

4. - DISCUSIÓN

4.1. - LOS PERDIGONES DE PLOMO EN LOS SEDIMENTOS

La cantidad de perdigones en los sedimentos de las zonas estudiadas indica que soportan o han soportado una intensa actividad cinegética. Por ello, podemos esperar que se esté produciendo en cierto grado una mortalidad por esta causa entre las aves acuáticas. No obstante, es una medida indirecta que indica la posibilidad de las aves acuáticas a estar en contacto con la fuente de la intoxicación, sin ser un índice concluyente de la presencia de plumbismo (Friend 1985), ya que existen otros factores como la presencia de grit, que van a ser determinantes.

4.1.1. - CONCENTRACION DE PERDIGONES EN LOS SEDIMENTOS

La concentración de perdigones en casi todas las zonas estudiadas, como se puede observar en la *Tabla 3.5*, ha sido muy elevada si las comparamos con los valores que recogen Pain (1989a) o Valle (1993), o los que podemos observar en la *Tabla 1.4*. Esto es algo que era de esperar, ya que son zonas donde, en algunos casos, se está cazando desde hace más de 100 años y con un alto número de puestos de caza en muchos casos. En las zonas cercanas de Francia, como la Camarga, las concentraciones son parecidas, o posiblemente algo inferiores. Los estudios de los sedimentos llevados a cabo en esta zona por Taxis y BressacVaquer (1987) o Pain (1991a), estiman concentraciones que van desde los 53.000 hasta los 1.995.000 perdigones/ha, mientras en España se ha llegado a estimar en los arrozales de Sueca en la Albufera de València una concentración de 2.875.984 perdigones/ha.

Anteriormente al presente trabajo, únicamente se conocía la concentración de perdigones de alguna zona de la Illa de Buda y de arrozales cercanos a la laguna del Canal Vell, que habían sido muestreados los años 1991 y 1992 (Guitart *et al.*, 1994). En aquella ocasión las densidades obtenidas en la Illa de Buda fueron algo inferiores (*Tabla 1.5*). Por una parte se llevó a cabo el muestreo en una zona diferente y además en las zonas periféricas a la laguna, es decir, fuera del agua. En segundo lugar, la malla utilizada para retener los perdigones en aquella ocasión era de 2 mm de diámetro. En el muestreo realizado en el presente estudio se utilizó una malla de luz más pequeña (0,5-1 mm), y se retuvieron perdigones de menor tamaño, por lo que los anteriores muestreos pudieron estar infravalorando la concentración real.

4. 1. 2. - DISTRIBUCIÓN DE LOS PERDIGONES

4.1.2.1. - Tipos de distribución

Se deben tener en cuenta los resultados obtenidos sobre las concentraciones que se hallan a las diferentes profundidades en el sedimento, ya que los que están en la superficie serán los más accesibles para las aves (*Tabla 3.6*) En unas zonas esta distribución indica que las aves no van a estar expuestas en gran medida a los perdigones, aunque exista una concentración elevada de perdigones en el suelo. Si estos se encuentran a más de 5 cm de profundidad, posiblemente no van a ser problemáticos para la mayor parte de especies de aves acuáticas, tan sólo algunos limícolas de pico largo, como la Agachadiza Común o la Aguja Colinegra van a poder acceder a estos perdigones. El ejemplo más claro de esto lo tenemos en la laguna de la Encanyissada en el Delta de l'Ebre (*Figura 3.1c*). Esta zona presenta una concentración de más de 2.600.000 perdigones/ha, pero únicamente se encuentran a 5 cm de profundidad unos 45.000. El resto de perdigones sigue un gradiente de concentración que llega a alcanzar a los 15-20 cm de profundidad más de 1.300.000 perdigones/ha. Un fenómeno similar sucede en las dos zonas estudiadas de El Fondo, sobre todo en la Charca Reserva (*Figura 3.2b*), donde en los 5 cm superficiales hay tan sólo 22.478 perdigones/ha. La otra zona, el Embalse de Levante (*Figura 3.2a*), presenta el mismo patrón en la distribución en profundidad de los perdigones que la laguna de la Encanyissada, si bien en la superficie la concentración es algo superior. En otras zonas como en el Puesto del Rey en las Tablas de Daimiel (*Figura 3.2c*) o los arrozales de Sueca en la Albufera de València (*Figura 3.1d*) se observa también una acumulación de los perdigones en los sustratos más profundos, aunque en el caso de los arrozales la concentración en los 5 cm de la superficie es de las más altas registradas en el presente estudio.

Otro tipo de distribución lo tenemos en zonas donde, a pesar de poder existir una menor concentración de perdigones en los 20 cm totales muestreados, pueden éstos encontrarse acumulados en las capas más superficiales, con lo que aves como las anátidas van a poder acceder a ellos más fácilmente. Ésta ha sido una situación observada

en una única zona, el Calaix de Mar de la Illa de Buda (*Figura 3.1a*).

La posibilidad restante es que los perdigones se encuentren distribuidos por un igual en las diferentes capas del sedimento. Esto se ha observado en los arrozales de la Llanada en el Delta de l'Ebre (*Figura 3.1b*) y en el Lucio de Caraviruelas de Doñana (*Figura 3.2d*).

4.1.2.2. - Factores que influyen en la distribución

En esta distribución de los sedimentos van a estar incidiendo diversos factores. Por una parte se debe tener en cuenta que para que los perdigones se vayan sedimentando y bajen a capas más profundas debe pasar un cierto tiempo. En el caso de que la presión cinegética a lo largo de los años haya sido similar, éste no va a ser un factor importante a tener en cuenta. Si hace poco tiempo que se ha empezado a cazar en la zona nos encontraremos los perdigones en las capas más superficiales, ya que posiblemente no habrán tenido tiempo suficiente para sedimentarse. El caso contrario lo tendríamos en una zona donde hace algún tiempo que no se caza o en que la presión cinegética se ha reducido en los últimos años. En esta situación no se encontrarán perdigones en las capas superficiales y sí en las profundas, siendo estos perdigones el testimonio de que en esta zona se habla cazado con anterioridad.

Pero es otro factor el que posiblemente va a determinar en mayor medida la distribución de los perdigones, este factor es el tipo de sedimento donde han ido a parar los perdigones (Bellrose, 1959; Longcore *et al.*, 1982; Nelson y Fink, 1980; Pain 1991a). En el caso de sedimentos blandos, formados por limos o arcillas con mucha agua, la resistencia que van a ofrecer a los perdigones va a ser mínima y posiblemente en muy poco tiempo van a pasar a las capas más profundas, hasta detenerse en alguna capa de sedimento más compactado. La situación opuesta la tenemos en el caso de que el suelo esté formado por partículas de mayor tamaño, como la arena (Mudge, 1984). Estos sedimentos se muestran más resistentes al paso de los perdigones, por lo que pueden tardar muchos años en descender a capas no accesibles para las aves. La humedad del sedimento va a ser también determinante (Anderson, 1975). El ejemplo lo tenemos en la laguna de la Encanyissada del Delta de l'Ebre, que fue desecada temporalmente en una de sus partes para favorecer la regeneración de su vegetación. El mismo sedimento que en un principio era una mezcla de agua y limos, al secarse se endureció, y permaneciendo así impenetrable al paso de los perdigones por un cierto tiempo, hasta que el agua reblandezca el barro hasta su estado original. Algo parecido sucedió en La Dombes, cuando en el invierno de 1979-80 se observó una mortalidad elevada de *Anas platyrhynchos*, posiblemente debido a que la limpieza de un lago hizo subir los perdigones a la superficie y así ser más accesibles (Pain, 1991b).

En relación con lo anterior, está la consolidación del sedimento que producen las plantas con sus raíces, impidiendo la penetración de los perdigones (Palmer y Evans, 1991). No obstante, lo contrario es apuntado por Pain (1991a), que afirma que las raíces favorecen la disgregación del suelo y por tanto el paso de los perdigones.

Por último, se puede dar otro factor, principalmente en el caso de los arrozales. Estos campos son periódicamente roturados, desecados y por lo tanto es más difícil predecir la disposición de los perdigones. En todo caso sería de esperar una tendencia a la homogeneidad en la distribución.

Una vez vistos los factores que han podido tener algún efecto sobre la distribución de los perdigones y, mejor dicho, sobre su accesibilidad a las aves acuáticas, vamos a evaluar su importancia en cada una de las zonas estudiadas. Anteriormente hemos comentado que la laguna de la Encanyissada presentaba la mayor parte de los perdigones en las capas más profundas. Esto puede ser debido en parte a la menor presión cinegética que se desarrolla en la zona en la actualidad, ya que es gestionada por el Parque Natural. Años atrás, el área muestreada era el lugar donde quedaban acorraladas las Pochas Comunes en el denominado "barreig" (la modalidad de caza empleada para esta especie). Actualmente no está permitida la caza de Pocha Común en esta laguna, por lo que el aporte de perdigones ha podido disminuir y por lo tanto los perdigones antiguos se encuentran ya sedimentados. No obstante parece ser otra la razón de la acumulación de los perdigones en las capas profundas. El sedimento de la Encanyissada básicamente se compone en el área estudiada de limo con gran cantidad de agua, en definitiva un barro muy líquido que permite fácilmente el paso de los perdigones al fondo. A los 1520 cm de profundidad se encuentra un sedimento más compactado, y en algunos casos formado por arena. Esta capa va a ser un freno en la sedimentación de los perdigones, lo que va a propiciar su acumulación. La misma situación parece producirse en el embalse de Levante de El Fondo, donde también se da una mayor concentración de perdigones a medida que aumenta la profundidad. Algo parecido es descrito por Pain (1991a) en marismas permanentes de la Camarga, mientras que en las marismas temporales, al estar un tiempo secas y con el sedimento más compacto, se retienen en mayor medida los perdigones en las capas superficiales. Todo lo explicado para el caso de la Encanyissada puede ser fácilmente extrapolable a la mayor parte de zonas estudiadas, pero en función de dónde encuentren los perdigones la capa de

sedimento más compactado, van a tener la mayor cantidad de perdigones a una profundidad u otra.

En otras dos zonas, la Charca Sur de Levante de El Fondo y el Puesto del Rey de las Tablas de Daimiel, el patrón de la distribución de los perdigones es similar entre sí. En este caso, además de las características del sedimento, puede estar jugando un papel importante en la escasez de perdigones en la superficie, el ser zonas donde la caza actualmente no se practica. Al no haber un aporte reciente de perdigones, los disparados anteriormente se ha ido sedimentando y haciéndose menos accesibles para las aves. No obstante, podemos comprobar que 30 años después de prohibir la caza, en el caso de las Tablas de Daimiel, continúan habiendo perdigones en la superficie. Esto mismo sucede en zonas de Norteamérica, donde la sustitución de los perdigones de plomo por los de acero no va a evitar que pasen muchos años antes de que los perdigones de plomo disparados hasta el momento de la prohibición dejen de ser accesibles a las aves y, por lo tanto, sigan produciendo intoxicaciones (DeStefano *et al.*, 1991).

El Calaix de Mar de la Illa de Buda constituiría el caso contrario a lo visto hasta el momento. En esta zona el fondo de la laguna está formado por arena compactada, que dificulta el paso de los perdigones. Si a esto le añadimos que en la zona se ha incrementado el número de puestos de caza en las últimas temporadas, resulta lógica la distribución observada.

El perfil obtenido en las dos áreas de arrozales ha sido un tanto diferente, por una parte en los arrozales de la Llanada del Delta de l'Ebre los perdigones se encontraron por un igual en todas las profundidades. Si embargo en los campos de Sueca, en la Albufera de València, se dio una acumulación en las capas inferiores. Esto se podría explicar en el primer caso porque la roturación puede estar redistribuyendo por un igual los perdigones en toda la profundidad roturada. Por otra parte, como en el caso de Sueca, se podría producir un enterramiento de los perdigones al llevar a cabo la roturación, reduciendo de esta forma la disponibilidad, como ya ha sido descrito (Fredrickson *et al.*, 1971; Szymzak y Adrian, 1978). Un efecto similar a la roturación se produce con el pisoteo del ganado, como el vacuno o el caballar, que tiende a hundir los perdigones a niveles inferiores (Pain, 1991a). Aunque normalmente se indican que la roturación es un medio de reducir la disponibilidad de los perdigones, no hay que olvidar que se debe tener en cuenta la distribución que presentan estos perdigones en los sedimentos. En el caso de que en las capas profundas se observe una concentración mayor que en la superficie, la roturación va a estar desaconsejada, en vista de los resultados obtenidos en la zona de la Encanyissada, en el Delta de l'Ebre, que fue desecada y roturada (*Figura 3. 1c*). De la misma forma parece poco conveniente llevar a cabo esta tarea en las zonas con sedimentos blandos, que ya de por sí van a permitir el paso de los perdigones rápidamente. En el caso de desecar estas zonas el sedimento se va a compactar y va a frenar la sedimentación de los perdigones.

El último caso, el Lucio de Caraviruelas muestra una distribución de los perdigones difícil de explicar. Por una parte, se han tomado solamente 15 cm de profundidad, lo que no permite apreciar bien la tendencia de acumulación de los perdigones. En segundo lugar la zona estaba seca en el momento del muestreo y pueden por tanto verse distorsionados los resultados obtenidos.

Los perdigones encontrados en los muestreos han sido de diferentes tamaños, y aunque algunos autores indican una cierta variación en la sedimentación en función del tamaño de los perdigones (Bellrose, 1959; Nelson, 1965), otros no observan ninguna diferencia (USWF, 1986). En nuestro caso no se ha estudiado la distribución de los perdigones de diferentes tamaños.

En cuanto a la presencia de vegetación, tan sólo se ha estudiado en la laguna de la Encanyissada y en los arrozales de Sueca, sin que se observase ningún efecto de la presencia de ésta en la cantidad de perdigones del sedimento. En definitiva, la consistencia del sedimento o el laboreo del suelo parecen tener más importancia en la disminución de la accesibilidad de los perdigones que la vegetación de la zona o el tipo de perdigones utilizados.

Las altas concentraciones de perdigones encontradas en la superficie de las zonas estudiadas no parecen corresponder al aporte único de la última temporada de caza, como algunos autores indican (Bellrose, 1959). La presencia de perdigones en la superficie de zonas donde hace casi 30 años que no se caza, como en las Tablas de Daimiel, así lo demuestra. Esta misma consideración es hecha por Whitehead y Tschirner (1991) en Australia, que observan que las estimaciones del aporte de perdigones anual en una zona no explican las concentraciones observadas.

4.1.3. - PRESENCIA DE GRIT EN LAS ZONAS HÚMEDAS

El análisis granulométrico muestra la falta de grit adecuado para las aves acuáticas y por consiguiente, ante la alta concentración de perdigones en el sedimento, se van a dar todas las condiciones que van a conducir a la ingestión

de perdigones y a la intoxicación por plomo en las aves acuáticas. El hecho es que los perdigones llegan a ser más abundantes que las partículas que las aves podrían tomar como grit y por lo tanto el riesgo de plumbismo es elevado. Por ejemplo en terrenos fangosos del Lac de Grand-Lieu (Loire-Atlántique) en Francia, el 70% de las partículas que los Ánades Reales podrían ingerir como grit eran perdigones. Esto conduce a que el 12,8% de los Ánades Reales y el 37,4% de los Porriones Comunes presentasen perdigones en la molleja (Mauvais y Pinault, 1993).

La falta de grit hace que el recambio de piedras en la molleja sea menor, las partículas son más tiempo retenidas, y si la partícula es un perdigón, se va a ver aumentada su capacidad de producir la intoxicación (Troost, 1981).

4.2. - EL PLUMBISMO EN LAS AVES ACUÁTICAS

4.2.1. - MÉTODOS UTILIZADOS

Para determinar la exposición a los perdigones de plomo hemos utilizado dos métodos, la presencia de perdigones en molleja y el nivel de plomo en el hígado. El examen de la molleja se ha realizado por observación visual, aunque algunos autores consideran más útil el examen mediante rayos-X, tanto de las mollejas como de las muestras de sedimento (Montalbano y Hines, 1978; Furness y Robel, 1989). En nuestro caso hemos considerado que las posibilidades de no encontrar un perdigón, después de retirar toda la materia vegetal son nulas y por el contrario la radiografía no permite discernir entre los perdigones de plomo y otras partículas radioopacas, que por otra parte resultan frecuentes. El examen por rayos-X resulta, evidentemente, mucho más caro.

Las prevalencias obtenidas mediante los dos métodos han sido bastante similares en la mayoría de los casos. En el Delta de l'Ebre, la concordancia de las dos pruebas obtenidas por medio del coeficiente Kappa ha sido bastante alta (0,8286), cercana a uno en unas cuantas especies, como el Ánade Silbón, el Ánade Friso, la Cerceta Común y el Ánade Rabudo. No ha sido tan buena esta concordancia en el caso de el Pato Cuchara, el Pato Colorado o el Porrón Común, si bien han sido aceptables. Tan sólo en la Focha Común, con un solo ejemplar afectado según cada prueba, la concordancia ha sido nula. En las aves de la Albufera la concordancia no ha sido tan buena (0,4030), siendo tan sólo importante en el caso del Ánade Real. En el conjunto de aves cazadas para estudiar la incidencia del plumbismo, encontramos una concordancia aceptable de ambas pruebas (0,6758) y que mejora en el caso de considerar también las aves encontradas muertas (0,7613). El hecho de que se observen aves con perdigones en la molleja cuyos niveles de plomo en hígado sean inferiores a 5 ppm puede deberse a que las aves hayan ingerido recientemente los perdigones pero sin que haya pasado el tiempo suficiente como para que se empezasen a erosionar. Esto puede hacer que si la captura se realiza sobre un grupo de aves recién llegado a la zona, éstas han podido tener tiempo de ingerir perdigones pero no de mostrar unos niveles altos de plomo en el hígado. El caso contrario lo encontramos en las aves que han erosionado por completo los perdigones pero necesitan un tiempo para que los niveles de plomo descendan: esta situación justificaría los casos positivos a plomo en hígado pero que carecen de perdigones en la molleja. Otro factor a tener en cuenta en este punto es la existencia de otras fuentes de plomo diferentes de los perdigones. Sería interesante estudiar los niveles de plomo de los sedimentos de las zonas estudiadas, ya que los perdigones acumulados pueden estar disolviéndose, aunque de forma muy lenta. Esto podría producir una concentración de plomo elevada en el suelo, que sería incorporado a la cadena trófica por las plantas (básicamente en las raíces) o por lombrices de tierra (Manninen y Tansakanen, 1993). En la Albufera de València se ha dado el caso de que ninguna Agachadiza Común mostró perdigones en la molleja, y sin embargo tres presentaban niveles de plomo en hígado por encima de las 5 ppm. Esto podría explicarse por una exposición de las aves a través de la dieta.

Se ha visto que las aves que presentan perdigones en la molleja tienden a tener unos niveles de plomo en hígado más altos, en la mayoría de los casos sobrepasando las 5 ppm sobre peso seco de hígado y por lo tanto siendo positivo para ambas técnicas. Esto ha sido observado en casi todas las especies y en el conjunto de aves analizadas, demostrándose que la etiología del aumento de plomo en el hígado de las aves es debido a la ingestión de los perdigones de plomo, por encima de cualquier otra causa. Además esto se ve apoyado por el hecho de que en varias especies, las aves que no tenían más de 5 ppm en el hígado mostraban unos niveles algo más elevados en el caso de que hubiesen ingerido algún perdigón. Esto indicaría que estas aves han ingerido perdigones, pero todavía no han llegado a verse incrementados sus niveles de plomo en hígado de una forma notable.

A todo esto hay que añadir que en gran parte de las especies estudiadas y para el conjunto de las aves analizadas se ha observado una correlación positiva entre los niveles de plomo en hígado (tanto los valores brutos como transformados logarítmicamente) con los parámetros que indican que las aves han ingerido perdigones, como son el número de perdigones que presentan en la molleja, el peso de éstos y el peso de perdigón que estimamos que se ha erosionado en la molleja (*Figura 3.23*). Como regla general, han estado normalmente mejor correlacionados el

número de perdigones y el peso estimado erosionado, que el peso de perdigones que permanece en la molleja. Esto parece bastante lógico, ya que el peso erosionado reflejaría mejor la cantidad de plomo que ha sido absorbido por el individuo y que por lo tanto ha producido la elevación de los niveles hepáticos.

En algunos casos se describe un efecto corrector de la dieta, como en el caso del Pato Cuchara, que se alimenta de grano y en gran medida de invertebrados. Una dieta rica en determinados nutrientes puede hacer que en una especie se dé una alta tasa de ingestión de perdigones y que sin embargo los niveles de plomo no sean tan elevados. Componentes de la dieta como la proteína y el calcio pueden reducir la cantidad de plomo que es absorbido en el intestino o afectar su deposición en los tejidos (Pain *et al.*, 1993; Stendell *et al.*, 1979). En nuestro caso se ha dado una buena correlación entre la ingestión de perdigones y niveles de plomo en hígado en todas las zonas estudiadas, por lo que no se confirman las observaciones de otros autores.

En definitiva, el examen de la molleja se muestra como un buen método para estudiar la intoxicación por plomo en las aves acuáticas. Las ventajas que presenta son varias. Es fácil de realizar; no se necesita un material sofisticado (con una lupa binocular basta); lo puede realizar personal no especializado; es barato, aunque puede ser necesario invertir tanto tiempo por muestra como en la determinación de los niveles de plomo en hígado o sangre. En general vemos que la sensibilidad y la especificidad del examen de la molleja son bastante buenas y los resultados no difieren demasiado de los obtenidos por el análisis de vísceras o sangre, que es un método mucho más caro. Teniendo en cuenta todo esto, podemos recomendar su utilización en las zonas húmedas españolas (tanto las ya estudiadas como las no incluidas en este trabajo), para llevar a cabo una monitorización a largo plazo de la problemática de esta intoxicación y estudiar su evolución. En el caso de que se adopten medidas correctoras, como la utilización de perdigones de acero, se podrá de esta forma comprobar su eficacia. Además el método de recogida de muestras en los animales cazados en las tiradas es sencillo y, aunque puede estar algo sesgado, nos servirá para comparar los resultados con los de otras zonas o ver la evolución en el tiempo.

4.2.2. - PREVALENCIA, INCIDENCIA Y MORTALIDAD

En base a los resultados obtenidos, el plumbismo en España resulta ser un grave problema para las aves acuáticas. Unas prevalencias tan elevadas no se encuentran en muchos lugares, y tan sólo en otras zonas húmedas mediterráneas, como la Camarga, en Francia (Pain 1990), o el delta del Evros, en Grecia (Pain y Handrinos, 1990), han mostrado un grado tan alto de exposición a los perdigones. Esto confirma la gravedad del problema en la cuenca mediterránea, una zona donde las escasas zonas húmedas acogen a gran parte de las aves migratorias europeas. En estos lugares la caza está muy arraigada en la población y se viene realizando desde los mismos puntos desde hace, en algunos casos, más de un siglo. Las prevalencias obtenidas sobrepasan en casi todas las especies las condiciones impuestas en los EEUU para que en una zona se prohíba el uso de perdigones de plomo (Anónimo, 1986a).

4.2.2.1. - Diferencias entre localidades

Dentro de las zonas húmedas, podríamos ordenar los humedales de mayor a menor incidencia del plumbismo de la siguiente forma. En primer lugar El Fondo de Alacant, cosa que está corroborada por la mortalidad de Flamencos que allí se registra desde hace varios años. En segundo lugar estaría la Albufera de València y seguidamente el Delta de l'Ebre, dos zonas bastante similares en varios aspectos. A continuación estarían las Marismas del Gualquivir, que necesitarían una mejor prospección, dada su importancia internacional. Por último estaría, como era de esperar, las Tablas de Daimiel, un Parque Nacional donde la caza no se practica desde hace cerca de 30 años. En esta zona se ha observado una menor ingestión de perdigones en los Ánades Reales que en las otras zonas donde todavía se practica la caza.

4.2.2.2. - Diferencias entre especies

En relación a las especies más afectadas, se cumple lo ya observado por otros autores, las especies buceadoras están más afectadas que las nadadoras, y a su vez las granívoras más que las herbívoras (Bellrose, 1959; Pain, 1990). Esto puede discutirse ya que la existencia de especies como la Focha Común o el Pato Colorado, que siendo en cierto grado buceadoras como el Porrón Común, no están tan afectadas, hace pensar que el hecho de que un ave pueda sumergirse y acceder más fácilmente a los perdigones a los que las aves nadadoras no llegarían, no es razón suficiente para que los patos buceadores estén más afectados. De hecho las aves nadadoras también se alimentan en zonas donde llegan al fondo y por lo tanto a los perdigones allí acumulados. Entonces la única razón para que se diese una mayor tasa de ingestión de perdigones en los patos buceadores es que en las zonas de aguas profundas se acumulase una mayor concentración de perdigones que en las aguas someras, lo cual va a depender de cómo se cace en cada zona. Según lo dicho anteriormente, la mayor prevalencia existente en especies como el Porrón Común es

debida a factores como la alimentación y ligado a esto el tipo de grit consumido por estas aves.

4.2.2.3. - Diferencias intraespecíficas

Las diferencias intraespecíficas debidas a factores como el sexo o la edad no se ha observado que sean evidentes en este estudio. En general no hay demasiados trabajos en que se produzcan diferencias en este aspecto y los que hay tampoco son demasiado concluyentes (Pain, 1990). Uno de éstos es el de DeStefano *et al.* (1992), que observan una mayor ingestión de perdigones en las Barnaclas Canadienses inmaduras (de menos de 1 año de edad) y lo relacionan con una mayor ingesta de alimento y de grit en estas aves. Esto también ha sido observado en otras especies (Elder, 1950; Bellrose, 1959; Samuel *et al.*, 1992; Whitehead y Tschirner, 1991). En otros casos el sexo ha sido determinante, siendo los machos los que más perdigones contenían en su molleja (Bellrose, 1959; White y Stendell, 1977). Todas estas diferencias parecen explicarse en definitiva por las variaciones de las necesidades energéticas a lo largo de la vida de las aves, en función del sexo y posiblemente de la época del año. En nuestro caso, no se ha intentado observar variaciones estacionales en la prevalencia del plumbismo, ya que el tamaño de la muestra de individuos de cada especie no lo permite. No obstante, otros autores indican la existencia de tendencias a lo largo de la temporada de caza. En los EE.UU. se observa un aumento de la prevalencia a medida que avanza la temporada de caza, fundamentalmente por el aumento de perdigones disponibles en los sedimentos, siendo máxima una vez termina la caza o incluso durante la primavera (Bellrose, 1959; White y Stendell, 1977; Sanderson y Bellrose, 1986; Friend, 1987; Havera *et al.*, 1992a). Por el contrario en Europa se observa una tendencia opuesta, con una mayor ingestión de perdigones al principio de la temporada (Thomas, 1975; Mudge 1983). En cualquier caso, en la Camarga no parece existir una marcada estacionalidad (Pain 1990), y por lo tanto es muy posible que así suceda en las marismas españolas. Únicamente en el caso de las mortalidades de anátidas en el Delta del Ebro y Flamencos Comunes en los humedales suralicantinos podemos observar una tendencia a observar más casos de aves intoxicadas durante los meses de invierno, principalmente en diciembre y enero (*Figuras 3.24a y 3.25a*).

4.2.2.4. - Corrección de la prevalencia

Aplicando las correcciones establecidas por Bellrose (1959) a la prevalencia obtenida según la presencia de perdigones en la molleja, obtenemos una prevalencia algo inferior (*Tabla 4.1*). Se debe tener en cuenta que estas correcciones fueron calculadas en su día para el Ánade Real y por lo tanto estamos asumiendo que no deben ser diferentes para el resto de especies de aves acuáticas. Esta suposición es un tanto arriesgada, ya que las distintas especies tienen dietas muy diferentes, que pueden modificar la toxicidad de un mismo número de perdigones en una molleja. Por otra parte la diferencia importante en el tamaño, entre por ejemplo la Cerceta Común y el Ánade Real, hace que no sea la misma dosis de plomo en función del peso vivo, la que están recibiendo diferentes especies con un mismo número de perdigones (Sanderson y Bellrose, 1986).

Tabla 4.1. - Comparación de la prevalencia de ingestión de perdigones observada y la corregida en función del número de perdigones, según Bellrose (1959).

Localidad	Especie	Prevalencia Observada (%)	Prevalencia Corregida (%)
Delta de l'Ebre	<i>A. penelope</i>	5.3	305
	<i>A. strepera</i>	8.7	5.8
	<i>A. crecca</i>	28.6	17.0
	<i>A. platyrhynchos</i>	25.0	15.0 ¹
	<i>A. acuta</i>	70.8	32.9
	<i>A. clypeata</i>	28.1	15.0
	<i>N. rufina</i>	20.0	11.9
	<i>A. ferina</i>	69.2	38.3
	<i>F. atra</i>	3.6	2.4
Albufera de Valencia	<i>A. platyrhynchos</i>	34.6	19.4
	<i>A. clypeata</i>	30.8	18.3

	<i>N. rufina</i>	17.7	11.8
El Fondo	<i>A. clypeata</i>	35.3	19.9
	<i>N. rufina</i>	28.6	16.7
	<i>A. ferina</i>	83.3	43.1
Tablas de Daimiel	<i>A. platyrhynchos</i>	10.0	6.7
Doñana	<i>A. anser</i>	33.3	19.9
	<i>A. platyrhynchos</i>	16.7	11.1

1) Obtenida a partir de los datos de Guitart et al. (1994).

La única forma de evitar este sesgo dependiente del método de captura es llevar a cabo un tipo de muestreo (ver DeStefano *et al.*, 1991) que por lo costoso del material a emplear estaba fuera del alcance de este estudio. En todo caso, el valor de mayor utilidad, y que más se utiliza para evaluar el plumbismo, sigue siendo la prevalencia observada de perdigones en molleja. Esto permite comparar prevalencias de una misma especie en diferentes zonas, y a partir de ello extraer las conclusiones.

4.2.2.5. - Mortalidad por plumbismo

Respecto a la mortalidad debida al plumbismo y su posible efecto en el declive de ciertas especies, hay que decir que esto ha sido demostrado en algunas poblaciones de Cisne Vulgar de Inglaterra (Hardman y Cooper, 1980). Además de la mortalidad directa producida por los altos niveles de plomo en los tejidos, hay que considerar que las aves con niveles subletales pueden ver afectada su función motora y por tanto aumentar las posibilidades de ser depredadas o tener colisiones durante el vuelo (O'Halloran *et al.*, 1989).

En cuanto a las mortalidades masivas detectadas en España en los últimos años, hay que destacar que las más conocidas han sido las que han afectado a los Flamencos en Doñana en Marzo de 1991 (Ramo *et al.*, 1992) y en los humedales suralicantinos que en este trabajo describimos. En otras zonas del mundo las especies en que se observa mejor la existencia de muertes por plumbismo son las aves de gran tamaño y tan conspicuas como los cisnes (Blus *et al.*, 1989, Honda *et al.*, 1990) o los flamencos (Bayle *et al.*, 1986; Schmitz *et al.*, 1990). Es por tanto lógico que la mortalidad que se registra en especies más pequeñas y de colores más crípticos, como los Ánades Rabudos o los Ánades Reales hayan pasado desapercibidas en muchos sitios. En el caso del Delta de l'Ebre, el conocimiento de la problemática desde 1989 ha permitido establecer una mayor vigilancia, que ha llevado a la detección de un importante número de casos de intoxicación durante la temporada 1993-94. No hay que olvidar que las aves intoxicadas son rápidamente depredadas o sus cadáveres eliminados por los depredadores y carroñeros. Por ejemplo, Whitehead y Tschirner (1991) observaron a un Dingo *Canis familiaris* que en tres minutos cogió a tres Gansos Urracos intoxicados. Pain (1991c) indica que los cadáveres desprecen en una zona húmeda muy rápidamente y que además las aves muertas en una marisma son especialmente difíciles de encontrar.

Llama la atención que en Doñana, donde se han determinado unas bajas concentraciones de perdigones en el sedimento, se haya dado una mortalidad tan alta de Flamencos. Hay que tener en cuenta que en Doñana únicamente se estudió el sedimento de una de las muchas lagunas que existen, por lo que puede haber otras en las que la concentración de perdigones de plomo sea mucho más elevada. No obstante, concentraciones tan bajas como 7.521 perdigones/ha fueron suficientes para producir una mortalidad de Barnacla Canadiense en Colorado (Szymczak y Adrian, 1978).

De las dos especies de anátidas con poblaciones más vulnerables, la Malvasía Común y la Cerceta Pardilla, se han encontrado sendos individuos muertos con signos de exposición al plomo, y en el caso de la Malvasía Común se puede afirmar que la muerte se produjo por la intoxicación. Esto hace que el problema del plumbismo tome mayor importancia al poder ser una causa de mortalidad añadida para especies especies en peligro, y por lo tanto la recuperación de dichas especies requerirá la eliminación de este problema. En otras zonas del mundo donde también existen especies de Malvasías, como en Australia, también se ha visto que son especies que están expuestas al plomo (Wickson *et al.*, 1992; Norman *et al.*, 1993).

4.2.2.6. - El plumbismo en la Europa Mediterránea

Los datos recopilados por Pain (1991c) de diversos autores muestran una importante diferencia entre Norteamérica y el norte de Europa con la Europa mediterránea (*Tabla 4.2*) Como se observa, los valores obtenidos en España, incluyendo los datos del presente estudio y los anteriores de Llorente (1984) y Guitart *et al.*, (1994), son más similares a los de la Europa mediterránea que a los de las otras dos regiones.

Tabla 4.2. - Porcentaje de ejemplares de diferentes grupos de anátidas en los que se encuentran perdigones en la molleja.¹

Alimentación ²	EE.UU. (1973- 1984)	Norte de Europa	Europa ³ Mediterránea	España ⁴
Patos herbívoros	1,0	1,1	3,3	10,1
Patos de superficie	8,5	3,7	21,5	27,2
Patos buceadores	17,4	19,7	59,5	76,6
TAMAÑO DE MUESTRA	168.523	10.890	1.925	553

1) Pain (1991c). 2) Dentro de los patos herbívoros hemos incluido al Ánade Friso, Ánade Silbón, Ánsar Común, Pato Colorado y Focha Común. En los buceadores las dos especies de porrones y en los nadadores el resto de anátidas estudiadas. 3) Excepto España 4) Datos recogidos del presente estudio, de Guitart *et al.* (1994) y de Llorente(1984).

La comparación de los resultados obtenidos de la prevalencia de la intoxicación en las especies estudiadas puede ser extensa, ya que los numerosos estudios llevados a cabo en todo en mundo así lo permiten. Sin embargo, de todo ello, lo más interesante puede ser comprobar la similitud con otras zonas estudiadas de la Europa mediterránea, como se aprecia en la *Tabla 4.2*. Esto permitirá confirmar el alto grado de exposición al plomo que sufren las aves en esta área, una de las más afectadas del mundo. Por ejemplo, el Ánade Rabudo ha sido una de las especies más intoxicadas, lo que confirma la observación de otros trabajos llevados a cabo en la Camarga, donde la prevalencia es del 67% (Pirrot y Taris, 1987), y en el delta del Evros (Pain y Handrinos, 1990), donde 4 de 8 ejemplares presentaban perdigones en la molleja. El Porrón Común presenta también una prevalencia bastante elevada en la Camarga, en torno al 60%, y en el Delta del Evros, con un 50%. de prevalencia, bastante similar a la obtenida en las marismas de la costa mediterránea que hemos estudiado (Pain, 1990). Habría que destacar el alto porcentaje de Ánades Reales que han ingerido perdigones en la Camarga (45%), mucho más elevado que en la Albufera de València (34,6%) o en el Delta de l'Ebre (25%) (Guitart *et al.*, 1994). Esto puede ser debido a que las aves criadas en cautividad que se liberaron en la Camarga para ser cazadas habían ingerido perdigones en los lugares de cría (Pain, 1990), y por lo tanto alterar algo los resultados. En general, la prevalencia del resto de especies es similar en las marismas de la costa mediterránea (*Tabla 4.3*).

Tabla 4.3. - Porcentajes de presencia de perdigones en molleja (tamaño de muestra) en tres zonas húmedas de la costa mediterránea.

Especie	Localidad			
	D.Ebro ¹ 1992-94	Camarga ² 1988-89	Venecia ³ 1990	D.Evros ⁴ 1989-90
A. penelope	5,3 (19)	2,5 (79)	7,7 (13)	0,0 (7)
A. strepera	8,7 (23)	2,9 (69)	--	0,0 (15)
A. crecca	28,6 (28)	9,0 (100)	--	14,7 (34)
A. platyrhynchos	25,0 (40)	45,0 (159)	--	36,4 (11)
A. acuta	70,8 (24)	67,0 (80)	--	50,0 (8)
A. querquedula	0,0 (2)	7,1 (14)	--	--
A. clypeata	28,1 (32)	23,0 (47)	--	0,0 (9)
N. rufina	20,0 (20)	0,0 (2)	--	0,0 (1)

A. ferina	69,2 (26)	60,0 (106)	75,0 (4)	50,0 (14)
A. fulígula	80,0 (5)	50,0 (6)	--	100,0 (1)
F. atra	3,6 (28)	19,0 (103)	--	--

1) Datos del presente estudio excepto los del Ánade Real (Guitart *et al.*, 1994). 2) Pain, (1990) excepto los del Ánade Rabudo (Pirrot y Taxis, 1987). 3) Tirelli, (1992). 4) Pain y Handrinos, (1990).

Aparte de las anátidas, el único rallido estudiado, la Focha Común, no resulta estar afectado por el plumbismo en vista de los resultados obtenidos. Por el contrario, Pain (1990) en la Camarga encontró un 19% de las Fochas Comunes con perdigones en la molleja.

En cuanto a la única especie de limícolo estudiada, la Agachadiza Común, en otras localidades ha resultado estar expuesta a los perdigones. Por ejemplo, Pain (1990) encontró 12 individuos con perdigones en la molleja de un total de 158 aves analizadas en la Camarga. Sin embargo ninguna de las 30 aves capturadas en la Albufera de Valencia presentó perdigones. Es posible que en la marisma francesa esta especie sea más cazada en las zonas donde se alimenta y por lo tanto esté expuesta a una mayor concentración de perdigones. Por el contrario, otra especie de limícolo que Pain (1990) estudió en la Camarga y en la que encontró perdigones, fue la Aguja Colinegra. Precisamente de esta especie se diagnosticó un caso de intoxicación aguda en el Delta de l'Ebre.

En Francia se ha estudiado el plumbismo en otras zonas que no se encuentran en la costa mediterránea, La Dombes y el Lac du Grand-Lieu, siendo los resultados obtenidos sobre la prevalencia de intoxicación en las aves acuáticas inferiores a los obtenidos en la Camarga. En cambio, estos resultados son más parecidos, o posiblemente un poco más altos, que los obtenidos en el resto de Europa o en EE.UU. (Pain, 1991b). La Camarga es una zona que ha sido estudiada desde hace 40 años (Pirrot y Taxis, 1987) y por lo tanto se ha recogido mucha información, que posiblemente sea en parte extrapolable a las zonas españolas de la costa mediterránea. Una observación realizada en esta zona francesa es que a lo largo de los últimos 10-25 años se ha venido dando un incremento en la tasa de ingestión de perdigones en las aves acuáticas, demostrando que se trata de un problema en aumento, debido posiblemente a la mayor concentración de perdigones que se acumula en la zona año tras año (Pain, 1991b).

4.2.3. - EFECTOS DEL PLOMO EN LA CONDICIÓN CORPORAL

La condición corporal de las aves se ha medido de tres formas. La primera ha sido el peso corregido con la longitud del ala como covariante. La segunda era una variante de ésta, ya que no es más que un índice de condición corporal utilizado por diversos autores (White y Bolen, 1984; Bergan y Smith, 1993). Se trata del valor del peso estandarizado por la longitud del ala (peso/ala). Por último se ha empleado un índice que valora la cantidad de grasa que han acumulado las aves. De los tres, los que han aparecido más influidos por el plumbismo han sido el peso y el índice de condición corporal. Únicamente en los Ánades Reales se ha observado que las aves con niveles de plomo en hígado elevados tenían también menos peso. Sin embargo en otras especies se ha podido constatar una tendencia a disminuir el peso o el índice de condición corporal a medida que aumenta la exposición al plomo, como el Ánade Rabudo (*Figura 3.5*), el Porrón Común (*Figuras 3.13a, 3.18b*) o el Ánade Real (*Figuras 3.13a, 3.18a*). Estas son las tres especies con prevalencia más alta y en las que, por lo tanto, mejor se han podido apreciar los efectos del plomo en la condición física.

La importancia de este efecto sobre la condición corporal de las aves viene dado por el hecho de que en el caso de que las aves no lleguen a morir por la intoxicación, los niveles subletales van a tener ciertas consecuencias en su supervivencia durante el invierno y en la acumulación de reservas para la migración y la reproducción. Esto por otra parte, junto a los efectos del plomo en la actividad neuromuscular, puede hacer que la distancia recorrida en la migración por las aves expuestas a los perdigones sea menor (Bellrose, 1959, Hovette, 1972). Por lo tanto, es poco probable que las aves intoxicadas que aparecen en una zona hayan ingerido los perdigones en otros puntos de su ruta migratorio, sino que el problema radica en esa misma zona.

Aunque no se han observado efectos estadísticamente significativos sobre el índice de acumulación de grasa a los niveles subletales de plomo, sí que se ha observado en las aves encontradas con síntomas de plumbismo, que carecían completamente de reservas de grasa. Esto es debido a que las consumieron en el tiempo en que la intoxicación les impidió alimentarse de forma normal. De hecho, en el Ánade Real se ha comprobado que en las aves que murieron por la intoxicación el peso era menor que en las que fueron cazadas, aún en el caso de que éstas también hubiesen ingerido perdigones.

Estos resultados son similares a los descritos por Hohman *et al.* (1990), en el Porrón Coacotxle en el Lago Catahoula, en Louisiana. En dicho estudio las aves con perdigones en la molleja pesaban un 10% menos que el resto y por lo tanto tenían menores posibilidades de supervivencia. El mismo efecto sobre el peso de las aves fue observado por Haverá *et al.* (1992a), en esta ocasión a partir de los niveles de plomo en sangre en el Porrón Bola.

4.2.4. - ESTUDIO DEL GRIT

El tipo de grit es diferente para cada especie. En las granívoras predominan las piedras de un cierto grosor, que les son más útiles para romper las duras semillas, como en el Porrón Común, el Porrón Moñudo, el Ánade Rabudo, el Ánade Real, el Pato Cuchara, la Cerceta Común, la Aguja Colinegra o el Flamenco Común. En las que tienden a alimentarse de hierba o de hojas de plantas subacuáticas predomina la arena fina, que es más efectiva para hacer multitud de cortes en las hojas y así poderlas digerir (*Figura 3.22a*). Esto lo encontramos en el Ánade Silbón, la Focha Común y el Ánade Friso. Otras especies tienen una mezcla de ambos tipos de grit, con partículas gruesas y una gran parte de arena fina, son especies que se alimentan de semillas y también de hojas.

La cantidad de grit es igualmente diferente según la dieta de las especies. Así resulta ser necesaria más cantidad de grit, en especial arena, en las herbívoras (*Figura 3.22b*). Esto puede deberse, por una parte, a que al ser la hierba menos nutritiva que las semillas deban ingerir una gran cantidad de materia vegetal y por consiguiente mucha arena para cortarla. Por otra parte la arena debe tener un rápido paso a través del píloro y puede ser necesario ingerir más grit. Por el contrario, las aves granívoras, que consumen un alimento de mayor contenido energético, precisan de unas pocas piedrecillas para partir el grano, siendo además más perdurable en la molleja una partícula gruesa que un grano de arena.

Ahora bien, si miramos la proporción de grit de grosor mayor que la arena ($>0,5$ mm), que tienen las aves herbívoras, veremos que es mayor que la que hay en los sedimentos de las zonas húmedas. Esto indica que en estas aves se puede estar produciendo dos situaciones. La primera consistiría en que las herbívoras hacen también una selección de las partículas gruesas como las granívoras, pero sus altas necesidades de grit les obligan a ingerir partículas más finas que son las más abundantes. La segunda posibilidad sería que estas aves no seleccionasen las partículas gruesas y que en la molleja se fuesen acumulando durante más tiempo estas partículas, y por lo tanto estuviesen en mayor proporción de lo que realmente ingieren las aves.

4.2.4. 1. - Relación entre la composición del grit, la alimentación y el plumbismo

Se ha visto que las especies con un tipo de grit con diámetro similar a los perdigones, entre 1 y 4 mm, son las más afectadas por plumbismo (Pain, 1990). Hovette (1973) observó que el grit escogido por el Ánade Real presentaba un diámetro similar a los perdigones que se utilizan para la caza de anátidas. En el caso del Delta de l'Ebre, el estudio de 8 especies permite observar una tendencia a aumentar la prevalencia cuanto más grit de 2-4 mm tiene la especie (*Figura 3.20a y 3.20b*). Esto mismo es observado por Pain (1990) en la Camarga en las siete especies de anátidas estudiadas. Por el contrario las especies con más grit de pequeño tamaño van a ser las que menor prevalencia presentan.

La alimentación está también muy relacionada con el grado de afectación de cada especie. Las especies granívoras, que buscan el grano filtrando los sedimentos, son las que más perdigones ingieren, mientras las herbívoras prácticamente no están afectadas. Como ya hemos visto, el tipo de grit depende de la alimentación, por lo tanto el problema va a ser discernir si las aves ingieren los perdigones confundidos con las semillas o con las partículas de grit. Con respecto a la relación con la ingestión de grit es importante conocer cómo buscan las aves este grit, como indican Whitehead y Tschirner (1991). Estos autores indican que si el Ganso Urraco *Anseranas semipalmata* de Australia ingiere el grit en zonas concretas donde es más abundante, no sería tan alta la tasa de ingestión de perdigones como si lo buscara mientras se alimenta. Esto mismo puede suceder en nuestras zonas húmedas, donde las aves acuáticas pueden buscar el grit en los lugares donde es abundante, como por ejemplo en los márgenes de los caminos, las carreteras, los diques que separan lagunas, etc. En cuanto a la relación entre la alimentación y la intoxicación, Whitehead y Tschirner (1991) observaron en Australia una alta proporción de perdigones respecto a los tubérculos de *Eleocharis dulcis* (1:11), en los sedimentos donde se alimentaba el Ganso Urraco a base de estos tubérculos. Sin embargo en los buches de las aves analizadas no se encontró una proporción tan alta de los perdigones. Esto indicaría una cierta selección de los tubérculos de dos posibles maneras. Por una parte las aves pueden aprender a buscar las semillas o tubérculos, debajo de las plantas, donde se encuentran en mayor cantidad. En segundo lugar, las aves también podrían aprender a distinguir las partículas de alimento de las partículas inorgánicas, como por ejemplo las piedras o los perdigones. Todo esto se ve apoyado por el hecho de que los Gansos Urracos inmaduros habían ingerido con mayor frecuencia perdigones. Por otra parte Trost (1981) observa un aprendizaje en los Ánades Reales en cautividad a la hora de rechazar la ingestión de perdigones. En estos

mismos experimentos llevados a cabo por Trost (1981) se observa que el Anade Real puede diferenciar, y por lo tanto seleccionar en mayor proporción el grano de maíz que los perdigones, y esto mismo se cumple para otros tipos de grano más similares a los perdigones, como el de sorgo. Aunque los experimentos de Trost (1981) fueron llevados a cabo en cautividad, indican una mayor posibilidad de que las aves ingieran los perdigones al confundirlos con grit en lugar de con comida.

4.2.4.2. - Efecto de la localidad en la composición del grit

En general, en todas las especies en las que se han recogido muestras en más de una localidad, se han encontrado diferencias en cuanto a la composición del grit. Esto parece lógico que pueda estar determinado por la abundancia de determinados grosores de partícula en los sedimentos de las distintas zonas. Por el contrario, esto no parece ser lo que ocurre si comparamos las gráficas correspondientes al grit de estas especies y las de las partículas disponibles en cada una de las zonas estudiadas. Lo veremos más claramente en cada una de las especies estudiadas.

En el Ánade Real la fracción de tamaño superior a 4 mm es más abundante en las aves de Doñana, en cambio en la *Figura 4.1a* veremos que es precisamente en Doñana donde resulta más escasa esta fracción. Respecto a las otras fracciones sucede algo similar, de forma que, por lo general, la zona con mayor cantidad de partículas gruesas son las Tablas de Daimiel, seguida de la Albufera de València y por último Doñana. En cambio la composición de grit tiende a ser la inversa, habiendo más partículas mayores de 0,5 mm en Doñana, seguido de las Tablas de Daimiel y de la Albufera de València.

Figura 4. 1. - Comparación de la composición de grit del sedimento y de la molleja del Ánade Real (a) y el Pato Cuchara (b) de las diferentes zonas de estudio.

En el caso del Pato Cuchara sucede algo similar. En la Albufera de València la cantidad de partículas de más de 2 mm es mayor que en El Fondo, pero no con respecto al Delta de l'Ebre (*Figura 4.1b*). En cuanto al grit de las aves, es más frecuente el grit de más de 2 mm en las aves de la Albufera que en las del Delta. En esto se debe tener en cuenta que en el Delta de l'Ebre la totalidad de los fragmentos de tamaño superior a 0,5 mm correspondían a restos de conchas, y que por lo tanto pueden estar distorsionando los resultados, más si tenemos en cuenta que esta especie no suele presentar como otras (por ejemplo la Focha Común) fragmentos de conchas como grit en el interior de la molleja.

En el Pato Colorado tampoco se observa una clara relación entre la composición del sedimento de las tres zonas y el grit que presentan las aves. En la Albufera de Valencia existe una mayor cantidad de partículas de más de 1 mm de diámetro que en el Fondo, lo que también sucede en el grit de las aves (*Figura 4.2a*). Sin embargo, en el Delta de l'Ebre es todavía mayor la cantidad de partículas gruesas, sin que esto se refleje en la composición del grit de los Patos Colorados.

Para el Porrón Común, la *Figura 4.2b* muestra una falta total de relación entre el tipo de partículas del sedimento con el tipo de grit de las aves. Mientras para el Pato Cuchara y el Pato Colorado hemos tenido en cuenta el sedimento de la Illa de Buda en el caso del Delta de l'Ebre, para el Porrón Común hemos considerado el de la laguna de la Encanyissada. Esto se debe a que la mayor parte de la población invernante de esta especie se encuentra en esta laguna, aunque de hecho las diferencias entre los sedimentos de ambas lagunas son mínimas (*Figura 4.1b*).

Figura 4.2. - Comparación de la composición de grit del sedimento y de la molleja del Pato Colorado (a) y el Porrón Común (b) de las diferentes zonas de estudio.

Los resultados observados hasta ahora parecen indicar que las aves no ingieren un tipo de grit en función de su abundancia en la zona donde habitan. Esto puede indicar que las aves deben estar ingiriendo el grit en momentos concretos y en zonas donde saben que existe un tipo de partículas adecuado para ellas, como por ejemplo los márgenes de las carreteras. Por lo tanto, la composición del grit de las aves puede depender más de la existencia de estos lugares, que de la composición de todo el sedimento de la zona en general. De hecho la relación entre las piedras y los perdigones es mayor en las mollejas que en los sedimentos, ya que las piedras son mucho más escasas que estos, por lo que las aves deben realizar una selección de éstas.

Por otra parte, puede haber un factor más a tener en cuenta para explicar la diferencia de la composición del grit en las aves de las distintas zonas. Este otro punto a considerar es la alimentación, ya que si ésta fuese diferente en cada localidad, podría ser que las aves adecuasen sus necesidades de grit para optimizar su digestión.

4.2.4.3. - Efecto del sexo en la composición del grit

En algunas especies se observa una tendencia en los machos a la selección de partículas de mayor tamaño, de forma que el perfil de ambos sexos parece casi corresponder a especies diferentes. En los machos, una selección de piedras de 1-2 mm de diámetro hace pensar que puedan seguir una dieta más granívora que las hembras, que suelen presentar en mayor proporción arena de menor tamaño. Esto se observa en especies granívoras como el Pato Cuchara (*Figura 3.16a*) o en otras más herbívoras, como el Pato Colorado (*Figura 3. 8a*) y la Focha Común (*Figura 3.9a*). Esta posible diferencia en la dieta de los dos sexos, puede estar debida a diferencias en los requerimientos energéticos, que por otra parte están en función de la época del año. La situación inversa se ha observado en una sola especie, el Ánade Rabudo, donde las hembras han mostrado una mayor cantidad de partículas gruesas (*Figura 3.6b*).

En el Anade Real, el mismo perfil de grit se observa en ambos sexos, pero la cantidad suele ser mayor en los machos que en las hembras (*Figura 3.10b*). Esto concuerda con las observaciones de Trost (1981) en Ánade Real en experimentos llevados a cabo en cautividad. Posiblemente es debido al marcado dimorfismo sexual existente en esta especie, ya que los machos son notablemente más grandes que las hembras. Algo similar sucede en la Agachadiza Común, como se puede observar en al *Figura 3.11b*.

Además del efecto del sexo, Trost (1981) indica la existencia de variación en la cantidad de grit ingerido en función de la época del año, de la dieta, de la composición mineral del grit y del tamaño de las partículas.

4.2.4.4. - Efecto de la edad en la composición del grit

Tan sólo en un par de especies se ha observado algún efecto de la edad en la composición del grit. En el Ánade Rabudo hay una tendencia en los adultos a presentar más cantidad de grit (*Figura 3.6c*), aunque estadísticamente no es significativa. Sin embargo los jóvenes presentan en mayor proporción grit de 3-4 mm de diámetro. Esto no es debido a que tengan más grit de este tamaño, sino que prácticamente presentan la misma cantidad de todas las fracciones, sin que ninguna en concreto predomine sobre las demás. Esto puede ser debido a que las aves jóvenes necesitan aprender a distinguir el tipo de grit que les es más adecuado. Otra posible explicación sería la de la diferencia en la alimentación, pero posiblemente esta hipótesis es menos sostenible.

El Pato Colorado es la otra especie en que se observa una mayor selección de grit de un cierto grosor de los adultos sobre los jóvenes (*Figura 3. 8b*). Esto mismo se había observado en esta especie, en menor medida en los machos respecto a las hembras.

En un estudio llevado a cabo con el Ganso Urraco de Australia se observó que las aves de menos de un año presentaban menor cantidad total de grit (Whitehead y Tschirner, 1991). En esta misma especie se observó también una mayor cantidad de grit en los machos. Sin embargo, no se observó una variación en la composición de las diferentes fracciones de grit en función de estos dos factores. De esta forma, parece ser que en varias especies de anátidas, los machos y los adultos tienden a tener una mayor cantidad total de grit que las hembras y los jóvenes.

4.2.4.5. - Efecto de la Ingestión de perdigones en la composición del grit

En general se observa una tendencia a tener menos grit en las aves que presentan perdigones. Esto sucede así en el Ánade Rabudo del Delta de l'Ebre (*Figura 3.6d*), el Pato Cuchara del Delta de l'Ebre (*Figura 3.7b*) y el Porrón Común de El Fondo (*Figura 3.13b*). Sin embargo en el Ánade Real se observa una variación en diversas fracciones de grit en función de la presencia de perdigones, pero sin que pueda decirse que afecta de una forma determinada (*Figura 3.15b*). De esta forma, al considerar las aves con perdigones en los estudios del grit, se puede estar dando una distorsión los resultados.

4.3. - ACTUACIONES CONTRA EL PLUMBISMO AVIAR

La alta incidencia del plumbismo en las aves acuáticas en las zonas húmedas españolas obliga a tomar medidas que solucionen esta situación, así como a seguir su evolución a largo plazo.

4.3.1. - MEDIDAS DE CONTROL

En el caso de que los resultados del presente estudio se hubiesen obtenido en piases como los EE.UU. o Canadá,

habrían obligado a la prohibición de los perdigones de plomo para la caza de las aves acuáticas. Tanto la aparición de más de tres casos de plumbismo en casi todas las zonas estudiadas, como la presencia de perdigones en más del 5% de las mollejas muestradas en muchas especies obligarían a la sustitución por los perdigones de acero en las zonas húmedas estudiadas (ver Valle, 1993). Esta puede ser una medida bastante razonable, que puede ser puesta en marcha en las principales zonas húmedas que acogen a la mayor parte de las aves acuáticas invernantes o en aquellas zonas que son de alto interés para la conservación de especies en peligro, para más adelante llegar a implantarse en la totalidad de zonas de caza de acuáticas de España. Ésta fue la estrategia seguida en los EE.UU. durante varias décadas, que se implantó en unas cuantas reservas de caza en un principio, hasta que la prohibición se extendió en 1991 a todas las zonas húmedas del territorio.

No hay que olvidar que aunque para las aves acuáticas los efectos de la sustitución de los perdigones tardarán en hacerse notar, en el caso de las rapaces que frecuentan estas zonas, y que se alimentan en buena medida de presas tiroteadas, el riesgo de sufrir la intoxicación se vería reducido a cero inmediatamente. En el caso de las aves acuáticas, que van a seguir estando expuestas a los perdigones de plomo, incluso después de su prohibición, sería interesante poner en práctica medidas correctoras como la colocación de grit, medida que será comentada más adelante en referencia a un estudio que se va a iniciar en el Delta de l'Ebre.

En definitiva, se vería suficientemente justificada la prohibición de los perdigones de plomo en zonas como Doñana, por ser una zona importante para la Cerceta Pardilla, la Malvasía Común y rapaces como el Águila Imperial Ibérica *Aquila adalberti*, especie en la que se han encontrado perdigones en sus egagrópilas (Garzón *et al.*, 1984); El Fondo, por su población nidificante de Cerceta Pardilla y de Malvasía Común; y en general las cinco zonas por ser importantes para un gran número de aves acuáticas durante todo el año.

4.3.2. - FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Las líneas comenzadas en la Unidad de Farmacología y Toxicología de la Facultad de Veterinaria de la Universidad Autónoma de Barcelona se están continuando en la actualidad. Tanto el estudio de la incidencia del plumbismo en anátidas del Delta de l'Ebre, como la mortalidad de los flamencos de El Hondo y Santa Pola y el estudio de la exposición a los perdigones por parte del Aguilucho Lagunero en el Delta de l'Ebre se están continuando para ampliar los conocimientos sobre esta problemática.

4.3.2.1. - Aporte de grit en el Delta de l'Ebre

En el Delta de l'Ebre está prevista próximamente la incorporación de medidas correctoras que puedan servir para disminuir la incidencia de la intoxicación. La primera medida a tomar va a ser la colocación de grit en áreas concretas de las lagunas de la Illa de Buda, donde actualmente se está produciendo la mortalidad de los Ánades Rabudos. Se va a extender sobre unas superficies bien delimitadas una cantidad, aún por determinar, de arena gruesa de 2-4 mm de diámetro, que es el escogido por las especies de anátidas más afectadas. A partir de este momento se llevará a cabo un seguimiento semanal de la zona para comprobar la entrada de aves y el consumo de grit. Esto se acompañará de censos periódicos de las aves en la laguna y se intentará averiguar si se da un aprendizaje por parte de las aves de la existencia de estas fuentes de grit. Además existe la posibilidad de favorecer la presencia de las aves en las zonas con grit mediante la colocación de grano para que puedan alimentarse y así atraer de forma segura a las aves. Este estudio puede aportar información muy valiosa para la corrección del plumbismo en las aves acuáticas, ya que apenas se han realizado estudios de este tipo, y uno de los pocos llevados a cabo obtuvo muy buenos resultados al reducir la prevalencia del 40% al 8,3% (Hoffman, 1960). Por otra parte, la forma en que ingieren las aves el grit es un factor clave en todo este tema y por el momento existe poca información publicada al respecto. En este sentido es posible que las aves acudan a las zonas con grit durante la noche, por lo que sería necesaria la utilización de prismáticos o cámaras de observación nocturna. Al mismo tiempo se llevará a cabo un muestreo de animales, Ánades Rabudos (la especie más afectada) y Ánades Reales (la especie más común) para examinar las mollejas y determinar los niveles de plomo en el hígado de la misma forma que se ha hecho en años anteriores. Esto permitirá ver si la colocación de grit ha propiciado una reducción de la ingestión de perdigones por parte de estas anátidas y comprobar así la validez de la medida correctora.

4.3.2.2. - Seguimiento de la mortalidad de aves por plumbismo

La mortalidad de flamencos en El Fondo sigue produciéndose durante todos los inviernos, cuando después de la sequía del verano el embalse recibe algo de agua. Por tanto seguirá la determinación de los niveles de plomo en los flamencos encontrados muertos. Otro seguimiento que se continúa es el de la mortalidad por esta causa en las aves el Delta de l'Ebre, como se ha realizado hasta el momento. De la misma forma se siguen recogiendo muestras de aves de centros de recuperación de Catalunya y algunos del resto de España que han muerto con sintomatología

compatible con intoxicación por plomo.

Este estudio está dando resultados interesantes, especialmente en el caso del diagnóstico de la intoxicación de aves rapaces, como ha sido el caso de dos Águilas Reales, un Buitre Común y un Ratonero Común.

4.3.2.3. - Impacto de la ingestión de perdigones de plomo en el Aguilucho Lagunero en el Delta de l'Ebre

La otra línea de investigación abierta es la referente al Aguilucho Lagunero. Este estudio tiene por fin conocer las causas de la desaparición de esta especie como nidificante en el Delta de l'Ebre y las pocas perspectivas de recuperación que muestra, más aun cuando otras poblaciones cercanas de zonas de menor extensión que el Delta presentan una poblaciones en auge. Las causas que se están barajando son la exposición a los perdigones de plomo, los compuestos organofosforados utilizados en la agricultura y los rodenticidas anticoagulantes empleados regularmente para combatir las plagas de roedores que atacan los arrozales. En el declive de la población debieron intervenir sin duda los pesticidas organoclorados a través de su efecto en la disminución del grosor de la cáscada de los huevos, al igual que sucedió con las ardidas nidificantes en la zona. Actualmente las ardidas se han recuperado pero el Aguilucho Lagunero no. Tras la prohibición de los organoclorados, se comercializaron los pesticidas organofosforados. Estos no presentan el problema de la bioacumulación pero en general tienen una mayor toxicidad que los organoclorados. No obstante, los estudios que hemos llevado a cabo hasta la fecha no indican que las aves del Delta sufran intoxicaciones masivas o importantes por estos compuestos. Es por esto que en la actualidad la investigación se centra en el impacto de la ingestión de perdigones de plomo y en los rodenticidas anticoagulantes. En cuanto al plomo se va a continuar estudiando los niveles de plomo en sangre, la presencia de perdigones en las egagrópilas (véase el apartado de Epidemiología de la Introducción) y los efectos que esto puede tener en la condición corporal de las aves, que en buena medida va a determinar el éxito reproductor de estos rapaces.

Este tipo de estudios en aves rapaces, en cuanto al análisis por rayos-X de las egagrópilas, son fáciles de realizar e indican claramente el grado de exposición de una especie. Sería por tanto necesario alertar a los investigadores que trabajan en el tema de aves de presa para que den a conocer la incidencia de la ingestión de perdigones en las especies que estudian, ya que en muchas ocasiones queda poco reflejada en las publicaciones. No cabe duda que el plomo puede ser una causa importante de mortalidad para algunas rapaces, como se ha constatado en Norteamérica, y por el momento ha estado poco considerada en el caso de las rapaces del paleártico.