

## 1.6. - EFECTOS DEL PLOMO EN LAS AVES: ESTUDIOS EXPERIMENTALES

Se han publicado una serie de estudios experimentales con diferentes tipos de aves que analizan los efectos que producen en ellos la ingestión de perdigones. A continuación se exponen las principales conclusiones de los mismos, ya que ofrecen resultados interesantes para analizar los efectos del plomo en las aves silvestres.

### 1.6.1. - EFECTOS GENERALES

Cook y Trainer (1966) dieron a un grupo de 10 Barnaclas Canadienses (*Branta canadensis*), de diferentes sexos y edades, un número variable de perdigones (entre 2 y 200 por ave) . La dosis letal se situó entre los 4-5 perdigones; las dos aves del grupo dosificado con 5 perdigones murieron a los 39 y 72 días. Independientemente del número de perdigones suministrados, la erosión de éstos era bastante uniforme: la velocidad de erosión es al principio muy rápida, con un 65-70% de pérdida de plomo del perdigón en los 5 primeros días; en cuestión de unos 35 días desaparecían prácticamente.

Clemens *et al.* (1975) dosificaron Ánades Reales adultos con 5 perdigones del número 6 y realizaron un seguimiento de las aves durante 20 días. Durante este tiempo observaron una pérdida de peso, la típica diarrea verde, anorexia y debilidad. Los niveles de plomo fueron medidos y dieron altas concentraciones en huesos, hígado, riñón y sangre, mientras que en el músculo esquelético fueron menores. Además, se determinó que las aves que recibían una dieta alta en fibras mostraban signos clínicos más graves y unos niveles de plomo más elevados en diversos tejidos respecto a las que tenían una dieta baja en fibras.

Irwin y Karstad (1972) expusieron durante 14 semanas a Ánades Reales adultos a concentraciones de 17,8, 89 y 178 g de partículas de plomo/m<sup>2</sup> (equivalente en peso a una concentración de 10, 50 y 100 perdigones de plomo del número 5 por m<sup>2</sup>) en una área simulada de marisma. La mortalidad fue del 170%, 57% y 100% en los tres niveles de exposición, respectivamente. En el último grupo, el tiempo medio que tardaron en morir fue de 22,5 días. Todas las aves del grupo con mayor dosis mostraron claros signos de intoxicación, y el test de fluorescencia de los eritrocitos fue positivo en todos a partir del día 15 de la exposición. En el resto de grupos, la fluorescencia fue menos pronunciada y afectaba a un porcentaje de animales menor. Un dato interesante de este trabajo fue comprobar los niveles de plomo conseguidos en diferentes tejidos de los ánades (ver Tabla 1.20), lo cual demostró que en el músculo se acumula poco plomo en comparación con el hígado o hueso; sólo en el grupo de alta exposición los valores son significativamente diferentes del resto (p< 0,05).

**Tabla 1.20. - Valores de plomo (media y entre paréntesis, SD) determinados en hígado y músculo (ppm sobre WW) y hueso (ppm DW y sin grasa) en Ánade Real (n= 5-6) expuestos a diferentes concentraciones de plomo en un área de marisma simulada.<sup>1</sup>**

	Hígado	Músculo	Hueso
0 g/m <sup>2</sup>	0.9 (0.19)	0.6 (0.22)	24 (9.29)
17.8 g/m <sup>2</sup>	3.6 (0.59)	0.4 (0.09)	38 (7.6)
89.0 g/m <sup>2</sup>	14.6 (3.03)	0.7 (0.23)	119 (34.1)
178 g/m <sup>2</sup>	28.4 (3.50)	1.9 (0.22)	176 (53.7)

1) Fuente: Irwin y Karstad (1972).

Chasko *et al.* (1984) realizaron una serie de experimentos con Ánades Reales y Ánades Sombríos salvajes capturados y mantenidos en cautividad, alimentándolos con una "dieta natural". Grupos de 10 ejemplares (5 de cada especie) fueron dosificados con 0, 2 y 5 perdigones de plomo en una sola dosis, mientras que a otro grupo se le suministraron 5 perdigones, pero distribuidos durante 5 semanas. Resultó que la cantidad de plomo acumulada en los tejidos fue superior en el grupo que recibió 5 perdigones de uno en uno que en el grupo al cual se le dieron de una sola vez. La mortalidad fue similar en ambas especies, pero el Ánade Sombrío resultó más susceptible. La

pérdida de peso fue del 20% respecto al grupo de control en los animales que mostraban signos de intoxicación, mientras que en los que morían esta pérdida era de un 30% a un 50%.

Johson y Damron (1982) encontraron una raza resistente a los perdigones, las ocas blancas chinas. Ejemplares de esta raza resistieron vivos 12 semanas después de haber ingerido 200 perdigones de plomo, a diferencia de la mayoría de especies que con sólo uno o unos pocos perdigones pueden provocar la muerte en poco tiempo.

Otros estudios como el de Hirai *et al.* (1991) fue llevado a cabo en gallinas, de forma que factores debidos a la aclimatación a la cautividad pudieran ser minimizados y por tanto se valorase mejor el efecto del plomo.

Pattee *et al.* (1981) dosificaron a un grupo de Águilas Calvas con 10 perdigones a cada una, repitiendo la dosis si el animal conseguía regurgitar algún perdigón (con este sistema una de las aves llegó a recibir 156 perdigones). El tiempo requerido para regurgitar un perdigón oscilaba entre 12 horas y 48 días. Cuatro de cinco águilas murieron entre los 10 y 125 días (aunque tres lo hicieron a los 20 días). La quinta fue sacrificada al día 133, tras quedar ciega. La media (SD) de los niveles de plomo determinados en estas 4 águilas muertas en hígado fueron de 16,6 (7,1), en riñón de 6 (0, 8), en cerebro de 1, 4 (0, 9) y en músculo de 0, 9 (0, 7) ppm WW, y en fémur de 10,4 (3,2) ppm sobre peso seco. La pérdida de peso observada estuvo entre el 16 y el 23% respecto a antes de ingerir los perdigones, siendo esta pérdida superior en los animales que sobrevivieron más tiempo.

### 1.6.2. - EFECTOS EN LOS PARÁMETROS SANGUÍNEOS

Otro estudio efectuado con Anade Sombrío (Pain y Rattner, 1988), demostró que esta especie es muy susceptible al plomo. Se dosificaron 5 machos y 5 hembras con un perdigón del número 4; 6 aves (3 machos y 3 hembras) se utilizaron como control. Un total de 4 hembras y 2 machos murieron en un período de tiempo comprendido entre el primer y el sexto día (60% mortalidad). Se observó una pérdida de peso (media de un 20%), y un aumento de los niveles de plomo en sangre, que subió de 0, 02  $\mu$  g/ml el día 0 hasta 12, 14  $\mu$  g/ml a las 24 horas (valor medio). Al mismo tiempo se detectaron en las aves con perdigones unos valores de hematocrito, hemoglobina y actividad de la  $\delta$ -ALA-DH muy inferiores respecto al grupo de control, mientras que la concentración de la ZPP aumentó significativamente.

Mautino y Bell (1987) realizaron un experimento con Ánade Real en el que a las aves se les suministró dos perdigones del número 4. Los primeros signos de toxicidad ya se observaron a las 24 horas en 14 de las 17 aves tratadas, mostrando diferentes grados de problemas neurológicos. Éstos fueron desapareciendo, y a los 8 días de la ingestión de los perdigones, todas las aves parecían recuperarse. Los niveles de plomo en sangre fueron medidos semanalmente, y se observó que las máximas concentraciones aparecían tras una semana de tratamiento, con 7, 8  $\mu$  g/ml. El efecto del plomo sobre la actividad de la  $\delta$ -ALA-DH sanguínea también fue máximo al cabo de una semana, con un 80% de inhibición; retornando, al igual que los niveles de plomo en sangre, gradualmente a la normalidad en las siguientes semanas.

Rozman *et al.* (1974) dosificaron Ánades Reales hembras adultas con 8 perdigones de plomo y estudiaron las actividades enzimáticas durante los 14 días siguientes a la ingestión de los perdigones. Encontraron un incremento de la actividad de la glutamino pirúvico transaminasa sérica (SGTP) y un descenso de la actividad de la fosfatasa alcalina sérica (SAP), que se interpretó como un efecto del daho a los tejidos.

Un estudio similar realizado por Jordan y Bhatnagar (1990), también con Ánades Reales, pero empleando para ocasionar la intoxicación en las aves, no perdigones sino acetato de plomo añadido a su dieta a una dosis de 80 mg/kg de comida y administrado durante 12 semanas, demostró que el plomo en estas condiciones no tenía efectos significativos sobre tres enzimas hepáticas: fosfatasa ácida, glutamato S-transferasa y citocromo C oxidasa.

Havera *et al.* (1992b) dosificaron dos grupos de machos y hembras de Ánade Real con un perdigón del nº 4. Los niveles de plomo en sangre fueron superiores a los del grupo control durante 8 semanas, tanto en los machos como en las hembras. El nivel de protoporfirina IX de los animales expuestos se mantuvo superior al del grupo control durante 9 semanas. A unos cuantos animales se les administró un segundo perdigón a las 5 semanas del primero. En estos animales los niveles de plomo y de protoporfirina IX volvieron a subir a niveles similares a los de la primera dosificación, siendo esta elevación superior en las hembras.

Por otro lado, O'Halloran *et al.* (1988) estudiaron diversos parámetros bioquímicos y hematológicos en Cisnes Vulgares y Cisnes Cantores, comparando animales intoxicados con el grupo de control. Debido a que el número de animales con plumbismo era bajo, los resultados se interpretaron con precaución. Se detectó un descenso de la

concentración de hemoglobina, un aumento de la PP-IX, colesterol y de dos enzimas plasmáticos, la lactato deshidrogenasa y la aspartato aminotransferasa. El incremento de estos dos enzimas se interpretó como resultado de la atrofia muscular y del daño ocasionado por la intoxicación aguda.

Reiser y Temple (1981) suministraron a un grupo de rapaces diurnas (5 Ratoneros de Cola Roja, 3 Ratoneros Calzados y un Águila Real, como control utilizaron 6 Ratoneros de Cola Roja y un Ratonero de Swainson Buteo swainsoni), una dosis diaria de 3 mg de plomo/kg peso corporal por vía oral en forma de acetato de plomo durante 30 semanas. Las aves sufrieron una pérdida de peso, un aumento de la concentración sanguínea de plomo y ZPP, y un descenso del hematocrito; un 44% de los animales murieron con claros síntomas de plumbismo. Tras las 30 semanas, las aves fueron sacrificadas y se analizaron las concentraciones de plomo en diferentes tejidos, éstas se indican en la Tabla 1.21.

**Tabla 1.21. - Concentración de plomo (ppm DW) en los tejidos y órganos que se indican de rapaces tratadas con plomo frente un grupo control (media (SE)).<sup>1,2</sup>**

Tejido	Grupo tratado	Grupo control
MÚSCULO	3.97 (1.00)	1.80 (0.90)
CEREBRO	8.40 (3.36)	3.97 ( 0.83)
RIÑÓN	8.55 (2.20)	2.43 (0.39)
HÍGADO	9.84 (3.09)	2.40 (1.57)
HUESO	40.10 (2.22)	28.44 (0.96)

1) Fuente: Reiser y Temple (1981).

2) Diferencias estadísticamente significativas entre todos los tejidos, excepto el músculo.

En un estudio reciente, Redig *et al.* (1991) expusieron dos grupos de Ratoneros de Cola Roja, machos y hembras, a dosis subletales de acetato de plomo, y observaron los efectos a tres (grupo 1) y once semanas (grupo 2). La actividad de la  $\delta$ -ALA-DH descendió, la concentración de ZPP se incremento y, aunque de modo menos marcado, el hematocrito y la hemoglobina descendieron. Al menos en las dosis subletales empleadas (no se produjo ninguna muerte), no se detectó ningún efecto sobre el sistema inmunitario.

### 1.6.3. - EFECTOS EN EL SISTEMA INMUNITARIO

Rocke y Samuel (1991) realizaron una serie de pruebas con Ánades Reales, machos y hembras, para comprobar los efectos sobre algunas células del sistema inmunitario que podían ocasionar los perdigones ingeridos. Un grupo era el control (6 machos y 6 hembras) . A otro grupo se suministraron por intubación 2 perdigones del no 4 (11 machos y 6 hembras); otro grupo estaba formado por animales intoxicados por plomo, pero en el campo, y capturados posteriormente (31 machos y 24 hembras) . Los resultados fueron llamativos, los machos del grupo intubado tenían niveles de plomo en hígado significativamente superiores a las hembras, mientras que todos los machos (grupo intubado y grupo intoxicado en el campo) tenían niveles en fémur inferiores al de las hembras. El total de células blancas circulantes en machos (de los dos grupos intoxicados) resultaron ser inferiores a los del control, y específicamente también lo eran los conteos de heterófilos, linfocitos y monocitos. En cambio, éste no fue el caso de las hembras, que no diferían de los controles. La conclusión fue que, al menos en machos y durante la época que se realizó el estudio (primavera), el plomo les producía un descenso de ciertas células del sistema inmunológico, haciéndolos probablemente más susceptibles a ciertos agentes infecciosos.

Trust *et al.* (1990) llegaron a una conclusión similar trabajando también con Ánades Reales. Determinaron que la producción de anticuerpos frente a un antígeno inocuo (glóbulos rojos de oveja) de los animales dosificados con 1 perdigón del nº 4, disminuyó notablemente al compararlos con el grupo de control.

El mismo efecto inmunosupresor se ha observado en mamíferos. Hemphill *et al.* (1971) observaron una disminución de la resistencia a la infección por *Salmonella typhimurium* en ratones tratados con dosis subclínicas de plomo. Koller (1973) administró a conejos en el agua de bebida 2.500 ppm de plomo durante 70 días. En estos animales, tras una inoculación del virus de la pseudorrabia, presentaron una elaboración de anticuerpos significativamente inferior al grupo control.

#### 1.6.4. - EFECTOS SOBRE LA REPRODUCCIÓN

Los posibles efectos del plomo sobre la reproducción en general no están claros. Se desconoce si los huevos y los polluelos de padres que padecen o han padecido una intoxicación subletal de plomo tienen efectos en éstos. En mamíferos, los datos experimentales indican que, bajo niveles de plomo que en adultos no producen efectos clínicamente evidenciables, pueden, sin embargo, disminuir la fertilidad y afectar negativamente a los fetos o a las crías, especialmente en lo que respecta al desarrollo corporal (pesos inferiores), capacidad de aprendizaje y comportamiento (Dixon, 1986; World Health Organization, 1989; Winship, 1989; Scheuhammer, 1991).

En la Codorniz del Japón se ha observado experimentalmente una disminución en el desarrollo de los testículos cuando éstas eran expuestas en las etapas de crecimiento a dosis diarias de 1.000 ppm de plomo en la dieta durante 5 semanas (Morgan *et al.*, 1975). En otro experimento, con 25 Palomas Enlutadas tratadas con un perdigón del nº 8, no se observaron efectos sobre los parámetros reproductivos como las medidas del huevo, la productividad, la fertilidad o el peso del polluelo. Sin embargo hubo una menor eclosionabilidad de los huevos debido a una mayor mortalidad embrionario en los primeros 9 días tras la puesta (Buerger *et al.*, 1986).

Hasta la fecha, no se ha establecido la relevancia de estos efectos sobre las aves silvestres (Scheuhammer, 1991). Por último, mencionar que ha sido demostrado experimentalmente (Haegeie *et al.*, 1974), que el plomo a diferencia de ciertos hidrocarburos aromáticos clorados (Ractliffe, 1970; Ramade, 1979; McEwen *et al.*, 1984) no parece provocar una disminución del grosor de la cáscara de los huevos y que, en consecuencia, se vuelvan más frágiles.