

ESTUDIO DE RESIDUOS TÓXICOS EN TEJIDOS ANIMALES DESTINADOS AL CONSUMO

Study of Toxic Residues in Animal Tissues Destined to Consumption

Luz Vázquez-Moreno, María del Carmen Bermúdez Almada, Leticia García Rico, Amanda Languré Campos, María Eugenia Flores Munguía y Carmen Cristina Orantes Arenas

Laboratorio de Residuos Tóxicos del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Dirección de Ciencia de los Alimentos. Carretera a La Victoria Km 0.6, Ejido La Victoria. Hermosillo, Sonora. C.P. 83000. Apartado Postal 1735. México. Tel/Fax (62) 80-00-58. E-mail: lvazquez@cascabel.ciad.mx

RESUMEN

Durante las dos últimas décadas se ha venido dando una marcada revolución científica en la agricultura, en la cual la tecnología química ha jugado un papel muy importante. Los químicos de fuentes variadas pueden entrar a la cadena alimenticia, incluyendo algunos con efectos negativos sobre la salud, a corto o largo plazo. La exposición inadecuada de los animales a la contaminación del medio ambiente o la aplicación de plaguicidas y medicamentos veterinarios pueden provocar acumulación de residuos en sus tejidos. El presente estudio se llevó a cabo con el fin de obtener información de la frecuencia y niveles de residuos tóxicos en los tejidos de origen animal en la región Noroeste de México. En el estudio se incluyeron 1.034 muestras analizadas de enero de 1993 a diciembre del 2000. Los tejidos involucrados fueron de bovino, porcino y aves. Se realizó la cuantificación de metales pesados, antibióticos, plaguicidas (organoclorados y organofosforados), bifenilos policlorados y la identificación de especie animal, utilizando métodos establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas y métodos validados. Cobre y cadmio fueron los metales encontrados con mayor frecuencia y en concentraciones mayores, seguidos por arsénico, mercurio y plomo los cuales se detectaron en un número menor de muestras. Los residuos de antibióticos variaron en concentración y tipo durante el período de análisis. Las sulfonamidas se encontraron con mayor frecuencia (7,3-10,6%). Cloranfenicol y sulfonamidas se detectaron en algunas muestras con niveles por arriba de la tolerancia según la Norma Oficial Mexicana. También se detectó la presencia de plaguicidas y en una muestra, la concentración estuvo por encima de los niveles permitidos. Estos datos se pueden emplear para evaluar las tendencias respecto a estos residuos y

para identificar problemas dentro de la industria de la carne y con ello proponer acciones correctivas.

Palabras clave: Residuos tóxicos, tejidos, animales.

ABSTRACT

Over the last decades there has been a remarkable scientific revolution in agriculture, where agrochemical technology has played an important role. Chemicals destined for agriculture can be introduced into food chains from different sources and impact human and animal health, in the short or long term. Inadequate exposition of animals to environmental contamination, or to pesticides and veterinary drugs can lead to residue accumulation in edible tissues. The objective of this study was to obtain frequency and levels of residues in animal tissues from the northwestern region of Mexico. Samples (1.034) were collected and analyzed during the period January 1993 to December 2000. Bovine, porcine and poultry tissues (each sample consisted of muscle, kidney, liver and fat) were used to determine contents of heavy metals, antibiotics, pesticides (organochlorides and organo-phosphates), polychlorinated biphenyls and confirmation of animal specie using the official Mexican norms and validation methods. Copper and cadmium were found with the highest frequencies and concentrations, followed by arsenic, mercury and lead. Antibiotic residues found varied in concentration and type. Sulfonamides showed the high frequencies (7.3-10.6%). Few samples presented chloramphenicol and sulfonamides in concentrations above tolerance levels. Pesticides were also detected and one sample had a concentration higher than established tolerance levels. Data obtained can help to establish a baseline that could be used to detect tendency changes and to identify problems and propose corrective actions within the meat industry.

Key words: Toxic residues, tissues, animals.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, los consumidores se ven sometidos a exposiciones prolongadas de sustancias tóxicas, las cuales comúnmente se encuentran en concentraciones muy bajas en los alimentos [23]. Por lo que para conocer el contacto de la población a distintos contaminantes, es importante realizar estudios que determinen la frecuencia y concentración de residuos tóxicos en distintas fuentes, tanto medios ambientales como dietarias.

Durante las últimas décadas se ha experimentado un marcado avance tecnológico en la producción de alimentos derivados de animales. Mucho de este progreso se debe al desarrollo innovador de preparaciones farmacéuticas y de compuestos agroquímicos, cuyo fin es, incrementar la producción de estos alimentos. Los agroquímicos y medicamentos veterinarios son compartidos por un gran número de países, sin embargo, los problemas de residuos surgen por el uso inadecuado que se les dá, la falta de información sobre su toxicidad y riesgos a la salud y medio ambiente y la deficiencia de los sistemas gubernamentales de vigilancia y control. Estos problemas se ven agudizados en las regiones no desarrolladas [1, 4, 7].

El uso de plaguicidas en la agricultura y en la producción animal ha sido muy importante para el control de plagas, por su bajo costo y alta efectividad. Por otro lado, los agroquímicos han impactado considerablemente el medio ambiente por su elevada persistencia, toxicidad aguda y crónica y su habilidad para bioacumularse [24]. En el caso de los agentes antimicrobianos, su empleo en la prevención de infecciones y como supuestos promotores de crecimiento ha provocado un aumento de la resistencia bacteriana. Otro de los cuestionamientos del amplio uso de los antibióticos es la presencia de tejidos animales comestibles, lo que conlleva a problemas para los consumidores con respuestas alérgicas o de hipersensibilidad a los mismos [4, 6, 26].

Otro grupo de contaminantes medioambiental lo constituyen los metales pesados, dentro de los que destacan por su toxicidad y distribución, el mercurio, cadmio y plomo. El arsénico y cobre son elementos esenciales para el metabolismo animal, sin embargo, tanto las especies inorgánicas de arsénico (arsenito y arseniato), como concentraciones elevadas de cobre son tóxicas [11]. La presencia de metales pesados en el suelo, agua y aire contribuyen a la contaminación de la cadena alimentaria, por lo que los animales destinados al consumo

pueden ser utilizados como indicadores para evaluar la exposición humana a estos contaminantes [10, 23].

Debido al gran consumo de carne y productos cárnicos y a que ésta puede ser una vía importante de exposición a plaguicidas, antibióticos y metales pesados, diversos países, entre ellos México, han implementado normas para regular la presencia de contaminantes en distintos tejidos y órganos animales. Por lo que este estudio tuvo como objetivo fundamental obtener información sobre la frecuencia y niveles de residuos tóxicos en tejidos de origen animal en la región Noroeste de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras

Se analizaron 1.034 muestras, integradas cada una por 4 tejidos, músculo del diafragma, hígado, riñón y grasa, de las especies bovino (438), porcino (508) y aves (88), procedentes de establecimientos Tipo Inspección Federal (TIF) localizados en la región Noroeste de México. La distribución del número de muestras analizadas por año se presenta en la TABLA I. Las muestras (500 g de cada tejido y 250 g para grasa) fueron recolectadas desde enero de 1993 a diciembre de 2000.

Reactivos

Los reactivos para el análisis de antibióticos, se obtuvieron de Charm Sciences, Inc. (Malden, MA, USA). Los estándares de plaguicidas se adquirieron de PolySciences (Niles, IL, USA). Los solventes de alta pureza fueron de Baxter Health Care Corporation (McGaw Park, IL, USA). Los antiseros para la confirmación de especie y los estándares de referencia para metales pesados se adquirieron de Sigma Chemical Company (St. Louis, MO, USA).

Preparación de la muestra

Para la preparación de las muestras de músculo del diafragma, hígado y riñón, se tomaron 250 g de cada tejido, se cortaron en trozos pequeños y se eliminó lo más posible el tejido conectivo y adiposo. Después de moler en un procesador de alimentos, las muestras se almacenaron a -20°C en recipientes de plástico debidamente identificados. Para la grasa, se pesaron 50 g y se fundieron en una estufa a 100°C por 30 a 40 minutos. Después de solidificarse, las muestras se almacenaron en refrigeración (4°C) hasta su análisis.

TABLE I
DISTRIBUCIÓN DE MUESTRAS ANALIZADAS DURANTE EL PERÍODO 1993 – 2000

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	Total
Bovino	20	22	16	109	99	13	68	91	438
Porcino	16	26	6	47	65	16	164	168	508
Aves	3	9	3	16	23	2	17	15	88
Total	39	57	25	172	187	31	249	274	1,034

Aseguramiento de la calidad de los datos

Para asegurar la confiabilidad de los datos obtenidos, cada vez que se realizaron las pruebas, se utilizó una muestra blanco o control negativo (tejido libre de residuos tóxicos) y una muestra fortificada o control positivo (tejido blanco adicionado de una concentración conocida del estándar de interés), con ello se calculó la recuperación, que es el porcentaje del elemento o compuesto de interés obtenido en la muestra fortificada, estimado en función de la cantidad real adicionada, lo cual permitió evaluar la eficiencia de la determinación.

Metodología

Las determinaciones que se llevaron a cabo en las muestras de tejido animal, fueron: Metales Pesados [13, 16, 17], Plaguicidas Organoclorados [18], Identificación de Especie [19], Plaguicidas Organofosforados [20] y Antibióticos [3]. Todas las muestras se analizaron por duplicado.

Metales pesados

La digestión de la muestra se llevó a cabo en un horno de microondas (CEM, MDS-81D), utilizando 1,25 g de cada tejido molido (base húmeda) y adicionando 5 mL de ácido nítrico 50% (v/v) [2]. Las muestras se digirieron por 2, 5 y 15 min a 95, 90 y 85% de poder, respectivamente. Después de completar el primer ciclo de digestión, las muestras se enfriaron en hielo y se adicionaron 3 mL de H₂O₂ 30% (v/v) para aplicar el segundo ciclo, el cual incluyó 4 y 20 min de calentamiento a 100 y 90% de poder respectivamente. Al finalizar el programa de digestión, las soluciones resultantes se transfirieron a matraces volumétricos de 50 mL. Cadmio, plomo y cobre se cuantificaron por medio de espectroscopía por flama [13]. Mercurio y arsénico por generación de vapor e hidruros [5, 16, 17, 27].

Antibióticos

Para llevar a cabo la detección y cuantificación de las familias de antibióticos (Beta-lactamos, Tetraciclina, Aminoglicósidos, Macrólidos, Sulfonamidas y Cloranfenicol) se utilizó el ensayo biológico Charm II [28]. El proceso de extracción consistió en pesar 20 g de tejido molido y homogeneizar con una solución amortiguadora de fosfato 0,1M; enseguida, se incubó a 80°C por 30 min. Posteriormente se centrifugó (Beckman J2-M1) a 4000 rpm y a 5°C durante 15 min. El sobrenadante se filtró para utilizarlo en la detección, empleando un contador de centelleo para la medición [3].

Plaguicidas organoclorados y PCB's

Para la determinación de los plaguicidas organoclorados (lindano, BHC, heptacloro, aldrín, dieldrín, endrín, TDE, DDT, metoxicloro, DDE) y PCB's (1016, 1221, 1232, 1242, 1248, 1254, 1260), se pesaron 0,2 g de grasa y se disolvieron en 4 mL de hexano. La solución se aplicó a una columna empacada

con 10 g de alúmina (activada al 9%). La muestra se eluyó con 60 mL de hexano y se evaporó hasta un volumen de 4 mL. Después de un segundo lavado con 4 mL de hexano, se volvió a concentrar a 4 mL y se inyectó 1 µl de esta solución al cromatógrafo de gases Varian 3300 (Walnut Creek, CA), equipado con detector de captura de electrones (ECD) y con inyector tipo "on-column" [18].

Plaguicidas organofosforados

Para la determinación de plaguicidas organofosforados (diazinón, di-systón, ruelene, metilparatión, tritión, paratión, etión, coumafos, ronnel) en hígado y músculo, se pesó 25 g de tejido homogeneizado y se realizó una extracción agregando 50 mL de una solución de acetato de etilo: hexano (70:30 v/v). Después de agitar por 10 minutos mediante un agitador mecánico Thermolyne a 400 rpm, la mezcla se centrifugó a 3000 rpm (Beckman J2-M1) por 10 min, a 8°C y se filtró el sobrenadante. La solución resultante se concentró por rotaevaporación (Labconco) hasta 0,5 mL y se aforó a 1 mL con acetato de etilo. El extracto se aplicó a una columna empacada con 0,3 g de mezcla absorbente (carbón activado, celita y óxido de magnesio, en proporción 1:2:4) y pre-equilibrada con 15 mL de diclorometano. La muestra se eluyó con 70 mL del mismo solvente. El eluato se concentró a 0,1 mL en baño maría, bajo corriente de aire seco de alta pureza y se aforó a 0,2 mL con acetato de etilo; 1 µL de esta solución se inyectó al cromatógrafo de gases varían 3300 (Walnut Creek, CA), equipado con detector fotométrico de flama (FPD) y con inyector tipo "on column" [20].

Para la determinación de plaguicidas organofosforados en grasa, se pesó 0,2 g de muestra y se disolvió en 5 mL, de diclorometano. La solución se aplicó a una columna empacada con 10 g de alúmina (activada al 9%). La muestra se eluyó con 70 mL de diclorometano y se evaporó hasta un volumen de 1-2 mL, luego se concentró el eluato en baño maría a 0,5 mL, se aforó a 2 mL con acetato de etilo y se inyectó 1 µL al cromatógrafo de gases con detector FPD.

Identificación de especie

Se pesó 10 g de tejido homogeneizado en un vaso de precipitado y se mezcló con 20 mL de solución salina al 0,85%, agitando a intervalos de 15 min durante una hora. El extracto se pasó a través de un filtro Whatman GF/A, colectando el filtrado en un tubo de ensayo con tapón de rosca. El extracto se usó inmediatamente para el análisis por inmunodifusión [19, 22].

Análisis estadístico

Para el análisis de los datos correspondientes a plaguicidas y antibióticos, se utilizó estadística descriptiva (media y desviación estándar) y para los datos obtenidos en la determinación de metales pesados, se aplicó una prueba t de student pareada para determinar la significancia de las diferencias, con un nivel de confiabilidad de 0.05 [9].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aseguramiento de la calidad de los datos

Los porcentajes promedio de recuperación y la desviación estándar obtenidos en cada una de las determinaciones del estudio, presentaron valores equivalentes a los aceptados internacionalmente como referencia [24], lo que asegura la confiabilidad de los resultados.

Metales pesados

La concentración promedio de metales en los tejidos animales estudiados se muestra en la TABLA II. La mayor concentración de cadmio ($P < 0,05$) en los distintos tejidos animales estudiados se detectó en el riñón de cada una de las especies analizadas (bovino $0,91 \mu\text{g/g}$; porcino $1,40 \mu\text{g/g}$; aves $2,50 \mu\text{g/g}$), además, en los tres tejidos de aves fue donde se presentaron los mayores valores de este metal. El plomo se detectó en un reducido número de tejidos y la concentración promedio entre los tres tejidos por especies no mostró variaciones significativas con excepción de bovino ($P < 0,05$). La mayor

concentración de plomo se detectó en hígado de bovino ($0,68 \mu\text{g/g}$) mientras que el menor valor ($0,46 \mu\text{g/g}$) se observó en músculo tanto de porcino como de aves. El cobre se detectó en más del 80% de las muestras analizadas, observándose la mayor concentración ($P < 0,05$) en el hígado de cada una de las especies estudiadas. Respecto a arsénico, los niveles más altos se detectaron en los tres tejidos de aves ($P < 0,05$), siendo en el hígado de esta especie donde se presentó la mayor concentración ($0,19 \mu\text{g/g}$). Los valores detectados de este metal en los tejidos de bovino y porcino fueron muy semejantes entre si ($P < 0,05$). Mercurio fue el elemento que presentó la menor variación ($P < 0,05$) entre los tejidos de las diferentes especies, las concentraciones de mercurio detectadas en cada una de las especies estudiadas fueron cercanas al límite mínimo de detección del método. Esta selección de metales por determinados tejidos y especies encontradas en el presente estudio corresponde a la reportada por otros autores [1, 10].

De los cinco metales analizados en esta investigación, sólo el arsénico se encuentra regulado tanto por México como

TABLA II
CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN LOS TEJIDOS ANIMALES ANALIZADOS

Especie	Tejido	Concentración ($X \pm \text{DE}$, $\mu\text{g/g}$) ¹				
		Cd	Pb	Cu	As	Hg
Bovino	Hígado	$0,40 \pm 0,19^{(110)}$	$0,68 \pm 0,45^{(65)}$	$71,68 \pm 51,51^{(372)}$	$0,06 \pm 0,20^{(261)}$	$0,02 \pm 0,01^{(138)}$
	Riñón	$0,91 \pm 0,96^{(307)}$	$0,62 \pm 0,31^{(69)}$	$6,93 \pm 14,23^{(394)}$	$0,05 \pm 0,50^{(326)}$	$0,03 \pm 0,06^{(196)}$
	Músculo	$0,39 \pm 0,18^{(71)}$	$0,52 \pm 0,69^{(423)}$	$1,50 \pm 0,69^{(423)}$	$0,06 \pm 0,07^{(287)}$	$0,02 \pm 0,01^{(101)}$
Porcino	Hígado	$0,45 \pm 0,15^{(306)}$	$16,5 \pm 16,20^{(481)}$	$16,5 \pm 16,20^{(481)}$	$0,05 \pm 0,07^{(257)}$	$0,02 \pm 0,06^{(180)}$
	Riñón	$1,40 \pm 0,90^{(473)}$	$9,20 \pm 3,72^{(484)}$	$9,20 \pm 3,72^{(484)}$	$0,07 \pm 0,06^{(336)}$	$0,02 \pm 0,02^{(265)}$
	Músculo	$0,41 \pm 0,13^{(86)}$	$0,85 \pm 0,43^{(465)}$	$0,85 \pm 0,43^{(465)}$	$0,07 \pm 0,06^{(292)}$	$0,02 \pm 0,02^{(167)}$
Aves	Hígado	$0,89 \pm 0,63^{(65)}$	$0,51 \pm 0,22^{(9)}$	$4,67 \pm 1,59^{(86)}$	$0,19 \pm 0,31^{(63)}$	$0,02 \pm 0,02^{(27)}$
	Riñón	$2,50 \pm 2,58^{(58)}$	$0,63 \pm 0,36^{(11)}$	$3,40 \pm 1,21^{(83)}$	$0,12 \pm 0,14^{(61)}$	$0,02 \pm 0,02^{(32)}$
	Músculo	$0,54 \pm 0,38^{(14)}$	$0,46 \pm 0,23^{(12)}$	$0,72 \pm 0,84^{(72)}$	$0,08 \pm 0,12^{(49)}$	$0,02 \pm 0,01^{(20)}$

El número entre paréntesis indica el total de muestras con concentraciones superior al límite mínimo de detección. ¹ Base húmeda.

TABLA III
CONCENTRACIÓN DE ANTIBIÓTICOS ENCONTRADOS EN LOS TEJIDOS ANIMALES

Especie	Tejido	Concentración ($X \pm \text{DE}$, $\mu\text{g/g}$) ¹					
		P	E	ES	S	T	C
Bovino	Hígado	$0,018^{(1)}$	ND	$0,37 \pm 0,24^{(3)}$	$0,04 \pm 0,01^{(2)}$	ND	ND
	Riñón	$0,010^{(1)}$	$0,13^{(1)}$	$0,56 \pm 0,45^{(7)}$	$0,02 \pm 0,006^{(3)}$	$0,15 \pm 0,05^{(2)}$	$0,16 \pm 0,12^{(7)}$
	Músculo	$0,019 \pm 0,005^{(2)}$	ND	$0,28 \pm 0,23^{(6)}$	$0,03 \pm 0,02^{(27)}$	$0,12 \pm 0,04^{(4)}$	ND
Porcino	Hígado	ND	ND	$0,13^{(1)}$	$0,03 \pm 0,004^{(2)}$	$0,15 \pm 0,004^{(2)}$	$0,012^{(1)}$
	Riñón	ND	ND	$0,29 \pm 0,15^{(4)}$	$0,03 \pm 0,02^{(18)}$	$0,16 \pm 0,04^{(5)}$	$0,018^{(1)}$
	Músculo	ND	ND	$0,20 \pm 0,12^{(2)}$	$0,09 \pm 0,09^{(34)}$	$0,14 \pm 0,04^{(13)}$	$0,014^{(1)}$
Aves	Hígado	ND	ND	ND	$0,03^{(1)}$	ND	ND
	Riñón	ND	ND	$0,15^{(1)}$	$0,09 \pm 0,006^{(3)}$	ND	$0,11 \pm 0,05^{(2)}$
	Músculo	ND	ND	ND	$0,04 \pm 0,01^{(2)}$	ND	ND

El número entre paréntesis indica el total de muestras con concentraciones superior al límite mínimo de detección ND: No detectable ($\text{LD} = \mu\text{g/g}$) ¹ Base húmeda

P: penicilina; E: eritromicina; ES: estreptomycin; S: sulfonamidas; T: tetraciclinas; C: cloranfenicol.

por Estados Unidos de Norteamérica y por algunos países europeos [23]. Los límites de tolerancia de arsénico para ganado porcino y aves de corral son de 2 µg/g para hígado y riñón y 0,5 µg/g para músculo. En el caso de bovino, son de 1,4 µg/g para hígado y riñón y 0,7 µg/g para músculo [12, 25]. Ninguno de los tejidos que resultaron positivos en este estudio, rebasaron los límites arriba indicados.

Antibióticos

De las 6 familias de antibióticos que se determinaron, la que se encontró con mayor frecuencia fue la de las sulfonamidas, la cual se detectó en las tres especies estudiadas, con porcentajes de frecuencia de 7,3, 7,3 y 10,6% para bovino, aves y porcino, respectivamente, como se muestra en la TABLA II. Esto puede deberse tanto a su amplio uso, como al alto poder residual de las mismas.

Las concentraciones promedio más altas de antibióticos se detectaron para estreptomina (0,13-0,56 µg/g), seguida por tetraciclinas (0,12-0,16 µg/g) y sulfonamidas (0,02-0,09 µg/g). La eritromicina estuvo presente en una de las muestras de riñón, penicilina se detectó en los 3 tejidos de una muestra de bovino. Al comparar los niveles de antibióticos detectados en las muestras con los límites máximos de residuos permitidos en los tejidos comestibles (hígado, riñón y músculo) de bovino, que establecen 0,5 µg/g para estreptomina, 0,25 µg/g para tetraciclina, 0,1 µg/g para sulfonamidas y eritromicina y 0,04 µg/g para penicilina [12]. Se puede señalar que para el caso de cloranfenicol se presentaron valores fuera de la norma en 4 muestras de músculo, 2 de riñón y 1 de hígado, y esto fue debido a que para

dicho antibiótico se tiene establecido un valor de cero, por lo que cualquier nivel detectado se encuentra fuera de la normatividad. Sin embargo, es importante indicar que los valores de cloranfenicol fuera de norma se detectaron únicamente en los primeros 3 años del estudio (1993-1995). Después de este período no se encontraron muestras con residuos de cloranfenicol.

De las muestras de músculo de porcino que presentaron residuos de sulfonamidas, en un 2,8% se encontraron concentraciones que rebasaron los límites de tolerancia [12]. Este porcentaje es similar al reportado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica [25].

En base a los resultados obtenidos, se puede señalar que es amplio el uso que se hace de estos compuestos en la producción ganadera y avícola de la región noroeste del país. Sin embargo, si se compara con lo encontrado en el estudio realizado en esta misma región en el año de 1988 [26], los resultados actuales sugieren que ha habido un cambio favorable en las prácticas de uso de los antimicrobianos en las industrias ganadera y avícola.

Compuestos agroindustriales

Los compuestos agroindustriales que se encontraron con más frecuencia fueron los plaguicidas organoclorados, cuyos residuos fue posible detectar en las 3 especies analizadas como se muestra en la TABLA IV. Esto puede ser indicativo de que aún se hace un amplio uso de este tipo de plaguicidas en zonas agrícolas, a pesar de la prohibición de uso de algunos de estos compuestos por su elevada residualidad.

TABLA IV
CONCENTRACIÓN DE PLAGUICIDAS PRESENTES EN LOS TEJIDOS ANALIZADOS

Analito	Concentración ($X \pm DE$, µg/g)		
	Bovino	Porcino	Aves
POC			
Lindano	[0,5 ± 0,33] ⁽³⁾	ND	ND
BHC (β-HCH)	[0,22 ± 0,078] ⁽⁸⁾	ND	[0,10 ± 0,1] ⁽³⁾
Heptacloro	[0,15 ± 0,033] ⁽⁷⁾	ND	[0,105 ± 0,007] ⁽²⁾
Aldrín	[0,26] ⁽¹⁾	ND	ND
Dieldrín	[0,12 ± 0,079] ⁽¹²⁾	[0,009] ⁽¹⁾	[0,055 ± 0,072] ⁽²⁾
Endrín	ND	ND	ND
TDE	[0,61 ± 0,72] ⁽²⁾	[0,17 ± 0,16] ⁽²⁾	ND
DDT (PP'-DDT)	ND	ND	ND
Metaxicloro	ND	[2,12] ⁽¹⁾	ND
DDE	[0,40 ± 0,5] ⁽²¹⁾	[0,064 ± 0,019] ⁽²⁾	[0,52 ± 0,69] ⁽¹⁾
PCB's	ND	ND	ND
POF			
Etión	[0,16] ⁽¹⁾	ND	ND
Metiltritió	[0,017] ⁽¹⁾	ND	ND

El número entre paréntesis indica el total de muestras con concentraciones superiores al del límite mínimo de detección.

ND: no detectable (LD= µg/g).

POC: plaguicidas organoclorados.

POF: plaguicidas organofosforados.

PCB's: bifenilos policlorados.

Del total de muestras de tejido adiposo analizado (1,034), se observó que el 12,3% de las muestras de bovino, el 1,2% de porcino y el 22,7% de ave resultaron contaminadas con alguno de los plaguicidas organoclorados estudiados. En la especie bovino, los plaguicidas detectados fueron BHC (0,08-0,35 µg/g), heptacloro (0,11-0,2 µg/g), dieldrin (0,02-0,26 µg/g), aldrin (0,26 µg/g), lindano (0,15-0,8 µg/g), DDE (0,03-2,0 µg/g) y TDE (0,10 y 1,12 µg/g); solo una de las muestras contaminadas con BHC presentó la concentración por arriba del máximo permitido para este analito de acuerdo a la Normatividad, que establece valores de 0,3 µg/g para BHC, dieldrin y aldrin, 0,2 µg/g para heptacloro, 7,0 µg/g para lindano y 5,0 µg/g para DDE y TDE [12].

En porcino, los plaguicidas organoclorados detectados fueron, metoxicloro en una muestra (2,12 µg/g), dieldrin en una muestra (0,009 µg/g), DDE en dos muestras (0,05 y 0,078 µg/g) y TDE en dos muestras (0,057 y 0,29 µg/g). En aves, los plaguicidas organoclorados encontrados fueron BHC (0,09-0,28 µg/g), heptacloro (0,11 y 0,1 µg/g), dieldrin (0,07 y 0,04 µg/g) y DDE (0,04-2,17 µg/g). Ninguno de los niveles rebasó la tolerancia [12]. Estos resultados coinciden con los reportados por Heaton y col. [8], quienes analizaron tejido adiposo de porcino y no encontraron niveles de plaguicidas organoclorados por arriba de la tolerancia.

En los análisis de plaguicidas organofosforados, sólo una muestra de bovino presentó contaminación, como se observa en la TABLA IV. Los plaguicidas detectados fueron etión (0,16 µg/g) y metiltritión (0,017 µg/g). En el primer caso, la concentración fue menor al límite señalado que es de 1,0 µg/g, mientras que para metiltritión no hay valores establecidos en la normatividad [12].

Desafortunadamente, gran parte de los compuestos agroquímicos no están regulados, esto a causa de la lentitud en el proceso de incorporación a las Normas y a la rapidez en la fabricación de nuevos productos agroindustriales.

Identificación de especie

Todas las muestras analizadas correspondieron a la especie señalada por el establecimiento TIF, lo que indica el apego a la Norma Oficial Mexicana [12], y que la carne no es sustituida por otras especies con el fin de abaratar costos, lo cual resultaría fraudulento para el consumidor (no se muestran los datos).

CONCLUSIONES

Del análisis de los resultados obtenidos se puede concluir que la gran mayoría de las muestras estudiadas cumplieron con los requisitos de inocuidad que se establecen para la carne en cuanto a residuos tóxicos. Aunque se detectó la presencia de algunos residuos como cadmio, plomo, arsénico, sulfonamidas, estreptomina, cloranfenicol y algunos plaguicidas, sólo un bajo número de muestras presentaron niveles su-

periores a los límites de residuos permitidos por México [12] y a su vez por Estados Unidos de Norteamérica [25] y otros países europeos, lo que asegura la calidad de los productos cárnicos que llegan al consumidor regional y extranjero.

Por primera vez en México, un centro de investigación realiza un monitoreo de residuos tóxicos en alimentos tan completo como el presentado en este estudio. La metodología empleada es la aceptada a nivel internacional y con la misma calidad de datos, lo que permitirá hacer comparaciones con estudios similares realizados en otras regiones. Esta información es importante para la elaboración de bases de datos, para asegurar la calidad de los productos cárnicos que se ofrecen al consumidor, así como para dar apoyo al comercio nacional e internacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CATALA, R.; MONTOYA, R.E.; YBANEZ, N. Contaminación por metales pesados de los productos cárnicos. **Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment.** 23. 1982.
- [2] CEM Corporation. Operation Manual. **Microwave Digestion System**. CEM Corporation. USA. 1989.
- [3] CHARM SCIENCE, INC. Operator's Manual. **Charm II Test for Antimicrobial Drugs in Tissue**. Malden, MA. USA. 1993.
- [4] CRAWFORD, L.M.; FRANCO, D.A. **Animal Drugs and Human Health**: Technomic Publishing, Co., Inc. Lancaster, Pennsylvania. USA. 1994.
- [5] DOMINSKI, P.; SHRADER, D. Automated cold vapor determination of mercury: EPA stannous chloride methodology. *Varian Instruments at Work*. AA-51. 1985.
- [6] FODEY, T.L.; CROOKS, S.R.H.; ELLIOTT, C.T.L.; MCCAUGHEY, W.J. Comparison of porcine urine and bile as matrices to screen for the residues of two sulfonamides. Using a semi-automated enzyme immunoassay. **Analyst**. 122: 165-168. 1997.
- [7] GIBBONS, J. **Pesticide residues in food**. Technomic Publishing Co., Lancaster, Pennsylvania, USA. 3-17 pp. 1993.
- [8] HEATON, K.L.; SMITH, G.C.; SOFOS, J.N.; AARONSON, M.J.; JONES, D.K. Analysis of pork products for chemical residues. **Journal of Muscle Foods**. 7: 213-224. 1996.
- [9] HINTZE, J.L. NCSS. User's guide 1. **Statistical System for Windows. Number cruncher statistical systems**. Version 6.0. USA. 1996.
- [10] KRAMER, H.L.; STEINER, J.W.; VALIELY, P.J. Trace element concentrations in liver, kidney and muscle of Queensland Cattle. **Bull. Environ. Contam. Toxicol.** 30: 588-594. 1983.
- [11] MUÑOZ, O.; VELEZ, D.; MONTORO, R. Optimization of the solubilization, extraction and determination of inor-

- ganic arsenic (As (III) + As (V) in seafood products by acid digestion, solvent extraction and hydride generation atomic absorption spectrometry. **Analyst**. 124:601-607. 1999.
- [12] NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-004-ZOO. 1994. Control de residuos tóxicos en carne, grasa, hígado y riñón de bovinos, equinos, porcinos y ovinos. **Diario Oficial de la Federación**. México, D.F. 1994.
- [13] NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-010-ZOO-1994. Determinación de cobre, plomo y cadmio en hígado, músculo y riñón de bovinos, equinos, porcinos, ovinos y aves, por espectrofotometría de absorción atómica. **Diario Oficial de la Federación**. México, D.F. 1995.
- [14] NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-011-ZOO-1994. Determinación de sulfonamidas en hígado y músculo de bovinos, ovinos, equinos, porcinos y aves por cromatografía de capa fina-densitometría. **Diario Oficial de la Federación**. México, D.F. 1995.
- [15] NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-014-ZOO-1994. Determinación de cloranfenicol en músculo y riñón de bovinos, equinos, porcinos, ovinos y aves por cromatografía de gases. **Diario Oficial de la Federación**. México, D.F. 1995.
- [16] NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-015-ZOO-1994. Análisis de arsénico en hígado, músculo y riñón de bovinos, equinos, porcinos, ovinos y aves, por espectrofotometría de absorción atómica. **Diario Oficial de la Federación**. México, D.F. 1995.
- [17] NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-016-ZOO-1994. Análisis de mercurio en hígado, músculo y riñón de bovinos, equinos, porcinos, ovinos y aves, por espectrofotometría de absorción atómica. **Diario Oficial de la Federación**. México, D.F. 1995.
- [18] NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-021-ZOO-1995. Análisis de residuos de plaguicidas organoclorados y bifenílicos policlorados en grasa de bovinos, equinos, porcinos, ovinos y aves por cromatografía de gases. **Diario Oficial de la Federación**. México, D.F. 1995.
- [19] NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-023-ZOO-1995. Identificación de especie animal en músculo de bovinos, equinos, porcinos, ovinos y aves, por la prueba de inmunodifusión en gel. **Diario Oficial de la Federación**. México, D.F. 1995.
- [20] NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-028-ZOO-1995. Determinación de residuos de plaguicidas organofosforados en hígado y músculo de bovinos, equinos, porcinos, ovinos y aves por cromatografía de gases. **Diario Oficial de la Federación**. México, D.F. 1996.
- [21] NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-032-ZOO-1996. Determinación de antibióticos en hígado, músculo y riñón de bovinos, equinos, porcinos, aves, caprinos y cérvidos, por la prueba de la torunda y por bioensayo. **Diario Oficial de la Federación**. México, D.F. 1996.
- [22] PATTERSON, S.R.L. Biochemical identification of meat species. **Elsevier Applied Science Publishers**. London. 1-213 pp. 1985.
- [23] SPIRIC, A.; SAICIC, S. Monitoring chlorinated pesticides and toxic elements in tissues of food-producing animals in Yugoslavia. **Assoc. Off. Anal. Chem. Int.** 81(6): 1998.
- [24] USDA-FSIS. **Analytical Chemistry Laboratory Guidebook. Residue Chemistry**. Science and Technology. United States Department of Agriculture. Washington, D.C. USA. 1991.
- [25] USDA-FSIS. **Compound evaluation and analytical capability. National residue program plan**. United States Department of Agriculture. Washington, D.C. USA. 1995.
- [26] VÁZQUEZ-MORENO, L.; BERMÚDEZ, M.C.; LANGURE, A.; HIGUERA-CIAPARA, I.; DÍAZ, M.; FLORES, M.E. Antibiotic residues and drug resistant bacteria in beef and chicken tissues. **J. Food Sci.** 55(3): 632-634, 657. 1990.
- [27] VOTH-BEACH, L.M.; SHRADER, D.E. Reduction of interferences in the determination of arsenic and selenium by hydride generation. **Spectroscopy**. 1. 1988.
- [28] ZOMER, E.; LAWTON, J.; CHARM, S.E. A rapid microbial receptor method for monitoring 7 families of antimicrobial drugs in livestock products. Presentado en: "The Symposium on Residue Analysis and Regulatory Chemistry, II". 30th Easter Analytical Symposium. Somerset, NJ. 1991.