Rev. Toxicol (2015) 32: 127-130

Impacto de las actividades antrópicas derivadas de la industria petrolera en relación con la presencia de metales pesados en la ganadería bovina colombiana

Bustamante JJ[1]*, Chaparro AL[2], Peláez MJ[3]

1Departamento de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Pamplona, Colombia.

2Departamento de Biología-Química, Facultad de Ciencias Básicas. Universidad de Pamplona, Colombia.

3 Departamento de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Pamplona. Centro de Sanidad Vegetal-CISVEB. Universidad de Pamplona, Barrio el Buque, Pamplona, Colombia.

Resumen: La región del Magdalena medio es una zona de actividad industrial-minera con exploraciones y refinación de hidrocarburos. Por ello los animales que viven en esta área geográfica son afectados por la presencia de contaminantes, especialmente metales pesados. En este trabajo se estudiaron 40 animales adultos, sacrificados en el matadero de Barrancabermeja, procedentes de explotaciones bovinas cercanas a industrias con actividad petrolífera. Se determinó la presencia de plomo, cadmio, molibdeno y zinc en hígado, riñón, músculo y piel mediante espectrofotometría de absorción atómica y se compararon los resultados obtenidos con los límites máximos permisibles establecidos por la Unión Europea y el Codex Alimentarius [1,2]. Se encontró mayor concentración de todos los metales en Barrancabermeja excepto el Zn que presentó mayores niveles en Yondó. Un número importante de muestras hepáticas (90 y 50%), renales (75 y 15%) y musculares (85 y 90%) de ambas localizaciones superaron los valores permisibles de Pb tanto del Codex Alimentarius, como de la Unión Europea. Situación similar sucede con el Cd en Barrancabermeja, superando en el 85%, el 10% y la totalidad (100%) los valores permitidos por la Unión Europea en hígado, riñón y músculo respectivamente, mientras que en Yondó, 65% de las muestras hepáticas y todas las muestras musculares superan esos mismos límites. Por ello podemos concluir que el consumo de carne y vísceras de bovinos que pastorean en el Magdalena Medio Colombiano, representa un grave riesgo para la salud humana como consecuencia de su alto grado de contaminación con metales pesados.

Palabras claves: Bovinos, industria petrolera, metales pesados, pastoreo, vísceras.

Abstract: Middle Magdalena region is an area with an industrial-mining with exploration and refining of oil. Therefore the animals that live in this geographical area are affected by the presence of pollutants, especially heavy metals. In this study 40 adult animals slaughtered in the abattoir in Barrancabermeja, from bovine holdings nearby industries with petroleum extraction activities were studied. The presence of lead, cadmium, molybdenum and zinc in liver, kidney, muscle and skin was determined by atomic absorption spectrophotometry and the results obtained with the limits set by the European Union and the Codex Alimentarius were compared [1,2]. Higher concentration of all metals was found in Barrancabermeja except Zn presented higher levels in Yondó. A significant number of liver samples (90 and 50%), kidney (75 and 15%) and muscle (85 and 90%) of both locations exceeded the permissible values of Pb both the Codex Alimentarius and the European Union. A similar situation occurs with cd in Barrancabermeja, exceeding 85%, 10% and all (100%) values allowed by the European Union in liver, kidney and muscle respectively, while in Yondó, 65% of samples liver and muscle samples exceed all those same limits. Therefore we can conclude that the consumption of meat and offal from cattle grazing in the Middle Magdalena Colombian, represents a serious risk to human health as a result of its high degree of contamination with heavy metals.

Key words: Bovine, grazing, heavy metals, petroleum industry, viscera.

Introducción

El término “metales pesados” ha sido utilizado en forma general para describir aquellos metales y semimetales con efectos potencialmente tóxicos para los seres vivos y para el medio ambiente. A pesar de que algunos de estos elementos son esenciales para determinadas funciones bioquímicas en animales y plantas pueden ocasionar importantes efectos perniciosos si se llegan a concentrar en el organismo [3,4].

La detección de metales tóxicos en los alimentos ha cobrado importancia debido a su toxicidad y a su capacidad de bioacumulación en el organismo. Su presencia en los productos de origen animal es el paso previo al consumo y depósito en el hombre, como último eslabón de la cadena alimenticia. En el caso de los rumiantes la entrada de estos metales pesados puede iniciarse con los pastos consumidos, y que en muchas ocasiones tienen su origen en la actividad industrial desarrollada en las áreas donde los animales son criados [4]. Se ha comprobado que elevadas concentraciones de metales pesados como cadmio y plomo disminuyen la productividad y los índices reproductivos, afectan al sistema inmune, incrementando la susceptibilidad a las enfermedades, además de ser responsables de alteraciones mutagénicas, carcinogénicas y teratogénicas [5]. Asímismo es pertinente resaltar el Zn como un mineral traza esencial por su rol estructural, catalítico y regulatorio de la actividad celular, al cual se debe la capacidad de aumentar la resistencia del organismo a intoxicaciones por metales tóxicos como mercurio (Hg), Plomo

(Pb) y cadmio (Cd), pues el Zn es un potente inductor de la síntesis de metalotioneína(MT), una proteína aniónica con alta capacidad quelante de los citados metales, y los síntomas clínicos por su deficiencia en bovinos se caracterizan por afecciones podales, lesiones en piel, menor ganancia de peso [6]. En lo referente al Molibdeno, catalizadores con molibdeno se utilizan en productos de petróleo para eliminar azufre, bajando al mínimo estas emisiones. Esto se aplica en diversos procesos en el área química, petroquímica y de otras industrias [7] [8]. Se ha registrado contaminación de los pastos de hatos bovinos localizados en inmediaciones de las refinerías de petróleo que emplean Molibdeno [9], en dichos hatos se presentaron brotes de diarreas persistentes en los bovinos adultos, acompañadas de adelgazamiento, pelo seco y brillante, el pelo negro adquiría tonos rojos o grises al despigmentarse, en los terneros se apreciaban además trastornos en la locomoción [9]; Auza (1983), citado por Brem et al [10], responsabilizó a la acción del molibdeno, de problemas reproductivos originados por desequilibrios de hormonas hipofisarias y ováricas en hembras bovinas.

Tanto a nivel nacional como internacional se han establecido una serie de normas con el fin de garantizar, en toda la cadena de producción, la inocuidad de los productos cárnicos y lácteos. Dentro de esta normativa cobra un papel destacado el control de los metales pesados en las producciones bovinas, con el fin de mitigar el impacto

*e-mail: jhonjabu@unipamplona.edu.co

ambiental e incentivar una producción más limpia, unas buenas prácticas ganaderas y la llamada "agricultura orgánica" o "agricultura limpia". Frente al pobre desarrollo de estas alternativas de producción, debe hacerse énfasis en la implementación de estudios científicos, como el presente, que puedan permitir el acceso de la población a una alimentación más sana [12,18].

La agroindustria cárnica representa el 2,3% de la producción bruta de la Industria manufacturera de Colombia y el 2,1% del valor agregado creado por la Industria Nacional y generan en forma directa casi 21.000 empleos [13]. Los municipios de Yondó y Barrancabermeja, son zonas de influencia de las explotaciones petrolíferas en cuyas áreas aledañas hay ganaderías vacunas, para cuyos productores ha sido una constante preocupación la observación clínica de animales que cursan con enflaquecimiento progresivo, diarreas profusas, baja eficiencia reproductiva, problemas de piel y nerviosos, así como muertes súbitas. Con este proyecto se busca darle una respuesta a esta problemática que no ha sido diagnosticada en forma satisfactoria y sobre todo tratar de encontrar la relación que hay entre dichas patologías con la cercanía de la industria petrolífera y por ende la liberación al medio ambiente por parte de estas industrias, de metales tóxicos.

Material y Métodos

El estudio se llevó a cabo en los municipios de Yondó y Barrancabermeja, localizados en la región del Magdalena Medio, Colombia (Figura 1). Esta región se destaca por la cría de ganado de manera extensiva y donde la mayoría de los hatos consumen exclusivamente de pastos naturales. Además es importante señalar que esta zona está acentuadamente influenciada por la industria petroquímica, tanto de extracción como de procesado.

El número de animales a muestrear fue tomado de acuerdo con la densidad poblacional bovina de la región. En Yondó se muestrearon 20 bovinos y otros tantos en Barrancabermeja (siguiendo la metodología empleada por Alcocer [11] y por Madero y Marrugo [14]). Siempre fueron bovinos adultos, de ambos sexos, de raza cebú y sus cruces, con pesos promedio superior a 380 kg (Figura 2). Los animales nacieron y fueron criados sobre pastos naturales, abrevados con aguas naturales y suplementados únicamente con bloques de sal marina. El muestreo tuvo una duración de doce meses.

Figura 1. Ubicación geográfica de la zona de estudio.

Sangre entera, hígado, riñón, músculo y piel fueron los órganos escogidos para el estudio. De cada animal fueron extraídos 20 ml de sangre entera mediante jeringas plásticas, proveniente del desangrado a nivel de vena yugular. La muestra de hígado (30 g) fue tomada del lóbulo cuadrado, para el riñón se muestreó del órgano derecho (mediante corte transversal involucrando corteza y médula), la muestra del músculo se tomó del músculo diafragmático, a nivel de los pilares del diafragma (aproximadamente10 cm^2), así como una porción de piel, de la región metacarpiana o metatarsiana de aproximadamente 10 x 2 cm, teniendo en cuanta que de cada muestra se tomaron 3 sub-muestras, de unos 10 g. Para el corte de cada una las piezas se utilizaron cuchillos de poliestireno descartables.

Las muestras fueron refrigeradas y enviadas inmediatamente al Laboratorio de Control de Calidad de la Universidad de Pamplona para el análisis de los metales pesados: cadmio (Cd), plomo (Pb), molibdeno (Mo) y zinc (Zn), por espectrofotometría de absorción atómica de llama en un espectrofotómetro Perkin Elmer AAnalyst 300. Se utilizó un diseño de bloques al azar para la selección de los bovinos y se empleó la prueba de Tukey para comparación de medias, intentando evaluar la posible diferencia entre las concentraciones de los metales entre las dos áreas de estudio. Todos los análisis estadísticos se desarrollaron en el programa SAS (Statistical Analisys System) versión 9.0 y la significación estadística se definió como $p<0.05$. Los resultados de expresan en mg/Kg.

Resultados

En general todos los metales estudiados presentaron valores más elevados en el municipio de Barrancabermeja que en Yondó. El Cd mostró mayores niveles, con carácter estadístico ($p<0.05$), en todos los muestras examinadas excepto en la sangre (Tabla 1). De la misma manera, las concentraciones de Pb en hígado, riñón y piel fueron mayores estadísticamente ($p<0.05$) en Barrancabermeja, aunque en sangre y músculo la concentración de este elemento no mostró diferencia estadística (Tabla 1). El molibdeno (Mo) presentó una concentración estadísticamente mayor en todos los órganos muestreados en Barrancabermeja (Tabla 1).

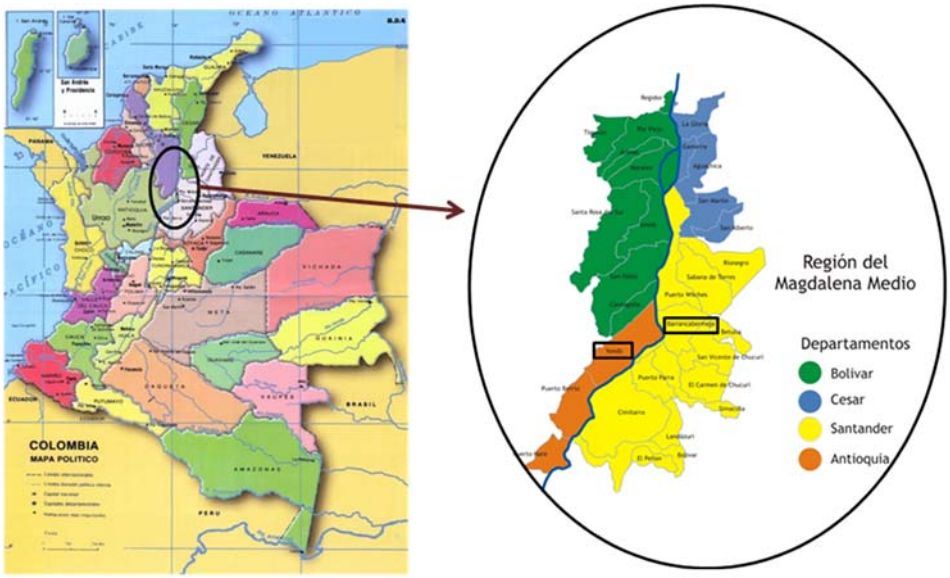

Figura 2. Ubicación geográfica de la zona de estudio.

El zinc (Zn) tuvo un comportamiento un tanto diferente. Si bien las mayores concentraciones en todos los órganos evaluados se presentaron en Yondó no hubo diferencia estadística ($p>0.05$) con relación con las muestras recogidas en Barrancabermeja (Tabla 1).

Al comparar los valores encontrados con los límites permisibles en las normas mencionadas (Codex Alimentarius y Unión Europea [1,2]) se observó que para el Pb el 50% de las muestras hepáticas, el 15% de las muestras renales y el 90% de musculares de los bovinos procedentes de Yondó superaron los valores indicados por la normativa anteriormente señalada. La cantidad de este metal no excedió estos límites en piel y sangre, cuando se compararon con ambas normas (Tabla 1).

Al analizar el Pb en el municipio de Barrancabermeja comprobamos que el 90% de las muestras de hígado, el 75% de las muestras de riñón, el 85% de las correspondientes a músculo y el 5% de piel exceden los límites permisibles por las dos normas señaladas (Tabla 1). Algo similar sucede con el Cd en el municipio de Barrancabermeja, así 85% de las muestras hepáticas, el 10% de las muestras renales y la totalidad (100%) de las musculares sobrepasan los valores señalados por la Unión Europea. En el municipio de Yondó el 65% de las muestras de hígado y todas las muestras de músculo superan los límites permisibles para este elemento en la

Norma de la Unión Europea (Tabla 1). Para el Mo, así como también para el Zn, no se han establecido niveles máximos permisibles en ninguna de las dos normas, por lo tanto no podemos contrastar los valores hallados en este estudio.

Tanto en los animales estudiados en Yondó como en los estudiados en Barrancabermeja los niveles de Zn en sangre se encuentran ligeramente por encima de los niveles sugeridos por Mc Dowell y Arthington [15], aunque en hígado y músculo los niveles de Zn son inferiores a los que indican estos autores tanto para humanos como para rumiantes.

Discusión

Las concentraciones de metales pesados en diferentes órganos bovinos han sido estudiadas en muchos países del mundo. En este sentido Vásquez-Moreno *et al* [16], revelaron elevados niveles en algunos metales pesados, señalando la acumulación de estos tóxicos en bovinos en el noreste de México y el riesgo que representa para el hombre el consumo de los productos derivados de estos animales. En Colombia, Madero y Marrugo evaluaron la presencia de metales Pb, Cu, Cd y Hg en hígado y músculo pectoral derecho de bovino, procedentes de fincas de la zona del Sinú y San Jorge. Observaron que los rangos de Hg, Cu, Cd y Pb estaban por debajo de los parámetros de referencia de la Comisión Europea y la Norma Oficial Mexicana, cosa que contrasta lo encontrado en el presente estudio, donde se observa claramente la influencia de la industria petrolera en la zona [14].

Los datos consignados en la tablas 1, sobre las concentraciones de Pb y Cd en hígado, riñón y músculo de bovino en las dos localidades estudiadas difieren de los obtenidos por diversos autores. Así en la mayoría de estudios realizados en distintas especies animales se han descrito niveles mucho más altos en hígado y riñón con respecto al músculo [5], mientras que en el presente trabajo la mayor concentración fue hallada en el músculo. Para la Unión Europea los niveles máximos permisibles de Pb y Cd en músculo de bovino son de 100 y 50 µg/kg, respectivamente, mientras que las concentraciones de esos metales medidas en el presente estudio superan claramente esos valores (Tabla 1).

En bovinos las concentraciones hepáticas de Pb también han sido evaluadas por otros investigadores. Así Iwegbue [17] registró cantidades entre 0.00 y 0.26 mg/kg; Miranda y colaboradores [18] indican cifras desde no detectables hasta 411 µg/kg para zonas industriales y no detectables a 174 µg/kg para zonas rurales, Blanco–Penedo [19] desde no detectables hasta 509 µg/kg. y Nwude [20] desde 0.09 hasta 7.32 mg/kg. En cambio las concentraciones hepáticas de Pb registradas en este estudio, y en las dos zonas, solo son superadas por Liu [21], con cifras mucho mayores (hasta 15.3 mg/kg).

Tabla 1. *Concentraciones de metales en las localidades de muestreo y valores de referencia. a, b. Superíndices diferentes en una misma columna indican diferencia significativa ($p<0.05$).*

CADMIO (mg/Kg)					
ZONA	**Hígado**	**Riñón**	**Músculo**	**Piel**	**Sangre**
Barrancabermeja	0.63 ± 0.15^a	0.80 ± 0.20^a	0.41 ± 0.13^a	0.28 ± 0.13^a	0.19 ± 0.07^a
Yondó	0.52 ± 0.06^b	0.55 ± 0.05^b	0.20 ± 0.05^b	0.28 ± 0.14^a	0.15 ± 0.04^b
Codex Alimentarius	n.r	n.r	n.r	n.r	n.r
Unión Europea	0.5	1.0	0.05	n.r	n.r
PLOMO (mg/Kg)					
ZONA	**Hígado**	**Riñón**	**Músculo**	**Piel**	**Sangre**
Centro	0.62 ± 0.09^a	0.54 ± 0.09^a	0.24 ± 0.12^a	0.33 ± 0.10^a	0.12 ± 0.02^a
Yondó	0.49 ± 0.08^b	0.38 ± 0.10^b	0.22 ± 0.08^a	0.29 ± 0.03^b	0.12 ± 0.03^a
Codex Alimentarius	0.5	0.5	0.1	0.5	0.5
Unión Europea	0.5	0.5	0.1	0.5	0.5
MOLIBDENO (mg/Kg)					
ZONA	**Hígado**	**Riñón**	**Músculo**	**Piel**	**Sangre**
Centro	6.43 ± 2.05^a	5.59 ± 2.04^a	4.65 ± 2.59^a	4.12 ± 2.53^a	1.14 ± 1.14^a
Yondó	5.78 ± 1.01^b	5.01 ± 1.17^b	3.40 ± 0.95^b	2.27 ± 0.84^b	1.55 ± 0.55^b
Codex Alimentarius	n.r	n.r	n.r	n.r	n.r
Unión Europea	n.r	n.r	n.r	n.r	n.r
ZINC (mg/Kg)					
ZONA	**Hígado**	**Riñón**	**Músculo**	**Piel**	**Sangre**
Centro	17.4 ± 8.66^a	14.95 ± 7.38^a	14.5 ± 8.78^a	8.39 ± 6.75^a	3.19 ± 1.93^a
Yondó	33.83 ± 6.61^b	25.49 ± 5.47^a	21.27 ± 5.85^a	11.00 ± 2.96^a	4.71 ± 1.40^a
Codex Alimentarius	n.r	n.r	n.r	n.r	n.r
Unión Europea	n.r	n.r	n.r	n.r	n.r

n r= no se reporta

Los niveles hepáticos de Cd reportados en otros estudios variaron entre 3.39 y 131 µg/kg para zonas industriales y 6.43–221 µg/kg para zonas rurales [18], desde no detectables a 85.5 µg/kg [19], desde 0.03 a 0.13 mg/kg [14] ,de 7.92 ± 2.36 mg/kg [21] y entre 0.001 y 0.02 mg/kg [20]. Estas concentraciones son más bajas que las reportadas en las áreas de este estudio (0.23 - 0.87 mg/Kg para Barrancabermeja y 0.41 - 0.61 mg/Kg para Yondó), siendo superadas por los valores encontrados por Liu [21].

Los niveles de Zn se encuentran, en términos generales, por debajo de lo establecido por ambas normas. Este hecho puede deberse al antagonismo existente entre este elemento y la alta concentración del cadmio presente en el organismo. Esta aseveración coincide con lo dicho por Villanueva [22] quienes aseveran que los requerimientos de Zn para los rumiantes varían de 30 a 80 mg/Kg y sugieren que 7 mg/Kg de Zn en la dieta son suficientes para mantener el crecimiento en becerros y corderos, pero requieren 15 mg/Kg para mantener niveles adecuados en sangre. Por otro lado Underwood y Suttle [6] concluyeron que un consumo de 17 mg/Kg es aparentemente adecuado para el crecimiento de corderos y becerros, pero inadecuado para un desarrollo y función testicular normal, lo que se mejoró significativamente por un consumo dietético de 32 mg/Kg [15]. De todas maneras, según el NRC [23], el máximo tolerable para bovinos es de 500 mg/Kg. Según Mc Dowell y Arthington [15] el contenido plasmático de Zn es el índice más ampliamente usado para evaluar el estado del Zn tanto en humanos como en animales. Para determinar deficiencias en rumiantes se considera que la medida de Zn en plasma (0.6 a 0.8 mg/Kg) y en forraje (<40 mg/Kg) sería una buena combinación para chequear el estado del Zn, lo que muestra que en el presente estudio se encontraron niveles ligeramente por debajo de este postulado.

Conclusiones

Entre los metales pesados estudiados vale la pena destacar la presencia del Pb y Cd los cuales se encuentran en altas

concentraciones en un buen número de muestras de hígado, riñón y músculo en ambos municipios. Los niveles hallados sobrepasan los límites permisibles establecidos en las normas del Codex alimentarius y de la Unión Europea.

En lo referente al Molibdeno, se encontraron niveles superiores y estadísticamente significativos en todos los órganos muestreados en Barrancabermeja, lo que coincide con la mayor casuística clínica en cuanto a incidencia de diarreas, problemas de piel y reproductivos en los bovinos de esta zona, que va en consonancia con lo citado por Radostits *et al* (2001), sin embargo, esta situación no es determinante para hacer la asociación causal directa, por lo que es necesario establecer la correlación de dichos hallazgos con los niveles de Molibdeno en suelo, forrajes y agua de los hatos en estudio. De igual manera, sería conveniente realizar otros estudios en similares condiciones y regiones del trópico para establecer unos límites permisibles de tanto de Mo como de Zn en carne de bovino.

Finalmente podemos concluir que el consumo de carne y vísceras de los bovinos que pastorean en las zonas del Magdalena Medio Colombiano pueden representar un grave riesgo para la salud humana por su alto grado de contaminación con metales pesados, y quizá ello pueda estar influenciado por la industria petroquímica, por lo que se precisan estudios adicionales.

Agradecimientos

La presente investigación se realizó bajo el auspicio del proyecto de investigación: "Determinación de residuos de metales pesados en el suelo, plantas, agua y tejidos de bovinos expuestos en áreas de alto grado de contaminación y detección de puntos críticos para su control", ejecutado por los grupos de investigación Agricultura y Ganadería Sostenibles (GIAS), Ciencias Animales (GICA), y el Recursos Naturales de la Universidad de Pamplona, cofinanciado por Colciencias, CÓDIGO PRE00503030302. Se agradece al Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira y al laboratorio de Control de Calidad de la Universidad de Pamplona.

Bibliografía

1. Comisión Económica Europea. REGLAMENTO (CE) No 1881/2006 DE LA COMISIÓN de 19 de diciembre de 2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. (Diario oficial de la Unión Europea). Págs. 19-20.
2. Codex Estándar 193-1995 (2010). Norma general del codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos. Adoptada en 1995. Revisada en1997, 2006, 2008, 2009. Enmendada en 2010. Pp: 1-43.
3. Soghoian S, Sinert R, Tarabar A (2011) Heavy Metal Toxicity. Staff Physician, Department of Emergency Medicine, State. University of New York Downstate Medical Center. American College of Emergency Physicians, and Society for Academic Emergency Medicine. 1-10.
4. González-Montaña JR (2009) Metales pesados en carne y leche y certificación para la Unión Europea. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 22 (3): 305 - 310.
5. Buck WB (2003). Toxicologia Veterinaria Clinica (Spanish Edition) (Spanish) Paperback – October, 2003. Publisher: Acribia, Zaragoza.
6. Underwood EJ, Suttle NF (1999) The Mineral Nutrition of Livestock" 3rd ed., Ed. CABI, Midlothian, UK. (18)
7. Torres L, Kharisov B y Elizondo N (2001). Recuperación de V y Mo de catalizadores gastados de la industria petroquímica. Ciencia UANL 4 (2): 198-204
8. González I, De Jesús J, Rivas G y Urbina C (2011) Estudio de sulfuros de molibdeno generados mediante la descomposición térmica de emulsiones agua/aceite. ACI; 2(1): 51-62
9. Radostits O (2001). Medicina veterinaria: tratado de enfermedades del ganado bovino, ovino, porcino, caprino y equino, Interamericana – McGrawhill. 1920 p
10. Brem, J, Mestre J, Pochon D y Trulls H (2001-2002). Alteraciones del ciclo estral provocadas por un alto ingreso de molibdeno en vaquillonas Brangus y respuesta a la suplementación con cobre. Rev Vet, 12/13: 1/2 ; 28-33.
11. Alcocer VM, Castellanos A, Herrera Francisco, Chel L, Betancur D (2007) Detección de metales pesados y dicloro difenil triclor etano en músculos y órganos de bovinos en Yucatan. Técnica Pecuaria en México. 45(2): 237-247. (6)
12. Pulido JI (2007) Guía para la implementación de las buenas prácticas ganaderas. Colombia: CORPOICA, Ministerio de Agricultura y Desarrollo. (7)
13. Departamento Nacional de Planeación (2007). Agenda Interna para la Competitividad. Agenda Interna para la Productividad y la Competitividad. Documento sectorial, Agroindustrial. Bogotá, 15-17. (8)
14. Madero A, Marrugo J (2011). Detección de metales pesados en bovinos, en los valles de los rios Sinú y San Jorge, departamento de Córdoba, Colombia. Rev MVZ Córdoba, 16(1): 2391-2401. (9)
15. McDowell LR, y Arthington JD. (2005). Minerales para Rumiantes en Pastoreo en Regiones Tropicales. Cuarta ed. IFAS University of Florida. (10)
16. Vásquez-Moreno L, Bermúdez M, García L, Languré A, Flores M, Orantes C (2002). Residuos tóxicos en tejidos animales destinados al consumo. Revista Científica, FCV-LUZ / 12 (3): 186-192 (11)
17. Iwegbue CMA (2008) Heavy metal composition of livers and kidneys of cattle from Southern Nigeria. Veterinarski Archiv. 78:401-410. (12)
18. Miranda M, Lopez-Alonso M, Castillo C, Hernandez J, Benedito JL (2005) Effects of moderate pollution on toxic and trace metal level in calves from a polluted area of Norther Spain. Environment International. 31: 543-548. (13)
19. Blanco-Penedo I, Cruz JM, Lopez-Alonso M, Miranda M, Castillo C, Hernández J, Benedito JL. (2006) Influence of copper status on the accumulation of toxic and essential metals in cattle. Environment International. 32: 901-906. (14)
20. Nwude DO, Okoye PAC, Babayemi JO (2011) Assessment of heavy metal concentrations in the liver of cattle slaughter during three different seasons. Research Journal of Environmental Sciences. 5(3): 288-294. (15)
21. Liu ZP (2003) Lead poisoning combined cadmium in sheep and horses in the vicinity of non-ferrous metal smelters. Science of The Total Environment. 309:117-126. (16)
22. Villanueva G (2011). Nutrición del ganado: Zinc. Sitio Argentino de Producción Animal. p: 1-2. (17)
23. NRC, 2005. Mineral Tolerance of Animals: Second Revised Edition. Academy of Sciences-National Research Council, Washington, D.C. (19)