

ENSAYO

Dildo Márquez Lara¹

ABSTRACT

Chemical residues in food from animal origin: problems and challenges for innocuous food in Colombia

Innocuity from foods of animal origin can be affected by chemical residues, a potential hazard for public health.. Chemical substances are inevitable linked to cattle farming due to medications to treat infections, parasite infestation and clearing and disinfection processes of utensils, as well as weed controls.

Chemical residues of animal origin are undesirable because they can be harmful to the consumer. At present, consumer pressure worldwide strives for residue free foods and are pushing for more sustainable agricultural production models. While it's true that in Colombia knowledge of chemical residues in food is scarce, government, academia and research bodies are making efforts to fill this void, to bring the country to a favorable situation regarding food innocuity, and to be able to tackle barriers set up by the international food trade.

Key words: Chemical residues, foods, food innocuity.

Residuos químicos en alimentos de origen animal: problemas y desafíos para la inocuidad alimentaria en Colombia

RESUMEN

La inocuidad de los alimentos de origen animal puede verse afectada por residuos de origen químico, lo que constituye un peligro para la salud pública. Las sustancias químicas están ligadas inevitablemente a las explotaciones ganaderas debido al uso de medicamentos para tratar infecciones, infestaciones parasitarias y en los procesos de limpieza y desinfección de utensilios, así como en el control de arvenses. Los residuos de origen químico en los alimentos de origen pecuario son indeseables puesto que pueden ser nocivos para el consumidor. En la actualidad, la presión de los consumidores para que se produzcan alimentos libres de residuos que atentan contra la salud de los seres humanos está jalonando en todo el mundo cambios en los modelos de producción agropecuarios que tienden al desarrollo de sistemas de producción más sostenibles. Si bien en Colombia los conocimientos sobre residualidad química en alimentos son escasos, se están haciendo esfuerzos para superar esta carencia en los sectores gubernamental, académico y de investigación, a fin de llevar al país a una situación favorable respecto de la inocuidad alimentaria que le permita enfrentar adecuadamente los desafíos que plantea el comercio internacional de alimentos.

Palabras clave: Residuos químicos, alimentos, inocuidad alimentaria.

INTRODUCCIÓN

LA CRECIENTE DEMANDA de productos de origen animal por parte de la población humana ha dado lugar a la intensificación de los sistemas de producción agropecuarios, en particular la producción ganadera. Esta situación ha conducido a que los animales de las explotaciones pecuarias se vean expuestos al incremento de enfermedades de diversa índole, lo que trae consigo una mayor utilización de medicamentos veterinarios como los antimicrobianos, los pesticidas y los antiparasitarios, cuyos principios activos pueden dejar residuos en los alimentos de origen agrícola o pecuario.

El uso de medicamentos veterinarios y agroquímicos en la producción agropecuaria, ya sea con fines terapéuticos, zootécnicos, como promotores de crecimiento o para la protección de cultivos, expone a los consumidores de alimentos de origen animal a la ingestión de sustancias o residuos potencialmente tóxicos, siendo la leche y los derivados lácteos los que más contaminantes pueden llegar a contener y ocasionar potenciales problemas en la salud pública de los colombianos.

En la actualidad, la producción de alimentos de origen animal inocuos, sin

presencia de residuos químicos que atentan contra la salud de los consumidores, constituye una preocupación importante a escala mundial y demanda soluciones urgentes por sus implicaciones en la salud pública y el comercio internacional de alimentos.

En Colombia no se tienen conocimientos sobre cuáles y cuántos de estos residuos pueden estar presentes en los productos agropecuarios, ni los productores y asesores técnicos cuentan con información suficiente para evitar el problema de residualidad. Tampoco se dispone de protocolos de diagnóstico ni de información suficientes que permitan cuantificar la problemática con el fin de sentar las bases para su vigilancia y control. Esta situación pone de presente el reto que enfrenta Colombia en materia de inocuidad de alimentos dada la creciente liberalización del comercio de productos agrícolas y alimentos, y en particular, con relación al Tratado de Libre Comercio con los Estados Unidos de América y otros países.

El objeto del presente ensayo es presentar un panorama general sobre la situación de la residualidad de sustancias químicas en los alimentos de origen animal; con ello se busca sensibilizar a los sectores productivos de la cadena agroalimentaria

de nuestro país para que produzcan alimentos de origen animal inocuos y, así mismo, promover el desarrollo sostenible de los sistemas de producción agropecuarios y un medio ambiente menos contaminado para las generaciones futuras. Ello requiere fortalecer la capacidad de investigación del país relacionada con estas materias y desarrollar una agenda de investigación que se enfoque en los aspectos prioritarios para contribuir a la solución de esta problemática.

RESIDUOS QUÍMICOS Y SALUD PÚBLICA

El consumo de medicamentos con fines terapéuticos por parte de los seres humanos suele producir algunas consecuencias adversas y efectos colaterales indeseables, los cuales pueden evitarse cuando su ingestión se realiza fundamentada en prescripciones médicas con relación a la dosis y la duración de la terapia.

Sin embargo, cuando la ingestión de medicamentos u otros compuestos químicos ocurre bajo la forma de residuos en los alimentos, la cuantificación de éstos se dificulta. Esta es la manera como pueden causar efectos directos en la salud de los consumidores, que van desde alergias (betalactámicos, cefalosporinas y otros), resistencia microbiana, carcinogenicidad, mutagenicidad, teratogenicidad, cambios morfo-fisiológicos por sustancias hormonales, alteraciones en el depósito de calcio en los huesos (oxitetraciclina), anemia aplásica (cloranfenicol), hasta alteraciones del sistema nervioso central (ivermectina), entre muchos otros efectos nocivos. En particular, es importante señalar la preocupación en el mundo por el incremento de la resistencia bacteriana que se está presentando en humanos por el uso de antimicrobianos —como quinolonas, oxitetraciclinas y sulfonamidas—, en la producción pecuaria.

Hoy, las transformaciones y cambios en los estilos de vida de las personas, en particular los cambios en los hábitos de consumo y las exigencias de los consumidores para que se produzcan alimentos inocuos, han hecho posible la introducción de cambios en los métodos de preparación de los alimentos gracias a la tecnología alimentaria y a las técnicas de procesamiento, las cuales permiten

obtener alimentos más seguros y sanos. Aún así, siguen ocurriendo casos de contaminación alimenticia y presencia de residuos químicos en los alimentos de origen animal, principalmente en los países en vías de desarrollo.

Por estas razones, y por la evidencia de los riesgos directos e indirectos en la salud de los consumidores derivados del consumo activo o pasivo de antiparasitarios, antimicrobianos y otros fármacos, se han estipulado restricciones y prohibiciones respecto del uso de ciertos compuestos químicos en los animales productores de alimentos; así mismo, se ha recomendado el establecimiento de los Límites Máximos de Residuos de Medicamentos Veterinarios.

RESIDUOS QUÍMICOS Y PRODUCCIÓN ANIMAL

Hasta ahora, el incremento de alimentos alcanzado en la producción agropecuaria en virtud de los desarrollos tecnológicos se ha asociado con el uso de numerosas herramientas productivas, entre las cuales el uso de fármacos veterinarios y agroquímicos ha permitido el desarrollo de una producción intensiva que genera alimentos de mayor calidad y en cantidades muy superiores, difícilmente alcanzables en otras épocas sin el uso de estos importantes recursos.

Si bien la utilización de estos recursos productivos son necesarios para una producción eficaz de alimentos de origen agropecuario, no debe olvidarse que el uso irracional de estos fármacos y agroquímicos, tiene su contrapartida en la aparición de efectos indeseables, tanto en los ecosistemas, como en la salud humana. Si bien las posibilidades de intoxicación aguda por los residuos de estas sustancias son bajas, hay que tener presente que se desconocen los efectos que puedan llegar a ocasionar en las personas que consumen permanentemente estos residuos. Se impone entonces la necesidad de procurar un manejo responsable de estos recursos tecnológicos con que cuentan los productores en la actualidad.

Dada la amplia gama de medicamentos veterinarios y de pesticidas usados en los sistemas de producción agropecuarios, hoy se sabe que son numerosas las

sustancias que pueden dejar residuos en los alimentos; es este contexto, los anti-helmínticos y los antibióticos adquieren particular importancia por su uso masivo en los sistemas de producción ganaderos intensivos, especialmente la lechería.

La presencia de residuos químicos en los alimentos de origen agropecuario puede tener tres orígenes:

1. El primero proviene de los tratamientos que se emplean para obtener mayores rendimientos productivos en los animales, como los anabólicos, algunos antibióticos incluidos en las raciones alimenticias, y ciertas hormonas que incrementan la ganancia diaria de peso de los animales o consiguen una mayor producción de leche.
2. El segundo origen se deriva de los medicamentos veterinarios aplicados con fines terapéuticos para el control de ciertas enfermedades. Está demostrado que cualquier medicamento veterinario, suministrado a los animales con fines terapéuticos o profilácticos, y cuyos productos están destinados al consumo de los seres humanos, dejan residuos de esos compuestos y/o de sus metabolitos, especialmente si no se tienen en cuenta las buenas prácticas de uso de los medicamentos. Al respecto se menciona a los antibacterianos, los antiparasitarios, los corticoides y los anti-inflamatorios no esteroides, entre otros.
3. Finalmente, los diversos residuos conocidos comúnmente como 'contaminantes ambientales' entre los que se cuenta a los agroquímicos usados en la agricultura, los metales pesados y los que provienen de la misma actividad ganadera como los organofosforados y piretroides usados en el control de algunos parásitos externos. El peligro de los residuos de estos compuestos se incrementa si se tiene en cuenta que éstos pueden aparecer, además, en otros alimentos como verduras, frutas, hortalizas, carne y leche de animales que han pastado en potreros tratados con agroquímicos.

En particular, la presencia de residuos en la leche se origina del uso de antibióticos y antiparasitarios para el control de

las enfermedades bovinas; de insecticidas empleados para el control de ectoparásitos del ganado; de insecticidas y fungicidas agroindustriales que contaminan granos y forrajes; además, de toxinas de hongos que aparecen en los cereales y forrajes deficientemente almacenados y como producto de la proliferación de estos microorganismos.

Los residuos de antibióticos pueden generar en algunos de los consumidores problemas de sensibilización que desembocan en reacciones de hipersensibilidad cuando la persona es medicada con fines terapéuticos con el antibiótico que dio origen a la sensibilización. Los residuos químicos y las toxinas de hongos generalmente tienen una capacidad acumulativa en la grasa y/o el hígado, que desencadena cuadros específicos de toxicidad o se convierten en un factor de riesgo para la ocurrencia de condiciones neoplásicas.

IMPACTO DE LOS RESIDUOS QUÍMICOS

El uso de medicamentos veterinarios y agroquímicos en las actividades agropecuarias constituyen elementos centrales en la producción primaria de alimentos. Esto plantea la necesidad de ser cada vez más conscientes de que el uso de productos veterinarios con fines terapéuticos, o para mejorar la eficiencia del sistema de producción ganadero, siempre deja residuos de estos compuestos en la carne y/o leche, a los cuales se les atribuyen la responsabilidad de dar lugar a distintas patologías. Por lo tanto, a pesar de las ventajas que presentan los medicamentos veterinarios en la producción animal, éstos no deben utilizarse si los productos de origen animal no ofrecen garantías de calidad e inocuidad, es decir, que no contengan residuos que pongan en riesgo la salud de los seres humanos.

Estudios recientes demuestran que si los medicamentos veterinarios y los agroquímicos usados en las labores agrícolas se aplican bajo criterios técnicos y atendiendo las recomendaciones provenientes de laboratorios reconocidos, el riesgo para los consumidores puede minimizarse o desaparecer. La realidad colombiana demuestra que la ausencia de actividades de transferencia de tecnología por parte de las entidades responsables de ésta,

la fabricación delictiva y, en general, las malas prácticas de uso de estos compuestos químicos, efectivamente constituyen un riesgo alto para los consumidores.

La presencia de residuos en los alimentos de origen animal comúnmente se enfoca en tres elementos muy importantes: la salud pública, el comercio internacional y la tecnología de procesamiento de subproductos. En salud pública porque las sustancias en los alimentos que superen los Límites Máximos de Residuos (LMR) ponen en riesgo la salud de los consumidores. La segunda preocupación son las restricciones comerciales internacionales que puedan sufrir los países productores de alimentos sin garantías de inocuidad y calidad y, finalmente, por el impacto tecnológico negativo en los procesos de elaboración de subproductos con lo cual se perjudican las industrias cárnica o láctea.

a) La salud pública. Se han realizado estudios en los cuales se demuestran los efectos adversos que muchos residuos químicos producen en los seres humanos por su ingestión, casi siempre sin que los consumidores tengan conocimiento de ello. En este sentido, es cada vez mayor la preocupación por parte de los organismos responsables de la salud pública relacionada con los efectos debidos del consumo de estas sustancias químicas presentes en los alimentos de origen animal, y en especial, por los efectos teratogénicos y cancerígenos.

b) El comercio internacional. La inocuidad de los alimentos es quizá uno de los más grandes desafíos que tienen que enfrentar los países como Colombia, a consecuencia del proceso de expansión de la población mundial, los cambios en los hábitos de consumo, la globalización del comercio de alimentos y la intensificación de los sistemas de producción agropecuarios. Ante esta situación, se requiere el desarrollo de nuevos enfoques y herramientas técnicas que mejoren su productividad y eficiencia. Pero, además, el uso de plaguicidas y de medicamentos veterinarios para optimizar el rendimiento de cultivos y cosechas y lograr una mejor conversión alimenticia en los sistemas ganaderos, son prácticas que deben estar fuertemente controladas y vigiladas por los entidades reguladoras

de vigilancia y control de agroquímicos y medicamentos veterinarios.

Si bien se reconoce la importancia de contar con una legislación sobre aditivos, contaminantes, residuos de plaguicidas y medicamentos de uso veterinario en los alimentos, armonizada con el *Codex Alimentarius* como garantía de calidad e inocuidad de los alimentos, en Colombia no se cuenta con una política integral de inocuidad de alimentos, aun cuando se observan algunos avances e interés en estos temas, específicamente con relación a aditivos, residuos de plaguicidas y medicamentos de uso veterinario en los alimentos. Debido a la no existencia de reglamentación oficial sobre límites máximos de residuos de medicamentos veterinarios en los alimentos, el ICA aplica los criterios y límites máximos del *Codex Alimentarius*, y en las situaciones en que el Codex no contempla esta información se aplican las normas norteamericanas y europeas, mientras que para la exportación de alimentos se aplican las normas y criterios que exige el país de destino. Sin embargo, no existe un seguimiento riguroso sobre la calidad de los medicamentos veterinarios y agroquímicos en Colombia, probablemente debido al debilitamiento institucional de entidades como el Instituto Colombiano de Investigación Agropecuaria (ICA).

En este contexto es necesario recalcar la importancia que adquiere en la actualidad el comercio internacional de productos agrícolas y alimentos de origen animal inocuos y nutritivos, por los beneficios que este comercio puede traer tanto a los consumidores como a los productores, debido al mayor acceso de la población de un país a una amplia gama de productos alimenticios y, por otro, el aumento de divisas para los países exportadores con el consecuente beneficio de su economía. Sin embargo, estas ventajas pueden verse menguadas por la posibilidad de una mayor propagación de las enfermedades transmitidas por alimentos entre los países y por barreras no arancelarias (sanitarias y fitosanitarias) relacionadas con la inocuidad de los alimentos, particularmente cuando no se cumplen las normas de inocuidad de los alimentos, siendo este en un reto importante que tendrán que enfrentar los países en vías de desarrollo como Colombia.

c) Tecnología de procesamiento de subproductos. Los efectos tecnológicos se refieren a los procesos de elaboración de subproductos como quesos, yogures, etc. debido a que las sustancias contaminantes pueden dichos procesos industriales, siendo la industria láctea la más afectada por la presencia de residuos (especialmente antimicrobianos) en la leche. Adicionalmente, son también conocidas las dificultades que puede tener la comercialización internacional de carnes por las alteraciones (irritación local y necrosis) que pueden ocurrir en los sitios de aplicación de algunos antibióticos relacionados con la solubilidad o concentración de los mismos.

PRESENCIA DE RESIDUOS QUÍMICOS EN LOS ALIMENTOS DE ORIGEN PECUARIO

Los residuos químicos son sustancias exógenas que se encuentran en los alimentos de origen animal como producto del contacto del animal con diversos compuestos químicos durante su vida o como consecuencia de un tratamiento. Pueden ser residuos del principio activo original y/o los metabolitos provenientes de su biotransformación.

Los residuos químicos que con mayor frecuencia se encuentran en los alimentos derivados de animales son los antimicrobianos, los antiparasitarios, los plaguicidas, los desinfectantes, los detergentes, los anabólicos y las micotoxinas, acerca de los cuales se hará una breve revisión a continuación.

Antimicrobianos

Los antibióticos son medicamentos vitales para el tratamiento de infecciones en seres humanos y animales. Existe una gran cantidad de antimicrobianos para combatir enfermedades en explotaciones ganaderas, para el control de las enfermedades de tipo zoonótico, así como los que se aplican con fines profilácticos y para promover el crecimiento. Sin embargo, su uso para estos fines puede conllevar a problemas en la salud de los consumidores de diversas formas, además de favorecer el surgimiento de bacterias resistentes en el ecosistema, por lo que su uso ha sido prohibido en algunos países.

Estos efectos adversos incluyen un incremento de la prevalencia de bacterias resistentes, la transmisión de los patóge-

nos resistentes a los humanos a través del contacto directo con animales, o a través del consumo de agua y alimentos contaminados, la transferencia a los humanos de genes de resistencia bacteriales y el aumento en la incidencia de infecciones en humanos causadas por patógenos resistentes, ocasionando fallas potenciales en los tratamientos en humanos y animales. Estos efectos se han evidenciado en diferentes países de Europa y Estados Unidos con relación a bacterias como *Salmonella*, *Campylobacter*, *Enterococcus* y *Escherichia coli*.

El uso de antibióticos para incrementar el rendimiento de los animales y para controlar las enfermedades es común en la industria lechera, lo que ha conducido a la preocupante presencia de residuos de estos medicamentos en los derivados lácteos. En las dos últimas décadas, los estamentos gubernamentales e investigadores, al igual que la industria farmacéutica y lechera, se han involucrado cada vez más en la problemática con el objeto de producir legislaciones para la regulación de los residuos de antibióticos en los productos lecheros.

Ciertos antimicrobianos usados para el tratamiento de enfermedades animales, o en la promoción de su crecimiento, son empleados para el control de enfermedades en humanos, lo que puede conducir al fenómeno de resistencia a estos agentes quimioterapéuticos. En efecto, hay evidencias microbiológicas y clínicas de la transmisión de estas bacterias resistentes de los animales a los seres humanos, haciéndose más difícil el tratamiento de las infecciones. Así mismo, el aumento cada vez mayor de la prevalencia de infecciones resistentes a los antibióticos en hospitales y en la comunidad, señala la importancia de esclarecer la posible relación de este fenómeno con el uso de antibióticos en las explotaciones pecuarias.

El problema de la resistencia a los antibióticos es ecológico y nunca antes se había visto que los organismos infecciosos fueran resistentes a tan alto número de antibióticos. La aplicación indiscriminada de antibióticos y la migración de las bacterias en diferentes ambientes amplifica las consecuencias ecológicas del uso de antibióticos. Se ha documentado que algunas cepas resistentes a antibióticos

no solamente ocurren en los individuos que están siendo tratados sino en individuos sanos que comparten el mismo ambiente. Por ejemplo, se ha observado que individuos que viven en granjas avícolas donde se usan dosis subterapéuticas de antibióticos como promotores del crecimiento, presentan un número significativamente más alto de *E. coli* resistente que los controles con los cuales fueron comparados.

La frecuencia creciente de bacterias resistentes refleja no solamente al conjunto de bacterias seleccionadas por un antibiótico en un ambiente dado sino al número de bacterias susceptibles que permanecen en ese ambiente. Cuando se utiliza un tratamiento antimicrobiano, todas las bacterias se ven afectadas, tanto a las que va dirigido el tratamiento, como a las que no. En la actualidad es difícil imaginar que la aplicación de antibióticos en un ecosistema no va a tener efectos en otro ecosistema, ya que fácilmente afecta individuos que comparten el mismo ambiente, como bovinos y personal en una finca o áreas donde interactúan dos ambientes, como consumidores y alimentos.

Por lo tanto, sería ideal escoger antibióticos de corto espectro para limitar el número de bacterias que pueden ser afectadas, determinar si es necesario tratar a toda una agrupación de animales o únicamente el animal enfermo y establecer cuáles tratamientos pueden ser acortados, dados los hallazgos de que el uso continuo lleva a resistencia. Un uso menos intensivo de los antibióticos permite que persista una ecología más natural y además facilita que las cepas susceptibles compitan con las resistentes asegurando el rápido retorno de la flora normal después del tratamiento.

Antiparasitarios

En las últimas décadas el uso de moléculas nuevas con formas de administración diferentes ha producido un profundo impacto en los sistemas de producción ganaderos, mejorando notablemente el comportamiento productivo de los animales, especialmente de carne y leche. Entre éstos, los benzimidazoles y las avermectinas, por sus formas de administración *pour-on*, constituyen ejemplos típicos de lo que es la incorporación de la tecnología a la producción animal (Figura 1).



Figura 1. Aplicación de medicamento exoparasitida (*pour-on*) en una explotación lechera.

La masiva difusión de estos compuestos, a causa de su amplio espectro de acción antiparasitario, su facilidad de administración y su alto margen de seguridad, incrementa el riesgo de la presencia de residuos de estos compuestos en la carne y la leche, especialmente si no se respetan los tiempos de retiro recomendados, constituyendo por tanto, una amenaza potencial para la salud de los consumidores.

Una situación que en corto tiempo puede agravar la presencia de residuos de origen de los tratamientos con antiparasitarios es el problema de la resistencia de los parásitos a los antiparasitarios. Es posible que esta situación pueda ser más dramática que la resistencia a los antibióticos. Se ha señalado que el uso indiscriminado y excesivo de estos compuestos ha seleccionado los organismos para resistencia, no sólo por el mal uso de estos principios activos sino también por cierta debilidad regulatoria de los sistemas de sanidad agropecuaria, el bajo nivel cultural de los productores, la falta de información de los servicios de asistencia técnica y fallas de ética de los comercializadores de principios activos antiparasitarios.

Probablemente no sea fácil identificar la participación porcentual de cada

uno de los factores antes señalados en Colombia, pero la experiencia indica que el bajo nivel cultural de los productores y el desconocimientos de los profesionales asistentes técnicos pecuarios sobre los enfoques modernos de control parasitario tienen un peso mayúsculo en esta problemática. Entonces, una limitación en el uso de estos compuestos es lo recomendado para impedir que los consumidores adquieran alimentos con residuos por encima de los límites máximos establecidos.

Los antihelmínticos son a menudo incriminados por su actividad antimicrobiana y la de sus metabolitos, pero no se ha demostrado que todos se eliminen en leche. Un cierto número de éstos tiene actividad antifúngica pero esto puede variar de acuerdo con su concentración en la leche.

El tiabendazol se encuentra en la leche en dosis superiores a la concentración mínima inhibitoria (CMI) para el hongo *Penicillium*, lo cual tiene impacto en la fabricación de queso azul; en efecto, el nivel residual del metabolito tiophanato es muy superior al CMI. Por su parte, el albendazole y el netobimín no presentan niveles de residuos con actividad antifúngica.

El fenbendazole y el oxicendazole no pasan a la leche con niveles mayores a la concentración mínima inhibitoria (CMI) para hongos y solamente se encuentran residuos cuando hay sobre dosificación. Por ejemplo, se han detectado residuos de fenbendazol en leche en concentraciones de 1,67 ng/mL luego de la administración oral de 5 mg/kg, observándose concentración máxima a las 24 horas, disminución constante entre 10-20 ng/mL/día hasta el día cinco, y concentraciones imperceptibles posteriores al día cinco. Este antihelmíntico tiene baja toxicidad.

De los antihelmínticos disponibles y actualmente usados en los sistemas de producción ganaderos, las ivermectinas / milbemicynas son los que probablemente tienen efectos más negativos sobre el medio ambiente, especialmente en las poblaciones de insectos benéficos asociados al estiércol, principalmente en sus formas larvianas. La toxicidad y/o mortalidad de larvas o adultos, la interferencia de la reproducción y las alteraciones de la metamorfosis de los insectos, depende de las concentraciones residuales de estos medicamentos en las heces y también de las diferentes vías de administración.

Diferentes estudios han demostrado que las larvas de algunos dípteros, en particular los *Ciclorrafas*, se ven bastante afectadas por la ivermectina hasta 30 días después de haber sido tratados los animales con esta sustancia química a su dosis terapéutica y por vía subcutánea. Así mismo se ha demostrado mortalidad total o muy alta de larvas de *Lucilia cuprina* durante los primeros 30 días posteriores al tratamiento de bovinos con ivermectina. En otros experimentos realizados para observar el efecto sobre escarabajos de los géneros *Onthophagus* y *Aphodius* en estiércol de vacas y ovejas tratadas con organofosforados, benzimidazoles, levamisol e ivermectinas, se han demostrado efectos deletéreos de las ivermectinas sobre esa entomofauna benéfica, más no así con el resto de compuestos usados en esas pruebas.

Con relación a las modificaciones del tiempo de degradación del estiércol en animales tratados con ivermectinas, existe información que señala que la boñiga de animales medicados oralmente quedaron sin degradar a los 100 días posteriores al

tratamiento, mientras que la de los animales no tratados sí se degradaron y desaparecieron durante ese mismo tiempo, lo cual demuestra los efectos ecotóxicos que la ivermectina tiene sobre la ecología de las pasturas.

Se ha observado una mayor intensidad de los olores en el estiércol de animales tratados con ivermectina que en el de los no tratados, haciéndolos más atractivos para la comunidad de insectos coprófagos, lo cual incrementa el riesgo para éstos. La razón del incremento de los olores obedece a una mayor liberación de algunos aminoácidos como valina, alanina, lucina y prolina en los excrementos.

Este panorama pone en evidencia el efecto letal que algunos medicamentos veterinarios pueden tener sobre algunos componentes importantes del ecosistema como los coléopteros, dípteros y anélidos, ocasionando desequilibrios en el sistema de las praderas y modificaciones en el ecosistema, en la medida en que afecta eslabones clave de la cadena de insectos degradadores.

En cuanto a los antiparasitarios externos son medicamentos que están indicados para el control de insectos y ácaros mediante procedimientos de aplicación externa. Abarca una amplia gama de compuestos químicos como organoclorados, organofosforados, carbamatos, formamidas, piretroides, fenilpirazoles, clonitricotínicos, y su principal amenaza de toxicidad radica en la necesidad que sienten los productores de incrementar el uso de estas sustancias (en cuanto la dosis y/o la frecuencia de aplicación) por la amenaza de la resistencia de los parásitos externos a los antiparasitarios.

Plaguicidas o pesticidas

Los pesticidas son sustancias o mezcla de sustancias usadas para controlar o matar las plagas que causan daños y alteren la producción, elaboración, almacenamiento, transporte y comercialización de alimentos, productos agrícolas o alimentos para animales.

Si bien los pesticidas han sido un factor de solución en la lucha contra muchas enfermedades de la humanidad y el hambre permitiendo el acceso a más alimentos de mejor calidad a amplios sectores

de la población, el aumento del uso de éstos ha traído consigo el desarrollo de ciertas enfermedades asociadas a sus efectos toxicológicos, convirtiéndolos en una arma de doble filo.

Los efectos indeseables de los plaguicidas, que dependen del compuesto activo, la dosis, la vía y el tiempo de exposición, van desde efectos agudos hasta crónicos. Entre los primeros se señalan vómitos, cefaleas, diarreas, abortos, somnolencia, convulsiones, coma y muerte, entre otros. Los efectos crónicos ocasionan cáncer, leucemia, malformaciones congénitas, entre muchos otros, los cuales aparecen después de largos periodos de exposición (años), lo que hace difícil su detección.

No existe un pesticida que carezca de toxicidad. Pueden producir intoxicaciones agudas, dependiendo de la velocidad con que se absorbe y se acumula el compuesto. Entre éstos, los organoclorados son los de mayor peligro por su persistencia y liposolubilidad, produciendo casos clínicos crónicos aunque eventualmente pueden presentarse casos agudos.

Micotoxinas

Las micotoxinas son sustancias químicas producidas por algunas especies de hongos que ocasionan efectos negativos, agudos y/o crónicos, en la salud de los animales y de los seres humanos. Aunque la sola presencia de hongos en un alimento no equivale a la existencia de micotoxinas, pues para ello se requieren condiciones óptimas del sustrato, temperatura, pH, humedad relativa y la presencia de microflora competitiva. La preocupación radica en los efectos crónicos que pueden ocasionar ante niveles bajos de exposición continua.

Según los criterios del *Codex Alimentarius* la principales micotoxinas a las cuales se les debe evaluar sus residuos son las aflatoxinas (leche y derivados, huevos, cereales, maní, nueces, dieta total), las ocratoxinas (cereales, trigo, carne de cerdo), la patulina (manzanas, jugo de manzana) y las fumonisinas (maíz). Por lo tanto, la contaminación de alimentos con micotoxinas afecta la inocuidad de los alimentos.

Una preocupación con características de alarma la constituyen las micotoxinas

en la producción avícola, al punto que la carne y los huevos se les ha llegado a considerar un producto no deseado en los procesos de internacionalización e integración comercial, por ser fuentes de circulación e introducción de enfermedades y plagas. Así, se acepta una posible relación causal entre la presencia de micotoxinas y la compra de alimentos de bajo precio a los países socios de algunos bloques comerciales.

Es por ello que se requiere el desarrollo de líneas de investigación y transferencia que incorporen nuevas tecnologías en los sistemas ganaderos las cuales conformen una 'cultura de la inocuidad'. Para Colombia, el mercado mundial de carne y leche presenta oportunidades y restricciones en la actualidad. Uno de los requisitos exigidos por el mercado mundial tiene que ver con la calidad sanitaria de los productos, calidad que debe estar garantizada desde el momento de la producción en finca hasta el empaque final de los mismos, unido a una cadena de frío.

ORGANISMOS REGULADORES Y ASPECTOS LEGALES DEL CONTROL DE RESIDUOS

En el pasado, el control de los alimentos estaba dirigido al examen de los productos finales y a la inspección de los establecimientos donde se elaboraban y distribuían los alimentos. Actualmente, gracias a la incorporación de nuevas tecnologías en los procesos de producción de alimentos, se han logrado progresos sobre la necesidad de involucrar de manera integral y multidisciplinaria toda la cadena productiva desde el lugar donde se producen hasta su consumo, debido a que muchos de los problemas de inocuidad de los alimentos se originan en la producción primaria. Esto implica que la responsabilidad de proveer alimentos debe ser compartida desde el proveedor de insumos hasta el consumidor, lo cual implica nuevas redefiniciones y coordinaciones de los sectores público y privado, incluyendo universidades y centros de investigación.

Ello significa que deben ser aplicadas medidas reglamentarias y no reglamentarias en los puntos adecuados de la cadena alimentaria, desde las fases anteriores a la producción hasta los establecimientos

o puntos de distribución a los consumidores, como única manera de garantizar el abasto de alimentos inocuos para la población humana.

Por la imposibilidad de excluir en su totalidad las sustancias químicas en los alimentos, es necesario que, por lo menos, la cantidad de éstos sea reducido al mínimo en la materia prima, de tal manera que se mitiguen los efectos indeseables en los consumidores. Para ello existen organizaciones encargadas de garantizar la protección al consumidor como la Comisión del Codex Alimentarius, la cual estipula el marco legal que rige el comercio internacional según lo resuelto por la Organización Mundial del Comercio (OMC), organismo que propicia prácticas equitativas en el comercio mundial de alimentos.

La Comisión del Codex Alimentarius es un organismo constituido por 168 países miembros de la FAO y la Organización Mundial de la Salud (OMS) y tiene como objeto establecer normas internacionales alimentarias basadas en el método científico, las cuales constituyen un marco de referencia para los acuerdos sobre aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (acuerdo MSF, enero de 1995) y de Obstáculos Técnicos al Comercio (acuerdo OTC) de la OMC.

En esencia el acuerdo MSF establece reglamentaciones relacionadas con la inocuidad de los alimentos y el control sanitario de animales y vegetales, autoriza a los países a que establezcan sus propias reglamentaciones y sugiere la armonización de las normas entre países, al tiempo que recomienda atender directrices de las comisiones conjuntas FAO/OMS y del *Codex Alimentarius*. Sugiere, igualmente, que los países pueden aplicar normas más rigurosas, justificadas y basadas científicamente en la evaluación del riesgo, con el fin de evitar obstáculos al comercio internacional de alimentos.

El *Codex Alimentarius* es, entonces, una colección de patrones uniformes para los alimentos que son adoptados internacionalmente; contiene disposiciones, directrices y recomendaciones para la producción de alimentos y su distribución al consumidor, a fin de facilitar el comercio internacional de los alimentos de origen

agropecuario. El Codex da pautas sobre la higiene de alimentos, aditivos alimentarios, residuos de pesticidas, contaminantes, etiquetado y presentación, además de los métodos de análisis y pruebas.

El acuerdo MSF reconoce y avala las normas y directrices elaboradas y recomendadas internacionalmente por el Codex, otorgando también a los gobiernos la potestad para restringir el comercio internacional de alimentos cuando las medidas aplicadas en un país exportador de alimentos no tengan soporte científico.

Por lo tanto, cualquier reglamentación sobre inocuidad de alimentos de un país debe estar basada en una evaluación de riesgo científicamente sólida, so pena de ser objeto de padecer restricciones al comercio en el marco de las reglas de la OMC. Esto señala la necesidad que tiene el país de fortalecer su capacidad de evaluación de exposición con rigor científico, la cual sirve de base para que los comités de expertos de la FAO/OMS determinen la evaluación de riesgos y las posteriores recomendaciones; posteriormente, éstas constituyen la base para el establecimiento de normas y recomendaciones del Codex. De acuerdo con esto, las recomendaciones generales se imparten a los gobiernos, la industria (productores primarios, fabricantes y transformadores, operadores de servicios alimentarios y minoristas) y al consumidor, lo cual implica que cualquier país que decida adoptar las normas del Codex requiere de legislaciones alimentarias apropiadas, suficientes y adecuadas, además de gran capacidad técnica y administrativa para aplicar y velar por el cumplimiento de dichas normas.

En este contexto, la presencia de residuos químicos en los alimentos de origen animal y agrícola implican un riesgo para la salud humana. Como respuesta, en muchos países se están aplicando las Buenas Prácticas Agrícolas y Buenas Prácticas Ganaderas (BPA y BPG), lo mismo que el sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC) con el fin de minimizar la presencia de contaminantes en los alimentos. Sin embargo, la evaluación toxicológica de los compuestos químicos usados en el campo agropecuario implica estudios multidisciplinarios dada la complejidad y variadas determinacio-

nes relacionadas con el tipo y toxicidad de los residuos, establecimiento de límites máximos de residuos y estudios de ingesta diaria admisible, tiempos de espera o retirada de los productos y niveles de efectos no observables, lo cual implica el desarrollo de métodos analíticos, programas de calidad de laboratorios, criterios de evaluación de las sustancias químicas, programas de educación, legislación apropiada y un adecuado programa de vigilancia y control, entre otras medidas.

Con el objeto de que los países produzcan alimentos libres de residuos químicos e instauren un plan de control de residuos adecuado, algunas organizaciones internacionales han establecido algunas definiciones a partir de las cuales deben implementarse estos planes.

Ser consideran residuos de medicamentos veterinarios todas aquellas sustancias farmacológicamente activas, ya sean principios activos, excipientes o productos de degradación, y sus metabolitos, que pueden permanecer en los productos alimenticios obtenidos a partir de animales a los que se les hubiere administrado el medicamento veterinario. Para el uso de estos medicamentos en animales el *Codex Alimentarius* ha establecido recomendaciones bajo la forma de Buenas Prácticas en el uso de los Medicamentos Veterinarios (BPMV), esto es, la utilización oficialmente recomendada o autorizada y los períodos de suspensión del tratamiento, aprobados por autoridades nacionales.

Así mismo, el Codex define a los medicamentos veterinarios como toda sustancia aplicada o administrada a cualquier animal destinado a la producción de alimentos, como los que producen carne o leche, aves de corral, peces o abejas, tanto con fines terapéuticos como profilácticos o de diagnóstico, o para modificar las funciones fisiológicas o el comportamiento.

La evaluación de las buenas prácticas veterinarias es acompañada por las recomendaciones sobre los límites máximos para residuos de medicamentos veterinarios (LMRMV) que se definen como la concentración máxima de residuos resultante del uso de un medicamento veterinario (expresada en mg/kg o µg/kg del peso del producto fresco) que la Comi-



Figura 2. Las prácticas de control preventivo o terapéutico de la mastitis deben complementarse con protocolos técnicos orientados a preservar la inocuidad y calidad de la leche.

sión del Codex Alimentarius recomienda como legalmente permisible o reconoce como aceptable dentro de un alimento o en la superficie del mismo. Tiene como finalidad asegurar que al utilizar adecuadamente los medicamentos, la ingestión de residuos de éstos presentes en los alimentos no supere la Ingesta Diaria Admisible (IDA) correspondiente.

El límite máximo de residuos (LMR) es el contenido máximo de residuos resultante de la utilización de un medicamento veterinario. Este límite se basa en el tipo y la cantidad de residuos que se considere que no constituyen ningún riesgo toxicológico para la salud humana tal como lo expresa la IDA. Cuando se establezca un límite máximo de residuos, se deben tener en cuenta también los residuos que aparecen en alimentos de origen vegetal y los que proceden del medio ambiente.

Para el establecimiento de un programa eficaz de control de residuos de medicamento veterinarios en alimentos en un país, el *Codex Alimentarius* recomienda la adopción de las siguientes medidas:

- Establecer un organismo regulador encargado de ejecutar los programas de inspección y los análisis de labora-

torio, el cual debe tener la facultad de tomar las medidas necesarias cuando los residuos superen los límites permitidos por el país.

- Elaborar un programa integrado de inspección incluyendo el control de residuos.
- Compilar un registro unificado de los medicamentos veterinarios y/o de las sustancias químicas utilizadas en la producción pecuaria, mediante el cual se pueda asegurar que los medicamentos que se autorizan están precedidos por estudios científicos que garantizan la inocuidad en la población de destino.
- Elaborar y difundir reglamentos relacionados con la elaboración, distribución y uso de medicamentos.
- Establecer procedimientos para determinar la inocuidad y eficacia de los alimentos en los animales, los cuales deben incluir protocolos para la determinación de los LMR y para el análisis de las muestras de ensayo.
- Seleccionar métodos de análisis que garanticen la calidad y resultados con-

fiables compatibles con los LMR o ajustados a los límites establecidos en el país.

- Fomentar medidas preventivas a través del desarrollo de programas de información permanente a los productores y los asistentes técnicos para reducir la presencia de residuos químicos en los animales destinados a la producción de alimentos.

SITUACIÓN NACIONAL

En Colombia no existe un sistema de control de residuos de medicamentos veterinarios o sustancia químicas en alimentos de origen animal, no obstante contar con un sistema de normalización y reglamentación de alimentos integrado por entidades del orden nacional con facultades para expedir normas y reglamentos relacionados con los alimentos. Sin embargo, ante la presión de los consumidores tanto a nivel interno como externo, algunas entidades del sector salud y del sector agropecuario han orientado sus esfuerzos hacia el control de residuos y la inocuidad alimentaria.

El sistema está integrado por el Ministerio de la Protección Social, el Ministerio de Agricultura, el Ministerio de Comercio, Industria y Comercio, y la Superintendencia de Industria y Comercio, de los cuales emana el conjunto de disposiciones legales que constituyen el marco de acción de entidades oficiales como el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA), entre otras.

En este sentido el Ministerio de Protección Social posee algunas disposiciones en las que considera la problemática de manera muy tangencial, específicamente con respecto a adulterantes o sustancias potencialmente nocivas para los consumidores de alimentos procesados, en particular la leche, aceptando que en los casos para los cuales no haya reglamentaciones sobre una sustancia particular se acoge a las recomendaciones de la FAO/OMS.

En 1993 se crea el Instituto Nacional de Vigilancia de Alimentos y Medicamentos (INVIMA), entidad encargada de ocuparse los temas de residuos químicos

en alimentos procesados para consumo humano. En el mismo año, mediante el Decreto 2645, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) es reestructurado para que pueda ocuparse del desarrollo sostenible del sector agropecuario, velando por el control de los riesgos sanitarios, químicos y biológicos que pueden afectar la producción agropecuaria. Posteriormente, en 1994, mediante el artículo 65 de la Ley 101, al ICA se le confiere la responsabilidad del control técnico de los insumos agropecuarios para proteger la producción agropecuaria nacional y facilitar el acceso de los productos nacionales al comercio internacional. En adelante, se producen decretos, resoluciones y leyes que soportan el actual marco jurídico del Sistema Nacional de Inocuidad de Alimentos.

En este marco, los criterios utilizados por el ICA para el control de plaguicidas y medicamentos veterinarios están basados en las normas del Codex, y normativas de la Unión Europea, la FDA de los Estados Unidos y en los registros otorgados por la misma institución a los medicamentos veterinarios, mediante los cuales señala las sustancias que deben ser controladas en un programa de residuos.

Sin embargo, el Sistema Nacional de Inocuidad de Alimentos presenta serias fisuras que afectan su funcionamiento, las cuales fueron resumidas en la Conferencia Regional FAO/OMS, llevada a cabo en San José de Costa Rica, en diciembre de 2006:

- Ausencia de coordinación interinstitucional, esto es, entre las entidades y ministerios que conforman el sistema.
- Problemas de articulación intersectorial.
- Problemas en la definición de funciones y competencias de las entidades que hacen parte del sistema, y carencia de competencias frente a algunos temas.
- Debilidad de las autoridades sanitarias del país en lo relacionado con la inocuidad de alimentos.
- Fragmentación intrasectorial en el sistema, en particular en el sector salud, debido a la distribución inadecuada de las competencias entre las autoridades

del orden nacional y los entes territoriales, situación que ha dificultado la identificación de un status sanitario único en el país.

Los anteriores problemas constituyen el desafío principal que tiene que enfrentar Colombia si quiere acceder a mercados con altos requerimientos en cuanto a calidad de los alimentos, especialmente los de origen animal. Las condiciones de producción, políticas, socioeconómicas y ambientales, las cuales son enfatizadas seriamente en la actualidad, y las expectativas de los consumidores en presionar para la producción limpia y sostenible para la obtención de alimentos de origen animal inocuos, determinan la magnitud del reto que tiene que encarar Colombia para producir alimentos de origen pecuario con alta calidad, protegiendo el medio ambiente, a fin de asegurar la comercialización de alimentos inocuos y de alta calidad en los mercados nacional e internacional.

Con relación a la presencia de residuos químicos en los alimentos de origen animal son pocos los trabajos de investigación llevados a cabo en Colombia. El Ministerio de Trabajo y Protección Social y la Secretaría de Salud Pública del Distrito han realizado algunas investigaciones ocasionales en esta área, especialmente con pesticidas, con la desventaja de que estos trabajos no hacen parte de sus actividades cotidianas de vigilancia.

Un estudio realizado por la Universidad de Caldas en 20 fincas lecheras analizó muestras de leche cruda, hervida y pasteurizada, y encontró residuos de DDT, BHC, dieldrín, aldrín y heptacloro epóxido, con valores de 0,04 ppm, 0,04 ppm, 0,1 ppm y 0,17 ppm, respectivamente, lo que indica el alto grado de contaminación de la leche en esa región con compuestos organoclorados, lo cual se asoció al inapropiado uso que hacen de estas sustancias los agricultores en el cultivo de la papa.

Los resultados de otro estudio realizado por la Universidad Nacional reportaron niveles de lindano y dieldrín por encima los permitidos por la FAO/OMS en muestras de leche pasteurizada y en polvo provenientes de la Sabana de Bogotá, El Guamo y El Espinal (Tolima), aso-

ciándose estos resultados con la aplicación intensiva de organoclorados en los cultivos de soya, arroz y algodón. Otro estudio realizado en la Sabana de Bogotá demostró altos niveles de endosulfan y tetradifon en leche (160 y 410 ppb), probablemente debido al uso de desechos de floricultura como complemento alimenticio en la ración de las vacas.

En otro estudio realizado en 46 fincas de las más importantes zonas productoras del departamento de Caldas, orientado a definir factores de riesgo y puntos críticos de control de residualidad en leche y carne, además de establecer el grado de preocupación de los productores por el problema de la residualidad, se reportó que la leche producida en la zona mencionada no es apta para el consumo humano ni para la exportación. Señala el estudio que existen numerosos factores de riesgo de contaminación de la leche y de la carne con productos químicos tóxicos por el uso intensivo de antibióticos y antiflogísticos, y por el deficiente almacenamiento de fármacos, fertilizantes, concentrados y otros insumos potencialmente contaminantes.

Estos preocupantes resultados dan idea de la posible situación dramática que se pueda estar viviendo en Colombia, lo cual pone de manifiesto la necesidad de que se incorporen plenamente estrategias de inocuidad de alimentos basado en el enfoque de la cadena alimentaria, tal como lo recomienda la FAO, especialmente en la producción primaria de alimentos.

Existe la necesidad de desarrollar en nuestro país estudios de análisis de riesgos de aditivos y contaminantes químicos en alimentos, que constituya el soporte científico para el desarrollo de programas de vigilancia y control de residuos químicos en los alimentos destinados al consumo nacional y para exportación, para lo cual Colombia cuenta con algunos laboratorios para iniciar estos procesos, destacándose el esfuerzo del ICA en desarrollar e implementar técnicas tendientes a determinar residuos químicos en alimentos de origen animal.

CONCLUSIONES

El uso de estos medicamentos veterinarios y agroquímicos en los sistemas de producción agropecuarios expone a los

consumidores de alimentos de origen animal al consumo de sustancias o residuos potencialmente tóxicos que ponen en riesgo la salud de los seres humanos. Esta situación ha conducido a los consumidores a perder confianza en la inocuidad de los alimentos y, al mismo tiempo, a incrementar el interés y exigencia para que se produzcan alimentos que no atenten contra sus vidas, demandando soluciones por las implicaciones que esto trae consigo en la salud pública y el comercio internacional de alimentos.

En particular, se carece en Colombia de información sólida sobre el status sanitario en materia de residuos en alimentos de origen animal; tampoco se cuenta con sistemas de diagnóstico e información suficientes que permitan cuantificar la problemática con el fin de sentar las bases para su vigilancia y control.

Los requerimientos de los mercados en cuanto a la calidad de los alimentos, especialmente los de origen animal, están presionando fuertemente la disminución y un uso estratégico de los productos químicos tradicionalmente utilizados para el tratamiento de los agentes patógenos y/o el incremento de la producción, al igual que por el mejoramiento del bienestar de las poblaciones animales utilizadas para tales fines.

En este contexto, son evidentes los cambios que han ocurrido en los modelos de desarrollo y crecimiento de los países en las últimas dos décadas, con las siguientes características: internacionalización de la economía, mercados cada día más competitivos, ampliados y segmentados, intercambio de productos altamente diferenciados, procesos de producción cada más limpios y generación de alimentos con calidad alta en el marco de la protección del medio ambiente, la especialización de los procesos productivos y la comercialización de alimentos inocuos.

Para que Colombia pueda integrarse a la dinámica del nuevo comercio internacional debe superar serias limitantes que destraben las debilidades que afectan a las entidades integrantes del Sistema Nacional de la Inocuidad de los Alimentos, adecuando de manera simultánea, el actual Sistema de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias a las directrices del acuerdo

de las MSF de la Organización Mundial del Comercio (OMC), tendientes a mejorar el estatus sanitario del país para proteger la salud y vida de los seres humanos, los animales y las plantas, así como la preservación del ambiente, lo cual se traducirá en una mayor competitividad.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Arenas, A. 2001. ¿El hombre es lo que come? *Revista Acovez* 26(2): 4-10.
- Balcázar, A. y H. Samacá. 2003. Análisis de competitividad y ventajas comparativas de la ganadería de leche en Colombia. IICA y FICA. En: http://www.agrocadenas.gov.co/lacteos/Documentos/caracterizacion_lacteos.pdf; consulta: marzo 2008.
- Bejarano, E. 2001. Mercados agropecuarios y seguridad alimentaria. *Revista ACOVEZ* 26(2): 1-4.
- Cabaret, J. Bouilhol, M., Mage, Ch. 2002. Managing helminths of ruminants in organic farming. *Veterinary Research* 33(5): 625-640.
- Cabrera, C.E., Gómez, R.F., Zúñiga, A.E. 2007. La resistencia de bacterias a antibióticos, antisépticos y desinfectantes una manifestación de los mecanismos de supervivencia y adaptación. *Colombia Médica* 38(2): 149-158.
- Cerutti, R.D., Althaus, R.L., Barbero, F. 2002. Utilización de un método de inhibición microbólica para la determinación de la retirada de amoxicilina en leche. *Revista FAVE-Ciencias Veterinarias* 1(2). ISSN 1666-938x.
- Commission Regulation (EC) No. 1525/98 of July 1998 amending Regulation (EC) No.194/97 of 31 January 1997 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official Journal of the European Communities* (1998). L-201/43: 43-46.
- CONPES. 2005. Consejo Nacional de Política Económica y Social, República de Colombia, Departamento Nacional de Planeación, Documento Conpes 3376: Política Sanitaria de Inocuidad para las Cadenas de la Carne Bovina y de la Leche [agosto 2006]. En: http://www.dnp.gov.co/archivos/documentos/Subdireccion_Conpes/3376.pdf; consulta: febrero 2008.
- Davicino, R. 2003. Residuos de medicamentos veterinarios, anabólicos y plaguicidas en carne, leche y miel. Universidad Nacional de Río Cuarto. Fac. de Agron. y Vet. Argentina.
- FAO. 2004. Proyecto TCP/RLA/2904. Fortalecimiento de la Gestión de los Comités Nacionales del Codex Alimentarius en los Países Andinos. Taller nacional sobre criterios del Codex para el establecimiento de límites máximos permitidos para aditivos, contaminantes y residuos de plaguicidas y medicamentos de uso veterinario en alimentos. Bogotá, Colombia.

FAO. 2004. Reglamentos a nivel mundial para las micotoxinas en los alimentos y en las raciones en el año 2003. En: www.fao.org/es/ESN/index_en.stm; consulta: noviembre 2007.

FAO. 2004. Residues of some veterinary drugs in animal and foods. Monographs prepared by the sixty-second meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives Rome, 4-12 February 2004. Paper 41/16. 148p.

FAO. 2007. Pesticide residues in food 2007. Joint FAO/WHO Meeting on Pesticida residues. Report 2007. Paper 191. 418 p.

FAO/OMS. 2007. Sistema Nacional de Inocuidad de los Alimentos: análisis de la situación en Colombia. En: Conferencia Regional FAO/OMS sobre inocuidad de los alimentos para las Américas y el Caribe. Tema 5 del programa. En: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/meeting/010/af182s.pdf>; consulta: noviembre 2007.

FAO/WHO. 2006. Evaluation of certain veterinary drug residues in food. WHO Technical Reportes series 939. Sixty-sixth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee.

Fernández, A. 2002. Residuos de antihelmínticos en carne y leche. En: Reunión de Especialistas en Parasitología Veterinaria de Argentina, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay. 11º Encuentro de Veterinarios endoparasitólogos rioplatenses. Fac. de Cs. Veterinarias. Mayo de 2002. Tandil (B.A.), Argentina.

Fernández, A. 2007. Residuos de antihelmínticos en carne y leche. En: http://www.Cnia.inta.gov.ar/helminto/resumenes/rtandil_09.htm; consulta: octubre 2007.

Fernández, J. Quiñones, J. 2003. Diseño del sistema HACCP para el proceso de producción de carne bovina para consumo. *Rev.Col. Cienc. Pecu.* 16(1): 46-62.

Fernández, M. 2004. Nuevos retos en el control de parásitos en la ganadería. En: <http://www.consumaseguridad.com/investigacion/2004/11/23/15419.php>; consulta: 24-11-2007.

Floate, K. 2006. Endectocide use in cattle and fecal residues: environmental effects in Canada. *The Canadian Journal of Veterinary Research*. Vol. 70, p. 1-10.

Food Additives. 88 p.

García, S.G. 2006. Los dilemas del desarrollo sostenible. En: http://www.tij.uia.mx/elborde/vol05/dil_des_sust_4.html; consulta: febrero 2008.

Iglesias, L. 2002. Impacto ambiental de antiparasitarios de efecto prolongado. Reunión de Especialistas en Parasitología Veterinaria de Argentina, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay. 11º Encuentro de Veterinarios endoparasitólogos rioplatenses. Fac. de Cs. Veterinarias. Mayo de 2002. Tandil (B.A.), Argentina.

- INTA. 1997. Residuos en los alimentos de origen animal. Rev. de la Sociedad Rural de Jesús María, Provincia. de Córdoba 99: 21-26.
- Jonker, M.A., van Egmond, H.P., and Stephany, R.W. (1999) "Mycotoxins in food of animal origin: a review" in CRL, document 389002 095 from European Commission, European Union Community Reference Laboratory and National Institute of Public Health and the Environment. pp. 1-39.
- Kim, E.K., Shon, D.H., Ryu, D., Park, J.W., Hwang, H.J and Kim, Y.B. (2000) Food Addit. Contam., 17(1): 59-64.
- Lambropoulou, D.A., Albvanis, T.A. 2007. Liquid-phase micro-extraction techniques in pesticide residue analysis. J. Biochem. Biophys. Methods. 70: 195-228.
- Lorenzatti, E., Maitre, M.I. 2003. Evaluación de la contaminación con plaguicidas en productos lácteos. Revista FAVE-Ciencias Veterinarias. 2(1). ISSN 1666-938x.
- Lozano, M.C., Arias, D.C. 2008. Lozano, M.C., Arias, D.C. 2008. Residuos de fármacos en alimentos de origen animal: panorama actual en Colombia. Revista colombiana de Ciencias Pecuarias 21:121-135.
- Lumaret, J.P., Martínez, I. 2005. El impacto de productos veterinarios sobre insectos coprófagos: consecuencias sobre la degradación del estiércol en pastizales. Acta Zoológica Mexicana 21(3): 137-148.
- Majjala, R., Slorach, S. 2002. Ejemplos de enfoque globales e integrados del análisis de riesgo en la cadena alimentaria: experiencias y enseñanzas aprendidas. Enfoque integrado de la inocuidad de los alimentos para toda la cadena alimentaria y en todas las fases posteriores: Suecia, Finlandia y la Comisión Europea. En: Conferencia paneuropea sobre calidad e inocuidad de los alimentos. FAO. OMS. Budapest, Hungría, febrero de 2002.
- Marshall, R. 1992. Standard methods for the examination of DAIRY products. American Public Health Association. Washington, D.C. 546 p.
- Martins, M.L., Martins, H.M. (2000) Food Addit. Contam. 17(10): 871-874.
- Millar, T. 1994. Riesgo, salud humana y desechos peligrosos. En: Ecología y Medio Ambiente. Ed. Grupo Editorial Iberoamérica. México, D.F., México. 867p.
- Minassian, M. 2007. Criterios generales para el establecimiento de límites máximos de residuos y períodos de restricción en productos veterinarios. En: <http://www.Sada.org.ar/Articulos/Tecnicos/residuos.htm>; consulta: noviembre 2007.
- Molina, M.P. 2005. Presencia de residuos en leche: control y prevención. En: http://minnie.uab.es/~veteri/21266/Le_Conferencia05_PMolina_Residuos%20y%20trazabilidad%20leche_vop.pdf; consulta: noviembre 2007.
- Moraes, S., Bejarano, N., C., Cuéllar, J., Almeida, C. 2001. HACCP: Herramienta Esencial para la inocuidad de Alimentos. Editor: Organización Panamericana de la Salud. ISBN 987-98689-0-0. Buenos Aires, Argentina. 352 p.
- OIE. 2006. Animal production food safety challenges in global markets. Rev. Sci. tech. Off. Int. Epiz. 25 (2): 479-492.
- OMS. 2001. Inocuidad de los alimentos. Informe de Secretaría. Consejo Ejecutivo. 109ª Reunión de Planificación Estratégica. Punto 3.9 del orden del día provisional. En: http://www.who.int/gb/ebwha/pdf_files/EB109/seb10913.pdf; consulta: febrero 2008.
- Orrego, A., Aristizabal, J., Jaramillo, A., López, J., Abad, G., Tarazona, G., Céspedes, I., 2003. Residualidad de productos químicos en carne y leche, y su relación con el sistema de producción. Noticias epidemiológicas veterinarias 5(2): 1.
- Padhilla, T. 1996. Residuos de anti-helmínticos na carne e leite. En: Controle dos nematódeos gastrintestinais em ruminantes. Editora: Teresinha Padilla. Coronel Pacheco: EMBRAPA-CNPGL. 258 p.
- Parra, M.H., Peláez, L. Londoño, J., Pérez, N., Rengifo, G. 2003. Los residuos de alimentos en la leche. Su problemática y estrategia para su control. Manual Técnico. En: www.pronatta.gov.co; consulta: diciembre 2007.
- Peitri, A., Bertuzzi, T., Bertuzzi, P., Piva, G. 1997. Food Addit. Contam., 14(4): 341-344.
- Pimentel, T., Culliney, W., Bashore, T. 2004. Riesgos de salud pública asociados con pesticidas y toxinas naturales en alimentos. Traducción: Cancelado, R. En: <http://ipmworld.umn.edu/cancelado/Spchapters/PimentelSP.htm>; consultado: enero 2008.
- Plan Nacional de Aseguramiento de la calidad de la leche. 2005. Documento Final. En: www.cundinamarca.gov.co/Cundinamarca; consulta: enero 2008.
- Prado, G., Díaz, G., Mar, C., Vega, S., González, M., Pérez, N., Urban, G., Gutiérrez, R., Ramírez, A., Pinto, M. 1998. Residuos de plaguicidas organoclorados en leche pasteurizada comercializada en Ciudad de México. Arch. Med. Vet. 30(1): 18-25.
- Rimbaud, E. 2003. Los desafíos de los ganaderos en relación a la salud animal frente a los modernos sistemas de producción y comercialización. En: http://www.vet-uy.com/articulos/artic_prod/001/prod001.htm; consulta: enero 2008.
- Rinken, T., Riic, H. 2006. Determination of antibiotic residues and their interaction in milk with lactate biosensor. J. Biochem. Biophys. Methods. 66: 1321.
- Rodríguez, D. 2007. Impacto social de la presencia de residuos químicos de síntesis en los productos de la colmena. REDVET Revista Electrónica 8(9). 12 p. En: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101007/100703.pdf>; consulta: enero 2008.
- Rodríguez, J.J. 2003. La inocuidad en la cadena alimentaria. En: http://www.consumaseguridad.com/web/es/sociedad_y_consumo/2003/09/16/8309.php; consulta: noviembre 2007.
- SAGARPA. 2007. Programa mexicano de monitoreo y control de residuos tóxicos y contaminantes en alimentos de origen animal 2007 y resultados del 2006. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, D.F. 52 p.
- San Martín, B. 2001. Residuos químicos en los alimentos de origen animal: un análisis de la situación mundial y nacional. Tecnovet. Año 7, No.3.
- San Martín, N., Betty. 1995. Residuos de antibióticos y sulfas en leche. TECNO VET; Año No. 3 (diciembre). En: http://www.tecnovet.uchile.cl/CDA/tecnovet_articulo/0,1409,SCID%253D10134%2526ISID%253D429,00.html; consulta: enero 2008.
- San Martín, N., Betty. Residuos de antibióticos y sulfas en leche. TECNO VET; No. 3, diciembre de 1995 http://www.tecnovet.uchile.cl/CDA/tecnovet_articulo/0,1409,SCID%253D10134%2526ISID%253D429,00.html; consulta: enero 2008.
- Sánchez, G. 1995. Residuos de fármacos antimicrobianos en alimentos de origen animal. Problemática general. Revista Acovez. 20(3): 26-29.
- Sociedade Brasileira de Medicina Veterinária. 2003. Importancia de la rastreabilidad. Exigências do Consumidor. En: rastreabilidade. Pilar da saúde pública e passaporte para exportação. Ed. Ideal Ltda.. Brasilia, Brasil. 206 p.
- Suárez, V. 2002. Control de los parásitos bovinos, implicancias agroambientales y productivas. En: Reunión de Especialistas en Parasitología Veterinaria de Argentina, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay. 11º Encuentro de Veterinarios endoparasitólogos rioplatenses. Fac. de Cs. Veterinarias. Mayo de 2002. Tandil (B.A.), Argentina.
- Sumano H, Ocampo L, Gutiérrez L. 2002. Clenbuterol, et al. β-agonistas, ¿Una opción para la producción pecuaria o un riesgo para la salud pública?. Vet Mex. 33:137-160.
- Tafur, M., Ramírez, C. 1997. Residuos en alimentos. Fundamentos para la formulación de una política de control de residuos. En: Memorias del Seminario Residuos químicos en alimentos: implicaciones en salud pública y comercio internacional.
- Tine Kuiper-Goodman (1994) "Prevention of Human Mycotoxicoses Through Risk Assessment and Risk Management" in Mycotoxins In Grain, Compounds Other Than Aflatoxin. J.D.Miller and H.L.Trenholm (Eds). Eagan Press, St. Paul, Minnesota, USA. Chapter 12, pp. 439-469.

- Vallejo, M.C. 1993. Residualidad de los plaguicidas en los alimentos. Toxicología y seguridad de los alimentos. Primera Edición. Fondo Nacional Universitario. Bogotá, Colombia. P. 139-151. En: www.agronet.gov.co; consulta: enero 2008.
- Vargas, M., Del Barrio, L. 2005. Salud pública veterinaria e inocuidad de los alimentos en América Latina y el Caribe. En: I global feed and food congress. SAO Paulo, Brasil. Julio 11-13 de 2005. www.rlc.org. Consultado: enero 2008.
- Vásquez, L., Bermúdez, M., García, L., Languré, A., Flores, M., Orantes, C. 2002. Estudio de residuos tóxicos en tejidos animales destinados al consumo. Revista Científica, FCV-LUZ. 12(3): 186-192.
- Weite, V.; Otte, J.; Ward, D. (1999). FAO, Respaldo a las declaraciones de ausencia de enfermedad. Moderadores de la Segunda Conferencia electrónica de los servicios veterinarios de la FAO.
- Yousef, A.E., and Marth, E.H (1989) "Stability and Degradation of Aflatoxin M1" in Mycotoxins in Dairy Products. Hans P.Van Egmond (Ed.) Elsevier Applied Science, London and New York. Chapter 5, pp.127-161.
- Yunie, D. 2005. Calidad y seguridad de los alimentos procedentes de la ganadería ecológica. En: <http://www.safonetwork.org/publications/ws4/WS4Spanish.pdf>; consulta: enero 2008.