



## RESIDUOS EN CARNE

### Situación actual, oportunidades y desafíos del sector productivo en Uruguay.

Pablo Rovira

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA) Ruta 8 km 281, Treinta y Tres, Uruguay

E-mail: provira@tyt.inia.org.uy

La inocuidad es una característica que los consumidores valoran cada vez más en los alimentos. De acuerdo a lo establecido por el *Codex Alimentarius*, la inocuidad es la garantía de que un alimento no causará daño al consumidor cuando el mismo sea preparado o ingerido de acuerdo con el uso a que se destine. En los alimentos pueden existir peligros biológicos, químicos y físicos capaces de causar daño a la salud del consumidor. En el presente artículo se describen los principales peligros químicos encontrados en carne así como las oportunidades y desafíos que se presentan en Uruguay ante el escenario de la intensificación de los sistemas de producción.

#### Clasificación y descripción de residuos en carne

Como residuo se entiende todos aquellos principios activos y/o sus productos de degradación presentes en los tejidos o vísceras de origen animal los cuáles han sido originados por tratamientos previos de los animales con sustancias químicas (medicamentos veterinarios, aditivos alimentarios) o bien por la presencia de estos compuestos en el medio ambiente (plaguicidas, herbicidas, metales pesados). Los residuos en carne pueden clasificarse en:

- (i) anabólicos esteroides y hormonas
- (ii) anabólicos no-esteroides y promotores del crecimiento
- (iii) medicamentos de origen veterinario
- (iv) agroquímicos
- (v) contaminantes de origen ambiental

#### Anabólicos esteroides y hormonas

Dentro de este grupo se encuentran hormonas naturales y anabólicos esteroides sintéticos (Cuadro 1) A través de su utilización en producción de carne se incrementa la tasa de crecimiento de los animales, se mejora la eficiencia de conversión y se incrementa la deposición de proteína en los tejidos. Algunos de ellos son utilizados con frecuencia en ganado en feedlot en Estados Unidos, a través de pequeños implantes en la oreja de los animales (zeranol, trenbolona, melengesterol). Por el contrario, la Unión Europea prohíbe la utilización de anabólicos y hormonas como promotores de crecimiento del ganado en su territorio basado en el concepto de precaución, y exige garantías equivalentes en otros países exportadores de carne. En **Uruguay** se prohíbe la importación, fabricación, venta y uso de los medicamentos veterinarios para la promoción del crecimiento en las especies bovinas, ovinas, suínas, equinas y aves, incluyendo sustancias de efectos hormonal estrogénicos y de acción tireostática, anabólicos hormonales endógenos o naturales, como tales o modificados químicamente, y sustancias de acción anabólica estrogénica o androgénica y gestágena de origen exógeno, todos ellos considerados aisladamente o en combinación

y en forma de implante. El uso de este tipo de compuestos en reproducción animal está permitido (inducción de celo, ovulación, etc.) contando con la supervisión de médicos veterinarios.

#### Cuadro 1. Hormonas esteroides y sustancias análogas utilizados como promotores del crecimiento.

Grupo	Ejemplo
Esteroides naturales	Testosterona y sus ésteres
* Andrógenos	
* Estrógenos	17- $\beta$ -estradiol y sus ésteres
* Progestágenos	Progesterona
Esteroides sintéticos	
* Con acción androgénica	Acetato de trenbolona
* Con acción estrogénica	Benzoato de estradiol
* Con acción progestágena	Acetato de melengesterol

#### Anabólicos no-esteroides y promotores del crecimiento

Dentro de este grupo podemos encontrar los  $\alpha$ -agonistas y diversos antibióticos suministrados como promotores del crecimiento (no con fines preventivos y/o terapéuticos). Los  $\alpha$ -agonistas son análogos sintéticos de epinefrina y norepinefrina actuando como agentes de partición bloqueando la síntesis de lípidos e incrementando la síntesis de proteína y músculo (acción anabólica). Dentro de este grupo se encuentran el clenbuterol y ractopamina. El uso de clenbuterol como promotor del crecimiento está prohibido a nivel internacional debido a que deja concentraciones de residuos en carne perjudiciales para la salud humana, lo que no quita que se use clandestinamente en forma ilegal dando lugar a casos de intoxicación en humanos (Salleras et al. 1995; Bambrilla et al. 2000). El uso de ractopamina como aditivo alimentario está aprobado en cerdos y ganado de carne en Estados Unidos, basado en su rápida biotransformación y excreción en el organismo a diferencia del clenbuterol, sin embargo su utilización está prohibido en la Unión Europea y en otros países (Thompson et al. 2008).

Diversos antibióticos pueden ser utilizados en producción animal en dosis sub-terapéuticas como promotores del crecimiento ( $\beta$ -lactámicos, tetraciclinas, sulfonamidas, quinolonas, macrólidos), muchos de los cuáles también son utilizados en medicina humana. Por tal motivo, en este caso la principal preocupación no es la presencia del residuo en carne, sino la generación de bacterias resistentes a dichos antibióticos que luego puedan complicar el trata-

miento de enfermedades en humanos. Algunos autores atribuyen el origen de las bacterias resistentes en humanos al uso de promotores del crecimiento y/o dosis de antibióticos sub-terapéuticas en animales donde luego el alimento (carne, leche, etc.) y/o el medio ambiente actúan como vehículo hacia el humano (Barber et al. 2003). Otros autores atribuyen el origen de las bacterias resistentes al excesivo uso de antibióticos en humanos (Phillips et al. 2004), deslindando de la responsabilidad u origen a los sistemas intensivos de producción animal.

En **Uruguay**, el uso de promotores de crecimiento en producción animal está prohibido. En las raciones comerciales para crecimiento y engorde de vacunos es común la presencia de ionóforos (antibiótico). El objetivo principal de su uso es evitar acidosis, meteorismo y/o brotes de coccidiosis. Sin embargo, no se plantea su utilización en dosis menores o mayores a las recomendadas como promotor del crecimiento ya que se disminuye la eficiencia del producto (dosis bajas) y/o se pone en riesgo la salud de los animales (dosis altas). Adicionalmente, los ionóforos no son empleados en medicina humana por lo cual el riesgo de transferencia de bacterias resistentes a los consumidores sería inexistente. Dentro de las últimas regulaciones dictadas por la Comisión Europea, en enero de 2006 se hizo efectiva la prohibición del uso de antibióticos ionóforos (ej. monensina sódica) como promotores de crecimiento en nutrición animal. Por lo tanto se presenta un desafío en el corto y mediano plazo para encontrar compuestos que sustituyan el efecto de los ionóforos (enzimas, levaduras, taninos, etc.) en el área de nutrición animal

#### *Residuos de medicamentos de origen veterinario*

Este grupo de residuos son consecuencia del empleo de medicamentos (antiparasitarios, antibacterianos) para la prevención y control de enfermedades en ganado. Es poco probable encontrar casos de intoxicación aguda en humanos debido a la ingestión de carne con residuos de drogas veterinarias, ya que dicho residuo, en caso de estar presente, generalmente se encuentra en bajas concentraciones. Es más probable el desarrollo de reacciones alérgicas severas en personas sensibles, como las reportadas en Estados Unidos ante el consumo de carne de cerdo y carne vacuna con residuos de penicilina (Woodward 2004). Los residuos de medicamentos de origen veterinario generalmente tienen un límite máximo por debajo del cuál es tolerable, aunque dicho valor puede variar en función del

mercado (Cuadro 2).

Si bien muchos factores contribuyen al problema de residuos de medicamentos de origen veterinario en carnes, como por ejemplo pobre registro de los tratamientos o fallas en la identificación de los animales tratados, la mayoría de las violaciones resultan de una utilización de los productos veterinarios de manera inconsistente a la recomendada en la etiqueta. Esto ocurre principalmente cuando no se respetan los periodos de espera previo al envío a faena de los animales así como cuando la droga se utiliza de una manera no especificada en la etiqueta (en diferente especie animal, con dosis mayores, utilizando diferente ruta de administración, con mayor frecuencia del tratamiento) en donde el tiempo de espera se desconoce o no está especificado (Mitchell et al. 1998).

Para armonizar los intereses entre la producción de carne y la salud de los consumidores hay que hacer un uso de las sustancias acorde a las buenas prácticas de manejo de drogas veterinarias (Gil, 2005) y a las Buenas Prácticas Ganaderas propuestas por el *Codex Alimentarius* (San Martín, 2001), incluyendo aspectos de tiempo de carencia, dosis, vía y frecuencia de administración, etc., con el fin de asegurar niveles de residuos menores a los límites máximos permitidos.

En **Uruguay**, algunos productores y sectores de la sociedad han manifestado inquietudes con respecto al uso de endectocidas en general, y garrapaticidas en particular, en producción animal y su relación con la presencia de residuos en carne. Al igual que con el resto de los medicamentos veterinarios, es fundamental respetar el tiempo de espera en caso de enviar animales a frigorífico. En los tratamientos de animales utilizando el método de *pour-on* o inyectables de amplio espectro, si bien disminuyen los riesgos de contaminación ambiental y de intoxicación directa de los operarios rurales comparado con los baños de inmersión, se debe prestar especial atención a los tiempos de espera para el envío de los animales tratados al frigorífico, por lo que no se recomienda su uso en animales a faena inmediata o bovinos lecheros cuya leche se destina a consumo humano (MGAP, sin fecha).

#### *Residuos de agroquímicos*

En este grupo se incluyen los herbicidas, fungicidas, pesticidas, insecticidas, etc., aplicados en cultivos a través de pulverizaciones terrestres o aéreas. La planta o cultivo objetivo de la aplicación no absorbe el 100% del producto

**Cuadro 2.** Comparación de límites máximos de residuos (mg/Kg.) establecidos en tejidos y órganos de vacunos en la Unión Europea, EE.UU. y Codex (Lehotay and Mastovska, 2004).

Droga	Tejido	Europa	EE.UU.	Codex
Moxidectin	Hígado	0,1	0,2	0,1
Neomysin	Riñón	5,0	7,2	10,0
Oxytetracycline	Riñón	0,6	12,0	0,6
Streptomycin	Riñón	1,0	2,0	1,0
Tylosin	Riñón	0,1	0,2	0,0

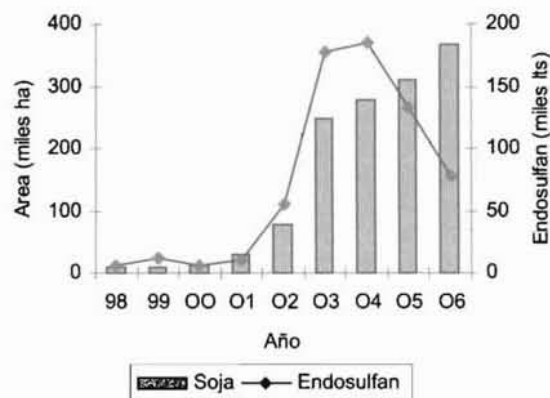


químico, sino que hay importantes pérdidas en el ambiente, dependiendo de la tecnología de aplicación, tipo de suelo, y condiciones climáticas, entre otros factores. El estudio de la contaminación de la carne con este tipo de productos es considerado de gran importancia debido al alto contenido de grasa de los animales, considerando la naturaleza lipófila de muchos de los compuestos químicos utilizados en agricultura.

Las vías de contaminación del animal en pastoreo, y por ende de la carne, pueden ser varias. Probablemente la más común sea el consumo de agua contaminada con presencia del producto químico y/o alguno de sus metabolitos. Dicha contaminación a través del consumo de agua, puede producirse en el corto, mediano y/o largo plazo. En el corto plazo, generalmente es producto de la contaminación del agua por escurrimiento superficial o deriva atmosférica del producto luego de aplicaciones recientes. Sin embargo, algunos productos químicos, como los organoclorados, son muy persistentes, por lo cuál pueden quedar adsorbidos por partículas del suelo e irse liberando gradualmente con el correr del tiempo. En un estudio realizado en Estados Unidos en 1995, Smith et al. (1997) encontraron residuos de Mirex en el hígado de vacunos a una concentración de 0,3 ppm. Dicho producto fue comúnmente utilizado para el control de la hormiga del fuego y había sido prohibido su uso en Estados Unidos en 1978, sin embargo debido a su alta persistencia en el ambiente casi 20 años después se detectaron residuos en carne.

En casos de que la deriva sea muy intensa puede producirse contaminación por absorción dérmica y/o por inhalación de vapores emitidos por el producto químico. Esto puede suceder cuando en potreros cercanos existen animales pastoreando al momento de la aplicación. En 1996, aproximadamente 23 establecimientos agropecuarios en Nueva Gales del Sur y Queensland (Australia) fueron colocados en cuarentena después que residuos de endosulfan fueron descubiertos por inspectores en ganado vacuno en niveles sobre el límite máximo del residuo, posiblemente debido al pastoreo de un potrero que había sido contaminado por la deriva del producto químico (Agrow 1999). Endosulfan es un ejemplo de pesticida con alta volatilización en la atmósfera desde el suelo y las plantas, particularmente inmediatamente después de la aplicación.

En los últimos años se incrementó significativamente el área de soja en Uruguay lo que determinó una mayor importación y uso de endosulfan (Figura 1). Dicho plaguicida, por su alta movilidad en el ambiente, presenta riesgo de contaminación ambiental incluso si se aplica siguiendo las recomendaciones de la etiqueta (Holland and Sinclair, 2004). Por tal motivo, las medidas preventivas al momento de aplicación del producto, así como durante el almacenamiento



y transporte del mismo, deben extremarse para evitar perjuicios.

**Figura 1.** Evolución de la superficie sembrada de soja y la importación del plaguicida endosulfan (Adaptado de Bruno 2007).

La Dirección General de Servicios Agrícolas del MGAP recientemente ha establecido nuevas regulaciones oficiales, relacionadas a endosulfan y a la aplicación de productos químicos en general, que apuntan a disminuir el riesgo de contaminación ambiental, y por lo tanto el riesgo de presencia de residuos en carne. Se prohíbe la utilización de productos fitosanitarios a base de endosulfan en granos almacenados destinados al consumo humano o animal, campos naturales, campos brutos, campos naturales mejorados, praderas en general (implantadas o cultivadas) y en cultivos destinados al pastoreo o a la alimentación directa de animales. Los cultivos o parte de los mismos, tratados con endosulfan de acuerdo a las regulaciones existentes, podrán destinarse a la alimentación de animales de la especie bovina, excepto para la alimentación de ganado lechero, dejándose transcurrir 45 días desde la última alimentación y su faena.

#### Contaminantes ambientales

Las emanaciones previas de sustancias químicas persistentes han causado contaminación de productos alimenticios, especialmente alimentos de origen animal, y la necesidad de monitorear y controlar algunos productos para garantizar que no contengan niveles superiores a los límites de seguridad (Cuadro 3). Metales pesados, dioxinas y bifenoles policlorinados (BPCs) son los más comunes en este grupo de contaminantes ambientales, generalmente asociados a los procesos de industrialización y/o urbanización y por tal motivo, de mayor importancia en los países desarrollados. Una de las particularidades de los contaminantes ambientales es que son muy resistentes a los procesos de degradación, lo que favorece su presencia en el medio ambiente y la acumulación en la cadena alimentaria.

Las dioxinas pueden llegar al ganado a través del suministro de alimentos los cuáles han sido contaminados por emisiones provenientes de diferentes fuentes de combustión, como por ejemplo la incineración de residuos municipales, la producción de acero, hierro y/u otros metales, la

**Cuadro 3.** Límites máximos establecidos por la Unión Europea para dioxinas y metales pesados en carne y vísceras de rumiantes (Gilbert abd Senyuva, 2004).

	Dioxinas (pg TEQ/g)	Plomo (mg/Kg.)	Cadmio (mg/Kg.)
Carne y productos derivados	3,0	0,1	0,05
Hígado	6,0	0,5	0,5
Grasa	3,0	-	-
Riñón	-	0,5	1,0

producción de ciertos herbicidas, etc. (Saegerman et al. 2006). Los BPCs fueron muy utilizados en aplicaciones industriales, como por ejemplo en transformadores eléctricos. En este caso la principal fuente de contaminación ambiental es la lixiviación hacia fuentes de agua, debido a un pobre almacenamiento de los mismos. Aquellos sistemas de producción animal que se desarrollan cercanos a la fuente de contaminación (fábricas, incineraciones) poseen un mayor riesgo de presentar niveles elevados de contaminantes ambientales.

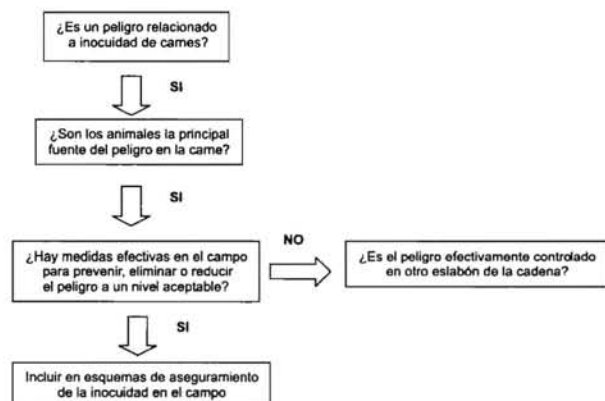
Dentro de los metales pesados más tóxicos (arsénico, cadmio, mercurio, plomo), generalmente cadmio y plomo son los de mayor preocupación en relación a su presencia en carne. Arsénico y mercurio tienden a depositarse en peces y productos derivados del mar. Las características particulares de ciertos suelos, la contaminación con metales pesados procedentes de industrias y materias primas, son las principales vías de entrada en la cadena alimenticia de los metales pesados al ser consumidos y acumulados por los animales. Una fuente importante de aporte de cadmio (Cd) en los suelos del **Uruguay** es el uso de fertilizantes fosfatados derivados de la roca fosfórica. La acumulación de Cd en el suelo por el uso de fertilizantes fosfatados es una materia relevante desde el punto de vista ambiental y de la salud humana dado que aplicaciones sucesivas podrían incrementar los valores de Cd en el suelo afectando la salud humana en el largo plazo a través de su bio-acumulación en la cadena (suelo-plantas-herbívoros-humanos). Actualmente, la única forma de fabricar fertilizantes con un bajo contenido de Cd es la de utilizar rocas con un bajo contenido del mismo, lo cual excluiría los importantes recursos de fosfato y llevaría consigo que la disponibilidad de materias primas fuese más restringida (Casanova, 2004). A nivel nacional, Hill (2007) detectó niveles de Cd por encima de límites tolerables internacionales en ríos, fuentes de agua para riego así como en agua presente en cultivos comerciales de arroz.

### Importancia del concepto de prevención de residuos en carne

El concepto de prevención en inocuidad de carnes es un factor fundamental en cualquier estrategia a desarrollar para asegurar la salud de los consumidores, junto con otros importantes componentes del sistema (monitoreo, vigilancia, control, etc.). Los contaminantes químicos no pueden ser eliminados de los productos alimenticios y no existe una manera factible de hacer que un lote de productos alimenticios contaminados pueda ser adecuado para consu-

mo humano. Las ventajas de eliminar o controlar la contaminación alimentaria en la fuente, es decir *un enfoque preventivo*, es que usualmente es más efectivo para reducir o eliminar el riesgo de efectos adversos sobre la salud, requiere menos recursos para control de los alimentos y evita el rechazo de productos alimenticios y las resultantes pérdidas económicas y de otro tipo (Slorach, 2002).

La figura 2 ejemplifica la secuencia de preguntas y respuesta planteadas para llegar a la conclusión de que el problema de residuos en carne debe ser enfocado preventivamente desde el sector productivo. La principal razón es que existen medidas efectivas en el campo para prevenir, eliminar o reducir el peligro de residuos en carne a niveles aceptables, como pueden ser las buenas prácticas de manejo de productos veterinarios, las buenas prácticas agrícolas, etc. Distinto es el caso de algunos peligros microbiológicos, como *Escherichia coli* O157:H7, en donde si bien el animal es la principal fuente de contaminación de la carne, al día de hoy no existe unanimidad dentro de la comunidad científica de que haya medidas preventivas exitosas en el campo para prevenir, eliminar o reducir *E. coli* O157:H7 en carne a niveles aceptables. Por tal motivo, si bien las buenas prácticas ganaderas pueden ayudar, los peligros microbiológicos son efectivamente controlados en el sector industrial a través de buenas prácticas de manufactura, programas pre-requisito y planes HACPP, entre otros.



**Figura 2.** Árbol de decisión (parcial) de peligros en inocuidad de carnes para el desarrollo de sistemas de aseguramiento de inocuidad en el sector primario.

En **Uruguay**, la mayoría de los Protocolos para la producción de carne certificada y/o con marca incluyen aspectos relacionados para evitar la presencia de residuos químicos



en carne. En forma complementaria a los esfuerzos de prevención que se realizan en el sector productivo, en Uruguay funciona desde el año 1977 un programa estatal que asegura que la exposición a los medicamentos veterinarios y/o contaminantes en los animales destinados a la producción de alimentos no representa un riesgo significativo para la salud humana.

### Consideraciones finales

El compromiso de obtener carne libre de residuos debe involucrar a todos los eslabones de la cadena cárnica. Sólo de esta manera se podrá mantener el prestigio y la competitividad de las carnes uruguayas a nivel internacional, en donde los requerimientos de los mercados son cada vez más exigentes en aspectos relacionados a inocuidad de carnes en general, y a residuos químicos en particular. Los productores tienen un rol fundamental en la prevención de los residuos a través de un manejo racional y responsable de los medicamentos de origen veterinario y de los compuestos químicos utilizados en agricultura, en donde el sentido común, la capacitación y la educación son pilares fundamentales. Adicionalmente, los mayores riesgos en inocuidad de carnes asociados a la intensificación de los sistemas de producción deben ser abordados en forma proactiva bajo un marco regulatorio eficiente y con el apoyo de la generación de conocimiento científico que demuestre la inocuidad de las carnes uruguayas.

### Referencias

- Agrow. 1999. World Crop Protection News, *January 15 and February 12, 1999 and August 28, 1998*; Consumer Food News, *February 1999*.
- Barber D. A., G. Y. Miller, and P. E. McNamara. 2003. Models of antimicrobial resistance and foodborne illness: examining assumptions and practical applications. *Journal of Food Protection* 66: 700-709.
- Brambilla G., T. Cenci, F. Franconi, R. Galarini, A. Macri, F. Rondoni, M. Strozzi, and A. Loizzo. 2000. Clinical and pharmacological profile in a clenbuterol epidemic poisoning of contaminated beef meat in Italy. *Toxicology Letters* 114: 47-53.
- Bruno A. 2007. Plaguicidas utilizados en el cultivo de soja. Evolución de su uso y estimación de su impacto ambiental. *Ric Negro*, 7 de junio 2007.
- Casanova. O. 2004. Fertilizantes fosfatados. En: Fertilización fosfatada de pasturas en la región Este. *Actividades de Difusión* 356. INIA Treinta y Tres. pp.1-6.
- Gil, S.B. 2005. Medicamentos veterinarios y seguridad del producto. En: I Curso Producción de Carne Bovina y Alimentación Humana. Foro de la Nutrición, la Alimentación y la Salud (FANUS). pp. 69-81.
- Gilbert, J. and H. Senyuva. 2004. Environmental contaminants and pesticides in animal feed and meat. En: *Improving the safety of fresh meat*. Ed. John Sofos. pp. 132-155.
- Hill, M. 2007. Determinación de residuos de agroquímicos en grano, agua y suelo en distintos sistemas de producción de arroz. Departamento de Suelos y Aguas. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Consultado el 24/04/08: <http://www.mgap.gub.uy/EVENTOS/ResumenHill.pdf>
- Holland J. and P. Sinclair. 2004. Environmental fate of pesticides and the consequences for residues in food and drinking water. In: *Pesticides residues in food and drinking water: Human exposure and risk*. Ed. By D. Hamilton and S. Crossley. John Wiley & Sons Ltd. pp. 28-58.
- Lehotay, S.J. and K. Mastovska. 2004. Detecting veterinary drug residues in feed and cattle. En: *Improving the safety of fresh meat*. Ed. John Sofos. pp. 102-131.
- MGAP, sin fecha. Consideraciones sobre el manejo de la resistencia y control integrado de la garrapata (*Boophilus microplus*). Consultado el 08/04/2008 en: <http://www.mgap.gub.uy/Dgsg/InformacionTecnica/Garrapata/RevisionManejodeResistenciayCIG.pdf>.
- Mitchell J.M., M.W. Griffiths, S.A. McEwen, W.B. McNab, and A.J. Yee. 1998. Antimicrobial drug residues in milk and meat: causes, concerns, prevalence, regulations, tests, and test performance. *Journal of Food Protection* 61: 742-756.
- Phillips I., M. Casewell, T. Cox, B. De Groot, C. Friis, R. Jones, C. Nightingale, R. Preston and J. Waddell. 2004. Does the use of antibiotics in food animals pose a risk to human health? A critical review of published data. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy* 53: 28-52.
- Saegerman, C., L. Pussemier, A. Huyghebaert, M.L. Scippo, and D. Berkvens. 2006. On-farm contamination of animals with chemical contaminants. *Rev. sci. tech. Off. Int. Epiz.*, 25: 655-673.
- Salleras L., A. Domínguez, E. Mata, J. L. Taberner, I. Moro and P. Salvá. 1995. Epidemiological study of an outbreak of clenbuterol poisoning in Catalonia, Spain. *Public Health Report* 110: 338-342.
- San Martín B. 2001. Residuos químicos en los alimentos de origen animal: un análisis global de la situación mundial y nacional. *TECNO VET: Año 7 N°3*.
- Slorach S.A. 2002. Enfoques integrados para la gestión de inocuidad de los alimentos a lo largo de toda la cadena alimentaria. Foro mundial FAO/OMS de las autoridades de reglamentación sobre la inocuidad de los alimentos. Marruecos, 28-30 de enero 2002.
- Smith G. C., K. L. Heaton, J. N. Sofos, and J. D. Tatum. 1997. Residues of antibiotic, hormones and pesticides in conventional, natural and organic beef. *Journal of Muscle Foods* 8: 157-172.
- Thompson C.S., S.A. Haughey, I.M. Traynor, T.L. Fodey, C.T. Elliot, J.P. Antignac, B. Le Bizec, and S.R. Crooks. 2008. Effective monitoring for ractopamina residues in samples of animal origin by SPR biosensor and mass spectrometry. *Anal Chim. Acta* 608: 217-225. Abstract.
- Woodward K. N. 2004. The toxicity of particular veterinary drugs residues. In: *Pesticide, veterinary and other residues in food*. Ed. D. H. Watson. Woodhead Publishing Ltd. New York. pp. 175-223.