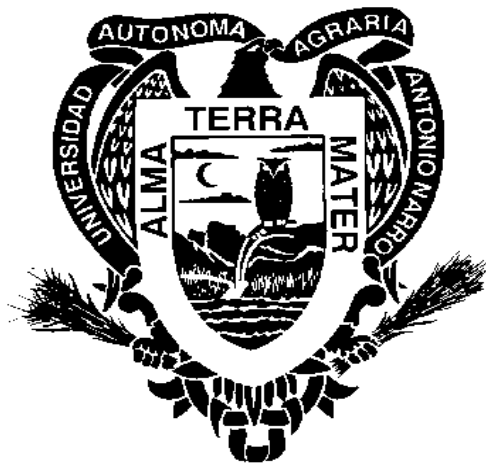


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

DIVISION REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**INOCUIDAD ALIMENTARIA EN CARNE Y LECHE  
BOVINA, RETOS PARA EL SIGLO XXI.**

**MONOGRAFIA**

**POR**

**JUAN MANUEL GUTIERREZ BAUTISTA**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

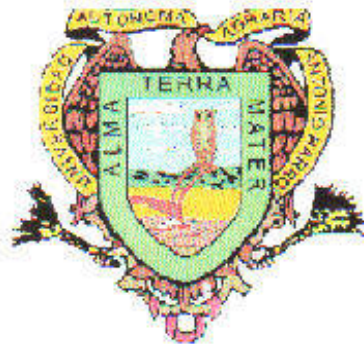
**MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

TORREON, COAHUILA; MEXICO.

JUNIO DEL 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**"INOCUIDAD ALIMENTARIA EN CARNE Y LECHE BOVINA,  
RETOS PARA EL SIGLO XXI"**

P O R

JUAN MANUEL GUTIERREZ BAUTISTA

MONOGRAFÍA APROBADA POR:

  
MS. DELFINO REYES MACÍAS  
ASESOR PRINCIPAL.



Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal

  
MVZ. RODRIGO ISIDRO SIMÓN ALONSO  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL.

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

JUNIO DEL 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

"INOCUIDAD ALIMENTARIA EN CARNE Y LECHE BOVINA, RETOS PARA  
EL SIGLO XXI"  
P O R

JUAN MANUEL GUTIERREZ BAUTISTA

MONOGRAFÍA  
QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR,  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR:

PRESIDENTE:



---

MS. DELFINO REYES MACIAS

VOCAL:



---

QFB. LAURA ILEANA OLVERA DENA

VOCAL:



---

MVZ. ERIC ALEJANDRO REYES RAMÍREZ

VOCAL  
SUPLENTE:



---

MC. PATRICIA LARA GALVAN

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

JUNIO DEL 2010

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS.**

Por permitirme este logro del cual no soy merecedor, por darme las fuerzas, el ánimo y el valor de concluir con esta maravillosa carrera, gracias por estar a mi lado.

### **A MI MADRE.**

Gloria Bautista Aroche, que por ella tengo vida y que siempre has estado allí para apoyarme, por cada consejo y regaño que me has dado para bien y porque nunca me dejaste caer. No se que hubiera sido de mi si tu no estuvieras a mi lado.

### **A MIS ABUELOS.**

Regina Albarrán Bueno, Galdina Aroche y Norberto Bautista Que aunque ya no estén con nosotros yo se que igual están orgullosos de mi y de este logro.

### **A MIS HERMANOS.**

M. del Pilar y Gilberto Gutiérrez por apoyarme desde el inicio de mi carrera y por darme ese aliento y motivación para lograr cruzar esta meta, este logro también es suyo hermanos.

## **A DIANA.**

Porque has estado a mi lado durante más de dos años, porque me has apoyado en todos los sentidos para la culminación de este sueño y por que me has acompañado en momentos de dolor y felicidad durante este tiempo.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios que siempre esta en todo momento junto a mi y cada vez que tropiezo él me levanta.

## **A MI ALMA MATER.**

A mi narro querida, la cual siempre llevare en mi corazón, el cual siempre estará orgulloso de ser un buitre, a todas las personas que conforman esta gran institución que más bien es nuestra segunda casa. Gracias ALMA TERRA MATER.

## **AL MEDICO DELFINO REYES.**

Gracias Doc. Por apoyarme en esto y en otras cosas durante mi estancia en la narro, eso lo tendré presente siempre, gracias por su amistad y por permitirme conocer a su grandiosa familia y por encaminarme en este proyecto de vida.

### **AL MEDICO ERIC REYES.**

Gracias Eric por ser mi asesor y mi amigo, por tus consejos, por apoyarme con esta monografía y por exigir siempre lo mejor de mí.

### **A MIS COMPAÑEROS.**

A mis compañeros y mejores amigos que en conjunto hemos logrado dar un paso más en nuestra vida profesional. A José Gpe. (ferruzca), a Cesar M. (el oax), a Enrique Flores (kike), José Roberto (Bañuelos) y a Jonathan Josué (carnalito).

## INDICE

<b>1. RESUMEN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. INTRODUCCION .....</b>	<b>2</b>
<b>3. OBJETIVO .....</b>	<b>4</b>
<b>4. ANTECEDENTES .....</b>	<b>5</b>
<b>4.1. Importancia de la inocuidad .....</b>	<b>5</b>
<b>4.2. Importancia de la inocuidad en carne .....</b>	<b>6</b>
<b>4.3. Importancia de la inocuidad en leche .....</b>	<b>7</b>
<b>5. CLASIFICACION DE LAS SUSTANCIAS APLICADAS A LOS BOVINOS QUE ATENTAN A LA INOCUIDAD EN CARNE Y LECHE.....</b>	<b>8</b>
<b>5.1. ANTIBIOTICOS .....</b>	<b>8</b>
<b>5.1.1. Usos de los antibióticos en el ganado bovino .....</b>	<b>9</b>
<b>5.1.2. Los antibióticos como promotores del crecimiento .....</b>	<b>9</b>
<b>5.1.3. Antibioticoterapia .....</b>	<b>11</b>
<b>5.1.4. Tiempos de retiro y residuos en carne y leche .....</b>	<b>12</b>
<b>5.2. ANTIPARASITARIOS .....</b>	<b>15</b>
<b>5.2.1 Bencimidazoles.....</b>	<b>15</b>
<b>5.2.2. Ivermectinas .....</b>	<b>16</b>

5.2.3. Tiempos de retiro .....	16
<b>5.3. COMPUESTOS HORMONALES .....</b>	<b>17</b>
5.3.1. Hormonas utilizadas en el ganado de carne y leche .....	18
5.3.2. Tiempos de retiro de los compuestos hormonales .....	23
5.3.3. Residuos hormonales en carne y leche .....	23
<b>6. CONTAMINANTES QUE INGIEREN LOS BOVINOS DE CARNE Y LECHE DURANTE SU ETAPA DE PRODUCCION .....</b>	<b>24</b>
<b>6.1. MICOTOXINAS .....</b>	<b>24</b>
6.1.1. Aflatoxinas .....	25
6.1.2. Ocratoxinas .....	26
6.1.3. Fumonisinias .....	27
6.1.4. Tricoticeños .....	27
6.1.5. Residuos de micotoxinas en carne y leche bovina .....	28
<b>6.2. HERBICIDAS Y PLAGUICIDAS .....</b>	<b>29</b>
6.2.1. Residuos de organoclorados y organofosforados en carne de bovino .....	30
6.2.2. Residuos de organoclorados y organofosforados en leche de bovino .....	33



<b>6.3. METALES PESADOS .....</b>	<b>38</b>
<b>6.3.1. Metales pesados en carne de bovino.....</b>	<b>38</b>
<b>6.3.2. Metales pesados en leche bovina .....</b>	<b>42</b>
<b>7. POTENCIALES EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES ANTERIORES EN LA SALUD HUMANA .....</b>	<b>44</b>
<b>7.1. EFECTOS DE LOS RESIDUOS DE ANTIBIOTICOS EN LA SALUD HUMANA .....</b>	<b>44</b>
<b>7.1.1. Reacciones alérgicas .....</b>	<b>45</b>
<b>7.1.2. Resistencias bacterianas y transmisión de bacterias resistentes .....</b>	<b>46</b>
<b>7.1.3. Otras reacciones .....</b>	<b>46</b>
<b>7.2. EFECTOS DE LOS RESIDUOS HORMONALES EN LA SALUD HUMANA .....</b>	<b>47</b>
<b>7.2.1. Efectos de los compuestos hormonales .....</b>	<b>47</b>
<b>7.2.2. Efectos <math>\beta</math>2 agonistas.....</b>	<b>49</b>
<b>7.3. EFECTOS DE LOS RESIDUOS DE MICOTOXINAS EN LA SALUD HUMANA .....</b>	<b>50</b>
<b>7.3.1 Aflatoxinas .....</b>	<b>50</b>

7.3.2. Ocratoxinas .....	50
7.3.3. Fumonisimas .....	51
<b>7.4. EFECTOS DE LOS RESIDUOS DE METALES PESADOS EN LA SALUD HUMANA .....</b>	<b>51</b>
7.4.1. Aluminio .....	51
7.4.2. Arsénico .....	51
7.4.3. Cadmio .....	52
7.4.4. Plomo .....	52
7.4.5 Mercurio .....	53
7.4.6. Cobre .....	53
<b>7.5. EFECTOS DE LOS RESIDUOS DE ORGANOCLORADOS Y ORGANOFOSFORADOS EN LA SALUD HUMANA .....</b>	<b>54</b>
7.5.1. Organoclorados .....	54
7.5.2. Organofosforados .....	55
<b>8. CONCLUSIONES .....</b>	<b>56</b>
<b>9. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>57</b>

## INDICE DE CUADROS

<b>CUADRO 1. Tiempos de retiro de los antibióticos más usados en bovinos de carne y leche .....</b>	<b>15</b>
<b>CUADRO 2. Tiempos de retiro de los antiparasitarios en bovinos .....</b>	<b>17</b>
<b>CUADRO 3. Tiempos de retiro de los compuestos hormonales .....</b>	<b>23</b>
<b>CUADRO 4. Residuos de organoclorados encontrados en leche .....</b>	<b>36</b>

## **1.- RESUMEN**

Hoy en día la producción de carne y leche bovina, exige una inspección a fondo con respecto a la contaminación química y biológica. Esta contaminación puede estar provocada inconscientemente o conscientemente por una o más sustancias de uso cotidiano en la explotación ganadera y sus efectos pueden ser a corto o largo plazo según sea el caso. Además, este problema se agrava por el limitado conocimiento de las propiedades toxicológicas de las sustancias químicas y biológicas a las que está expuesto o sometido el ganado. Con la presente monografía se pretende contribuir a la determinación de la situación actual de la contaminación de la carne y leche bovina como alimento; se presentan aspectos relacionados con residuos de antibióticos, antiparasitarios, hormonas, micotoxinas, plaguicidas y metales pesados. El presente trabajo comprende los siguientes puntos: (1) clasificación de las sustancias aplicadas a los bovinos y que atentan a la inocuidad por la toxicidad de los residuos que dejan en la carne y leche y entre los cuales tenemos a los antibióticos, antiparasitarios y hormonas; (2) contaminantes que ingieren los bovinos durante su etapa de producción y entre los cuales se mencionan los siguientes: micotoxinas, plaguicidas y metales pesados y la presencia de éstos en la carne y leche; y por último (3) se mencionan los efectos de estos contaminantes en la salud humana, que pueden ser desde una simple intoxicación, alergia o hasta la aparición de diferentes tipos de cáncer.

**PALABRAS CLAVE: inocuidad, carne, leche, contaminación, residuos.**

## **2.- INTRODUCCIÓN**

La inocuidad es la ausencia o la presencia de niveles aceptables de contaminantes, adulterantes, toxinas que se dan en la naturaleza y cualquier otra sustancia que pueda hacer nocivo al alimento para la salud (Gay y Morales 2005).

Diversos factores han provocado que se incremente el interés en lograr un suministro de alimentos inocuos. Para tener una idea del porqué este interés en la inocuidad de los alimentos, se tiene que, en Estados Unidos, solamente los gastos por pérdidas de productividad debidas a contaminantes específicos de los alimentos se han estimado entre 9.4 y 15.6 billones de dólares cada año; asimismo, se han registrado hasta 9 mil muertes por enfermedades ocasionadas por productos en mal estado. La Organización Mundial de la Salud es contundente: cada año en el mundo fallecen tres millones de personas por el consumo de alimentos contaminados.

La inocuidad con la que se trate la carne y la leche bovina es de suma importancia en la salud pública a nivel mundial, cabe mencionar que es necesario conocer las formas de contaminación a la que estos productos son expuestos. Es responsabilidad del productor y del medico veterinario conocer y entender las causas que ponen en riesgo la salud animal y la del humano; con seguridad estas causas están relacionadas con un mal manejo o practica dentro de la explotación pecuaria. Se sabe que un gran numero de enfermedades y padecimientos que afectan a la humanidad se da por deficiencias en la inocuidad alimentaria, y en otros casos se desconoce hasta que punto puede llegar a ser nocivo para la salud.

Dentro de las necesidades primarias del ser humano quizá la más importante es la alimentación, puesto que de ella depende directamente la salud de individuo y su vida propia. La contaminación de los alimentos, ya sea por cualquier causa, trae como consecuencia que la salud del individuo que los consume sea afectada de manera significativa a lo largo de su vida. Así tenemos que en un principio de la historia, cuando el productor era el mismo quien consumía sus propios alimentos, si se llegaba a presentar algún caso de enfermedad transmitida por los alimentos solo él y/o los miembros de su familia se veían afectados. Hoy en día dada la situación que gracias a los medios de transporte un producto puede ser elaborado hoy en cualquier parte del mundo y mañana ser consumido del otro lado del planeta, la posibilidad de diseminación de enfermedades a través de los alimentos ha aumentado significativamente, no solo en magnitud, sino también en el alcance. No es un fenómeno el que una epidemia termine convirtiéndose en una pandemia, pero si es novedosa la velocidad con la que ocurre en nuestros días (Alvares-Valente *et al.*, 1997).

En los últimos años la aparición, en prácticamente todos los continentes, de brotes importantes de enfermedades de transmisión alimentaria ha demostrado su importancia como problema social y de salud pública. Además del sufrimiento humano que provocan, esas enfermedades tienen consecuencias especialmente graves para las economías emergentes, mientras que la contaminación incontrolada de alimentos es un obstáculo para el desarrollo de sistemas sostenibles de producción de alimentos (INEGI 2004).

Una grave limitante para la vigilancia del ingreso de estas y otras enfermedades de un país a otro, es el hecho de que nos enfrentamos a enemigos invisibles en la mayoría de las veces, por lo que se requiere de técnicas especiales, ciertas metodologías, experiencia y mucho conocimiento de la problemática para hacer frente a este reto. Por otro lado el número de personas que se desplazan de un lugar a otro, ya sea de paseo o por cuestión laboral se ha visto incrementado en los últimos años y la Organización Mundial de la Salud (OMS) menciona que aproximadamente uno de cada tres viajero sufre de una enfermedad transmitida por los alimentos durante cada viaje (Alvares-Valente *et al.*, 1997).

Un control eficaz de las enfermedades de transmisión alimentaria ha de basarse entre otras cosas, en la obtención y evaluación de la información sobre los riesgos que presentan los alimentos y sobre la incidencia de las enfermedades que se transmiten. Para abordar la reducción de la carga que suponen estas enfermedades a nivel mundial, es imprescindible que todos los países reconozcan que la cuestión de la inocuidad alimentaria es un problema de salud pública al que deben asignar alta prioridad. Para lograr el objetivo de reducir la incidencia mundial de esas enfermedades, es vital que los países en desarrollo puedan controlar los riesgos que afectan la inocuidad de los alimentos (Hill 1995).

### **3.- OBJETIVO**

El objetivo principal de esta monografía es recopilar datos acerca de la presencia de contaminantes químicos y biológicos en carne y leche bovina a nivel mundial.

Así mismo dar a conocer cuales son las principales fuentes de contaminación de estos productos, las causas que la originan, sus repercusiones a primera instancia en el animal y en la población humana que las consume. Para se menciona las normas oficiales mexicanas así como otras de carácter internacional mediante las cuales se fundamentan los diferentes programas implementados para lograr la inocuidad en la carne y leche bovina en las empresas.

Todo esto con la finalidad de evidenciar a los productores y en la población en general de la importancia de los estragos que generan las enfermedades transmitidas por los alimentos en nuestro país y el mundo, tanto a nivel económico como social y de salud publica.

#### **4.- ANTECEDENTES**

##### **4.1 Importancia de la inocuidad.**

Hasta hace algunos años, el ser humano era autosuficiente en su forma de vida. Aun podemos observar grupos aislados que viven en forma “natural”, es decir, que obtienen de su entorno lo que necesitan sin ocasionar un impacto devastador sobre él (Alvares-Valente *et al.*, 1997).

La carne y la leche bovina han formado parte de la dieta integral alimenticia de la humanidad a través de los siglos, esto es principalmente por el alto valor nutricional que representan, sino también por ser productos de fácil acceso para buena parte de la población, se tiene que en la Europa medieval varios países ya tenían normas relativas para la calidad de estos productos. Algunos de estos antiguos estatutos se conservan todavía (Codex alimentarius 2006).



## **4.2 Importancia de la inocuidad en carne.**

La carne de bovino hoy en día es una de las fuentes de proteína más importantes dentro de la dieta integral del mexicano y de gran parte de la humanidad. Sin embargo, para producir una carne segura y sana, es necesario modificar e implementar nuevas prácticas de producción pecuaria. Desgraciadamente los esquemas de alimentación, manejo y sanidad del ganado en confinamiento se han desarrollado paulatinamente, lo que ha provocado que el consumidor tenga sus precauciones al momento de consumir carne. Hace un par de años la inclusión de ingredientes en la elaboración de las dietas para el ganado, como las harinas de carne, subproductos de la industria avícola y porcina, se incluían sin ningún control de calidad, sabiendo de antemano el riesgo de obtener un ganado con un potencial muy alto de producir carne de dudosa calidad y sobre todo, que representará un peligro de toxicidad para el consumidor; siendo el objetivo del ganadero adquirir materia prima a bajo costo (SENASICA 2009).

Asimismo, el uso no controlado de biológicos, antibióticos, hormonas, y aditivos alimenticios; han puesto de manifiesto nuevamente la incertidumbre en el consumo de carne, por los problemas de salud ocasionados al consumidor (alergias, hipersensibilidad, cáncer, anemias y otro gran número de trastornos del metabolismo), ocasionando que muchos de estos productos fueran retirados del mercado (SENASICA 2008) (Alvarado *et al.*, 2008) (Lozano y Arias 2008).

En la actualidad, el mercado internacional, y nacional demandan que los alimentos de origen cárnico no cause daño a la salud, ya que existen sustancias que en

forma accidental o inducida pueden contaminarlos. Por eso es imprescindible establecer políticas y acciones que aseguren la inocuidad de la carne y que garanticen su calidad higiénica para beneficio de los consumidores (SENASICA 2009).

#### **4.3 Importancia de la inocuidad en leche.**

La leche cruda es la materia prima de todos los productos lácteos, por lo que la alteración de su calidad, en especial en cuanto a composición y propiedades físicas, influye sobre la aptitud de la misma para su transformación y/o elaboración, y puede afectar las características e inocuidad de los productos terminados. La leche y los productos lácteos son alimentos consumidos a diario por amplios sectores de la población, especialmente niños, por esta razón los ordenamientos legales de todos los países establecen que la leche destinada a consumo humano no debe contener ninguna sustancia extraña o productos que influyan negativamente sobre su estado higiénico, valor nutritivo o características tecnológicas (Reyes-Arreguin 2007).

Años atrás, el consumidor se conformaba con que el producto lácteo se encontrara fresco, considerando solamente algunas de las características organolépticas del producto, sin embargo, actualmente, busca un producto que no le cause daño, aunado al valor nutritivo y al sabor, así como el que cuente con una vida de anaquel mayor. En la actualidad los mercados nacional e internacional demandan y merecen alimentos de origen animal que no causen un daño a la salud del consumidor, ya que existen diversos factores que pueden contaminarlos; por lo que para acceder con éxito al mercado, todos los eslabones de la cadena

láctea deben asumir esa responsabilidad, desde las unidades de producción hasta el consumidor final (SENASICA 2008).

## **5. CLASIFICACION DE LAS SUSTANCIAS APLICADAS A LOS BOVINOS QUE ATENTAN A LA INOCUIDAD EN CARNE Y LECHE.**

Las diferentes sustancias potencialmente peligrosas pueden contaminar la carne y la leche a partir de la alimentación del ganado (como: plaguicidas, herbicidas y micotoxinas), del medio ambiente (metales pesados) o de tratamientos prescritos al animal (antibióticos, antiparasitarios y hormonas). Esta contaminación plantea problemas especiales, ya que suele ser difícil evaluar sus consecuencias a largo plazo sobre la salud pública. Tomar medidas preventivas al respecto es indispensable para evitar o disminuir los riesgos de afectación a los consumidores (Reyes-Arreguin 2007).

### **5.1. ANTIBIOTICOS.**

Los antibióticos son sustancias producidas por varias especies de microorganismos (bacterias, hongos, actinomicetos), que suprimen el crecimiento de otros microorganismos y pueden incluso llegar a destruirlos. De acuerdo a la NOM-004-1994/1999 (Control de residuos tóxicos en carne, grasa, hígado y riñón de bovinos, equinos, porcinos y ovinos. Residuos tóxicos, límites máximos permisibles y procedimientos de muestreo), un antibiótico se define como la sustancia química o metabolito obtenido en un proceso de fermentación, los

cuales actúan contra los microorganismos productores de enfermedades en cualquier ser vivo (Gay y Morales 2005).

### **5.1. 1. USOS DE LOS ANTIBIOTICOS EN EL GANADO BOVINO.**

#### **Promotores del crecimiento.**

Los antimicrobianos son usados en el ganado como promotores del crecimiento debido una serie de efectos que incluyen: la reducción de la población bacteriana en el tracto gastrointestinal, principalmente en el duodeno, con ello se optimiza el aprovechamiento de ciertos nutrientes. (Sumano 2003).

#### **Profilácticos antiinfecciosos.**

Intervenciones quirúrgicas, transporte de animal, destete, etc. Dosis bajas durante periodos prolongados (Sumano 2003).

#### **Tratamiento de las enfermedades infecciosas.**

Dosis altas durante periodos cortos (Sumano 2003).

### **5.1.2. LOS ANTIBIÓTICOS COMO PROMOTORES DEL CRECIMIENTO.**

Estos son solo algunos de los antibióticos usados en el ganado bovino ya sea de carne o lechero, con la intención de ganar peso y en algunos casos aumentar la producción láctea.

#### **Tetraciclinas.**

Al igual que la penicilina y la bacitracina aumentan el nivel sanguíneo de calcio. La clortetraciclina, la bacitracina y la oxitetraciclina, son aprobadas en estados unidos

como promotores del crecimiento. Además de los efectos conocidos de los antibióticos ergotrópicos algunos investigadores han observado que la clortetraciclina produce un incremento de peso de las glándulas endocrinas sin causar alteraciones histológicas evidentes. Se desconoce la relevancia fisiológica de este evento (Sumano y Ocampo 2006) (Sumano 2003).

### **Avoparcina.**

Actúa principalmente contra bacterias grampositivas y se considera de espectro reducido. No se ha informado sobre la aparición de resistencia, debido a que no tiene uso terapéutico en seres humanos. Se suministra al ganado de carne a razón de 66g/ ton de alimento rico en cebada (Sumano 2003).

### **Bacitracina- zinc.**

Es bactericida y actúa principalmente contra bacterias grampositivas y menos contra gramnegativas. Se utiliza muy poco en terapéutica humana, excepto en forma de pomadas para aplicación tópica. Se suministra al ganado de carne de 5-50 g/ ton en el alimento (Sumano y Ocampo 2006) (Sumano 2003).

### **Colimicina.**

Se ha utilizado como promotor del crecimiento y como sustancia profiláctica de algunas enfermedades entéricas; en la actualidad se usa poco por los problemas colaterales que genera ya que es potencialmente nefrotóxica (Sumano 2003).

### **Bambermicina.**

Tiene cierta actividad antibacterial y se utiliza principalmente como promotor del crecimiento. No deja residuos en el tejido (Sumano 2003).

### **Tilosina.**

Actúa como promotor del crecimiento, para bovinos se utiliza para la profilaxis de abscesos hepáticos en dosis de 8-10g/ton de alimento/día. Las vacas lactantes se deben de retirar de la línea de ordeña durante 96 h, para evitar el consumo de la leche con residuos para el ser humano (Sumano 2003).

### **Salinomicina.**

Se utiliza para mejorar la ganancia alimenticia proporcionando 100mg/animal/día; no se debe administrar por más de 4 a 7 semanas, ya que provoca toxicosis y muerte. No se debe utilizar en vacas productoras de leche, en bovinos para pie de cría o de reemplazo. (Sumano 2003).

### **Furazolidona.**

Como promotor de crecimiento en bovinos, esta bajo revisión actualmente su permanencia en el mercado al igual que los demás nitrofuranos (Sumano y Ocampo 2006) (Sumano 2003).

### **5.1.3 ANTIBIOTICOTERAPIA.**

Una de las facetas de la clínica bovina que más controversia suscita, es la referente a la quimioterapia de las enfermedades bacterianas. La selección del

antibacteriano adecuado para cada caso, depende de muchos factores: como la sensibilidad bacteriana, el conocimiento de la difusión del antibiótico a los tejidos afectados, la edad y la salud del animal, las características de la presentación farmacéutica disponible, la toxicidad del medicamento y, de manera inevitable, la relación costo-beneficio (Sumano 2003).

### **Penicilinas y cefalosporinas.**

Estos dos grupos se conocen como antibióticos  $\beta$  lactámicos, incluyen a las benzilpenicilinas, las ureidopenicilinas, las isoxazolilpenicilinas y las amidinopenicilinas; igualmente se incluyen a este grupo a los inhibidores de las enzimas  $\beta$  lactamasas, como es el caso del ácido clavulánico. Las penicilinas se encuentran ionizadas en el plasma, por esa razón su distribución en los tejidos se encuentra algo limitada, atraviesan con dificultad la barrera placentaria. Tampoco se logran niveles adecuados en el peritoneo y las membranas sinoviales. Por otro lado, las cefalosporinas tienen un mayor volumen de distribución que las penicilinas y se distribuyen incluso a los tejidos poco perfundidos. Las cefalosporinas pueden ser nefrotóxicas (Sumano y Ocampo 2006).

#### **5.1.4. Tiempos de retiro y residuos en carne y leche.**

Para que estos antibióticos no dejen residuos en la carne y en la leche es necesario conocer sus tiempos de retiro, (ver cuadro 1). Los residuos de penicilinas y cefalosporinas más encontradas últimamente en estos productos son: Amoxicilina, ampicilina, bencilpenicilina, doxalaxilina, cloxacilina, oclaxilina y

penetamato, y en cefalosporinas: cefalexina, cefazolina, cefquinomona, y ceftiofur (Cancho *et al.*, 2000).

### **Aminoglicósidos.**

Los aminoglicósidos son compuestos policatiónicos que no absorbe el aparato gastrointestinal y que se difunden pobremente en el sistema nervioso central. Se excretan por el riñón sin ser biotransformados, de todos los aminoglicósidos la gentamicina es la más nefrotóxica, y la última es la estreptomina. Los aminoglicósidos se han utilizado en el tratamiento de enfermedades sistémicas, en donde el agente etiológico es un gramnegativo (Sumano y Ocampo 2006).

**Efectos tóxicos:** los efectos tóxicos de los aminoglicósidos incluyen ototoxicidad y nefrotoxicidad. Se han encontrado residuos de apramicina en musculo y grasa de bovino (Sumano y Ocampo 2006).

**Tiempos de retiro:** ver cuadro 1

### **Tetraciclinas.**

Las tetraciclinas pasan la barrera placentaria y alcanzan niveles de aproximadamente el 25% de la concentración plástica, tienden a concentrarse en el intestino y en el caso de la oxitetraciclina y la clortetraciclina, su excreción es por vía biliar y través de las secreciones intestinales, lo que provoca muy a menudo diarreas secundarias. Como las tetraciclinas se eliminan por vía renal se postulo que no deben de administrarse con pacientes con falla renal. Las concentraciones de minociclina y doxiciclina son mayores que las de cualquier otra



tetraciclina a nivel del fluido cerebro espinal, cerebro, fluidos oculares, próstata pulmones, secreciones bronquiales y leche (Sumano y Ocampo 2006).

#### **Tiempos de retiro.**

Se ha demostrado que la doxiciclina persiste durante más días en la leche después de una aplicación intramuscular. El mismo efecto se debe considerar cuando el animal esta en producción, ya que el periodo del retiro de la ordeña es hasta de un mes (Sumano y Ocampo 2006).

#### **Cloranfenicol, fluorfenicol y tianfenicol.**

Han gozado de extraordinaria popularidad en la medicina veterinaria debido a su amplio espectro. Actualmente se utiliza para el tratamiento de salmonelosis en becerros, pasteulosis, la difteria de los becerros, mastitis etc. El cloranfenicol tiene una vida media de dos horas en los bovinos adultos y probablemente mayor en los becerros (Sumano y Ocampo 2006).

#### **Tiempos de retiro.**

El cloranfenicol tiende a acumularse en los tejidos y el periodo mínimo de retiro de la ordeña o del rastro es de 21 días (Sumano 2003).

#### **Sulfonamidas**

La mayoría de ellas se eliminan por vía renal, las sulfonamidas no se deben administrar por vía subcutánea, porque producen una irritación severa y la intramuscular se debe evitar lo más posible. Se ha postulado que el retiro del

ordeño debe ser un mínimo de siete días después del último tratamiento (Sumano 2003).

### Tiempos de retiro.

El retiro del rastro puede ser de hasta 15 días después de una administración. (SENASICA 2008).

Antibióticos	
Ingrediente activo	Tiempo de retiro
Amoxicilina trihidrata	25 días
Ampicilina trihidrata	6 días
Cefquinoma	14 días
Ceftiofur	24 horas
Ciprofloxacina	5 días
Enrofloxacina	5 días
Eritromicina	14 días
Espiramicina	====
Florfenicol 300 mg/ml	28 días
Gentamicina	21 días
Kanamicina	21 días
Oxitetraciclina hidrocloreuro	21 días
Oxitetraciclina L.A 200 mg/ml	28 días
Oxitetraciclina L.A 300 mg/ml	28 días
Penicilina G proc+Sulf. Estrep 20/20	30 días
Penicilina G procaínica	15 días
Penicilina G procaínica + Dihidroestreptomicina	30 días
Sulfadimetoxina	15 días
Sulfadoxina + Trimetoprim	10 días
Sulfametazina	15 días
Tilosina	21 días

CUADRO 1: TIEMPOS DE RETIRO DE LOS ANTIBIÓTICOS MAS USADOS EN BOVINOS DE CARNE Y LECHE (SENASICA 2008).

## 5.2. ANTIPARASITARIOS.

### 5.2.1. Bencimidazoles.

En rumiantes son usados para la eliminación de parásitos gastrointestinales y pulmonares, también son utilizados en diferentes especies animales. En humanos

provocan anorexia, náuseas, vómito y mareo; algunas veces llegan a ocasionar diarrea, gastritis y dolor de cabeza. No se ven afectadas las células del hospedador. Ejemplos: albendazol, tiabendazol, benomilo, oxfendazol, albendazol, mebendazol (Sumano 2003).

## **5.2. 2. Ivermectinas.**

Las ivermectinas actúan contra una gran cantidad de parásitos gastrointestinales, pulmonares, arácnidos e insectos, el método de aplicación en el ganado bovino es subcutáneo (Sumano 2003).

## **5.2.3. Tiempos de retiro.**

La mayoría de antiparasitarios tienen períodos de retención, si la leche o la carne de animales tratados se destinan al consumo humano, los requisitos específicos de cada uno deben ser respetados. Tiabendazol se absorbe y se excreta más rápidamente; fenbendazol, oxfendazol y albendazol se absorbe y se excreta en un período más largo, que requiere la retención de los períodos de 8-14 días antes del sacrificio para la carne, y 3-5 días antes del ordeño para el consumo humano.

El Closantel, Rafoxanida, y nitroxinil se unen más fuertemente a las proteínas en sangre que la Oxiclozanida, y por lo tanto permanecen en la sangre durante períodos más largos. Si bien esta mayor persistencia se asocia con una mayor actividad frente a trematodos hepáticos inmaduros, el período de retención para el sacrificio es también más largo: 21-30 días para Closantel, Rafoxanida y Nitroxinil, en comparación con 7-14 días para Oxiclozanida. El levamisol y morantel se excreta rápidamente, por lo que los períodos de retención para la carne son

cortas, y con frecuencia no hay, retención de período de la leche. La ivermectina y doramectina se excretan en la leche y no se recomiendan cuando la leche se destina al consumo humano, acorde con su largo período de actividad, tienen períodos de retención significativa antes del sacrificio (por ejemplo, 35 días), que varían con las formulaciones y regulaciones locales (The Merck Veterinary Manual 2008).

Endectocidas	
In ingrediente Activo	
Eprinomectina	
Abamectina	28 días
Doramectina	35 días
Ivermectina	35 días
Ivermectina ( fórmula tixotrópica )	122 días
Ivermectina	49 días
Moxidectina	35 días
Desparasitantes Inyectables	
In ingrediente activo	
Diamidinas	
Dipropionato de imidocarb	28 días
Levamisol clorhidrato	15 días
Levamisol fosfato	15 días
Ricobendazole	14 días

CUADRO 2: TIEMPOS DE RETIRO DE LOS ANTIPARASITARIOS EN BOVINOS (SENASICA 2008)

### 5.3. COMPUESTOS HORMONALES

Los agentes anabólicos son una alternativa para acrecentarla producción, pues son hormonas que influyen en las funciones metabólicas del animal, mejorando el balance de nitrógeno en el organismo y por consiguiente, incrementando la

producción de proteína en el mismo. Las más usadas en la ganadería son las hormonas gonadales (Esteroides), masculinas (Estrógenos) y las que tienen actividad progestacional (Bernabé-Sanz 2002).

### **Clasificación de las hormonas.**

Se clasifican en base de tres criterios distintos

1.- por su actividad hormonal:

- a) Estrogenica (estradiol, zeranol).
- b) Androgenica (testosterona, acetato de trembolona).
- c) Progestágeno (progesterona).

2.- por su origen:

- a) Naturales (estradiol, testosterona y progesterona).
- b) Artificiales (zeranol y acetato de trembolona).

3.- por su estructura química:

- a) Esteroides (hormonas naturales y acetato de trembolona).
- b) No esteroides (dietilestibestrol, hexoestrol y zeranol) (Bernabé-Sanz 2002).

## **5.3.1 HORMONAS UTILIZADAS EN GANADO DE CARNE Y LECHE**

### **Antitiroideos.**

Las hormonas tiroideas son la tetrayodotironina (T4) y la triyodotirona (T3) que poseen estructura de aminoácidos derivados de la tironina. Son sustancias que inhiben la síntesis de hormona tiroidea (tiroxina). Se administran mezclados con el alimento durante 40 días antes del sacrificio de los animales, por ello se conocen vulgarmente como “finalizadores cárnicos”. Sin embargo práctica constituye un

fraude alimentario dado que el incremento de peso de los animales se debe fundamentalmente a la retención de agua en los tejidos. El fraude se detecta fácilmente observando el tamaño y el peso de tiroides que están muy aumentados. Su empleo se prohibió en España en 1977 y de nuevo diez años más tarde (Ministerio de Relaciones con las Cortes y de Secretaría de Gobierno, 1987). La Directiva 81/602/CEE, DOCE del 1-08-1981, prohíbe el empleo de los antitiroideos como promotores del crecimiento en todos los países de la UE (Bernabé-Sanz 2002).

### **Zeranol (ralgro)**

El zeranol es un agente anabolizante xenobiótico que es ampliamente utilizado de forma legal en numerosos países, como los Estados Unidos, para incrementar la Tasa de Crecimiento y el Índice de Conversión del ganado de producción de carne. Sin embargo, en los países de la UE, el empleo de anabolizantes está prohibido desde el año 1986 (zeu-Inmunotec).

### **Estradiol y acetato de trembolona (synovex)**

Los implantes que contienen estradiol y acetato de trembolona han sido considerados generalmente como de “alta tecnología”, ya que el estradiol tiene un efecto directo al unirse a la célula muscular y un efecto indirecto al influir sobre diferentes glándulas endocrinas, mientras que el acetato de trembolona ayuda directamente en la síntesis proteica convirtiendo eficientemente el alimento en músculo. Con este tipo de implantes el ganado muestra consistentemente un aumento en la ganancia diaria de peso y una mejor eficiencia alimenticia. La

formulación de acetato de trembolona y benzoato de estradiol en synovex plus optimiza estas ventajas. Numerosas pruebas con diferentes proporciones de acetato de trembolona y benzoato de estradiol han permitido identificar la proporción y la dosis en la que los animales desarrollan una máxima respuesta en ganancia de peso y mejora de la eficiencia alimenticia. Los hallazgos revelaron que una proporción de 1:10 (una parte de estradiol por cada diez partes de acetato de trembolona) superaba los estándares preestablecidos (fort dodge).

### **Dietilestibestrol.**

Antiguamente se utilizó como promotor del crecimiento, en la actualidad se encuentra obsoleto y reemplazado por otros productos con menos efectos secundarios. Este es un compuesto estrogénico usado para aumentar la eficiencia de la conversión alimenticia y la ganancia de peso. Su uso fue discontinuado en 1979 debido a que se relacionó al desarrollo de cáncer en humanos (SAGARPA 1994).

### **Clenbuterol**

Es una sustancia simpaticomimética con acción broncodilatadora que ejerce un efecto selectivo estimulante sobre los receptores adrenérgicos tipo  $\beta$  del musculo liso, también se denomina agente de repartición en virtud de que estimula la producción de proteína y reduce la grasa. En el ámbito internacional esta prohibido su uso como promotor de la producción (Guerrero 2010).

### **Somatotropina bovina (stb).**

La somatotropina bovina es una hormona polipeptídica proveniente de las células acidófilas o somatotrópicas y esta formada por 191 aminoácidos. Su fórmula condensada es  $C_{976} H_{1533} N_{265} O_{286} S_8$ ;  $C_{987} H_{1550} N_{268} O_{291} S_9$ ;  $C_{978} H_{1537} N_{265} O_{286} S_9$ ;  $C_{1020} H_{1596} N_{274} O_{302} S_9$ . Es un promotor del crecimiento y galactopoyético (Sumano 2003).

### **Efectos.**

Tiene los siguientes efectos anabolizantes:

Aumenta la fijación de N y el reparto de nutrientes para el crecimiento y la producción láctea.

Incrementa la oxidación de ácidos grasos.

Preserva la proteína corporal

Inhibe el transporte de glucosa al interior de las células (efecto diabético) y facilita la división celular y el crecimiento óseo.

El aspecto más importante de la somatotropina bovina en nuestros días es no conocer sus efectos, sino disponer de ella industrialmente a través de la ingeniería genética recombinante utilizando DNA de *escherichia coli*, con la que se obtiene un producto idéntico que se denomina somatotropina bovina recombinante (STBr).

En la actualidad se estima que con el uso adecuado de la somatotropina bovina se puede aumentar la producción de leche de 6 a 25% en vacas con potencial genético, la somatotropina no sobrestimula los mecanismos fisiológicos, sino que



incrementa la producción de leche en vacas genéticamente superiores en condiciones optimas de nutrición y manejo y sin estrés calórico (Sumano 2003).

### **Indicaciones y dosis.**

Se administran 5 mg/día/30 días, iniciando a los 40 días posparto, o bien 50mg/día durante toda la lactación hasta el secado. El punto medio de estas dosificaciones extremas es de aproximadamente 20-25 mg/ día a partir del día 30 de lactación y hasta el sexto mes (Sumano 2003).

### **Tiempo de retiro.**

No deja residuos tóxicos para el ser humano, ya que la somatotropina bovina es una proteína que como otras sigue las vías normales de digestión en el ser humano. No obstante esta afirmación no puede ser categórica, y se recomienda una evaluación más detallada sobre el posible efecto de la somatotropina bovina en las vías GI del ser humano, lo cual reviste gran dificultad técnica (Sumano 2003).

### **Oxitocina.**

La oxitocina es una hormona formada por nueve aminoácidos, que participa en la regulación de diversos procesos fisiológicos, la mayoría de ellos vinculados con la reproducción, donde se incluyen la función ovárica, el parto, la lactación y el establecimiento de conductas como el instinto materno y otras interacciones sociales importantes para el comportamiento sexual. Se ha documentado que con la administración de dosis de únicamente 0.1 UI se puede inducir la bajada de la leche se mostraron resultados que indican que la eyección de la leche se apega a

que sólo es necesario rebasar un umbral mínimo de concentración de oxitocina (Gonzales y Espinosa 2009).

Hormonales	
Ingrediente activo	
Cipionato de estradiol	30 días
Cloprostenol	2 días
Dinoprost	2 días
F.S.HORAS	24 horas
GnRH ( factor liberador de gonadotropinas)	7 días
Gonadotropina coriónica	15 días
Luprostiol	1 día
Oxitoxina	3 días
Progesterona	30 días

**5.2.3. CUADRO 3: TIEMPOS DE RETIRO DE LOS COMPUESTOS HORMONALES.** (SENASICA 2008).

### 5.3.3. RESIDUOS HORMONALES EN CARNE Y LECHE

#### En carne.

**Dietilestilbestrol, zeranol y taleranol,** Estos anabólicos se han detectado en musculo e hígado. Se detectan por cromatografía de gases y su presencia es confirmada por espectrometría de masas (Flores y Fragoso 2008).

**Clenbuterol:** En México, en 1999 la SAGAR recibió denuncias sobre el uso de una sustancia que combinada con sales minerales y vitaminas producía el desarrollo acelerado de la masa muscular en el ganado bovino. En atención a ellas se iniciaron una serie de acciones oficiales que incluyeron visitas de verificación y recolección de muestras por personal oficial; la implementación de un método diagnóstico en el laboratorio oficial de la Secretaría: “Centro Nacional

de Servicios de Constatación en Salud Animal”, lo que aunado a la realización de investigaciones permitió comprobar el empleo de Clenbuterol en bovinos de engorda, aún teniendo como antecedente que la SAGARPA nunca había autorizado el registro del principio activo para tal fin (Flores y Fragoso 2008).

### **En leche.**

Se ha detectado la presencia de Somatotropina bovina (stb), estradiol, y tiroxina en leche destinada al consumo humano, esto se da principalmente cuando no se respetan los periodos de retiro de estas sustancias (SENASICA 2008).

## **6. CONTAMINANTES QUE INGIEREN LOS BOVINOS DE CARNE Y LECHE DURANTE SU ETAPA DE PRODUCCION**

### **6.1 Micotoxinas.**

Las micotoxinas son metabolitos tóxicos producidos por diversos hongos que crecen en los granos de cereales, leguminosas y en alimentos que se han formulado en base de los mismos. Las micotoxinas pueden causar daños a la salud animal y al hombre cuando son ingeridas de forma gradual y constante en pequeñas dosis. Los hongos que producen micotoxinas se encuentran en todo el mundo y los alimentos pueden contaminarse cuando estos se desarrollan en el campo, durante la cosecha, en el almacenamiento o durante el procesamiento. Las cosechas contaminadas incluyen frecuentemente: maíz, sorgo, cebada, trigo, centeno, arroz y semillas de algodón. Determinadas condiciones ambientales de temperatura y humedad favorecen el desarrollo de los hongos y por consiguiente la generación de micotoxinas. Esto ocurre principalmente en granos, pastas

oleaginosas y en alimentos terminados, siendo en algunos casos inevitable, en la industria pecuaria latinoamericana, el tener que utilizar granos contaminados, sobre todo en el caso de importaciones, por ser prácticamente imposible su devolución (Medina *et al.*, 1997).

Los granos y semillas son invadidos por hongos durante su formación en la planta o cuando estos han madurado en espera de la cosecha. Por lo regular, los granos y semillas, unas veces cosechadas son sometidos al secado, evitando con ello la proliferación micótica en cierta medida (Sarfati *et al.*, 1997).

A consecuencia de la presencia de micotoxinas en alimentos para todo el mundo, estos son habitualmente consumidos especialmente por el ganado productor de leche (Whitlow *et al.*, 1997).

### **6.1.1 Aflatoxinas.**

Son las micotoxinas más importantes, producidas por tres especies de *Aspergillus* (*flavus*, *parasiticus* y *nomius*). Se caracterizan por ser sustancias hepatotóxicas, carcinogénicas, teratogénicas y mutagénicas. Se han identificado hasta el momento 18 tipos de aflatoxinas, siendo la más tóxica la M1 (derivado metabólico de la aflatoxina B1) que 'puede encontrarse en la leche y orina. En segundo lugar la M2 (derivado metabólico de la B2, también procedente del metabolismo animal). Las aflatoxinas son contaminantes frecuentes en los cereales y sus subproductos, así como en alimentos para humanos. El principal síndrome que producen es hepatotóxico, pudiendo también provocar problemas renales. Además, al ser sustancias inmunosupresivas se ha observado en animales consumiendo

alimentos contaminados una mayor susceptibilidad a enfermedades como salmonelosis. La aflatoxicosis se reconoce por cambios histopatológicos específicos en el hígado y órganos asociados. Las lesiones mas características son atrofia del tejido hepático con infiltración de grasa y proliferación de conductos biliares y fibrosis. Se ha demostrado que la AFB1 afecta directamente la utilización de nutrientes por reducción de las sales biliares y la actividad de enzimas digestivas primarias como amilasa, tripsina y lipasa (Bauza 2007).

Las aflatoxinas son altamente resistentes al calor y no se eliminan de los comestibles o del pienso de los animales, ni con las prácticas ordinarias de cocción, ni con la pasteurización. Sin embargo, son relativamente inestables cuando se exponen a la luz y particularmente a la radiación ultravioleta. Pueden ser químicamente degradadas con agentes oxidantes, álcalis, peróxido de hidrógeno y con amoníaco. Pueden ser totalmente destruidas sometiéndolas al autoclave en presencia de amoníaco o por tratamiento con hipoclorito (Duarte-Portocarrero 2005).

### **6.1.2 Ocratoxinas.**

Es primariamente producida por los géneros *Aspergillus* y *Penicillium* que han sido encontrados como contaminantes de granos en Norte América y partes de Europa. De este grupo, el tipo A es el más común e importante. Los efectos en el ganado pueden incluir: desarrollo deficiente, reducción de la producción láctea, fallas renales y muerte (a niveles mayores de 800 ppm). El hongo responsable de la producción de ocratoxina puede invadir los almidones de los granos de cereales

como el maíz y el trigo con un contenido de humedad entre 15.5-16% (Newman 1998).

### **6.1.3 Fumonisinias.**

Son micotoxinas producidas en todo el mundo por *Fusarium moniliforme* y especies afines cuando crecen en el maíz. Tienen importancia toxicológica las Fumonisinias B1 y B2 (De Nijs 1998).

La Fumonisinias B1 es la que en mayor proporción se encuentra en los granos, aunque las B2 y B3 son tan tóxicas como la primera. Es por esto que el nivel total de fumonisinias B debe ser usado para evaluar sus efectos tóxicos (Sarfati 1998).

### **6.1.4 Tricotecenos.**

Son producidas por hongos de la familia de los *Fusarium* (*tricinctum*, *roseum* y *nivale*). Si bien existen 40 derivados tricotecenos, solo 3 son importantes del punto de vista de la nutrición: toxina T-2; diacetoxiscirpenol (DAS) y vomitoxina o deoxinivalenol (DON). Estas toxinas se encuentran como contaminantes naturales en los cereales y sus subproductos. Se producen en muchas partes del mundo y su presencia se relaciona con períodos prolongados de tiempo lluvioso durante la cosecha. Provocan un síndrome gastroentérico, siendo afectados principalmente el sistema digestivo, nervioso, circulatorio y la piel. Una característica de la vomitoxina es que provoca vómitos y rechazo del alimento. A nivel celular, el principal efecto tóxico de las micotoxinas tricotecenas es la inhibición de la síntesis proteica seguida de una interrupción secundaria de la síntesis de DNA y RNA. El

efecto más importante de las toxinas tricotecenas es su actividad inmunodepresora que estaría asociado el efecto inhibitor de la biosíntesis de estas macromoléculas. La acción tóxica de estas micotoxinas consiste en una necrosis extensiva de la mucosa de la piel y boca cuando hay contacto con la micotoxina; se producen problemas agudos a nivel del tracto gastrointestinal, degeneración de la médula ósea y una significativa inhibición del sistema inmunitario. La T-2 toxina entre otros desórdenes, se menciona que puede ser causante de muerte en el ganado (Bauza 2007).

## **6.2 RESIDUOS DE MICOTOXINAS EN CARNE Y LECHE BOVINA**

Los residuos de micotoxinas se pueden presentar en la carne y la leche siendo más peligrosa y más frecuente la presencia de éstas en la leche (Arbillaga et al., 2004).

### **En carne.**

#### **Ocratoxina.**

Especies fúngicas productoras de ocratonina pueden invadir una gran cantidad de alimentos y ser origen de contaminación por esta micotoxina, su presencia en tejidos animales y derivados cárnicos es también importante por lo que representa para el consumo humano. La carne bovina, en principio no supone peligro para la salud humana ya que los rumiantes destruyen la ocratonina por la acción de enzimas bacterianas presentes en el rumen (Arbillaga et al. 2004).

**En leche.**

### **Aflatoxinas B1 y B2.**

En el caso de las vacas lecheras, el consumo de alimentos contaminados con aflatoxina B1 o B2 no solo reduce la producción sino que también se corre el riesgo de contaminación de la leche con aflatoxina M1 o M2, productos del metabolismo por el animal de las B1 y B2, respectivamente (Bauza 2007).

### **Aflatoxina M1.**

La aflatoxina M1 es una micotoxina, que aparece en la leche de mamíferos que han ingerido alimentos contaminados con aflatoxina B1, siendo este un metabolito tóxico producido por ciertos hongos (Díaz 2005).

### **T-2 toxina.**

Residuos de esta toxina han sido encontrados en leche, pero tienen una baja tasa de transferencia del alimento a la leche (Whitlow *et al.*, 1998)

## **6.2. HERBICIDAS Y PLAGUICIDAS**

El uso de plaguicidas en la agricultura y en la producción animal ha sido muy importante para el control de plagas, por su bajo costo y alta efectividad. Por otro lado, los agroquímicos han impactado considerablemente el medio ambiente por su elevada persistencia, toxicidad aguda y crónica y su habilidad para bioacumularse (Vázquez-Moreno *et al.*, 2002)

La presencia de agroquímicos en alimentos representa un riesgo para la salud humana a lo que se suma la característica que tienen los plaguicidas



organoclorados de disolverse en fase lipídica y por tanto acumularse en animales y por consecuencia la aparición de residuos en carne y leche bovina (Lorenzatti *et al* 2003).

## **6.2.1 RESIDUOS DE ORGANOCOLORADOS Y ORGANOFOSFORADOS EN CARNE DE BOVINO**

### **Hidrocarburos clorados (organoclorados).**

Solubles en lípidos; se acumulan en los tejidos grasos de los animales; son transferidos a través de la cadena alimenticia; tóxicos para una gran variedad de animales; persistentes a largo plazo. Según la NOM-021-ZOO-1995. La determinación de residuos de plaguicidas organoclorados en grasa de bovinos se debe de hacer por la técnica de cromatografía de gases. (Avalos-Gómez y Ramírez-Gutiérrez 2003)

### **Ejemplos.**

**Aldrín:** Insecticida que actúa por contacto e ingestión, altamente efectivo contra las plagas del suelo (Avalos-Gómez y Ramírez-Gutiérrez 2003).

**Lindano:** por ser un plaguicida de amplio espectro, el lindano tiene usos muy variados. En México se utiliza en el sector agropecuario, veterinario, incluso en la salud humana. El lindano está autorizado para el tratamiento de semillas de avena, cebada, frijol, maíz, sorgo y trigo. En cuanto al ganado bovino es utilizado como antiparasitario externo (Avalos-Gómez y Ramírez-Gutiérrez 2003).

**Dieldrín:** Insecticida persistente con acción de contacto e ingestión, con amplio espectro de acción. Usado para el control de insectos del suelo; y en salud pública. No se recomienda su uso para aspersión foliar sobre cultivos comestibles, debido a dificultades residuales (Jerez-Fuenzalida 1999).

**Endrín:** Insecticida persistente con acción de contacto e ingestión. Se usa para el control de insectos del algodón y granos pequeños: Saltamontes y roedores (Jerez-Fuenzalida 1999).

**Gamma ( $\gamma$ )-BHC:** Actúa como insecticida de contacto e ingestión. Es efectivo contra una amplia variedad de insectos del suelo y fitófagos, aquellos peligrosos para la salud pública, otras pestes y algunos ectoparásitos de animales. Trazas de algunos otros isómeros pueden contaminar ciertas cosechas; este problema es menor cuando el contenido de gamma-BHC es alto (como el lindano). Se usa por aspersión foliar, aplicaciones en el suelo, así como, tratamiento de semillas, usualmente en combinación con fungicidas (Jerez-Fuenzalida 1999).

**Heptacloro:** Insecticida persistente, con acción de contacto e ingestión. Aplicado como tratamiento en suelos, tratamiento de semillas o directamente al follaje (Jerez-Fuenzalida 1999).

**Hexaclorobenceno:** Fungicida selectivo. Se atribuye acción sobre las esporas (Jerez-Fuenzalida 1999).

**Endosulfán:** Presenta átomos de cloro en sus moléculas y son los llamados análogos de los organoclorados (Jerez-Fuenzalida 1999).

**DDT:** Potente insecticida de acción de contacto, persistente en superficies sólidas y rápidamente acumulable en las grasas animales. Es usado para el control de larvas cortadoras, larvas de abejorro y coleópteros en cereales, también en control del mosquito vector (Jerez-Fuenzalida 1999).

### **Organofosforados.**

Los plaguicidas organofosforados y los carbamatos son utilizados en todo el mundo para controlar una gran variedad de insectos y otros invertebrados, así como hongos, aves, mamíferos y plantas herbáceas. Miles de productos, a base de estos compuestos, son aplicados en una gran variedad de hábitats incluyendo cultivos agrícolas, bosques, humedales, edificios y ciudades. Se estima que unos 200 millones de acres son tratados cada año para controlar enfermedades e infecciones transmitidas tanto por invertebrados como por vertebrados. Solubles en agua; se infiltran hasta alcanzar las aguas subterráneas; menos persistentes que los organoclorados; algunos afectan al sistema general, son absorbidos por las plantas, transferidos a las hojas y tallos, donde se quedan al abasto de insectos que comen hojas o se alimentan de sabia. Estos plaguicidas son, comparados con otros, de vida relativamente corta, son rápidamente metabolizados o excretados por la mayoría de los animales y no se concentran en

las cadenas tróficas. Los residuos de organofosforados en músculo de bovino se determinan por la técnica de cromatografía de gases (Hill 1995).

### **Ejemplos.**

Diazinon, Di-syston, Ronnel, Clorpirifos, fentrotion, malation, parathion, tritron.

En México, los organofosforados: clorfenvinfos, clorpirifos etil, coumafos, diazinón, diclorvos, etión y fentión están autorizados para uso pecuario (bovinos), se utilizan principalmente como garrapaticidas aunque algunos también se aplican contra larvas, moscas y piojos. Su forma de aplicación es a través de baños de inmersión o de aspersion. Los organofosforados autorizados para uso agrícola en pastizales y alfalfa son: clorpirifos etil, dimetoato (cygon), disulfotón (disyston), metil-paratión, diazinon, etión, fentión y malatión. Los anteriores y otros como el mevinfos (fosdrin) y forato se utilizan también en algunos cultivos como maíz, sorgo y soya. (Cicloplafest 1997).

## **6.2.2. RESIDUOS DE ORGANOCLORADOS Y ORGANOFOSFORADOS EN LECHE DE BOVINO.**

### **Organoclorados.**

Las causas fundamentales de la presencia de residuos de plaguicidas organoclorados en la leche son sus propiedades fisicoquímicas de persistencia, liposolubilidad y bioacumulación así como el uso excesivo de estos compuestos en las prácticas agropecuarias y el uso en el control de enfermedades transmitidas por insectos vectores. Estas actividades han traído como consecuencia la

contaminación de los sustratos bióticos y abióticos, ya que al dispersarse entran a las cadenas tróficas donde se bioacumulan y el ganado expuesto a estos sustratos elimina residuos de plaguicidas o algún derivado de su biotransformación en la leche. En México son escasos los estudios llevados a cabo en la leche pasteurizada de vaca a fin de demostrar la presencia de estos plaguicidas en la leche que consume la mayoría de la población. Sin embargo en un estudio realizado en cuatro marcas comerciales de leche pasteurizada en México se analizaron los residuos de organoclorados, a continuación se presentan los plaguicidas encontrados. (Prado *et al.*, 1998).

#### **Plaguicida:**

**Alfa + beta hexaclorociclohexano (a + b)-hch.** Estos isómeros presentaron el más alto nivel de porcentaje de muestras con valores superiores al límite máximo de residuos (47.9%), al considerar el total de muestras analizadas (n = 96). su valor promedio fue de 0.22 µg/g, es decir, 2.21 veces superior al valor lmr estipulado por la república federal de Alemania: 0.10 µg/g base grasa. otros países de la comunidad europea establecen límites tolerables desde 0.02 hasta 0.1 µg/g. Al analizar muestras de leche pasteurizada (n = 96) de 12 industrias nacionales, durante un año, encontraron un nivel promedio para el pesticida (a + b)-HCH de 0.375 µg/g base grasa (Prado *et al.*, 1998).

**Lindano (g-HCH).** Este pesticida presentó valores promedio inferiores al límite LMR, considerando el total de muestras analizadas (n = 96) y para cada industria

en particular. No obstante, en la leche pasteurizada de una industria se encontró un 16.6% con valores superiores a dicho límite (Prado *et al.*, 1998).

**Aldrín+ Dieldrín.** El nivel promedio más alto de este pesticida correspondió a las muestras de leche pasteurizada de la industria D (0.43 µg/g base grasa), lo que significa aproximadamente 3 veces superior al valor LMR (0.15 µg/g). Este valor difiere significativamente ( $P < 0.05$ ) del valor promedio encontrado para las otras industrias. Además cabe destacar que el 70.8% de las muestras analizadas de esta industria presentó un valor superior al límite máximo de residuos. Las muestras de leche de la industria A presentaron niveles dentro de los límites permitidos con un valor promedio anual de 0.08 µg/g base grasa, una razón X/LMR de 0.54 y sólo el 8.3% presentaron valores objetables. Las industrias B y C presentaron valores objetables con un 50 y 29%, respectivamente, de las muestras analizadas con niveles superiores al LMR (Prado *et al.*, 1998).

**Heptacloro+ epóxido de heptacloro.** El nivel promedio más alto, de este pesticida, correspondió a las muestras de leche pasteurizada de la industria A (0.22 µg/g base grasa), lo que significa aproximadamente 1.5 veces superior al límite máximo de residuos (0.15 µg/g). Además se encontró un 29% de muestras con un valor  $>$  LMR. El nivel promedio más bajo correspondió a las muestras de leche de la industria D (0.09 µg/g). No obstante presentar un 16.6% de muestras con niveles  $>$  LMR. El nivel promedio mensual más alto, considerando las cuatro industrias, correspondió al mes de diciembre (0.36 µg/g) (Prado *et al.*, 1998).

**Endrín.** Este pesticida presentó un valor promedio de 0.05 µg/g base grasa, considerando el total de muestras analizadas (n = 96). No obstante ser el valor promedio más bajo encontrado, la razón X/LMR (2.70), mantiene un nivel objetable, dado el valor de 0.02 µg/g para su respectivo nivel de LMR (Prado *et al.*, 1998).

**DDT y metabolitos.** El nivel promedio general encontrado fue de 0.12 µg/g base grasa. El nivel promedio individual más alto lo presentó la leche pasteurizada de la industria D (0.27 µg/g), con un valor para la razón X/LMR de 0.21, lo que indica para este grupo de pesticidas una situación de normalidad y seguridad con respecto a salud pública. Ninguna muestra analizada presentó valores por sobre el índice LMR (1.25 µg/g). Cabe recordar que la legislación vigente en el país tiene a este pesticida clasificado dentro de los plaguicidas restringidos, con la indicación de que "sólo, podrá ser utilizado en campañas sanitarias, por las dependencias del ejecutivo" (Prado *et al.*, 1998).

Plaguicida	LMR <sup>1</sup>	% de muestras positivas	% de muestras >LMR	Valor Promedio X	Razón X/LMR
(α + β)-HCH <sup>2</sup>	0.10	56.2	47.9	0.22	2.21
Lindano	0.20	51.0	8.3	0.07	0.38
Aldrín + Dieldrín	0.15	85.4	39.5	0.25	1.67
Heptacloro +					
Hepacloro epóxido	0.15	58.3	23.9	0.15	1.00
Endrín	0.02	38.5	37.5	0.05	2.70
DDT + metabolitos	1.25	45.8	0.0	0.12	0.10

CUADRO 4: RESIDUOS DE ORGANOCOLORADOS ENCONTRADOS EN LECHE (Prado *et al.*, 1998).

## **Organofosforados en leche**

En México no existen normas oficiales que regulen la presencia de plaguicidas organofosforados en leche. Sólo existe la NOM 091-SSA1-1994 sobre disposiciones y especificaciones sanitarias en leche pasteurizada, donde se señalan algunos inhibidores bacterianos pero no incluyen a los POF. Los POF autorizados para uso agrícola en pastizales y alfalfa son: clorpirifos etil, dimetoato (cygon), disulfotón (disyston), metil-paratión, diazinon, etión, fentiión y malatión. Los anteriores y otros como el mevinfos (fosdrin) y forato se utilizan también en algunos cultivos como maíz, sorgo y soya que se emplean en la alimentación del ganado lechero. Estos dos últimos plaguicidas son de uso restringido, es decir que "sólo podrán ser adquiridos en las comercializadoras mediante la presentación de una recomendación escrita de un técnico oficial o privado que haya sido autorizado por el gobierno federal" (Cicloplafest 1997).

Los residuos de POF en leche se determinan por métodos como la cromatografía de gases (CG) y la de líquidos de alta resolución (HPLC). Aunque la primera es la más común utilizando detectores selectivos como el de nitrógeno-fósforo (NPD) y el fotométrico de flama (FPD) o acoplada a la espectrometría de masas. (Pérez-Flores et al., 2003)



## **6.3 METALES PESADOS**

Los metales pesados son peligrosos porque tienden a bioacumularse. Esto significa un aumento en la concentración de un elemento químico en un organismo biológico en un cierto plazo, en comparación con la concentración del producto químico en el ambiente. La interacción de los metales pesados con la biota de los diferentes medios de contaminación de la atmosfera: el potencial de interacción con el ecosistema se relaciona con la forma física y la especie química en que se encuentre el metal. Lo que hace tóxicos a los metales no son en general sus características esenciales, sino las concentraciones en las que pueden presentarse, y casi mas importante aun, el tipo de combinación que forman en un determinado medio. Cabe recordar que los seres vivos necesitan (en pequeñas concentraciones) a muchos de estos elementos para funcionar adecuadamente. Los metales pesados poseen una gran capacidad para unirse con muy diversos tipos de moléculas orgánicas. Sus efectos tóxicos específicos sobre un sistema biológico, dependen de reacciones con ligandos que son esenciales para la función normal de ese sistema (Bolaños 1990).

### **6.3.1 Metales pesados en carne bovina**

Los principales metales que se pueden encontrar tras la inspección de laboratorio en la carne bovina son: cobre (Cu), plomo (Pb), cadmio (Cd), mercurio (Hg) y arsénico (As). El muestreo se hace principalmente en musculo pectoral, riñón e hígado. Para evaluar el contenido de metales pesados se utiliza la técnica de

espectrofotometría de absorción atómica (Herrera-Charles *et al.*, 2007) (SAGARPA 1994).

### **Cobre.**

El cobre es un metal pesado importante en la industria pecuaria, ya que se emplea como promotor del crecimiento de cerdos y aves, así como el fungistato en esta última especie. Se ha encontrado que la pollinaza contiene cantidades elevadas, y dado que se emplea ampliamente en la alimentación de rumiantes, es evidente que representa un importante factor de riesgo de contaminación de Cu en estos animales. En un estudio que se realizó en el 2002 a unas muestras de carne, hígado y riñón, los resultados arrojaron que el índice de Cu en todos los casos era mayor al permisible por la NOM-004-ZOO-1994. Que establece (2, 10 y 60 ppm para M, R y H respectivamente). En general más de un 78% de las muestras tuvieron un nivel de Cu superior a lo que establece la NOM. (Herrera-Charles *et al.*, 2007).

### **Plomo.**

El hallazgo de plomo en muestras de carne bovina es muy frecuente y esto se debe principalmente al consumo de agua contaminada con este metal por parte del ganado, otras fuentes de contaminación posibles serían: ingestión de las pinturas que recubren los corrales y mangas de manejo; consumo de forrajes con afinidad a este metal, como pudiera ser la planta diente de león (*Taraxacum officinale*); contaminación aérea de las áreas de pastoreo con residuos de combustible o emisiones industriales (SAGARPA 1996).

En relación al consumo de forraje por parte del ganado, se sabe que niveles de 45-60 ppm de plomo no causa problemas, mientras que ensilados con 140 ppm han sido causa de intoxicación en bovinos. La dosis única letal es considerada de 400-600 mg/kg de peso corporal en terneros de 4 meses de edad como acetato o carbonato básico (pinturas de plomo blanco) o de óxido, mientras que en adulto la dosis correspondiente es de 600 a 800 mg/Kg de peso. Se ha indicado que la cantidad más pequeña de plomo administrada experimentalmente con pintura de plomo a una dosis única necesaria para matar un ternero de 12 días de edad fue de 50 mg/Kg de peso corporal (Flores-Hernández 2010).

El límite máximo de residuos de plomo permisibles en la NOM-004-ZOO-1994 en tejido de bovinos expresados en mg/kg (ppm) es de 0.500 ppm para musculo, 2.000 ppm para hígado y 2.000 ppm para riñón (SAGARPA 1996).

### **Cadmio.**

Es un contaminante que puede llegar a la cadena alimentaria por fuentes naturales e industriales. Una importante fuente de contaminación por cadmio es la roca fosfórica con alto contenido de metal y usada en la fabricación de fertilizantes o abonos fosfatados, la contaminación de los pastos es muy probable cuando hay vecindad con las industrias que emplean zinc, ya que el cadmio se encuentra como uno de sus constituyentes vestigiales. El óxido y el atranilato de cadmio han sido utilizados como antihelmínticos. En general, la leche, sus productos y subproductos y la carne (musculo), no se consideran fuentes importantes del elemento para el hombre. Los riñones de vacas adultas presentan en promedio

0.380 mg/kg (ppm) e incluso llegan a tener 1 mg/kg, estas cifras son similares a la acumulación en la vida del hombre. Estudios del efecto del cadmio en vacas, observaron una baja en la producción de leche con niveles de 3.0g de cadmio por día; al eliminarse el cadmio la productividad aumentó. El 82% del metal se excretó en heces y en leche se encontró a niveles menores. El límite máximo de residuos de cadmio permisibles en la NOM-004-ZOO-1994 en tejido de bovinos expresados en mg/kg (ppm) es de 10.000 ppm para músculo, 5.000 ppm para hígado y 2.000 ppm para riñón (SAGARPA 1994).

### **Mercurio.**

Las harinas de pescado son la única vía probable de entrada de mercurio en la cadena alimenticia a través de los animales terrestres al ser una fuente de mercurio orgánico que se absorbe y acumula en músculo en porcentajes elevados, por esta razón es importante asegurar que las harinas de pescado que se utilizan en alimentación animal cumplen con los máximos legales (Méndez-Batán 2001).

Este es un elemento que se encuentra en compuestos fungicidas, antisépticos o corrosivos, como el cloruro mercuríco y es un veneno acumulativo. El límite máximo de residuos de mercurio permisibles en la NOM-004-ZOO-1994 en tejido de bovinos expresados en mg/kg (ppm) es de 1.400 ppm para músculo, 0.700 ppm para hígado y 1.400 ppm para riñón (SAGARPA 1994).

## **Arsénico.**

Posiblemente sea el mineral más conocido popularmente como tóxico. Su forma inorgánica es la más tóxica. En diversos países existen límites fijados de toxicidad en agua, así la Agencia de Protección Medioambiental de Estados Unidos (EPA) fija en 50 µg/l el contenido del agua potable. En alimentación animal la principal fuente de arsénico era en el pasado los tratamientos o factores de crecimiento que contenían ácido arsanílico, pero en la actualidad al estar retirados del mercado, las fuentes más importantes son aguas contaminadas, vegetales cultivados en suelos contaminados y pescados. Los niveles de tolerancia para los animales domésticos son de 50 mg/kg, claramente superiores a los considerados para un agua potable y los permitidos por la legislación europea. El arsénico se acumula lentamente, pues si bien la absorción es elevada, se excreta en orina. (Comission of Life Sciencies 1999).

El límite máximo de residuos de arsénico permisibles en la NOM-004-ZOO-1994 en tejido de bovinos expresados en mg/kg (ppm) es de 1.400 ppm para musculo, 0.700 ppm para hígado y 1.400 ppm para riñón. (SAGARPA 1994).

### **6.3.2 metales pesados en leche bovina.**

#### **Plomo.**

La leche, bajo condiciones normales de producción y procesamiento, no debería entrar en contacto con este elemento, salvo en el caso en que su transporte se haga en tarros con soldaduras de plomo o que se envase en latas. Los estudios realizados con el objeto de determinar la incidencia de la contaminación de la leche por ingestión de alimentos contaminados, han determinado que es muy poco

el plomo ingerido que luego es detectado en la leche. De lo anterior se desprende que en la detección de niveles muy altos de plomo en la leche, con seguridad deberán atribuirse a contaminaciones con recipientes o aguas de lavado antes, durante o posteriormente al proceso de industrialización. Los valores encontrados en la leche varían entre 2 a 10 mg/kg, no revistiendo ningún peligro para la salud pública. De acuerdo a lo anteriormente expresado, deben tomarse precauciones como, por ejemplo, evitar el uso de equipos o tarros lecheros que tengan soldaduras de plomo y el empleo de aguas contaminadas con este metal. El límite máximo expresado en la NOM-091-SAA1-1994 de plomo (Pb) 0,1mg/kg (Secretaría de salud 1994).

### **Cadmio.**

Es un veneno de carácter acumulativo y la contaminación de la leche frecuentemente se produce cuando la vaca consume alimentos y aguas contaminados con este elemento. El cadmio tiene la particularidad de combinarse con la crema, caseína y proteínas del suero. Los estudios llevados a cabo en la leche indican que el contenido de cadmio se encuentra por debajo de 1 mg/kg de leche, no resultando peligrosa esta cantidad para la salud pública (Secretaría de salud 1994).

### **Arsénico.**

Puede llegar a la leche por un inadecuado manejo de productos tales como raticidas, pinturas e insecticidas que contienen este elemento. No obstante, algunos investigadores sostienen que el principal origen de su presencia en la

leche es a través de animales que comen pastos u otros alimentos en zonas contaminadas. El límite máximo expresado en la NOM-091-SAA1-1994 de arsénico (as) 0,2 mg/kg) (Secretaría de salud 1994).

### **Estaño.**

Es un elemento fundamental para la formación de algunas enzimas y hormonas. Los recipientes revestidos de estaño resultan ser una fuente de contaminación de la leche, como es el caso de los tarros lecheros estañados, aunque su importancia es mayor cuando se destina este tipo de material para la construcción de estanques para la conservación de leches concentradas. Es escasa la información disponible sobre el contenido normal de estaño en la leche, resultando muy variables los rangos de tolerancia en los distintos países. Debido a la baja toxicidad relativa del estaño, sólo se debe recomendar precauciones en cuanto al empleo de recipientes que contengan este metal, sobretodo si el producto ha de permanecer por mucho tiempo almacenado y, más aún, si permanecerá expuesto al aire ya que el oxígeno aumenta el nivel de contaminación (Secretaría de salud 1994) (Magariños 2000).

## **7. POTENCIALES EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES ANTERIORES EN LA SALUD HUMANA**

### **7.1 efectos de los residuos de antibióticos en la salud humana.**

Dentro de los efectos adversos de los residuos en humanos están, entre otros, las reacciones alérgicas y la generación de cepas bacterianas presentes y su transmisión (Alvarado et al., 2008).

### **7.1.1 Reacciones alérgicas.**

Varios antibióticos han sido reportados cuyos residuos en alimentos pueden desencadenar reacciones alérgicas, causar hipersensibilidad, o ambas situaciones, entre ellos la penicilina, las sulfonamidas y la estreptomicina. Respecto de la penicilina se han dado casos en los que personas sensibles experimentan reacciones alérgicas por el consumo de residuos presentes en carne o leche, estimándose que 10 UI (0.6 µg) pueden causar reacciones como prurito general, dificultad para tragar y hablar, disnea, dermatitis por contacto y urticaria. Las reacciones alérgicas generadas por la penicilina y sus derivados, fueron consideradas por el comité JECFA (el Comité mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios) como factores determinantes para la evaluación y establecimiento de niveles de residuos seguros en alimentos. La residualidad de las sulfonamidas (sulfadimetoxina, sulfametazina, sulfametoxazol) que se emplean en el tratamiento de infecciones coccidiales, bacterianas y también como agentes promotores de crecimiento, puede causar reacciones de hipersensibilidad principalmente rash cutáneo; sin embargo, se desconocen manifestaciones anafilácticas ocasionadas por este tipo de residuos. Sobre la estreptomicina existen algunos reportes de reacciones alérgicas por consumo de carnes con este tipo de residuos y solamente se ha registrado un caso de reacción anafiláctica por consumo de ternera contaminada de esta manera (Alvarado et al., 2008).



### **7.1.2 Resistencias bacterianas y transmisión de bacterias resistentes.**

El uso incorrecto de antibióticos es un factor que puede generar el desarrollo de resistencias bacterianas en los animales tratados. Estas bacterias resistentes podrían transmitirse al hombre causando dificultades en el momento de tratar infecciones humanas, por ejemplo se han encontrado microorganismos coliformes antibiótico-resistentes en carne cruda y cocida. Así mismo, los antibióticos consumidos por seres humanos provenientes de residuos presentes en alimentos de origen animal, generan una alteración de la flora intestinal y como consecuencia una disminución de bacterias que compiten con microorganismos patógenos, aumentando así el riesgo de enfermedad. Las tetraciclinas pueden generar resistencias bacterianas, particularmente, la oxitetraciclina induce resistencia de antibióticos en microorganismos coliformes presentes en el intestino humano. El reconocimiento de este efecto ha sido usado por el comité JECFA como el punto de referencia para definir los niveles de consumo aceptable de diferentes antibióticos. También se ha demostrado que las oxitetraciclinas tienen efectos carcinogénicos (Alvarado et al., 2008).

### **7.1.3 Otras reacciones.**

A pesar de que muchos antibióticos tienen potencial tóxico, no se ha demostrado que los residuos de estos sean suficientes para desencadenar estas respuestas; a pesar de ello para JECFA este ha sido un tema objeto de interés. Por ejemplo, este comité ha revisado las lesiones óticas, hepáticas y renales que pueden causar la gentamicina y la neomicina, la presentación de sordera congénita en

hijos de mujeres embarazadas tratadas con estreptomina, las afecciones endocrinas, particularmente en tiroides y pituitaria ocasionadas por las sulfonamidas, y la genotoxicidad y generación de anemia aplásica en humanos generada por el cloranfenicol. Otros compuestos como los nitrofuranos, empleados en el tratamiento de infecciones gastrointestinales en bovinos y porcinos, han sido prohibidos como medicamentos de uso veterinario en producción animal debido a los efectos carcinogénicos y mutagénicos ocasionados por sus metabolitos que, adicionalmente, pueden permanecer almacenados por semanas o meses enlazados a las proteínas del animal. (Lozano y Arias 2008)

## **7.2 EFECTOS DE LOS RESIDUOS HORMONALES EN LA SALUD HUMANA**

A excepción del clenbuterol, no se han reportado efectos adversos en humanos relacionados con el consumo de residuos de fármacos anabolizantes en alimentos de origen animal; sin embargo el comité JECFA, a lo largo de su labor y como medida preventiva ha evaluado los resultados que se obtienen de estudios de fármacos realizados en animales y en el hombre, con los cuales establece conclusiones sobre efectos potenciales que estos residuos puedan tener (Lozano y Arias 2008)

### **7.2.1 EFECTOS DE LOS COMPUESTOS HORMONALES.**

Estudios in vivo han demostrado rompimiento del ADN y daños oxidativos desencadenados por el 17- $\beta$  estradiol, por lo cual se considera que esta hormona

tiene efecto genotóxico desencadenando, por ejemplo, la proliferación de células cancerígenas mamarias, sin embargo las dosis para que estas alteraciones ocurran son superiores a las que generan efectos endocrinos en los animales. Los efectos adversos de la testosterona, por su parte, se deben a su actividad hormonal, particularmente en la glándula prostática. Adicionalmente, la testosterona se considera potencialmente embriotóxica y su consumo en dosis terapéuticas ha resultado en la inducción de cistitis hepática. La utilización de somatotropina recombinante bovina ha generado controversia en los últimos años. Aunque el Codex Alimentarius no especifica LMR para este promotor de la producción láctea, el comité FAO/JECFA ha revisado información relacionada con sus posibles efectos adversos, dentro de los que se destacan la posibilidad de desarrollar cáncer y diabetes, ambos efectos relacionados con el IGF-1 (factor de crecimiento insulinoide tipo - 1) que aumenta en los tejidos animales por acción de la somatotropina. A pesar de estos efectos, el Codex Alimentarius considera innecesario establecer un LMR para estas hormonas pues es improbable que los residuos derivados del uso correcto de estas sustancias como estimuladores del crecimiento, representen peligro para la salud humana. Además, se ha demostrado que la concentración endógena de estas hormonas es mayor que cuando se administran exógenamente. Otra razón que desestima el riesgo potencial de este tipo de sustancias es la disponibilidad de rutas metabólicas que las degradan rápidamente, de esta manera, los residuos que puede contener la carne de los animales tratados, no afectan el sistema endocrino del consumidor. Sin embargo, las disposiciones en Europa con respecto a estas sustancias son

más estrictas no permitiendo ningún nivel residual de fármacos anabolizantes en cárnicos. (Lozano y Arias 2008) (Sumano 2003).

### **7.2.2 Efectos $\beta$ 2 agonistas.**

El clenbuterol es el principal fármaco de este grupo sobre el cual se han reportado reacciones adversas en humanos por consumo de carne contaminada. Además de ser usado como anabolizante, el clenbuterol es empleado como tocolítico en hembras bovinas lo que supone un riesgo adicional. En España y Francia se reportó que el consumo de hígado de ternera con residuos de clenbuterol generó trémores musculares, taquicardia, dolor muscular, nerviosismo, dolor de cabeza, vértigo, náuseas, vómito y fiebre. A raíz de estos eventos se ha generado una polémica acerca de aceptar o prohibir el uso del clenbuterol en producción animal. Este fármaco aumenta el rendimiento de la canal, no es potencialmente oncogénico, ni mutagénico y es embriotóxico sólo a grandes dosis; mientras que los efectos adversos en el consumidor se hacen evidentes al no respetar los tiempos de retiro señalados y al emplear dosis excesivas, bien sea por un inadecuado manejo o para incrementar aún más la ganancia de peso en los animales. Lo anterior ha llevado a que hoy en día el clenbuterol sea un fármaco altamente controlado en varios países, que han desarrollado programas y mecanismos para su vigilancia y seguimiento. Sin embargo, a pesar de estos controles y signos de alerta, aún se presentan eventos infortunados de reacciones adversas como el sucedido en noviembre de 2005 en Jalisco, México, donde alrededor de 225 personas experimentaron temblor, dolor de cabeza y malestar

después de haber consumido carne de res que contenía residuos de este tipo (Lozano y Arias 2008).

### **7.3 EFECTOS DE LOS RESIDUOS DE MICOTOXINAS EN LA SALUD HUMANA**

#### **7.3.1 Aflatoxinas.**

Las aflatoxinas son potentes agentes cancerígenos y están distribuidos ampliamente en la naturaleza. Dentro de las especies de hongos que producen aflatoxinas se encuentran: *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus*, *Penicillium puberalis* y *Aspergillus oryzae*. Las aflatoxinas tienen efectos tóxicos inmediatos, además de inmunosupresores, mutagénicos, teratogénicos y carcinogénicos. El principal órgano diana de los efectos tóxicos y carcinogénicos es el hígado. También inducen tumores en riñón, colon y pulmón. En estudios epidemiológicos en diversas partes del mundo donde es frecuente el cáncer de hígado se ha encontrado relación estadísticamente significativa entre el nivel de contaminación con aflatoxinas, y esta enfermedad (Bolet-Astoviza y Socarrás-Suárez 2005).

#### **7.3.2 Ocratoxina.**

Se absorbe fácilmente del tracto gastrointestinal, siendo su biodisponibilidad superior a 50 % en todas las especies de mamíferos ensayadas. Presenta una alta afinidad por las proteínas plasmáticas, lo que determina una larga persistencia en el organismo. Los órganos más sensibles a la acción de la Ocratoxina son los riñones y el hígado, causando necrosis tubular en los riñones y enteritis en el

intestino delgado. Es carcinogénica para el hombre porque induce adenomas renales y carcinomas (Bolet-Astoviza y Socarrás-Suárez 2005).

### **7.3.3 Fumonisin.**

El Grupo de Trabajo de la Agencia Internacional para las Investigaciones del Cáncer la evaluó como posiblemente carcinogénica para el ser humano, basados en evidencias suficientes (cáncer de hígado y esófago) (Bolet-Astoviza y Socarrás-Suárez 2005).

## **7.4 EFECTOS DE LOS RESIDUOS DE METALES PESADOS EN LA SALUD HUMANA.**

### **7.4.1 Aluminio.**

Su absorción es muy baja y se elimina por riñón, de forma que la acumulación en tejidos animales es muy baja y no representa un claro riesgo para la salud, de hecho un informe de la Academia Americana de Pediatría (1996) no considera los productos animales entre las fuentes posibles de toxicidad, siendo el riesgo más elevado cuando se utiliza sulfato de aluminio como floculante en las aguas públicas, e incluso utensilios y latas, por tanto en condiciones normales no es un metal preocupante (Méndez-Batán 2001).

### **7.4.2 Arsénico.**

La intoxicación humana por arsénico se produce por la inhalación o ingestión de  $As_2O_3$ . Los síntomas son fuertes desordenes gastrointestinales, calambres y colapso circulatorio. La intoxicación puede ser causada por la ingesta de alimentos

y agua que contienen arseniuros o por exposición laboral al inhalar durante mucho tiempo el polvo en el lugar de trabajo. Los síntomas pueden aparecer incluso después de muchos años de latencia. La intoxicación crónica produce pigmentación en la piel, lesiones en la médula ósea, sangre hígado, vías respiratorias y sistema nervioso central (Epstein 2002).

#### **7.4.3 Cadmio.**

El cadmio puede acumularse en el cuerpo humano, especialmente en el riñón, pues su eliminación es muy lenta y puede provocar afecciones renales, alteraciones óseas y fallos del aparato reproductor. No puede descartarse que actúe como carcinógeno, puesto que los productos alimenticios son la principal fuente de ingestión humana de cadmio. Aproximadamente se absorbe un 5% del cadmio presente en los alimentos. Este porcentaje puede alcanzar el 15% si hay deficiencia de hierro. En riñón puede concentrarse hasta el 85% de la carga corporal de cadmio. Se considera que el riñón es el órgano diana crítico tanto en la población general como en poblaciones expuestas (Flores-Hernández 2010).

#### **7.4.4 Plomo.**

La absorción de plomo puede constituir un grave riesgo para la salud pública. El plomo puede provocar un retraso del desarrollo mental e intelectual de los niños y causar hipertensión y enfermedades cardiovasculares en los adultos. En los diez últimos años, los contenidos de plomo de los productos alimenticios se redujeron sensiblemente porque aumentó la sensibilización ante el problema sanitario que puede representar el plomo y por los esfuerzos realizados para reducir la emisión

de plomo en su origen. La absorción de plomo por vía oral es cercana al 10% en adultos y se incrementa hasta el 50% en niños. El plomo absorbido se distribuye en distintos órganos y tejidos como riñón, hígado, encéfalo y huesos. Dada su similitud con el calcio, el mayor depósito de plomo se localiza en el tejido óseo. (Flores-Hernández 2010).

#### **7.4.5 Mercurio.**

El metilmercurio puede provocar alteraciones del desarrollo normal del cerebro de los lactantes y a niveles más elevados, puede causar modificaciones neurológicas en los adultos. El mercurio inorgánico es muy poco tóxico, pero es transformado en la cadena trófica marina en metilmercurio que sí es muy tóxico. Las harinas de pescado son la única vía probable de entrada de mercurio en la cadena alimenticia a través de los animales terrestres al ser una fuente de mercurio orgánico que se absorbe y acumula en músculo en porcentajes elevados, por esta razón es importante asegurar que las harinas de pescado que se utilizan en alimentación animal cumplen con los máximos legales. (Flores-Hernández 2010).

#### **7.4.6 Cobre.**

Comúnmente la toxicidad aguda del cobre no es seria, muchos reportes de intoxicación aguda son hechos como ingestión suicida de sulfatos de cobre. Afortunadamente la muerte es rara debido a las propiedades eméticas del cobre. Cuando hay una ingestión leve y que puede ocasionar cierto grado de envenenamiento se producen náuseas, vómitos, diarreas y cierto malestar y se ha



descrito en aquellos pacientes que se han envenenado por comer o tomar agua en donde había residuos de cobre. (Flores-Hernández 2010).

## **7.5 EFECTOS DE LOS RESIDUOS DE ORGANOCOLORADOS Y ORGANOFOSFORADOS EN LA SALUD HUMANA.**

Con el objeto de tener un panorama general de los efectos de los plaguicidas en la salud humana y en los animales asociados a estos, los efectos serán tratados con base en tipos de plaguicida, partiendo de la siguiente clasificación.

### **7.5.1 Organoclorados.**

La forma de contacto en el envenenamiento con este tipo de químicos puede ser oral, dermal, conjuncial, intestinal y por respiración. Dado que estos compuestos son potentes inhibidores tanto de la acetilcolinesterasa como de la pseudocolinesterasa, lo cual conduce a la acumulación de acetilcolina en la sinapsis, aparecen como resultado síntomas muscorinicos y nicotínicos. Algunos compuestos tales como dichlorodiphenyl-trichloroethano (DDT), persisten en el ambiente y en el cuerpo por muchos años debido a su alta solubilidad en lípidos y a su resistencia a desdoblarse. El DDT y otros plaguicidas organoclorados estables han sido detectados en leche materna y en el tejido adiposo de neonatos. Estudios recientes llevados a cabo en los Estados Unidos, han asociado la presencia de defectos congénitos del corazón en recién nacidos. El DDT y endrín, han mostrado que reducen la habilidad de linfocitos humanos para multiplicarse y madurar hacia células B y células T. Adicionalmente, encontraron que individuos que trabajan en granjas en California expuestos a niveles relativamente altos de

organoclorados (lindano y heptacloro) experimentaron alto riesgo de cáncer de próstata, en comparación con trabajadores expuestos a niveles bajos. Así mismo, estos compuestos muestran evidencias de alteraciones endócrinas tanto en animales como en humanos. Esto quiere decir que tienen la habilidad de alterar los balances hormonales normales de los organismos vivos. Durante el desarrollo fetal, esos efectos pueden ser considerables, resultando en desordenes persistentes hasta la edad adulta (Badii y Landeros 2007).

### **7.5.2 Organofosforados.**

La acumulación de organofosforados altera la función del sistema nervioso autónomo, las neuronas somáticas motoras y el cerebro por acción en los receptores nicotínicos y muscarínicos. El sistema nervioso autónomo controla las funciones viscerales del cuerpo. Las neuronas somáticas motoras controlan funciones voluntarias, incluyendo locomoción, respiración y postura. Persistentes déficit en la memoria y en el funcionamiento neurofisiológico han sido atribuidos a plaguicidas organofosforados. Esos efectos son manifestados meses o años después de que se han documentado exposiciones a plaguicidas. Algunos compuestos organofosforados (dichlorvos) han sido asociados con un alto riesgo de cáncer de próstata, particularmente en trabajadores de granjas que son expuestos a niveles altos de estos compuestos. También se citan daños en esperma de mamíferos domésticos, incubados en presencia de parathion y paraoxon, afectando la habilidad en el momento de la fertilización (Badii y Landeros 2007).

## **8. CONCLUSIONES.**

Los productores deben de trabajar en conjunto para evitar que estos atentados a la inocuidad en la carne y leche se convierta en un crónico problema mundial de salud pública, mejorando su organización, capacitación y promoviendo una mayor transferencia de tecnología, ya que la tendencia es fortalecer la coordinación con los sectores involucrados (organismos oficiales, productores, académicos, médicos veterinarios, distribuidores y consumidores).

Con esto será posible posicionar los productos mexicanos en el mercado nacional e internacional, como garantía de calidad certificada, e impulsar el desarrollo del campo hacia la competitividad, con base en una buena calidad.

En este trabajo se ha pretendido tomar lo más importante y dejar una guía para aquellos que se interesen sobre el tema. Es también recomendable estar actualizado en cuanto a recomendaciones de manejo y normatividad existente sobre el tema.

## 9. LITERATURA CITADA

- Alvarado M, Ascanio E, Carolina M. 2008. Determinación de residuos de oxitetraciclina en muestras de tejido bovino destinadas a consumo humano. Revista facultad ciencias veterinarias 49: 73-79.
- Alvarez-Valente B, Bash-Winston C, Curtney-Polly K. 1997. Hazard analysis and critical control point principles and application guidelines. The Ohio State university. 1-41.
- Arbillaga L, Espeleta O, Lopez de Cerain. 2004. ¿Es la ocratonina una toxina mutagénica?. Revista de toxicología. 21: 1-10.
- Avalos-Gomez M, Ramirez-Gutierrez J. 2003. La situación del lindano en México. Gaceta ecologica noviembre-diciembre. 69: 93-100.
- Badii M, Landeros J. 2007. Plaguicidas que afectan a la salud humana y la sustentabilidad. CULCyT// Toxicología de plaguicidas. 4:21-34.
- Bauza R. 2007. Las micotoxinas, una amenaza constante en la alimentación animal. IX Encuentro de Nutrición y Producción en Animales Monogástricos. Montevideo Uruguay.
- Bernabé-Sanz. 2002. Riesgos sanitarios de los contaminantes y residuos químicos, medicamentosos y ambientales en los alimentos. [Monografía.]. Madrid. España.: Universidad complutense de Madrid.
- Bolaños F. 1990. El impacto biológico un problema ambiental contemporáneo. Coordinación general de estudios de posgrado UNAM 302: 20.
- Bolet-Astoviza M, Socarrás-Suárez M. 2005. Micotoxinas y cáncer. Revista cubana de investigación biomédica. 24: 50
- Cancho B, Falcón M, Simal J. 2000.El uso de los antibioticos en la alimentación animal: perspectiva actual. Ciencia y tecnologia alimentaria 1:39-47.
- Comisión Interestatal para el Control del Proceso y uso de Plaguicidas y Sustancias Toxicas. Cicloplafest. 1997. México, DF. Directorio de especialidades veterinarias.
- Comission of Life Sciencies.1999. Arsenic in drinking water. National Academic of Sciences National Academic Press Washintong DC.

- De Nijs M. 1998. Public health aspects of Fusarium mycotoxins in food in the Netherlands: A risk assessment. Wageningen Agricultural University. 1:140.
- Diaz E. 2005. Aflatoxina M1: Un carcinógeno en la leche. Facultad de medicina veterinaria y de zootecnia de la universidad nacional de Colombia.
- Duarte-Portocarrero E. 2005. Determinación de aflatoxina M1 en leche de vaca, noviembre y diciembre de 2005.
- Epstein E. 2002. Land application of sewage sludge and biosolids. Lewis publisher.
- Flores O, Fragoso S. 2008. Programa nacional de residuos toxicos y contaminantes en carne y productos de origen animal.
- Flores-Hernandez O. 2010. Riesgos epidemiológicos por la presencia de metales pesados en alimentos para consumo humano y para consumo animal. Comisión nacional de sanidad agropecuaria.
- Fort dodge. Sinovex. México. DF.: Fort dodge animal health Mexico.; Disponible en: <http://depositoveterinario.com/productos/SYNOVEX-PLUS.htm>.
- Gay J, y Morales E. 2005. Contaminación de la carne de bovino con residuos de antibioticos: un problema ante los sistemas de salud publica: Disponible en: <http://74.125.155.132/search?q=cache:qy3sLPM-rdQJ:ammveb.net/XXVI%2520CNB/memorias/pro/docs/pro11.doc+CONTAMINACI%C3%93N+DE+LA+CARNE+DE+BOVINO+CON+RESIDUOS+DE+ANTIBI%C3%93TICOS:+UN+PROBLEMA+ANTE+LOS+SISTEMAS+DE+SALUD+PUBLICA.&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=mx>.
- Gonzales E, Espinosa A, Villa A. 2009. Fisiología de la oxitocina.: XXVII congreso nacional de buiatría,; Disponible en: [http://ammveb.net/XXVII%20CNB/memorias/Platicas\\_Magistrales/htm/Magistral\\_4\\_FISIOLOGIA\\_DE\\_LA\\_OXITOCINA.htm](http://ammveb.net/XXVII%20CNB/memorias/Platicas_Magistrales/htm/Magistral_4_FISIOLOGIA_DE_LA_OXITOCINA.htm).
- Guerrero Gobierno del estado. 2010. Vigilancia sanitaria del clenbuterol en productos carnicos bovinos. Chilpancingo. Disponible en: <http://www.querrero.gob.mx/pics/art/articles/6324/file.clembuterol07.pdf>.
- Herrera-Charles R, Castellanos-Ruelas A, Alcocer-Vidal V, Chel-Guerrero L, Betancur-Ancona D. 2007. Detección de metales pesados y dicloro difenil tricloro etano (DDT) en músculos y órganos de bovinos en Yucatán. Técnica pecuaria en México.237: 45-47.
- Hill E. 1995. Organophosphorus and carbamates pesticides. Handbook of Ecotoxicology 2: 43-74.

- Instituto nacional de estadística y geografía (INEGI). 2004. Distribución porcentual de las defunciones de mayores en áreas rurales por grupos de edad en el 2002.
- Jerez-Fuenzalida S.1999. Determinación de pesticidas Organoclorados en suelo agrícola y productos agropecuarios de la Comuna de Chonchi, Provincia de Chiloé. Valdivia, Chile.: Universidad austral de Chile.
- Jezavel-Hernández A, Pacheco-Gallardo C, Gonzáles D, Montelongo M. 2005. Identificación de penicilina y tetraciclina en musculo y riñon de bovino y cerdo, mediante electroforesis en gel con alto voltaje. Avances en la identificación científica en CUCBA.6:620-626.
- Lorenzatti E, Maitre M, Lenardon A. 2003. Evaluación de la contaminación con plaguicidas en productos lácteos. Revista FAVE-Ciencias veterinarias. 2: 49-56
- Lozano M, Arias D .2008. Residuos de farmacos de origen animal: Panorama actual en Colombia. Revista colombiana de ciencias pecuarias. 121: 21 -35.
- Magariños H. 2000. Producción higiénica de la leche cruda. Organización de los estados americanos (OEA).
- Medina-J M-J, Pérez-R. 1997. Destoxificación de micotoxinas por procesos físico-químicos de adsorción. Temas de Actualidad Para la Industria de Alimentos Balanceados.209.
- Méndez-Batán J. 2001. Metales pesados en alimentación animal. XVII Curso de especialización FEDNA.1-5.
- Newman K. 1998. The biochemistry behind esterified glucomannans titrating mycotoxins out of the diet. Biotechnology in the feed Industry, Proceedings of Alltech's 14th Annual symposium (TP Lyons and KA Jacques, eds) Nottingham University Press, UK 369.
- Pérez-Flores N, Vega y león S, R. G-T, Diaz G. 2003. Residuos de medicamentos veterinarios y plaguicidas organofosforados en leche y derivados. Alfa editores.

Prado G, Diaz G, Mar C, Vega S, Gonzales M, Perez N, et al. 1998. Residuos de plaguicidas organoclorados en leche pasteurizada comercializada en la ciudad de México. Archivos de medicina veterinaria. 30:5-6.

Reyes-Arreguin B. 2007 Medidas para prevenir la presencia de sustancias indeseables en la leche. Disponible en: <http://www.cofocalec.org.mx/docs/MEDIDAS%20PARA%20PREVENIR%20LA%20PRESENCIA%20DE%20SUSTANCIAS%20INDESEABLES%20EN%20LA%20LECHE.pdf>.

Sarfati M, Ramos T, Soto P. 1997. Origen, efecto y control de la micotoxicosis en la industria pecuaria. . Temas de Actualidad Para la Industria de Alimentos Balanceados.199.

Secretaría de agricultura ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. 1994. Norma Mexicana NOM-004-ZOO-1994, Control de residuos tóxicos en carne, grasa, hígado y riñón de ovinos, equinos, porcinos y ovinos. México. DF.: Diario Oficial de la Federación.

Secretaría de agricultura ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación.1996. Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-004-ZOO-1994, Control de residuos tóxicos en carne, grasa, hígado y riñón de bovinos, equinos, porcinos y ovinos, por lo que ahora se denominará grasa, hígado, músculo y riñón en aves, bovinos, caprinos, cérvidos, equinos, ovinos y porcinos. Residuos tóxicos. Límites máximos permisibles y procedimientos de muestreo.

Secretaría de Salud. 1994. Norma oficial mexicana NOM-091-SSA1-1994. Bienes y servicios. Leche pasteurizada de vaca. Disposiciones y especificaciones sanitarias. México. DF.: Diario oficial de la federación.

Secretaría del programa conjunto FAO/OMS. 2006. Codex alimentarius, que es. Tercera edición. 7.

Servicio nacional de sanidad Inocuidad y calidad agroalimentaria. 2009 .Manual de buenas practicas pecuarias en el sistema de producción de ganado productor de carne en confinamiento.

Servicio nacional de sanidad Inocuidad y calidad agroalimentaria.2008. Manual de buenas practicas pecuarias en unidades de producción de leche bovina. Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación.

Sumano H. 2003. Farmacología clínica en bovinos. Tercera edición. México DF.

Sumano H, Ocampo L. 2006. Farmacología veterinaria. edición. T, editor. México. DF.: Mac Graw Hill.

The Merck Veterinay Manual. 2008. Benzimidazoles. NJ. USA.: Merck & co. Inc.; Disponible en: <http://www.merckvetmanual.com/mvm/index.jsp?cfile=htm/bc/191507.htm>.

Vázquez-Moreno L, Bermúdez- Almada M, García-Rico L, Languré-Campos A. 2002. Estudio de residuos toxicos en tejidos animales destinados al consumo. Revista científica, FCV-LUZ. .1:86-92.

Whitlow L, Diaz E, Hopkins A, Hagler J. 1998. Micotoxins and milk safety: The potential to block transfer to milk. Biotechnology in the feed Industry, Proceedings of Alltech's 14th Annual symposium (TP Lyons and KA Jacques, eds) Nottingham University Press, UK .391.

Zeus-Inmunotec S. L. Hormonas. Zaragoza. España.: Euro-Diagnostica.; Disponible en: <http://www.zeu-inmunotec.com/index.php> consultado el día: