3-60,0) ppm frente a $<2,5$ ($<2,5-4,4$) ppm en las aves sin perdigones.

Principalmente, presenta un grit de pequeño diámetro, sobre todo arena de menos de 0,5 mm de diámetro. No obstante se pueden encontrar algunas piedras de mayor tamaño en bajo número. Se ha visto que la composición del grit está algo influenciada por la edad, de forma que los animales adultos tienen más cantidad total de grit que los jóvenes ($F_{1,19}=7,163$, $p=0,015$) (*Figura 3.3b*)

Cerceta Común *Anas crecca*

Esta especie se encuentra en una situación similar a las otras anátidas granívoras, como el Pato Cuchara. La prevalencia respecto a molleja fue del 28,6% y para hígado del 21,4%. Según esto obtuvimos un valor promedio del 25%. Las pruebas han dado el mismo resultado positivo en el 21,41 de los ejemplares. El coeficiente Kappa de concordancia de ambas pruebas es 0,8108.

Como en la mayor parte de las especies estudiadas, los niveles de plomo en el hígado han sido mucho mayores en las aves que habían ingerido algún perdigón y todavía lo presentaban en la molleja en el momento de ser cazadas. Estas aves tenían 13,9 ($<2,5-61,1$) ppm, mientras que las que no presentaban perdigones tuvieron $<2,5$ ($<2,5-3,6$) ppm ($U=13,0$, $p=0,0002$).

Los niveles de plomo en hígado se correlacionaron positivamente con el número de perdigones en la molleja ($r=0,9491$, $p<0,001$), con el peso de éstos ($r=0,8990$, $p<0,001$) y con el peso de perdigón que se estima que ya ha sido erosionado ($r=0,9460$, $P<0,001$).

El tipo de grit de esta especie se encontraría a medio camino entre el patrón del Ánade Friso (herbívoro) y el del Pato Cuchara (granívoro), predominando el grit de menos de 0,5 mm de diámetro, pero con cierta selección de grit de entre 1-1,5 mm. Es una especie que tiene poca cantidad total de grit (*Figura 3.6a*).

Ánade Rabudo *Anas acuta*

Es una especie con una prevalencia muy alta, llegando a ser la más afectada de todas en el Delta de l'Ebre. En función de los perdigones en molleja se obtuvo un 70,8% de animales afectados y según niveles de plomo en hígado el valor se elevó al 75%. La media de los dos valores es un 72,9%, pero sólo el 70,8% de los individuos estudiados fueron positivos a ambas técnicas. El coeficiente Kappa de concordancia de ambas pruebas fue 0,8947.

Los animales con perdigones en molleja tuvieron niveles claramente más elevados de plomo en hígado ($U=1$, $p=0,0002$). Mientras la mediana (rango) en los animales expuestos a los perdigones fue 99,4 (5,2-146,6) ppm, en los no expuestos resultó ser $<2,5$ ($<2,5-5,6$) ppm.

El nivel de plomo en hígado se correlacionó positivamente con el número de perdigones en molleja ($r=0,7208$, $p<0,001$) (*Figura 3.4a*), con el peso de los perdigones de la molleja ($r=0,6278$, $p=0,001$) y con el peso erosionado de estos perdigones ($r=0,7392$, $p<0,001$) (*Figura 3.4b*).

Figura 3.4. - Correlación entre el nivel de plomo en hígado y los *parámetros de exposición a los perdigones* en el Ánade Rabudo del Delta de l'Ebre.

El plomo resultó tener un efecto adverso sobre la condición física de las aves, de forma que se observó una correlación negativa entre el índice de condición corporal y los parámetros de la exposición al plomo, como el logaritmo de la concentración de plomo en hígado ($r=-0,4395$, $p=0,046$) (*Figura 3.5a*), el número de perdigones en

la molleja ($r=-0,4825$, $p=0,027$) (*Figura 3.5b*), el peso de éstos ($r=-0,4677$, $p=0,032$) o el peso de perdigón erosionado ($r=-0,4708$, $p=0,031$).

En cuanto al tipo de grit consumido por el Ánade Rabudo, se pudo observar que la fracción más seleccionada junto con la arena fina de menos de 0,5 mm, que prácticamente se encontró en todas las especies en mayor o menor cantidad, fue la de un tamaño entre 1,5 y 2 mm de diámetro. En general las hembras mostraron ligeramente una mayor cantidad de partículas de grit de cierto grosor, como se puede apreciar en la *Figura 3.6b*. Se comprobó que las hembras presentaban mayor proporción de grit de entre 3-4 mm ($F_{1,16}=16,416$, $p=0,001$), mientras que en los machos fue la proporción de grit de entre 0,5-1 mm la que era algo superior a la de las hembras ($F_{1,16}=7,421$, $p=0,015$).

Figura 3.5. - Efecto de la exposición al plomo en la condición física del Ánade Rabudo en el Delta de l'Ebre.

Existieron diferencias también respecto a la edad. Se puede observar en la *Figura 3.6c* que las aves adultas presentaron ligeramente una mayor cantidad de grit, aunque tan sólo se pudo comprobar que la proporción de la fracción 3-4 mm, era mayor en los jóvenes ($F_{1,16}=28,307$, $p<0,001$). La presencia de perdigones en molleja ha incidido en la composición del grit de forma que los animales con perdigones tuvieron una menor proporción y cantidad de la fracción 1-1,5 mm ($F_{1,16}=8,005$, $p=0,012$ y $F_{1,16}=7,689$, $p=0,014$; respectivamente) (*Figura 3.6d*).

Pato Cuchara *Anas clypeata*

Es una especie con una afectación alta, dentro de las prevalencias que se han dado en las diferentes especies de aves acuáticas del presente estudio. No obstante, un 28,1% de los animales han sido positivos según molleja y un 25,0% lo fueron para la analítica de plomo en hígado. La media resultante es 26,6%, pero en realidad han sido positivos a ambas técnicas el 21,9% de los animales estudiados. El coeficiente Kappa para la concordancia de ambas pruebas fue 0,76.

Figura 3. 6. - Peso de las diferentes fracciones de grit de Cerceta Común y de Ánade Rabudo en el Delta de l'Ebre.

Las aves que tuvieron perdigones en la molleja presentaron unos niveles de plomo en hígado superiores, con 32,2 ($<2,5-377,9$) ppm, que las aves que no han estado expuestas a los perdigones, con $<2,5$ ($<2,5-14,653$) ppm, siendo esta diferencia altamente significativa ($U=19,0$, $p=0,0002$).

El número de perdigones de la molleja, el peso de éstos y la cantidad de plomo erosionado han resultado estar correlacionados de forma positiva con el nivel de plomo en el hígado, previa transformación logarítmica de los datos ($\ln [Pb] + 1$), ($r=0,7866$, $p<0,001$, $r=0,7761$, $p<0,001$ y $r=0,7794$, $p<0,001$; respectivamente).

Esta especie selecciona un grit de diámetro cercano a 1,5-2 mm, existiendo ciertas diferencias en cuanto al sexo y la presencia de perdigones en la molleja. Por una parte los machos ingieren mayor proporción de grit de entre 1,5-2 mm que las hembras ($F_{1,24}=4,485$, $p=0,045$), lo que indica que tienden a consumir un grit de cierto grosor (*Figura 3. 7a*). Mientras tanto, en las hembras no se observa una clara tendencia a ingerir un grit de determinado tamaño, siendo más variable el tipo de partícula que se encuentra en la molleja. También se ha observado que las aves con perdigones en la molleja presentan menor cantidad total de grit ($F_{1,24}=4,742$, $p=0,039$) (*Figura 3. 7b*).

Figura 3.7. - Peso de las diferentes fracciones de grit del Pato Cuchara en el Delta de l'Ebre.

Pato Colorado *Netta rufina*

Presentó un nivel de intoxicación intermedio, con un 20% de prevalencia, basándonos en el estudio de perdigones en molleja, y con un 10%, si consideramos la concentración de plomo en hígado. La media de estos dos valores es el 15%, aunque positivos a las dos pruebas han resultado ser el 10%. El coeficiente Kappa de concordancia de ambas pruebas fue igual a 0,6154.

Los cuatro animales con perdigones en molleja presentaron niveles más altos de plomo en hígado que el resto ($U=12$, $p=0,0386$), teniendo una mediana (y rango) de 6,1 ($<2,5-8,6$) ppm frente a $<2,5$ ($<2,5-4,7$) ppm de los

ejemplares no expuestos.

El grit consumido por el Pato Colorado es de diversos tamaños, dominando la arena fina, es decir, las partículas de menos de 0,5 mm de diámetro, aunque presenta cierta cantidad de partículas mayores que alcanzan los 3-4 mm de diámetro, principalmente en los machos (*Figura 3. 8a*). En este sentido los machos presentaron una mayor cantidad ($F_{1,16}=4,649$, $p=0,047$) y proporción ($F_{1,16}=4,757$, $p=0,044$) de grit de 2-3 mm. Por otra parte la edad tiene algún efecto, al darse en los adultos una mayor cantidad de grit de 0,5-1 mm ($F_{1,16}=6,058$, $p=0,026$) y una menor proporción de la fracción de 2 - 3 mm ($F_{1,16}=5,098$, $p=0,038$). En general en las aves adultas se observa una mayor selección de las partículas de grit gruesas (*Figura 3.8b*).

Figura 3. 8. - Peso de las diferentes fracciones de grit de Pato Colorado en el Delta de 1,Ebre.

Porrón Común *Aythya ferina*

Es junto con el Ánade Rabudo la especie más afectada de las estudiadas. La prevalencia está entre el 69,2% por el examen de molleja y el 53,9% por la analítica de plomo en hígado. El promedio de ambos resultados es 61,6%, aunque sólo el 53,8% de los animales muestrarios han sido positivos a ambas pruebas. El coeficiente Kappa de concordancia de ambas pruebas ha sido 0,6829.

Los niveles de plomo en el hígado de los Porrónes Comunes con perdigones en la molleja han sido significativamente superiores, con 12,1 (1,6-151,0) ppm, que los de los no expuestos a los perdigones, con <2,5 (<2,5-3,4) ppm ($U=2$, $p=0,0001$).

En el grupo de aves que presenta niveles de plomo inferiores a 5 ppm en hígado, se puede observar que tienen mayor cantidad de plomo si además presentan algún perdigón en la molleja. Mientras que las aves con perdigones tenían 3,9 (1,6-4,6) ppm, las aves sin perdigones presentaron <2,5 (<2,5-3,4) ppm ($U=2$, $p=0,008$).

Existe una correlación positiva entre los niveles de plomo en hígado transformados logarítmicamente y el número de perdigones en la molleja ($r=0,6978$, $p<0,001$), el peso de éstos ($r=0,5467$, $p=0,004$) y el peso que se estima erosionado ($r=0,7019$, $P<0,001$).

Respecto al tamaño de grit que escoge el Porrón Común, es la especie que ingiere mayor número de piedras del tamaño similar a los perdigones, de aproximadamente 2 mm de diámetro (*Figura 3.19a*).

Focha común *Fulica atra*

Tan sólo un ejemplar presentaba un perdigón en la molleja, y otro individuo tenía más de 5 ppm de plomo en hígado. De esta forma, considerando ambas técnicas, la prevalencia media resulta ser muy baja, en torno al 3,6%, de las Fochas Comunes muestreadas. Hay que destacar que no ha habido ningún ejemplar positivo a ambas pruebas diagnósticas y por lo tanto la concordancia de las pruebas ha sido nula.

El tipo de grit consumido por esta especie es bastante variable, desde piedras de más de 4 mm hasta la arena de menos de 0,5 mm de diámetro, predominando, no obstante, las fracciones más finas. (*Figura 3.9a*). Se ha podido comprobar que existe una tendencia en los machos a ingerir más piedras de un cierto grosor, teniendo por el contrario la hembras una mayor preferencia por la arena fina. Los machos tienen por tanto más cantidad de grit de las fracciones de 2-3 mm ($F_{1,23}=5,577$, $p=0,027$), 1,5-2 mm ($F_{1,23}=19,288$, $p<0,001$), 1-1,5 mm ($F_{1,23}=21,505$, $p<0,001$), 0,5-1 mm ($F_{1,23}=6,466$, $p=0,018$) y del total de grit de la molleja ($F_{1,23}=5,300$, $p=0,031$). En cuanto a la proporción que estas fracciones representan respecto al total del grit de la molleja también hay diferencias debidas al sexo en las fracciones de 1,5-2 mm y 1-1,5 mm ($p<0,001$). Por otra parte las hembras tienen mayor proporción de grit inferior a 0,5 mm ($F_{1,23}=11,537$, $p=0,002$).

Figura 3.9. - Peso de las diferentes fracciones de grit de Focha Común (a), la Cerceta Carretona y el Porrón Moñudo (b) del Delta de 1'Ebre.

Otras especies:

Ánade Real *Anas platyrhynchos*: De 4 individuos, 2 presentaban perdigones en molleja y también niveles elevados

de plomo. En cuanto al estudio del tamaño del grit de esta especie, se ha observado que escoge aquellas piedras de entre 3 y 2 mm de diámetro.

Cerceta Carretona *Anas querquedula*: De los dos ejemplares analizados, ninguno estaba intoxicado. El estudio del grit de estos individuos sugiere que podría ser una especie inicialmente susceptible al plumbismo (*Figura 3.9b*). Se trata de una especie poco común, básicamente presente durante la migración de primavera y otoño, lo que impide llevar a cabo un muestreo adecuado.

Porrón Moñudo *Aythya fuligula*: De esta especie poco abundante no se han conseguido más que 5 individuos, 4 de los cuales tenían perdigones en la molleja y 3 presentaban niveles superiores a 5 ppm en peso seco de hígado, lo que da un 80 y un 60% de prevalencia respectivamente. En el supuesto de que estos resultados fuesen significativos, seguramente nos encontraríamos ante una de las aves acuáticas más afectadas. Al igual que el Porrón Común, presenta un tamaño de grit bastante similar al de los perdigones, teniendo en cantidades considerables piedras de más de 3 mm de diámetro (*Figura 3.9b*).

Agachadiza Común *Gallinago gallinago*: Se trata de la única especie de limícolo estudiada en el Delta de l'Ebre, con tan sólo dos ejemplares muestreados. Ninguno de los dos presentaba perdigones en la molleja ni niveles elevados de plomo en el hígado. El tipo de grit consumido por la Agachadiza Común, está compuesto por piedras de entre 1 y 2 mm de diámetro.

3.2.1.2. - La Albufera de València

En la Albufera de València el plumbismo se manifiesta de forma similar al Delta de l'Ebre, con unas prevalencias para las especies estudiadas bastante parecidas entre ambas zonas.

En función del examen de la molleja se pueden establecer dos grupos de especies. Por una parte tenemos el Ánade Real, el Pato Cuchara y el Pato Colorado, con una prevalencia alta, y por otra parte la única especie de limícolo estudiada, la Agachadiza Común no resulta estar afectada por plumbismo (*Tabla 3.6*).

Respecto al análisis del hígado, podemos decir que el Ánade Real presenta una prevalencia alta, mientras el Pato Cuchara y el Pato Colorado tendrían una prevalencia intermedia y la Agachadiza Común, estaría afectada pero con una prevalencia baja (*Tabla 3.7*).

En total, en la Albufera de València, se han estudiado 113 animales de nueve especies diferentes, dando una prevalencia en función del examen de la molleja del 23%. De 92 de estos animales se ha podido analizar también el hígado, dando una prevalencia del 20,7%. La prevalencia promedio obtenida de los dos valores anteriores es del 21,9%. De todos estos en que se ha podido realizar ambas pruebas, 10 han sido positivos y 64 negativos a ambas técnicas, nueve positivos al análisis del hígado pero negativos al examen de la molleja, y otros nueve han sido negativos al análisis del hígado pero han presentado perdigones en la molleja. Por lo tanto el 10,9% de los animales muestreados han sido positivos a ambas pruebas. Esto indica que la concordancia de las pruebas ha sido baja, con un coeficiente Kappa igual a 0,4030.

Tabla 3.6. - Prevalencia de la intoxicación por plomo en aves acuáticas de la Albufera de València, según diagnóstico basado en la presencia de perdigones en molleja.

Especie	n	Positivos	Prevalencia (%) ¹
A. penelope	2	0	--
A. strepera	2	1	--
A. crecca	3	1	--
A. platyrhynchos	26	9	34.6 A ²
A. clypeata	26	8	30.8 A
N. rufina	17	3	17.7 A
A. ferina	4	4	--
F. atra	3	0	--

G. gallinazo	30	0	0.0 B
TOTAL	113	26	23.0

- 1) Calculada para muestras superiores o iguales a seisejemplares.
- 2) Prevalencias con una misma letra no difieren significativamente (Test de X^2 , $P < 0,05$).

Tabla 3. 7. - Prevalencia de la intoxicación por plomo en las aves acuáticas de la Albufera de València, en función de los niveles de plomo en hígado (valor umbral de intoxicación >5 ppm en peso seco).

Especie	n	Positivos	Prevalencia (%) ¹
A. platyrhynchos	26	10	38.5 A ¹
A. clypeata	21	3	14.3 AB
N. rufina	16	3	18.8 AB
G. gallinazo	29	3	10.3 B
TOTAL	92	19	20.7

- 1) Prevalencias con una misma letra no difieren significativamente (Test de x^2 $P < 0,05$).

Ánade Real *Anas platyrhynchos*

La prevalencia resultante del estudio de las mollejas es del 34,6% mientras que para el análisis del hígado es de un 38,5%. La media de estos dos valores es el 36,6%, pero tan sólo han sido positivos a ambas pruebas el 26,9% de la muestra. El coeficiente Kappa de concordancia de las dos pruebas diagnosticas ha sido igual a 0,5860.

Los niveles de plomo en hígado de los animales expuestos a los perdigones son significativamente superiores, teniendo 17,0 ($<2,5 - 80,4$) ppm de plomo, mientras que los no expuestos presentan $<2,5$ ($<2,5-15,9$) ppm ($U=27$, $p=0,0044$).

Se ha observado un efecto del plomo en la condición física de las aves, de forma que existe una correlación negativa entre el índice de condición corporal y la concentración de plomo en hígado ($r=-0,7508$, $p=0,005$) (Figura 1.10a).

Figura 3.10. - Efecto de la exposición al plomo en la condición física (a) y peso de las diferentes fracciones de grit (b) del Ánade Real en la Albufera de València.

En cuanto a la composición del grit, se puede observar que los diámetros entre 1 y 2 mm son los más abundantes. Existe cierta variación en la composición del grit en función del sexo (Figura 3.10b). En los machos encontramos una mayor cantidad de grit de diámetro entre 1-1,5 mm ($F_{1,22}=4,847$, $p=0,038$) y en general presentan una mayor cantidad de grit que las hembras. En este caso no se ha introducido en el análisis de la varianza el factor edad, debido a que se ha podido determinar en pocos individuos.

Pato Cuchara *Anas clypeata*

Los valores de prevalencia obtenidos por inspección de mollejas y por análisis del hígado son 30,8 y 14,3% respectivamente, siendo la media de éstos el 22,6%. En esta especie el 9,5% de los individuos fueron positivos a ambas pruebas. La concordancia de ambas pruebas ha sido muy baja, con un coeficiente Kappa de 0,25.

Las aves que presentaron perdigones en la molleja mostraron un nivel de plomo en el hígado superior al grupo de aves no expuestas, 2,5 ($<2,5-143,8$) ppm frente a $<2,5$ ($<2,5-6,5$) ppm en las aves no expuestas ($U=22$, $p=0,0164$).

En esta especie se observa que los niveles de plomo que denominamos basales dependen de la ingestión de

perdigones, que si bien no ha llegado a aumentar la concentración de plomo en hígado por encima de las 5 ppm sobre peso seco, sí que ha producido una cierta elevación. De esta forma se ha encontrado en las aves con niveles de plomo en hígado inferiores a 5 ppm, una concentración superior en los que habían ingerido perdigones que en los no expuestos ($U=17$, $p=0,0359$).

Existe una correlación positiva de la concentración de plomo en el hígado con el número de perdigones de la molleja ($r=0,8431$, $p< 0,001$), el peso de estos perdigones ($r=0,9140$, $p< 0,001$) y la estimación del peso de plomo que ha sido erosionado en la molleja ($r=0,8310$, $P<, 0,001$).

En cuanto al análisis del grit, sin considerar el factor edad, podemos observar que los machos presentan una mayor cantidad de la fracción de grit de 2-3 mm de diámetro ($F_{1,21}=4,485$, $p=0,038$) y de la fracción de 1,5-2 mm ($F_{1,21}=4,485$, $p=0,046$). También presentan los machos una mayor proporción de la fracción de grit de 2-3 mm respecto al total ($F_{1,21}=6,343$, $p=0,020$). En definitiva se observa en estas aves una selección de grit de un tamaño determinado, en torno a 1,5-2 mm, que no es tan clara en el caso de las hembras (Figura 3.11a).

Figura 3.11. - *Peso de las diferentes fracciones de grit de Pato Cuchara (a) y de la Agachadiza Común (b) de la Albufera de Valencia.*

Pato Colorado *Netta rufina*

Presenta una prevalencia bastante parecida para los dos métodos empleados. En el caso de estudiar la molleja resulta ser del 17,7% y estudiando el nivel de plomo en hígado del 18,8%. La media de estos dos valores es el 18,3%. No obstante, tan sólo el 6,3% de los ejemplares muestreados han sido positivo a ambas pruebas. En este caso la concordancia ha sido muy baja, con un coeficiente Kappa de 0,1795.

El grit ingerido por el Pato Colorado en la Albufera de València es de un tamaño entre 0,5 y 1,5 mm de diámetro (Figura 3.17a)

Agachadiza Común *Gallinago gallinago*

Al igual que en el Delta de l'Ebre, la especie no parece estar afectada, por lo menos según la presencia de perdigones en la molleja. Sin embargo, si tomamos como referencia los niveles de plomo en hígado resulta tener un 10,3% de prevalencia. La media de estos resultados sería el 5,2%. En este caso ningún ejemplar ha sido positivo a las dos pruebas y la concordancia de las pruebas ha resultado nula.

El tipo de grit consumido por esta especie está mayoritariamente formado por piedras de tamaño entre 1 y 2 mm de diámetro, aunque también presenta cierta cantidad de partículas más finas (Figura 3.11b). En los machos de esta especie se ha encontrado una mayor cantidad de grit de 0,5-1 mm ($F_{1,19}=4,514$, $p=0,047$), consumiendo en general una cantidad mayor de grit.

Otras especies

Del resto de ejemplares muestreados, correspondientes a otras especies diferentes de las anteriores (Tabla 3.6), podemos ver que el **Porrón Común** puede ser una especie muy afectada por plumbismo, ya que los cuatro individuos analizados presentaban perdigones en la molleja. El **Ánade Friso** y la **Cerceta Común** también parecen tener cierto grado de afectación y en el **Ánade Silbón** y la **Focha Común** no se han encontrado casos positivos.

Por último comentar que en las aves capturadas en el Marjal de Almenara se ha encontrado un Pato Cuchara con perdigones en la molleja de los dos examinados. Tanto el Ánade Rabudo como el Ánade Silbón también examinados han sido negativos en cuanto el estudio de la molleja.

3.2.1.3. - El Fondo

En este humedal suralicantino la incidencia del plumbismo en las aves acuáticas parece ser similar a la de las otras zonas comentadas anteriormente. En función de la presencia de perdigones en molleja podemos decir que hay una especie muy afectada, el Porrón Común, y otras dos en las que la prevalencia es media/alta, el Pato Cuchara y el Pato Colorado (Tabla 3.8).

Los niveles de plomo en hígado han sido estudiados en muy pocos animales, tan sólo en 15 ejemplares de las tres especies citadas anteriormente, dando unos valores de prevalencia un tanto más bajos que los anteriores (Tabla 3.9)

En total, de las 43 aves muestreadas de 7 especies diferentes, un 44,2% presentó perdigones en molleja. De las 15 aves en que se realizó la determinación de plomo en hígado, el 33,3% tenía niveles por encima de 5 ppm. La media de estos dos valores sería del 38,8%; aunque los resultados han sido positivos a las dos técnicas para el 33,3%, ya que cuatro ejemplares presentaron perdigones en molleja pero los niveles de plomo en hígado no estuvieron por encima de 5 ppm. La concordancia de las dos pruebas en las aves de El Fondo ha sido baja, con un coeficiente Kappa igual a 0,5.

Tabla 3.8. - Prevalencia de la intoxicación por plomo en aves acuáticas de El Fondo, según diagnóstico basado en la presencia de perdigones en molleja.

Especie	n	Positivos	Prevalencia (%) ¹
<i>A. penelope</i>	1	0	--
<i>A. platyrhynchos</i>	1	0	--
<i>A. acuta</i>	2	1	--
<i>A. clypeata</i>	17	6	35.3 B ²
<i>N. rufina</i>	7	2	28.6 B
<i>A. ferina</i>	12	10	83.3 A
<i>F. atra</i>	3	0	--
TOTAL	43	19	44.2

1) Calculada para muestras superiores o iguales a seis ejemplares.

2) Prevalencias con una misma letra no difieren significativamente (Test de χ^2 $P < 0,05$).

Tabla 3.9. - Prevalencia de la intoxicación por plomo en las aves acuáticas de El Fondo, en función de los niveles de plomo en hígado (valor umbral de intoxicación >5 ppm en peso seco).

Especie	n	Positivos	Prevalencia (%) ¹
<i>A. clypeata</i>	3	1	--
<i>N. rufina</i>	6	1	16.7 A ²
<i>A. ferina</i>	6	3	50.0 A
TOTAL	15	5	33.3

1) Calculada para muestras superiores o iguales a seis ejemplares

2) Prevalencias con una misma letra no difieren significativamente (Test de χ^2 $P < 0,05$).

Pato Cuchara *Anas clypeata*

De los tres ejemplares capturados en la temporada 1991-92, dos tenían perdigones en la molleja, pero tan sólo uno de ellos presentaba niveles elevados de plomo en hígado. De las 14 aves capturadas con anterioridad, 4 presentaban algún perdigón en la molleja. Con todos los animales agrupados obtenemos una prevalencia, respecto al examen de la molleja, del 35,3%.

El Pato Cuchara en el Fondo ingiere un grit de un tamaño bastante variable, siendo la fracción más frecuente la de 1,5-2 mm de diámetro. Los machos presentan una mayor proporción de grit de 1-1,5 mm ($F_{1,13}=5,047$, $p=0,043$), y en general tienden a seleccionar partículas gruesas en mayor proporción que las hembras (Figura 3.12).

Pato Colorado *Netta rufina*

En la temporada de 1991-92 se estudiaron seis individuos, de los que dos tenían perdigones en la molleja y uno fue positivo a la analítica del hígado. El individuo que había sido capturado en la temporada 1986-87 no presentaba perdigones en la molleja. Por lo tanto, el 28,6% son positivos al examen de la molleja y el 16,7% para el análisis del hígado. La media de estos resultados es el 22,7%. El 16,6% de los animales muestreados han sido positivos a ambos métodos y el coeficiente Kappa de concordancia ha sido igual a 0,5714.

La fracción de grit predominante es la formada por las partículas de entre 0,5 y 1 mm de diámetro, con poca cantidad de arena inferior a 0,5 mm, o piedras de cierto grosor (Figura 3.17a).

Figura 3.12. - *Peso de las diferentes fracciones de grit de Pato Cuchara de El Fondo.*

Porrón común *Aythya ferina*

De los seis animales muestreados, cinco presentaban perdigones en la molleja y tres fueron positivos al análisis del hígado. En los animales que habían sido capturados en la temporada 1986-87, de los cuales únicamente se estudió la molleja, la prevalencia fue la misma. En total hubo cinco animales de seis con perdigones en su molleja. La prevalencia total resultante para el estudio de la molleja es del 83,3% y del 50% para el análisis del hígado, con una media del 66,7%. Han resultado positivas a ambas pruebas el 50% de las aves, siendo el coeficiente Kappa igual a 0,3333.

Se puede observar en esta especie una correlación negativa del número de perdigones que presentan las aves en la molleja y el peso de éstos, con el índice de condición corporal ($r=-0,821$, $p=0,045$ y $r=-0,9037$, $p=0,035$; respectivamente) (Figura 3.13a) El grit consumido en esta zona por el Porrón Común está formado por partículas bastante gruesas, que llegan a superar los 4 mm de diámetro, si bien la que se encuentra en mayor cantidad es la que tiene entre 1 y 2 mm (Figura 3.13b). Los ejemplares que presentaron perdigones en la molleja tenían una menor cantidad de grit de 2-3 mm ($F_{1,8}=5,783$, $p=0,043$), y en general una menor cantidad de grit de todas las fracciones.

Figura 3.13. - Efecto de la exposición a los perdigones de plomo en la condición física (a) y peso de las diferentes fracciones de grit (b) del Porrón Común en El Fondo.

Otras especies

Se han estudiado otras aves pertenecientes a otras 4 especies. En tres de estas especies, un **Ánade Silbón**, un **Anade Real** y tres **Fochas Comunes** no se encontraron perdigones en la molleja. En la especie restante, de dos **Ánades Rabudos** muestreados, uno de ellos resultó ser positivo al examen de la molleja.

3.2.1.4. - Las Tablas de Daimiel

La especie estudiada, el **Ánade Real** presenta, a pesar de la prohibición de la caza, una prevalencia de la intoxicación del 10% según molleja y del 6,7% según niveles de plomo en vísceras. La prevalencia media resultante de estos dos valores es del 8,3%. En este caso los dos animales con niveles de plomo en hígado por encima de 5 ppm no presentaban perdigones en la molleja, mientras que los que sí presentaban perdigones tenían niveles bajos de plomo (concordancia nula). No obstante, dentro de las aves con menos de 5 ppm de plomo en hígado, las que presentaron perdigones tenían una mayor concentración basal de plomo, con 2,2 (<2,5 - 4,2) ppm, que el resto, con <2,5 (<2,5-3,8) ppm ($U=17$, $p=0,0226$).

El grit consumido está en torno a 1,5 mm de diámetro (Figura 3.14a), existiendo ciertas variaciones dependientes de la ingestión de perdigones, aunque el número de animales que los ha ingerido es demasiado pequeño como para sacar conclusiones. Los individuos con perdigones en la molleja presentan una mayor cantidad de grit de 2-3 mm ($F_{1,26}=6,818$, $p=0,015$) y una mayor proporción de esta fracción con respecto al total de grit de la molleja ($F_{1,26}=8,026$, $p=0,009$).

Tabla 3. 10. - Prevalencias de la intoxicación por plomo en el **Ánade Real** de las Tablas de Daimiel obtenidas mediante dos métodos de diagnóstico.

Método	n	Psitivos	Prevalencia(%)
--------	---	----------	----------------

Perdigones en molleja	30	3	10.0
[Pb] en Hígado (>5 ppm)	30	2	6.7

3.2.1.5. - Doñana

Los resultados indican que existe la exposición a los perdigones de plomo en las aves acuáticas en las Marismas del Guadalquivir (Tabla 3.11), aunque extraer ciertos resultados a partir de la pequeña muestra tomada puede ser bastante arriesgado.

Tabla 3.11. - Prevalencia de la intoxicación por plomo en aves acuáticas de Doñana, según diagnóstico basado en la presencia de perdigones en molleja.

Especie	n	Positivos	Prevalencia(%)
<i>A. anser</i>	6	2	33.3 A ¹
<i>A. platyrhynchos</i>	6	1	16.7 A
TOTAL	12	3	25.0

1) Prevalencias con una misma letra no difieren significativamente (Test de χ^2 $P < 0,05$).

Las dos especies estudiadas han presentado animales positivos tanto al examen de la molleja, que para el total de individuos es del 25%, como para el análisis del hígado (Tabla 3.12), con un 33,3%, lo que nos da una media del 29%. De los doce ejemplares analizados dos fueron positivos y siete negativos a ambas pruebas, dos positivos al análisis del hígado pero negativos al examen de la molleja y un ejemplar mostró los resultados opuestos. En función de estos resultados la concordancia de las dos pruebas ha sido baja, con un coeficiente Kappa igual a 0,4.

Ánsar Común *Anser anser*

Únicamente han estado analizados seis individuos de los cuales 2 presentaban algún perdigón en la molleja y uno de ellos tenía además niveles de plomo en hígado elevados. El valor medio de la prevalencia de los dos métodos es del 25%, pero han sido positivos a ambas pruebas el 16,7-6. El tipo de grit consumido por esta especie es bastante variable, encontrándose individuos con una gran cantidad de arena fina y otros con una predominancia de partículas de arena gruesa o piedras de más de 1 mm (Figura 3.14b).

Tabla 3.12. -Prevalencia de la intoxicación por plomo en aves acuáticas de Doñana, en función de los niveles de plomo en hígado (valor umbral de intoxicación >5 ppm en peso seco).

Especie	n	Positivos	Prevalencia(%)
<i>A. anser</i>	6	1	16.7 A ¹
<i>A. platyrhynchos</i>	6	3	50.0 A
TOTAL	12	4	33.3

1)Prevalencias con una misma letra no difieren significativamente (Test de χ^2 $P < 0,05$).

Figura 3.14. -Peso de las diferentes fracciones de grit de Ánade Real de las Tablas de Daimiel (a) y de Ánsar Común de Doñana (b)

Ánade Real *Anas platyrhynchos*

De los seis ejemplares examinados, tres no presentaron ni perdigones en molleja ni niveles elevados de plomo en hígado, uno fue positivo a ambas pruebas y otros dos tenían niveles de plomo en hígado elevados sin tener perdigones en la molleja. De esta forma la media de la prevalencia de ambas técnicas es del 33,4%, aunque los resultados positivos para las dos a la vez se han obtenido en tan sólo el 16,7%. El grit que se ha encontrado en la

molleja está básicamente formado por piedras de 1-2 mm de diámetro, como en las otras zonas en que se ha estudiado a la especie (*Figura 3.15a*).

3.2.1.6. - Diferencias entre localidades

El total de aves estudiadas para el examen de la molleja ha sido de 415, encontrándose perdigones en la molleja de 118 de ellas. Esto se corresponde, para el conjunto de aves estudiadas, a una prevalencia del 28,41 en cuanto a la ingestión de perdigones (*Tabla 3.10*). En general la especie más afectada es el Porrón Común, seguido del Ánade Rabudo. Del resto de especies la prevalencia se encuentra en la zona del 10-30%, menos en la Agachadiza Común, la Focha Común y el Ánade Silbón que presentan una prevalencia muy baja, casi nula. Otra especie muy afectada podría ser el Porrón Moñudo, aunque sería necesaria una mayor muestra.

Tabla 3. 10. - Prevalencia de la intoxicación por plomo en aves acuáticas de las zonas húmedas españolas, según diagnóstico basado en la presencia de perdigones en molleja.

Especie	n	Positivos	Prevalencia (%) ¹
<i>A. anser</i>	6	2	33.3
<i>A. penelope</i>	23	1	4.3
<i>A. strepera</i>	25	3	12.0
<i>A. crecca</i>	31	9	29.0
<i>A. platyrhynchos</i>	67	15	22.4
<i>A. acuta</i>	27	18	66.7
<i>A. querquedula</i>	2	-	--
<i>A. clypeata</i>	77	24	31.2
<i>N. rufina</i>	44	9	20.5
<i>A. ferina</i>	42	32	76.2
<i>A. fuligula</i>	5	4	80.0
<i>F. atra</i>	34	1	2.9
<i>G. gallinago</i>	32	-	--
TOTAL	415	118	28.4

En el caso de la determinación del nivel de plomo en el hígado, se han estudiado un total de 361 aves, de las cuales 87 presentaron niveles sobre 5 ppm. Esto representa el 24,11 de las aves estudiadas (*Tabla 3.11*). En este caso, aunque la especie con prevalencia más alta es el Ánade Rabudo, sigue estando acompañado del Porrón Común. En cuanto al resto de especies, los resultados son similares a los obtenidos mediante el examen de la molleja, o tal vez un poco más bajos.

La concordancia obtenida entre las dos pruebas empleadas para diagnosticar la exposición al plomo viene expresada mediante el coeficiente Kappa con un valor de 0,6758. La sensibilidad del examen de la molleja de las aves cazadas para detectar aves con más de 5 ppm en peso seco de hígado ha sido del 81, 6% y la especificidad del 89,4%, como se extrae de la tabla de contingencia siguiente:

		[Pb] en hígado	
		+	-
Perdigones en Molleja	+	71	29
	-	16	245

En el conjunto de animales cazados los niveles de plomo en hígado han sido superiores en las aves que presentaron

perdigones en el examen de la molleja, con 10,9 (<2,5-377,9) ppm, que las que no tenían perdigones, con <2,5 (<2,5-78,4) ppm (U=2959,5, $p < 0,0001$). En las aves que mostraron unos niveles de plomo en hígado por debajo de 5 ppm (niveles basales), se ha visto que éstos fueron más elevados en el caso de que las aves hubiesen ingerido perdigones, con 2,0 (<2,5-4,8) ppm, que si no lo habían hecho, con <2,5 (<2,5-4,7) ppm (U=2177,5, $p < 0,0001$).

Toda esta relación entre la ingestión de perdigones y los niveles hepáticos de plomo viene apoyada por el hecho de que éstos niveles (ln [pb] +1) estén correlacionados positivamente con el número de perdigones de la molleja ($r=0,6135$, $p < 0,001$), el peso de estos perdigones ($r=0,4444$, $p < 0,001$) y el peso de plomo que se estima que ha sido erosionado en la molleja ($r=0,6407$, $P < 0,001$).

Tabla 3. 11. - Prevalencia de la intoxicación por plomo en las aves acuáticas de las zonas húmedas españolas, en función de los niveles de plomo en hígado (valor umbral de intoxicación >5 ppm en peso seco).

Especie	n	Positivos	Prevalencia (%) ¹
<i>A. anser</i>	6	1	16.7
<i>A. penelope</i>	19	1	5.3
<i>A. strepera</i>	23	2	8.7
<i>A. crecca</i>	28	6	21.4
<i>A. platyrhynchos</i>	65	17	26.2
<i>A. acuta</i>	24	18	75.0
<i>A. querquedula</i>	2	--	--
<i>A. clypeata</i>	56	12	21.4
<i>N. rufina</i>	42	6	14.3
<i>A. ferina</i>	32	17	53.1
<i>A. fuligula</i>	5	3	60.0
<i>F. atra</i>	28	1	3.6
<i>G. gallinago</i>	31	3	9.7
TOTAL	361	87	24.1

De cuatro especies se ha podido realizar un muestreo representativo en más de una de las zonas de estudio, lo que ha permitido realizar una comparación entre localidades de los aspectos estudiados en cada zona por separado.

Ánade Real *Anas platyrhynchos*

Esta especie ha estado estudiada en tres zonas, Albufera de València, Tablas de Daimiel y Doñana. La prevalencia no ha sido significativamente diferente entre la Albufera de València y Doñana, teniendo en cuenta que el muestreo de Doñana ha sido muy bajo y por lo tanto los datos disponibles no son demasiados fiables. Sin embargo, las prevalencias de presencia de perdigones en la molleja y de niveles elevados de plomo en hígado han sido significativamente más bajas en las Tablas de Daimiel que en las otras dos zonas (Test de χ^2 , $p < 0,05$). La prevalencia en la Albufera de València ha estado alrededor del 35%, para ambos métodos, mientras que en las Tablas de Daimiel no ha sobrepasado el 10%. La concordancia (Kappa) de los resultados de ambas pruebas para todos los Ánades Reales estudiados ha sido igual a 0,5032.

En los Ánades Reales de las tres zonas se pueden observar unos mayores niveles de plomo en el hígado de los animales con perdigones en molleja, con 9,2 (<2,5-80,4) ppm, que en el resto, con <2,5 (<2,5-78,4) ppm (U=135,5, $p=0,0003$).

A nivel de esta especie se observa una correlación positiva entre la concentración de plomo en hígado y parámetros de la exposición a los perdigones de plomo, como el número de perdigones que hay en la molleja ($r=0,2582$, $p=0,043$) y el peso de plomo que se estima erosionado ($r=0,62620$, $p < 0,001$).

Los individuos con niveles de plomo en hígado por encima de 5 ppm pesan menos ($F_{1,37}=12,207, p=0,001$). De la misma forma se ha observado una correlación negativa del peso con la concentración de plomo en hígado, previa transformación logarítmica, ($r=-0,4304, p=0,001$), con el peso erosionado de los perdigones de la molleja ($r=-0,3397, p=0,007$) y con el número de perdigones ($r=-0,2751, p=0,030$) (*Figura 3.18a*).

Existen diferencias en la composición del grit entre las zonas donde han sido capturadas las aves. Hay diferencias en la cantidad de grit mayor de 4 mm de diámetro ($F_{2,52}=5,063, p=0,010$), siendo mayor en las aves capturadas en Doñana que en las de la Albufera de València. En esta última zona húmeda se encuentra una menor cantidad de grit de 1-1,5 mm ($F_{2,52}=4,693, p=0,013$) que en las otras dos zonas. En la Albufera de València la cantidad de grit $<0,5$ mm ($F_{2,52}=6,429, p=0,003$) es menor que en Doñana y la cantidad total de grit es menor que en las otras dos zonas ($F_{2,52}=6,893, p=0,002$). También difieren las proporciones de las fracciones de grit entre las zonas. Esto sucede en la fracción superior a 4 mm ($F_{2,52}=5,957, p=0,005$), siendo mayor en las aves de Doñana. La fracción de 1,5-2 mm ($F_{2,52}=3,632, p=0,033$) está en mayor proporción en la Albufera de València y la de diámetro inferior a 0,5 mm en Doñana ($F_{2,52}=5,899, p=0,005$) (*Figura 3.15a*).

Existen algunas diferencias en la composición del grit en función de la presencia de perdigones en la molleja, de forma que los animales expuestos presentan mayor cantidad y proporción de grit de la fracción de 2-3 mm ($F_{1,52}=4,949, p=0,030$ y $F_{1,52}=4,698, p=0,035$; respectivamente). Si observamos la *Figura 3.15b*, estas diferencias son poco notables en el conjunto de las fracciones de grit, con lo que se podría creer que la presencia de perdigones en la molleja no afecta de una forma clara a la composición de grit del Ánade Real.

Figura 3.15 Peso de las diferentes fracciones de grit de Ánade Real.

Pato Cuchara *Anas clypeata*

Entre las tres zonas en que se ha estudiado el Pato Cuchara, Delta de l'Ebre, Albufera de València y El Fondo, no se han detectado diferencias estadísticamente significativas para la prevalencia de plumbismo obtenida según los dos métodos utilizados. La prevalencia media de las tres zonas ha sido del 31,4% según el examen de la molleja y del 24,2% en función de los niveles de plomo en hígado.

Los Patos Cucharas de las tres zonas estudiadas presentan diferencias en los niveles de plomo en hígado en función de la ingestión de perdigones, teniendo niveles más elevados las aves con perdigones en la molleja, con 6,4 ($<2,5-377,9$) ppm, que las que no presentaban perdigones, con $<2,5$ ($<2,5-14,7$) ppm ($U=97,5, p<0,0001$).

La concentración de plomo del hígado, previa transformación logarítmica, está correlacionada positivamente con el número de perdigones de la molleja ($r=0,7706, p<0,001$), con el peso de éstos ($r=0,8026, p<0,001$) y el peso de plomo erosionado ($r=0,7468, p<0,001$).

Existen variaciones en la composición del grit entre las localidades. La cantidad de la fracción de grit de 2-3 mm es mayor en la Albufera que en el Delta de l'Ebre ($F_{2,62}=5,021, p=0,010$). También hay diferencias en cada zona en la proporción de las fracciones de grit. La fracción de 3-4 mm se encuentra en mayor proporción en la Albufera de València que en el Delta de l'Ebre ($F_{2,62}=3,938, p=0,025$), la de 2-3 mm está en menor proporción en el Delta de l'Ebre que en las otras dos zonas ($F_{2,62}=6,9, p=0,002$) y por el contrario la de menos de 0,5 mm ($F_{2,62}=10,490, p<0,001$) está en mayor proporción en el Delta de l'Ebre (*Figura 3.16a*).

Figura 3.16. -Peso de las diferentes fracciones de grit de Pato Cuchara.

Analizando los datos en el conjunto de la especie encontramos una variación de la composición del grit en función del sexo (*Figura 3.16b*). Los machos tienen una mayor cantidad de grit de 1,5-2 mm ($F_{1,62}=8,397, p=0,005$).

También existen diferencias en la proporción de grit de 1,5-2 mm, que es también mayor en los machos ($F_{1,62}=7,344, p=0,009$), mientras que las de 0,5-1 mm y de menos de 0,5 mm son más importantes en las hembras ($F_{1,62}=5,015, p=0,029$ y $F_{1,62}=4,049, p=0,049$; respectivamente). En general sucede lo mismo que en cada una de las zonas en que se ha estudiado el Pato Cuchara, esto es, que los machos realizan cierta selección de partículas de un diámetro en torno a 1,5 mm, mientras que las hembras parecen ser menos exigentes en el tipo de grit que consumen.

Pato Colorado *Netta rufina*

Esta especie ha sido estudiada en tres zonas, Delta de l'Ebre, Albufera de València y El Fondo, sin que se detecten diferencias significativas de la prevalencia del plumbismo entre ellas. La prevalencia obtenida por el examen de las mollejas da una media del 22,1%. En función de los niveles de plomo en hígado la media es del 15,1%.

Las aves que contenían perdigones en la molleja presentaron mayores concentraciones de plomo en hígado, 3,9 (<2,5-21,2) ppm, que el resto, <2,5 (<2,5-13,0) ppm (U=12, p=0,0001).

La concentración de plomo del hígado está correlacionada positivamente con el número de perdigones de la molleja (r=0,6143, p<0,001), con el peso de éstos (r=0,6636, p<0,001) y el peso de plomo erosionado (r=0,5000, p=0,001).

La composición del grit es bastante diferente en las zonas estudiadas. Existen diferencias para la cantidad de grit de 1- 1,5 mm, que es mucho mayor en las aves de la Albufera de València (F_{2,33}=6,577, p=0,004). Algo parecido sucede para la proporción que esta fracción representa del total de grit, siendo mayor en la Albufera de València que en el Delta de l'Ebre (F_{2,33}=8,551, p=0,001). Los ejemplares de la Albufera de Valencia presentan una mayor cantidad de grit de menos de 0,5 mm (F_{2,33}=7,776, p=0,002) y también de la proporción de esta fracción (F_{2,33}=11,473, p<0,001); sin embargo la proporción de la fracción de 2-3 mm es mayor en El Fondo (F_{2,33}=3,408, p=0,045). Finalmente, existen diferencias en la cantidad de grit total en las tres zonas estudiadas, siendo menor en El Fondo que en las otras dos zonas (F_{2,33}=4,419, p=0,020) (Figura 3.17a).

La presencia de perdigones en la molleja afecta a la cantidad y la proporción de grit de más de 4 mm, de forma que es mayor en los que han ingerido perdigones (F_{1,33}=4,826, p=0,035; en ambos casos) (Figura 3.17b).

Figura 3.17. -Peso de las diferentes fracciones de grit de Pato Colorado.

Porrón Común *Aythya ferina*

Esta especie ha sido estudiada en el Delta de l'Ebre y en El Fondo, si bien en esta segunda zona el número de animales, y en especial las determinaciones de plomo en hígado han sido más escasas. Las prevalencias han sido similares en ambas zonas, con una media del 76,3% para el examen de mollejas y del 51,8% para la determinación de plomo en hígado.

Las aves que contenían perdigones en la molleja presentaron mayores concentraciones de plomo en hígado, 14,9 (<2,5-151,0) ppm, que el resto, <2,5 (<2,5-3,4) ppm (U=12, p<0,0001). Los niveles basales de plomo en el hígado de las aves por debajo de las 5 ppm parecen estar debidos a la presencia de perdigones en la molleja, de forma que las aves con perdigones tuvieron una mediana de 2,5 (0-4,6) ppm, más elevada que los no expuestos a esta fuente, con <2,5 (<2,5-3,4) ppm (U=12, p=0,0353).

La concentración de plomo del hígado (transformación ln) está correlacionada positivamente con el número de perdigones de la molleja (r=0,6494, p<0,001), con el peso de éstos (r=0,5194, p=0,002) y el peso de plomo erosionado (r=0,6434, p=0,001).

El peso de los Porrónes Comunes cazados que presentaban perdigones en la molleja (n=17) está correlacionado negativamente con el logaritmo (ln) de la concentración de plomo en hígado (r=-0,57,76, p=0,015) (Figura 3.18b).

Figura 3.18. - Efecto de la exposición al plomo en la condición física de todos los Ánades Reales estudiados (a) y de los Porrónes Comunes que presentaban niveles de plomo en hígado elevados (b).

Hay variaciones en la composición del grit en las diferentes zonas. En El Fondo presentan una mayor cantidad de grit de más de 4 mm de diámetro (F_{1,30}=4,759, p=0,037) y una mayor proporción de la fracción de 1-1,5 mm (F_{1,30}=7,974, p=0,008). En el Delta de l'Ebre tienen una mayor cantidad de grit inferior a 0,5 mm (F_{1,30}=9,031, p=0,005) y también una mayor proporción (F_{1,30}=10,013, p=0,004) (Figura 3.19a).

La presencia de perdigones en la molleja afecta en pequeña medida a la composición del grit del Porrón Común, y de hecho tan sólo la cantidad de grit de 1-1,5 mm es notablemente menor en las aves que han ingerido perdigones

($F_{1,30}=5,545$, $p=0,025$) (Figura 3.1 9b).

Figura 3.19.- *Peso de las diferentes fracciones de grit de Porrón Común.*

3.2.2. - ANÁLISIS INTERESPECIFICO EN EL DELTA DE L'EBRE

Tomando los valores medios de cada especie de las diferentes fracciones de grit podemos observar que a medida que aumenta la cantidad de grit de 3-4 mm o de 2-3 mm de diámetro, se da un aumento en la prevalencia en dicha especie ($r=0,7191$, $P=0,044$ y $r=0,7642$, $p=0,027$; respectivamente). Estas correlaciones positivas son mayores en el caso de tomar la Proporción que estas fracciones representan del total de grit, en lugar de la cantidad absoluta. En este caso se obtiene una correlación de 0,9259 ($p=0,001$) para el grit de 3-4 mm (Figura 3.20a) y de 0,8847 ($p=0,004$) para la fracción de 2-3 mm (Figura 3.20b). Hablando en términos de proporción de grit, también están correlacionadas positivamente con la prevalencia otras fracciones de menor diámetro, como la de 1,5-2 mm ($r=0,7454$, $p=0,034$) y la de 1-1,5 mm ($r=0,7071$, $p=0,050$). El efecto inverso lo encontramos respecto a la cantidad absoluta y la proporción de grit de tamaño inferior a 0,5 mm de diámetro. En este caso la correlación es negativa, y mayor si se considera la proporción ($r=-0,8121$, $p=0,014$) en lugar de la cantidad absoluta ($r=-0,7469$, $p=0,033$) (Figura 3.21a).

Un efecto similar al obtenido por el tipo de grit lo tenemos al estudiar la alimentación de cada especie. En este caso se observa que el porcentaje en el que se encuentran ciertos alimentos en la molleja de las especies analizadas, se correlaciona con la prevalencia de dicha especie. En este caso, la frecuencia de encontrar grano en la molleja tiene una correlación positiva con la prevalencia ($r=0,6831$) pero sin llegar a poder ser considerada significativa ($p=0,062$) (Figura 3.20c). En cambio la frecuencia con que se encuentran granos de arroz, si que ha resultado significativamente correlacionada con la frecuencia de ingestión de perdigones ($r=0,8417$, $p=0,009$) (Figura 3.20d). Por el contrario, la ingestión de hierba presenta una correlación negativa con esta prevalencia ($r=-0,7130$, $p=0,047$) (Figura 3.21b).

Figura 3.20. - *Efecto del tipo de grit y la alimentación sobre la prevalencia en las especies del delta del l'Ebre.*

Figura 3.21. - *Efecto del tipo de grit y la alimentación sobre la prevalencia en las especies del Delta de l'Ebre.*

Como hemos visto, el tipo de grit y la alimentación de una especie son factores importantes que van a determinar la afectación por plumbismo, y de hecho son factores concomitantes que van a su vez asociados en todo momento, de forma que las aves con un grit predominantemente compuesto por partículas finas va a darse en las especies herbívoras. La ingestión de hierba se correlaciona positivamente con la cantidad de grit consumida por la especie de la fracción de 0,5-1 mm ($r=0,8435$, $p=0,008$), con la de menos de 0,5 mm ($r=0,9564$, $p<0,001$) (Figura 3.22a) o con la cantidad total de grit ($r=0,9615$, $p<0,001$) (Figura 3.22b). Por otra parte las aves granívoras van a consumir un grit formado por partículas gruesas, de tamaño similar a los perdigones. En este sentido la ingestión de granos de arroz se correlaciona positivamente con la cantidad de grit de 2-3 mm ($r=0,7750$, $p=0,024$) y negativamente con la cantidad de grit de menos de 0,5 mm ($r=-0,8079$, $p=0,015$). De la misma forma la ingestión de granos en general se correlaciona negativamente con la cantidad de grit de 0,5-1 mm ($r=-0,7874$, $p=0,020$), con la de grit inferior a 0,5 mm ($r=-0,9083$, $p=0,002$) o con la cantidad de grit total ($r=-0,9021$, $p=0,002$). Con estos resultados se puede decir que existe una tendencia en las aves herbívoras a tener más grit y en especial de pequeño tamaño. En las aves granívoras la tendencia a tener más cantidad de grit grueso no es tan evidente, aunque esto es más patente en el caso de considerar la proporción que cada fracción representa del total del grit consumido por las aves. De esta forma, la ingestión de arroz se ve correlacionada positivamente con la proporción de grit de 3-4 mm ($r=0,78$, $p=0,022$), la de 2-3 mm ($r=0,8413$, $p=0,009$) o la de 1,5-1 mm de diámetro ($r=0,7191$, $p=0,044$). Por el contrario, la proporción de grit de 1-1,5 mm se correlaciona negativamente con la ingestión de hierba ($r=-0,7565$, $p=0,030$).

Figura 3.22. - *Correlación entre el tipo de grit y la alimentación de las especies del Delta de l'Ebre.*

3.2.3. EVALUACION DE LA MORTALIDAD POR PLUMISMO

A continuación se han llevado a cabo una serie de cálculos de la mortalidad que puede producir el plumbismo aviar basados en estudios realizados por Bellrose (1959). Los resultados expuestos son por lo tanto estimaciones que asumen una serie de criterios adoptados por este autor y que han sido seguidos o corroborados posteriormente por otros estudios de este tipo.

Al mismo tiempo se dan las cifras de mortalidades que se han registrado en las zonas estudiadas y que en algunos casos han estado debidas a la ingestión de perdigones de plomo. En algunos casos se trata de mortalidades que vienen dándose en ciertas especies durante varios años, lo que indica que la problemática en la zona alcanza proporciones importantes y puede poner en peligro a algunas poblaciones de aves.

Previamente a lo que se ha comentado en los párrafos anteriores vamos a dar una evaluación general de los resultados obtenidos para todas las aves analizadas, tanto para las cazadas como para las encontradas muertas. En primer lugar se ha podido llevar a cabo una valoración de los métodos de diagnóstico. Por una parte la concordancia de las pruebas es relativamente alta, con un coeficiente Kappa igual a 0,7613. La sensibilidad del examen de la molleja ha resultado ser del 87,2%, mientras la especificidad es algo superior, llegando al 89,9%, en base a los resultados obtenidos en la siguiente tabla de contingencia:

		[Pb] en hígado	
		+	-
Perdigones en Molleja	+	143	30
	-	21	266

Por otra parte, las aves con perdigones en la molleja han presentado niveles más elevados, 80,4 (<2,5-992,2) ppm, que las que no habían ingerido perdigones, que mostraban <2,5 (<2,5138, 8) ppm (U=3687, p< 0, 0001) . Dentro de las aves con perdigones en molleja, los niveles de plomo en hígado han sido mayores en las aves encontradas muertas que en las que fueron cazadas (U=541, p< 0,0001). Mientras las aves intoxicadas presentaban una mediana de 192,3 (<2,5-992,2) ppm, las que fueron cazadas tenían 10,9 (<2,5-377,9) ppm.

En el total de aves estudiadas (n=456), las cazadas y las encontradas muertas, existe una correlación entre el nivel de plomo del hígado con el número de perdigones de la molleja (r=0, 8252, p< 0, 001) (Figura 3.23a), con el peso de estos perdigones (r=0, 7555, p< 0, 001) y con el peso de perdigón que estimamos que se ha erosionado en la molleja (r=0,8224, p< 0,001) (Figura 3.23b). Dentro de las aves encontradas muertas también se cumple esto, ya que existe una correlación entre el nivel de plomo en hígado y el número de perdigones (r=0,7809, p< 0,001), el peso de estos perdigones (r=0,7569, p< 0,001) y el peso de perdigón que se estima erosionado (r=0,7577, P< 0,001).

Figura 3.23. - Correlación entre el nivel de plomo en hígado y los parámetros de ingestión de perdigones.

3.2.3.1. - Delta de l'Ebre

En el Delta de l'Ebre el examen de la molleja de las aves muestreadas ha dado los resultados que se exponen en la Tabla 3.12. El número máximo de perdigones que se ha encontrado en un ave cazada ha sido de 37, en un Ánade Rabudo. En las otras especies las cantidades máximas han sido: 20 en un Porrón Común, 18 en un Ánade Real, 16 en una Cerceta Común, 11 en un Pato Cuchara, además de los que se pueden observar en la Tabla 3.12.

Tabla 3. 12. - Número de ejemplares de especies del Delta de l'Ebre con diferente número de perdigones en molleja.

Especie	Nº de perdigones							
	0	1	2	3	4	5	6	>6
<i>A. penelope</i>	18	1	-	-	-	-	-	-
<i>A. strepera</i>	21	2	-	-	-	-	-	-
<i>A. crecca</i>	20	5	1	1	-	-	-	1
<i>A. platyrhynchos</i>	2	1	-	-	-	-	-	1
<i>A. acuta</i>	7	1	3	1	2	1	-	7
<i>A. clypeata</i>	23	3	1	1	1	1	-	2
<i>N. rufina</i>	16	2	2	-	-	-	-	-

<i>A. ferina</i>	8	8	3	1	1	-	-	5
<i>A. fuligula</i>	1	2	2	-	-	-	-	-
<i>F. atra</i>	27	1	-	-	-	-	-	-

A partir de estos datos, referentes a la frecuencia de hallar diverso número de perdigones en las mollejas de las aves, se puede, en primer lugar, obtener la prevalencia corregida por el factor de mayor facilidad de cazar aves intoxicadas por los cazadores como ya se ha explicado en el apartado de Material y Métodos. De esta forma se obtienen unos nuevos valores de prevalencia que tienden a ser más bajos en todas las especies. Estos nuevos valores han disminuido claramente en una especie como el Ánade Rabudo, que se coloca, en cuanto al grado de afectación, por debajo del Porrón Común. Para el resto de especies, el orden de afectación no ha variado aunque las nuevas cifras son en general inferiores (*Tabla 3.13*).

A partir de la prevalencia corregida, la incidencia mensual que se estima para las aves del Delta de l'Ebre oscila desde cerca del 50%, para las dos especies granívoras más afectadas, hasta incidencias muy bajas, por debajo del 10% para las especies más herbívoras del estudio. La mortalidad de aves acuáticas que estimamos que puede estar dándose durante la temporada de caza, y por lo tanto que se debería añadir a la producida directamente por la actividad cinegética, es de 15.063 individuos. En esta cifra se incluyen los 9.595 Ánades Reales muertos que se extraen de los datos de Guitart et al. (1994), ya que en el actual estudio esta especie no fue incluida. Esta mortalidad está basada en los datos obtenidos únicamente de las especies estudiadas, que por otra parte son las más abundantes y las más afectadas, y por lo tanto pueden reflejar la mortalidad de las aves acuáticas en general.

Tabla 3.13. - Estimaciones de incidencia y mortalidad por plumbismo en el Delta de l' Ebre.

Especie	Prevalencia Corregida (%)	Incidencia Mensual (%)	Mortalidad mensual (%)	Mortalidad Invernal (%) N°	
<i>A. penelope</i>	3.5	5.3	0.5	2.3	151
<i>A. strepera</i>	5.8	8.7	0.8	3.9	75
<i>A. crecca</i>	17.0	25.6	4.7	23.7	1926
<i>A. acuta</i>	32.9	49.4	24.5	122.6	614
<i>A. clypeata</i>	15.0	22.5	6.8	33.8	4620
<i>N. rufina</i>	11.9	17.9	2.7	13.6	410
<i>A. ferina</i>	38.3	57.5	15.7	78.7	398
<i>F. atra</i>	2.4	3.6	0.3	1.6	274

El cálculo de la mortalidad por plumbismo durante el periodo de caza da cifras que en algún caso sobrepasan el 100%, esto sucede en el Ánade Rabudo, en el que la gran cantidad de aves con alto número de perdigones produce estos elevados porcentajes de mortalidad invernal. No obstante, esto se ajusta bastante a los casos de intoxicación aguda observados en la zona, como se puede observar en la *Tabla 3.14*. La especie que más ha ingresado en el centro de recuperación o que más ha sido encontrada por la guardería en el Delta de l'Ebre ha sido el Ánade Rabudo, con un total de 17 animales con síntomas compatibles con plumbismo de los que 14 presentaban niveles altos de plomo en hígado y 13 tenían perdigones en la molleja. La mayor parte de las aves analizadas fueron encontradas durante la temporada de caza 1993-94 (n=13), sin que ello se asocie a una mortalidad incrementada en este año, sino que más bien parece ser debido a una mejor prospección de la zona donde habita esta especie. El pico de aparición de casos clínicos de plumbismo se da en los meses de invierno, como se puede observar en la *Figura 3.24a*.

Tabla 3.14. - Resultados del análisis de aves encontradas muertas o moribundas en el Delta de l' Ebre.

Especie	Molleja	Hígado

	n	Positivos	n	Positivos
<i>Ph. ruber</i>	16	4	1	1
<i>A. platyrhynchos</i>	8	8	6	6
<i>A. acuta</i>	16	13	15	14
<i>A. clypeata</i>	1	-	1	-
<i>A. ferina</i>	1	1	1	1
<i>A. fuligula</i>	1	1	1	1
<i>A. limosa</i>	1	1	1	1
TOTAL	44	27	26	24

Durante la **temporada 1992-93** ingresaron con síntomas de plumbismo un total de 9 aves, siendo confirmado el diagnóstico en cuatro Ánades Reales, dos Ánades Rabudos, un Porrón Común y una Aguja Colinegra.

En la temporada siguiente (**1992-93**), ingresaron con síntomas de plumbismo 21 aves, de las cuales en la *Tabla 3.15* se muestran los resultados de las determinaciones de plomo en sangre en el momento de ingresar en el centro, los días en que se le administró una terapia antidotica con el quelante EDTA y en el caso de que se produjese la muerte, los resultados del análisis de plomo del hígado y del examen de la molleja. Todas las aves incluidas en la lista presentaron sintomatología compatible con plumbismo, aunque en algunos casos no tuvieron perdigones en la molleja o niveles elevados de plomo en hígado, y en dos casos, un Ánade Rabudo y un Pato Cuchara, carecían de ambos.

En la *Tabla 2.15* se puede observar que los niveles de plomo en hígado de las aves enfermas y que fueron eutanasiadas en el momento de ser capturadas están entre las 4,1-181,7 ppm. Este rango no es demasiado diferente al que observamos en las aves encontradas muertas en el campo (<2,5-244,4 ppm), aunque sí que es algo inferior. Lo mismo sucede con el número de perdigones que tenían en la molleja. En las aves enfermas el rango está entre 0 y 25 perdigones, mientras que en las muertas oscila entre 0 y 70 perdigones. Por otra parte, los niveles de plomo en hígado de las aves tratadas no ha sido inferior al de las aves que no han recibido el tratamiento y por tanto el éxito del tratamiento ha sido bastante bajo.

Comparando los **Ánades Rabudos** ingresados y los que fueron cazados y que presentaron perdigones en la molleja (teniendo en cuenta el sexo y la edad) se puede observar que apenas existe variación en la composición del grit (tan sólo hay pequeñas diferencias en la proporción de grit <0,5 mm). No existen diferencias en ninguno de los parámetros de condición física que se han estudiado.

En cambio, sí existen diferencias en los niveles de plomo en hígado, teniendo las aves enfermas unos niveles mayores, en torno a 161,1 (77,7-268,0) ppm, que las aves cazadas que tenían perdigones, con 99,4 (5,2 - 146,6) ppm ($U=33,0, p=0,0016$). Estos rangos, no obstante se solapan claramente, por lo que otros factores deben estar incidiendo para que se manifieste la sintomatología.

El análisis de los niveles de plomo en sangre permite correlacionarlos con los del hígado ($r=0,7193, p=0,013$) (*Figura 3.24b*). Hay que tener en cuenta que algunas muestras de sangre fueron tomadas al mismo tiempo que se eutanasió al ave, con lo que la correlación entre ambos valores es mucho más estrecha ($r=0,9469$) que en el grupo de aves que murieron días después de tomarse la muestra de sangre y además siendo tratadas con EDTA ($r=0,6119$).

Figura 3.24. - Evolución anual de la aparición de casos de plumbismo en el Delta de l'Ebre (a). Correlación entre el nivel de plomo en hígado y sangre en aves capturadas con síntomas de plumbismo en el Delta de l'Ebre (b).

La otra especie de la que se han encontrado unos cuantos ejemplares intoxicados por plomo ha sido el **Ánade Real**, que es sin duda la especie más abundante en el Delta. Por lo tanto, a pesar de que la prevalencia que se había obtenido en anteriores estudios no es tan alta como la del Ánade Rabudo, es lógico que haya dado un total de 8 casos positivos por el examen de la molleja y de 6 por el análisis del hígado. Hay que destacar que la mayor parte de los casos detectados son de la temporada 1993-94, posiblemente por las mismas razones que en el caso del Ánade Rabudo.

Si estudiamos los niveles de plomo en hígado de todos los Ánades Reales intoxicados con los de los otros ejemplares que fueron cazados y que presentaron perdigones en la molleja, vemos que los niveles son superiores en las aves intoxicadas y con sintomatología, 204,4 (23,2-244,4) ppm, que en las que fueron cazadas, 9,7 (<2,5-80,412) ppm (U=5, p=0,0018).

Por otra parte se ha visto que el peso de los Ánades Reales muertos por plumbismo ha sido inferior al de los cazados que también tuvieron perdigones en la molleja ($t=3,05$, $g.l.=18$, $p=0,007$). Mientras las aves muertas pesaban $757,3 \pm 227,4$ g, las aves cazadas tenían un peso de $1011,6 \pm 142,9$ g. Al igual pasa con el índice de condición corporal ($t=2,55$, $g.l.=12$, $p=0,026$).

Tabla 3.15 Seguimiento de las aves ingresadas con plumbismo en el Centro de Recuperación del Delta de l'Ebre durante la temporada 1993-94.

Nº Ref Especie	Captura	Sangre ¹ ng/ml	EDTA (Días)	Muerte	Hígado (ppm DW)	PERD nº
Aves ingresadas y tratadas						
265 A. acuta	26/11	3527	8	03/12	79,5	17
266 A. platyrhynchos	26/11	6397	-	26/11	243,1	11
268 A. acuta	26/11	--	-	--	106,5	3
274 A. fuligula	04/12	--	1	04/12	225,7	14
275 A. platyrhynchos	04/12	479	9	21/12	138,8	0
281 A. acuta	18/12	5610	0	20/12	177,4	29
282 A. acuta	18/12	1205	1	23/12	88,9	0
004 A. acuta	08/01	6158	4	20/01	162,2	1
005 A. acuta	08/01	4760	4	17/01	268,0	4
006 A. strepera	08/01	7096	4	Sobrevive	(31/01)	-
039 A. clypeata - - - - -	05/02	--	--	Escapado	--	-
Aves ingresadas y eutanasiadas:						
035 A. platyrhynchos	05/02	4562	-	--	181,7	25
036 A. acuta	05/02	4185	-	--	160,1	14
037 A. acuta	05/02	459	-	--	4,1	0
038 A. acuta	05/02	2884	-	--	52,8	0
Aves ingresadas muertas:						
233 A. acuta	04/12	--	-	--	157,0	6
234 A. acuta	04/12	--	-	--	224,6	10
235 A. acuta	04/12	--	-	--	256,5	12
236 A. acuta	04/12	--	-	--	77,7	9
237 A. platyrhynchos	04/12	--	-	--	244,4	70
238 A.	04/12	--	-	--	0,0	0

1) Muestra tomada en el momento del ingreso.

Desde 1991 se ha examinado la molleja de 16 **Flamentos Comunes** necropsiados en el Centro de Recuperación,

que habían muerto como consecuencia de traumatismos y, principalmente, de disparos. Se han encontrado perdigones en cuatro de ellos. El máximo número de perdigones que presentó uno de estos Flamencos Comunes fue 9, sin que se pudiera comprobar la muerte por plumbismo en ningún caso en el Delta de l'Ebre. Otro ejemplar en el que se analizó el hígado presentó más de 6 ppm de plomo, por lo que también se le considera expuesto. En definitiva de los 17 individuos estudiados, un 29,4% estuvo expuesto al plomo. Esto sirve para evaluar la exposición de esta especie protegida, que por otra parte no ha presentado por el momento ningún episodio de mortalidad masiva como en El Fondo o Doñana.

3.2.3.2. - Albufera de València

En las aves de la Albufera de València la cantidad de perdigones en la molleja se muestra en la *Tabla 3.16*, llegando a haber 32 perdigones en un Porrón Común, 17 en un Ánade Real y 7 en un Pato Cuchara.

Tabla 3.16. - Número de ejemplares de especies de la Albufera de Valencia distribuidos por el número de perdigones en molleja.

Especie	Nº de perdigones							
	0	1	2	3	4	5	6	>6
<i>A. strepera</i>	1	1	-	-	-	-	-	-
<i>A. crecca</i>	0	1	-	-	-	-	-	-
<i>A. platyrhynchos</i>	17	4	2	-	1	-	1	1
<i>A. clypeata</i>	18	5	1	-	1	-	-	1
<i>N. rufina</i>	14	3	-	-	-	-	-	-
<i>A. ferina</i>	-	-	-	-	-	-	1	3

En base a estos resultados, los cálculos de la prevalencia corregida aparecen bastante uniformes en las tres especies afectadas, en torno al 10-20% (recordemos que ninguna Agachadiza Común había ingerido perdigones). En términos de incidencia y mortalidad, la especie más afectada sería el Ánade Real si bien el Pato Cuchara, al ser la anátida más frecuente durante el invierno, podría ser la especie más afectada en cuanto a número de aves muertas en la zona por plumbismo (*Tabla 3.17*).

Tabla 3.17. - Estimaciones de incidencia y mortalidad por plumbismo en la Albufera de València.

Especie	Prevalencia Corregida (%)	Incidencia Mensual (%)	Mortalidad Mensual (%)	Mortalidad Invernal (%)	
<i>A. platyrhynchos</i>	19.4	29.1	6.8	34.1	718
<i>A. clypeata</i>	18.3	27.4	5.2	26.1	5298
<i>N. rufina</i>	11.8	17.6	1.6	7.9	882

El Porrón Común parece ser una especie muy afectada, aunque la muestra obtenida no permite ofrecer estimaciones de su mortalidad en la zona. La estimación total de la mortalidad por plumbismo para las especies estudiadas es de 6.898 individuos en los meses que dura la caza, a la que se debería añadir la que se produce fuera de esta temporada.

De las diez aves encontradas muertas en la Albufera de València y que han sido examinadas, tan sólo un Porrón Común y una Gaviota Reidora presentaron perdigones en la molleja, con dos y un perdigón, respectivamente (*Tabla 3.18*).

Tabla 3. 18. - Resultados del análisis de aves encontradas muertas en la Albufera de València.

Especie	Molleja		Hígado	
	n	Positivos	n	Positivos
<i>A. crecca</i>	4	-	4	-
<i>A. platyrhynchos</i>	2	-	2	-
<i>A. clypeata</i>	1	-	1	-
<i>N. rufina</i>	1	-	1	-
<i>A. ferina</i>	1	1	-	-
<i>A. ridibundus</i>	1	1	1	-
TOTAL	10	2	9	-

3.2.3.3. - El Fondo y las Salinas de Santa Pola

De las aves que fueron capturadas en El Fondo, se muestra en la *Tabla 3.19* el número de perdigones que presentaron en la molleja las tres especies estudiadas. Las aves que más perdigones presentaron en la molleja fueron un Porrón Común, con 55 perdigones, y un Pato Cuchara, con 14.

Tabla 3.19. - Número de ejemplares de especies de El Fondo con diferente número de perdigones en molleja.

Especie	Nº de perdigones							
	0	1	2	3	4	5	6	>6
<i>A. acuta</i>	1	1	-	-	-	-	-	-
<i>A. clypeata</i>	11	3	1	-	-	-	1	1
<i>N. rufina</i>	5	1	-	1	-	-	-	-
<i>A. ferina</i>	2	3	2	-	-	1	-	4

De los datos de la *Tabla 3.19* se puede realizar la corrección de la prevalencia para las tres especies en función de la presencia de perdigones en molleja, al igual que el número de aves que se estima que enferman cada mes y la mortalidad que por consiguiente se está produciendo (*Tabla 3.20*).

Tabla 3.20. - Estimaciones de Incidencia y mortalidad por plumbismo en El Fondo.

Especie	Prevalencia Corregida (%)	Incidencia Mensual (%)	Mortalidad Mensual (%)	Mortalidad Invernal (%)	
<i>A. clypeata</i>	19.9	29.8	7.3	36.7	587
<i>N. rufina</i>	16.7	25.0	4.5	22.5	--
<i>A. ferina</i>	43.1	64.7	23.3	116.7	2801

La especie que mayor mortalidad está sufriendo por plumbismo en El Fondo sería el Porrón Común, que alcanzaría a tener una estimación de mortalidad durante la temporada de caza que superaría al número de animales que se censan en enero. La mortalidad total estimada para El Fondo es de 3.388 aves, pertenecientes únicamente a las dos especies que se censan en la zona en mayor número (basado en el censo de enero de 1989).

Han sido varias las especies de las que se han encontrado ejemplares muertos por plumbismo en la zona de El Fondo (*Tabla 3.21*). Habría que destacar el caso de una Malvasía Común, encontrada en enero de 1993, que presentó diez perdigones en la molleja y 208,2 ppm de plomo en el hígado (DW), diagnosticándose así el primer

caso de intoxicación por plomo en esta especie.

Tabla 3.21. - Resultados del análisis de aves encontradas muertas en el Fondo.

Especie	Molleja		Hígado	
	n	Positivos	n	Positivos
<i>Ph. Ruber</i>	25	24	29	28
<i>A. platyrhynchos</i>	1	1	1	1
<i>A. clypeata</i>	1	1	1	1
<i>N. rufina</i>	1	1	1	1
<i>A. ferina</i>	1	-	1	-
<i>O. leucocephala</i>	1	1	1	1
<i>V. vanellus</i>	1	-	-	-
TOTAL	31	28	34	32

Más indicios de la gravedad del plumbismo en El Fondo nos lo da la mortalidad de Flamenco Común, que junto con las Salinas de Santa Pola, se está produciendo desde el invierno de 1991-92 hasta la actualidad. La mayor mortalidad se ha venido registrando durante los meses de invierno, principalmente en diciembre y enero. En el invierno de la temporada 1992-93 es cuando se produjo el mayor número de casos, con 19 Flamencos muertos en El Fondo y 26 en Santa Pola (*Figura 3.25a*). Por el momento el total de aves muertas ha sido de 66 entre las dos zonas. Los Flamencos muertos presentaron entre 1 y 277 perdigones en la molleja y los niveles hepáticos de plomo oscilaron entre 5,2 y 992,2 ppm.

El análisis de los datos del grit de los Flamencos de ambas zonas parece no ser diferente entre localidades, sexo o edad. El tipo de grit que ingiere esta especie (*Figura 3.25b*) puede ser bastante variable, habiendo cierta selección de partículas de tamaño similar al de los perdigones.

El nivel de plomo en hígado se encuentra correlacionado positivamente con el número de perdigones de la molleja ($r=0,7760$, $p< 0,001$), con el peso de estos perdigones ($r=0,7777$, $p< 0,001$) y con el peso de plomo que estimamos que se ha erosionado en la molleja ($r=0,7424$, $p< 0,001$).

Figura 25. - Evolución en el tiempo de la mortalidad (a) y peso de las diferentes fracciones de grit (b) de Flamenco Común en el Fondo y Santa Pola.

En la zona de las salinas de Santa Pola se han dado casos de otras especies muertas por plumbismo (*Tabla 3.22*), concretamente un Pato Cuchara que tenía dos perdigones en la molleja y 13, 1 ppm de plomo en hígado. Hay que destacar el caso una Cerceta Pardilla, que fue encontrada muerta en Santa Pola con 5,5 ppm de plomo en hígado, lo que indica una exposición de este individuo al plomo, posiblemente a través de la ingestión de perdigones, aunque éstos no fueron observados al examinar la molleja.

Tabla 3.22. - Resultados del análisis de aves encontradas muertas en las Salinas de Santa Pola.

Especie	Molleja		Hígado	
	n	Positivos	n	Positivos
<i>Ph. Ruber</i>	32	29	28	27
<i>A. penelope</i>	1	-	-	-
<i>A. clypeata</i>	2	1	1	1
<i>M. angustirostris</i>	1	-	1	1
<i>A. ferina</i>	1	-	-	-

<i>F. atra</i>	2	-	-	-
<i>L. cachinnans</i>	1	-	-	-
TOTAL	40	30	30	29

3.2.3.4. - Tablas de Daimiel

En esta zona la única especie estudiada ha presentado una prevalencia del 10% para la ingestión de perdigones, pero al realizarse la corrección por el sesgo del factor caza, la prevalencia baja al 6, 7%. En términos de incidencia se estima que al mes están ingiriendo perdigones un 10% de la población, lo que dará una mortalidad mensual del 0, 9%. A lo largo de la temporada de caza (5 meses), la mortalidad habrá sido del 4, 5%, que traducido en número de ejemplares, respecto al censo del mes de enero de 1989, son 513 Ánades Reales muertos en las Tablas de Daimiel.

3.2.3.5. - Doñana

Los resultados obtenidos en esta zona son bastante escasos, por lo que las estimaciones que se pueden llevar a cabo a partir de ellos pueden ser bastante arriesgadas. El número de perdigones presente en las aves capturadas es el que se muestra en la *Tabla 3.23*.

Tabla 3.23. - Número de ejemplares de especies de Doñana con diferente número de perdigones en molleja.

Especie	Nº de perdigones							
	0	1	2	3	4	5	6	>6
<i>A. anser</i>	4	1	1	-	-	-	-	
<i>A. platyrhynchos</i>	5	1	-	-	-	-	-	

De los valores de la tabla anterior, y al igual que hemos realizado con el resto de zonas se obtiene la prevalencia corregida por el sesgo de la caza, la incidencia mensual y los porcentajes de mortalidad (*Tabla 3.24*).

Tabla 3.24. - Estimaciones de incidencia y mortalidad por plumbismo en Doñana.

	Prevalencia Corregida (%)	Incidencia Mensual (%)	Mortalidad Mensual (%)	Mortalidad Invernal (%)
<i>A. anser</i>	19.9	29.8	4.5	22.6
<i>A. platyrhynchos</i>	11.1	16.7	1.5	7.5

En este caso, debido a que los datos de censos en esta zona son poco exactos (suponemos que debido a la dificultad de prospección) y el pobre muestreo realizado, preferimos no dar la estimación de aves muertas durante la temporada.

En una zona cercana a las Marismas del Guadalquivir, en los embalses de Barbate y Celemín (Cádiz), aparecieron entre noviembre y diciembre de 1993 un total de 40 anátidas muertas. Tres de estas aves, dos Ánades Reales y un Pato Cuchara, fueron examinados, dando resultados negativos al examen de la molleja y a la determinación de plomo en hígado, descartándose por tanto la posibilidad de que el plumbismo fuese la causa de la mortalidad. En cambio, en las Marismas del, Guadalquivir hemos tenido conocimiento de la llegada al Centro de Recuperación del Parque Nacional de Doñana de un Ánsar Común muerto por plumbismo (M. Máñez, com. pers.), que presentaba perdigones en la molleja. Esto parece corroborar los datos obtenidos de los seis ejemplares analizados, que indicaría que existe cierto grado de exposición de esta especie y por lo tanto una significativa mortalidad debida a esta causa (*Tabla 3.25*).

Tabla 3.25. - Resultados del análisis de aves encontradas muertas en las Marismas del Guadalquivir y

cercanías.

Especie	Molleja		Hígado	
	n	Positivos	n	Positivos
<i>A. anser</i>	1	1	-	-
<i>A. platyrhynchos</i>	2	-	2	-
<i>A. clypeata</i>	1	-	1	-
TOTAL	4	1	2	-

El Ministerio de Medio Ambiente agradece sus comentarios. Copyright © 2006 Ministerio de Medio Ambiente