

ASPECTOS SOBRE LA ACCION DE LOS PLAGUICIDAS COMO CAUSANTES DE LA EXTINCION DE AVES *

ANA M. de DUFFARD y R. DUFFARD **

En este trabajo se pretende describir algunos de los aspectos de los diferentes efectos que sobre los organismos vivos, específicamente las aves, ejercen los productos químicos conocidos como plaguicidas, aplicados en tratamientos pre o posnatales.

El medio ambiente recibió y recibe el aporte de grandes cantidades de plaguicidas que se dispersan en el aire, agua, suelo y alimentos.

Componentes que ingresan y se retienen en el ser vivo, persisten y se concentran en el hombre.

Estos fenómenos están directamente relacionados a la volatilidad del compuesto, su absorción sistémica, solubilidad en lípidos, reactividad química, hidrólisis, conjugación y excreción.

La vida silvestre y especialmente las aves son excelentes indicadores de la ocurrencia de un cambio ecológico. Es por ello que nos interesamos en el estudio del efecto de los plaguicidas sobre las aves, incluyendo a las de corral. Los datos experimentales, obtenidos de aves que fueron expuestas a la acción de los plaguicidas con respecto al de sus controles (es decir animales que se desarrollaron en áreas no tratadas con estos compuestos), demuestran cambios comportamentales, modificaciones químicas y bioquímicas en sus organismos que serían los responsables en última instancia de las alteraciones comportamentales, favorecidas por la interacción de factores externos y el tratamiento pre o posnatal que el animal recibiera.

Los agentes climáticos: lluvia, humedad, viento, radiaciones temperatura y la forma en que fue aplicado el químico, ejercen una gran influencia en su metabolismo.

El efecto de los plaguicidas sobre la vida silvestre, especialmente en aves, está bastante bien documentado, existiendo bibliografía referente a la acción de los compuestos organoclorados y fosforados y en menor proporción a la acción de los herbicidas sobre la vida animal.

El principal efecto deletéreo está determinado por la acción de los compuestos organoclorados, los cuales persisten y tienden a acumularse en especies que se encuentran al final de la cadena alimentaria ya que poseen una larga vida media igual que sus metabolitos.

La primera comunicación al respecto se produce alrededor del año 1950, y a partir de ese momento se comenzó a desarrollar en el mundo un estudio más intensivo acerca de este problema, ya que su acción se hizo más severa al introducirse el Aldrin y Dieldrin como "curadores" de semillas. En el presente los residuos de los compuestos clorados son ya componentes habituales de nuestro ambiente, y los modelos de distribución en los organismos están comenzando a emerger cuantitativamente; de igual manera en Europa, América o Australia.

*Trabajo presentado en el 1er. Curso-Seminario del 1er. Encuentro Iberoamericano de Ornitología y Mundial sobre Ecología y Comportamiento de las Aves (1er. Congreso Iberoamericano de Ornitología). Buenos Aires 25-XI al 1-XII de 1979.

** Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de Río Cuarto, 5.800 Río Cuarto, provincia de Córdoba, Argentina.

Posteriormente se demuestra que actúan no solamente provocando la muerte a una dosis aguda, sino que debido a efectos subletales producen cambios en la población al disminuir la fertilidad de la especie, incluyéndose en este concepto la disminución del grosor de la cáscara de los huevos, con consiguiente ruptura y pérdida del embrión.

Cuando los plaguicidas se encuentran presentes en la comida de aves de corral, los efectos se manifiestan bajo dos aspectos: a) el pesticida puede tener un efecto negativo en el desarrollo poblacional del gallinero disminuyendo su número, o b) se pueden encontrar acumulados en los tejidos y órganos, huevos y grasas del animal. Un parámetro es la relación acumulación (R.A.):

R.A. = presencia de residuo en la comida/presencia de residuo en el tejido.

De acuerdo a ella se los agrupa en distintos grados.

R.A. muy alto: HCB (Hexaclorobenceno), HCH (β hexacloro ciclohexano), Aldrin, Dieldrin.

R.A. intermedio: Heptacloro y Endrin.

R.A. bajo: α y γ HCH.

R.A. muy bajo: Metoxy cloro.

En gallinas ponedoras se demostró que la deplección de estos residuos está correlacionada a sus propiedades acumulativas en el huevo, pero en aves parrilleras esta relación está gobernada por la velocidad de crecimiento del animal y su dilución en grasas corporales.

En general el animal joven es más subceptible que el adulto.

En aves alimentadas durante 21 días con dosis tóxicas sub-agudas se observaron los siguientes síntomas: ataxia, piel arrugada, pérdida de plumas, pérdida del tejido subcutáneo y adiposo visceral con una pérdida de peso corporal, atrofia del timo, variación del tamaño del hígado, disminución del consumo de comida, edema del tejido subcutáneo y acumulación de fluido en cavidades torácica y abdominal. El conjunto de estos síntomas constituye "la enfermedad del edema de los pollos". Como final del proceso el animal muere.

Es de notar que se considera a la disminución del grosor de la cáscara de los huevos, lo que redundaría en una disminución de la población, como una medida de los cambios fisiológicos del animal para la producción de huevos.

Ratclife, 1967, fue el primero en emplear un índice denominado del grosor de la cáscara, y que actualmente se usa en forma universal como patrón de las determinaciones.

Índice del grosor de la cáscara =
$$\frac{\text{peso del huevo en miligramos.}}{\text{longitud en milímetros} \times \text{ancho en milímetros}}$$

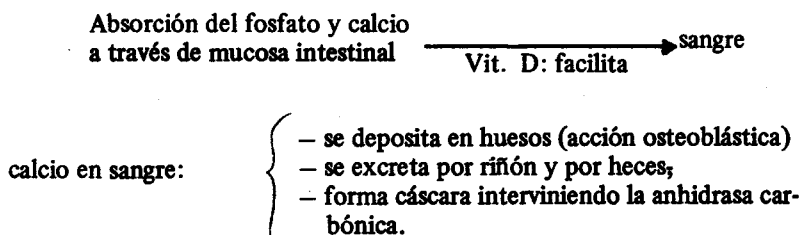
Esta determinación se fundamenta en que la medida está sujeta estadísticamente a menores variaciones, aun cuando se la emplee en distintos laboratorios, países y especies con características de cáscaras diferentes.

Además, es una medida muy sensible en reflejar o representar un cambio en la densidad del huevo ($\text{densidad} = \frac{M}{V}$).

Las variaciones producidas por los plaguicidas sobre este índice podrían deberse a una disminución en el uso del calcio por la glándula productora de la cáscara o en una disminución en la llegada o movilización del calcio a dicha glándula. Esta segunda posibilidad (HALSTINE y col., 1974) a su vez podría deberse a una alteración en la absorción del calcio a través del aparato digestivo bajo la influencia primaria de la vitamina D, que incrementaría la permeabilidad de la mucosa intestinal al calcio, a un incremento de la hormona paratiroidea, a una movilización del calcio depositado en la médula ósea bajo la influencia de estrógenos y a su vez movilizada bajo la acción de la hormona paratiroidea. Normalmente los estrógenos provocan la retención del calcio y fosfato por parte de la matriz ósea. A su vez el uso del calcio por la glándula está mediado por la acción de la enzi-

ma anhidrasa carbónica.

Luego, en la formación de la cáscara del huevo, intervienen los siguientes factores: a) absorción del calcio por el apar. dig., b) acción de la vitamina D, c) movilización del calcio en la médula ósea, d) acción de la hormona paratiroidea, e) acción de los estrógenos y/o hormona paratiroidea, f) actividad de la anhidrasa carbónica. Cualquiera de ellos que se viera alterado por los plaguicidas alteraría el índice de Ratcliffe, que se expresaría de la siguiente manera.



El calcio en huesos está en equilibrio dinámico con la concentración del Ca^{++} en sangre.

La hormona paratiroidea facilita la movilización del Ca^{++} hacia la sangre. Existe un equilibrio.

Si por algún motivo disminuye la concentración de Ca^{++} en sangre, se incrementa la liberación de hormona paratiroidea y se restaura desde los huesos, la concentración de Ca^{++} en sangre y viceversa; además existe una interrelación entre HPT y estrógenos.

Los estrógenos ayudan a depositar Ca^{++} en huevos; si la concentración de estrógenos está modificada, a su vez se modifica la concentración de Ca^{++} en sangre.

Peakell, 1969 y 1970, observó que la dieta contaminada con DDT en la Paloma Torcaz no alteraba la absorción del calcio por el aparato digestivo o el metabolismo de la vitamina D, pero que se bloquearía la anhidrasa carbónica en un 18% (en Codorniz). Sin embargo, existe discusión al respecto, pues otros autores no detectaron variación de esta actividad enzimática.

Otros investigadores demostraron en patos, faisanes, Paloma Torcaz y pollos, que el DDT afectaría el metabolismo de los esteroides a través de la inducción de las enzimas microsomales hepáticas, disminuyendo la circulación de estradiol y el calcio depositado en la médula ósea, durante la postura, a dosis que no producían efecto en ratones, lo que demostraría la susceptibilidad de especie (Gillet, 1966), aparentemente por estar alterada en primera instancia la glándula paratiroidea, sugiriéndose que sería esta glándula el órgano receptor primario de la acción del pesticida.

Al perfeccionarse las técnicas de extracción, purificación y determinación de residuos se determinó con gran sensibilidad por cromatografía de capa fina y gas-líquido el nivel de residuos en aves y en sus huevos.

Parte de las observaciones se basó en estudios realizados en huevos de aves de ambiente acuático que se alimentan de peces. Se utilizaron los géneros *Ardea*, *Pelecanus*, *Uria*, *Alcastrina*, *Phalacrocorax*, *Somateria* e intervinieron en este experimento 10 países. Se obtuvieron los huevos tan pronto como fueron puestos y se analizaron cada uno separadamente para organoclorados y Hg. Se tomó como factor determinante de contaminación el índice del grosor de la cáscara.

Se observó que los huevos de animales de áreas contaminadas presentaban un índice un 10% menor que los controles, y los análisis revelaban presencia de DDT y en mayor proporción DDE y PCBS. (Holden, 1973).

Por otra parte se realizaron homogenados del cuerpo total (menos picos, patas y plumas) de cormoranes *Phalacrocorax carbo* que encontraron la muerte por contaminación en Holanda en 1970, y enviados a 18 laboratorios diferentes fueron analizados y expuestos sus resultados en forma independiente en la "Conferencia de las Naciones Unidas sobre Ambiente Humano", realizada en Estocolmo en 1972. Con distintas técnicas se puso en evidencia en esos homogenados la presencia de Heptacloro epóxido; p, p' - DDE; p, p' - DDT; o, p' - DDT; Dieldrin y DCBP.

Se observaron alteraciones idénticas en lugares tan distantes como Gran Bretaña y Australia, EEUU (California), Holanda e Irlanda. En todos estos países las aves de presa y sus huevos contenían alta concentración de residuos, existiendo susceptibilidad de especie: así los cormoranes contenían mayor concentración de residuos que los pelícanos de la misma área y las grullas más que los patos, y en aves de presa alimentadas con ratones que estaban contaminados se observó disminución de su capacidad de sobrevivencia, efecto que aún persistía en la tercera generación, lo que sugeriría un cambio genético (Bildsten and Forsyth, 1979).

De aves con alimentación terrestre, las palomas y los faisanes fueron las más sensibles.

Los cambios comportamentales pueden servir como un temprano indicador de que alguna acción tóxica se está desarrollando aún a un tiempo en que el proceso puede ser revertido. Existen consistentes evidencias de que el tejido nervioso, especialmente el cerebro, es muy sensible a la presencia de sustancias químicas extrañas y que se expresaría como un déficit de las funciones sensoriales, control motor disminuido (especialmente en la coordinación y ejecución del vuelo), respuestas emocionales, agresividad, comportamiento en el cuidado de la cría, etc.

Endrin inyectado en el torrente sanguíneo en palomas, incrementa la amplitud de sus ondas cerebrales a una dosis de alrededor del 30% de la ED₅₀ (Revsin, 1966).

Es interesante observar la importancia de la hiperirritabilidad o de un cambio en el nivel hormonal producido, por ejemplo, en la estación del apareamiento, por la acción de los pesticidas que traen como consecuencia grandes desventajas para la reproducción de la especie. Así, pájaros nerviosos prestan insuficiente atención a la incubación y dejan a los huevos expuestos a las inclemencias del tiempo: a los riesgos del frío o del calor.

En observaciones de campo (Michigan, EEUU, Gran Bretaña) se determinó que se desencadenan cambios en el comportamiento reproductor o en la función del sistema nervioso causados por la acción de los organoclorados; estos cambios serían la causa de la rotura, por parte de los mismos padres, de los huevos embrionados.

Anormalidades en el espesor de la cáscara de los huevos estimularían el comportamiento patológico de las aves que fueron sometidas a tratamientos con pesticidas o viven en áreas contaminadas. Un ejemplo se dio en la declinación del Aguila Dorada de Escocia, y en las golongrinas que viven en áreas con una marcada declinación poblacional asociada a un gran uso de organoclorados.

En zonas de los lagos de Michigan (EEUU) con alto grado de contaminación se encuentran gaviotas que ponen huevos con cáscaras defectuosas.

En una de esas islas se observó que las aves presentaban altos contenidos de residuos de DDT y una gran incidencia en quebrar sus huevos, asociados a un mayor grado de agresividad con respecto a las mismas aves de otras islas de la zona pero no contaminadas.

La pérdida de peso u otro stress, por ejemplo alteración de la longitud del día, modifican ampliamente la resistencia de las aves a la acción tóxica.

La literatura ofrece pautas de una correlación entre comportamiento y bioquímica cerebral. Inclusive se describen efectos de desarrollo de tolerancia a los plaguicidas.

Se observaron cambios bioquímicos en el metabolismo de los neurotransmisores: acetilcolina, noradrenalina, serotonina, dopamina y aminoácidos cerebrales (Sharma, 1973).

Con respecto a los efectos producidos por los organofosforados, es conocido que la toxicidad del Malathion (debida principalmente a su metabolito Maloxón) y otros organofosforados se basa en la inhibición de la acetilcolinesterasa, lo que resulta en una acumulación de acetilcolina en la placa neuromuscular, que causa una contracción muscular prolongada disminuyendo la actividad física.

Repetida absorción de estos tóxicos puede resultar en una inhabilidad a escapar de los predadores o de buscar y hallar alimentos y agua. La exposición posnatal a un fungicida (Maneb) anticolinesterásico deprime la actividad motora y facilita un aprendizaje de evitación pasiva.

Una prueba práctica y muy empleada es el "flap-test" el cual consiste en el control del aleteo; los animales pretratados con Parathion no son capaces de establecer la respuesta (Meydam y col, 1979). En nuestro laboratorio observamos que pollos nacidos de huevos previamente tratados con 2,4-D son incapaces de retornar a la posición erecta normal cuando son apoyados sobre sus espaldas (Duffard y col., 1978).

Si bien todos los fenoxiherbicidas parece que actúan como venenos acumulativos en faisanes, patos etc. la amida del 2,4-D y el 2, 4,5- T son los más tóxicos. (Dewitt, J. y col.)

Si la dieta se suministra durante el invierno o en la época de la reproducción, la fertilidad se encuentra disminuida y muchos polluelos aparecen paráliticos o con defectos en el nacimiento. Resultados similares obtuvimos en nuestro laboratorio en pollitos nacidos de huevos pretratados con 2,4-D, y observamos efectos embriotóxicos y teratogénicos (Duffard y col., 1978).

Además nuestras determinaciones químicas revelan que existen variaciones en el contenido del ADN (ácido desoxirribonucleico) cerebral y en menor grado en las proteínas y lípidos totales (Duffard y col., 1979).

Faisanes pretratados con herbicidas producen sólo el 50 % de incubación viable y los machos no desarrollan las características de coloración propias: su plumaje ressemble al de las hembras adultas por lo que el cortejo está afectado.

Examinaciones histopatológicas revelaron marcadas anormalidades del tejido testicular y la presencia de numeroso espermatozoides mal formados.

Otro aspecto a tener en cuenta es la acumulación de residuos. Muchas especies comenzaron a desarrollar resistencia a los pesticidas, evidenciada como una resultante de una capacidad incrementada a metabolizarlos a compuestos menos tóxicos (10 %) que ofrecería una disminución en el peligro de extinción, o en una capacidad en depositarlos, concentrándolos (lo que ofrecería un mayor peligro para los predadores). Este factor de concentración varía de compuesto a compuesto, de 60 veces para el Lindane a 17.600 veces para el heptacloro, y de especie en especie. Por ej. las Águilas Peladas acumulan residuos de DDT, 4 veces menos que los pájaros carpinteros, los que se alimentan con gusanos de tierra que generalmente están contaminados. En el organismo del pájaro carpintero la velocidad de absorción, depósito, metabolismo y excreción de los pesticidas ha cambiado.

Estos animales presentan una sobrecarga, pues reciben el pesticida a mayor concentración y se hacen tolerantes al pesticida, pues se alcanza un equilibrio a bajos niveles del compuesto. Se logra así la llamada "magnificación biológica", al irse concentrando el compuesto en los distintos eslabones de la cadena alimentaria.

Algunos biólogos dudan de que el hombre tenga la capacidad de erradicar de la faz de la Tierra a una especie determinada. Sin embargo esto ya ha sucedido con la mosquita

de la fruta del Mediterráneo, para dar un ejemplo.

Los plaguicidas tanto como los compuestos radiactivos, crean un problema de grave complejidad. El uso de ambos elementos es necesario para defender a la población humana de enemigos naturales, pero ¿la exposición repetitiva solamente afectará a la generación expuesta o también a las siguientes?

En realidad observamos que presentan efectos deletéreos indirectos y no deseados.

Actualmente se aplica el concepto de "la simplificación biológica" que se refiere al fenómeno en el cual el hombre modifica el ambiente pero destruyendo o alterando al mismo medio ambiente; por ejemplo al procurar mejorar una cosecha o combatir a la vinchuca con el uso de productos químicos conduce a un estado ecológico no deseado, ya que el uso de plaguicidas de amplio espectro controla no sólo a la plaga a eliminar sino también a elementos no receptores. Es necesario entonces rever este concepto y utilizar métodos más modernos como el de "control integrado" para minimizar el efecto simplificador.

Reduciendo la cantidad del producto empleado al manipular conjuntamente los integrantes relacionados, por ejemplo parásitos y predadores, o introduciendo machos estériles en una población determinada.

BIBLIOGRAFIA

- BILDSTEM, K. and D. FORSYTH, 1979. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 21:93.
- DEWITT, J., D. CRABTREE, R. FINLEY and J. GEORGE. *Burcan of Sport. Fisheries and Wildlife.* Washington, U.S.A.
- DUFFARD, R., L. TRAINI y A.M. EVANGELISTA de DUFFARD, 1978a. II Congreso Latinoamericano de Toxicología de Plaguicidas, Chaco.
- , L. TRAINI, M. NICOLA, G. MORI y A.M. EVANGELISTA de DUFFARD, 1978b. XIV Reunión S.A.I.B., Tucumán.
- , G. MORI y A.M. EVANGELISTA de DUFFARD, 1979. II Reunión PAABS, Chile.
- GILLET, J., T. CHAN and L. TERRIERE, 1966. *Agrie. Food Chem.*, 14:540.
- HASELTINE, S., K. VEBELHART, T. PETERLE y S. LUSTIEK, 1974. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*
- HOLDEN, A., 1973. *Pesticida Monit. Jour.*, 7:37.
- MEYDANI, M. and G. POST, 1979. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 21:6.
- PEAKELL, D., 1970. *Science*, 168:592.
- RATCLIFFE, D., 1963. *Bird Study*, 10:56.
- , 1967, *Nature*, 215:208, London.
- REVSIN, A., 1966. *Toxic. Appl. Pharmacol.*, 9:75.
- SHARMA, R., 1973. *Life Sci.*, 13:1245.