

# Factores que influyen en la emesis post-aturdimiento en bovinos

## Post stunning factors that influence emesis in cattle

Francisco Gerardo Ríos Rincón<sup>a</sup>, Alfredo Estrada Angulo<sup>a</sup>, Jorge Hernández Bautista<sup>b</sup>,  
Cristina Pérez Linares<sup>c</sup>, Jesús José Portillo Loera<sup>a</sup>, Juan Carlos Robles Estrada<sup>a</sup>

### RESUMEN

Para determinar el efecto del tiempo de espera pre-sacrificio, la efectividad del aturdimiento, el tipo de categoría comercial y la consistencia del contenido ruminal en la emesis durante el intervalo entre aturdimiento y desangrado en ganado bovino, se seleccionaron 9,446 canales en cuatro plantas procesadoras (P1, P2, P3, P4). El tiempo de espera pre-sacrificio se clasificó en: 1) menor a 3 h (T1); 2) de 3 a 12 h (T2); 3) mayor a 12 h (T3). El aturdimiento se registró como efectivo y no efectivo. La consistencia del contenido ruminal, se clasificó en: acuosa, semi-acuosa y espesa. En P1, se registró el número de cabezas y pulmones contaminados por emesis, y el análisis se realizó mediante  $\chi^2$ . Cuando la espera pre-sacrificio fue mayor a 10 h y el aturdimiento no fue efectivo, el riesgo fue 1.73 veces mayor para observar contaminación de la canal. Al aumentar el tiempo de espera pre-sacrificio se incrementó ( $P < 0.05$ ) la emesis, cuando el contenido ruminal era acuoso (62.9 vs 12.5 y 24.6 %). La emesis fue similar ( $P = 0.10$ ; 10.07 %) entre machos y hembras. El tiempo de espera pre-sacrificio y la categoría comercial del ganado no influyeron en la emesis post-aturdimiento. Se concluye que el efecto combinado de mayor tiempo de espera pre-sacrificio, aturdimiento no efectivo y consistencia acuosa del contenido ruminal, favorecen la emesis en bovinos durante el intervalo del aturdimiento al desangrado.

**PALABRAS CLAVE:** Contaminación de la canal, Tiempo de espera, Aturdimiento, Bovinos, Bienestar animal.

### ABSTRACT

To determine the effect of lairage duration, stunning effectiveness, type of commercial cattle, and ruminal content consistence on carcass contamination by emesis at slaughter between stunning and exsanguinations (stun-stick interval), data were analysed from 9,446 animals in Federal Inspection and Municipal slaughterhouses (P1, P2, P3, P4). Lairage duration was classified in three categories: T1) less than 3 h; T2) major than 3 h and lesser than 12 h, and T3) major than 12 h. Stunning was classified as effective and no effective. The consistence or ruminal content was identified and evaluated as watery, semi-watery and dense. Was recorded at P1, number of heads and lungs contaminated; data analysis by  $\chi^2$ . On P2 y P3, the frequencies obtained were analyzed with logistic regression. In P4 data were disposed in frequency tables and analysed by  $\chi^2$ . Long lairage time (T3) with ineffective stunning increased 1.73 times the risk to observe carcass contamination. At the long lairage time (T3), emesis increased ( $P < 0.05$ ), when ruminal content was watery (62.9 % vs 12.5 y 24.6 %). The emesis was similar between male and female ( $P = 0.10$ ; 10.07 %). There was not relationship ( $P = 0.58$ ) between repose time and type of commercial cattle in emesis. It is concluded that high lairage duration, no effective stunning, and watery and semi-watery content ruminal consistence, increased the emesis in stun-stick interval bovine slaughtering.

**KEY WORDS:** Carcass contamination, Lairagetime, Stun-stick interval, Cattle.

### INTRODUCCIÓN

La producción de carne se encuentra en un periodo de mejora constante donde cada eslabón de la

### INTRODUCTION

Meat production is in a period of constant improvement during which each link in the logistical

Recibido el 10 de enero de 2011. Aceptado el 4 de mayo de 2011.

<sup>a</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Sinaloa Blvd. San Ángel s/n Predio Las Coloradas, 80236, Culiacán, Sinaloa, México. Teléfono +52 (667) 718-1650. mvz\_jcre@hotmail.com. Correspondencia al primer autor.

<sup>b</sup> Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca.

<sup>c</sup> Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias. Universidad Autónoma de Baja California.

cadena logística es relevante; además, las regulaciones establecidas para controlar la calidad de los procesos en la industria, favorecen la identificación y verificación de puntos críticos, los cuales pueden variar dentro y entre plantas de procesamiento<sup>(1)</sup>. Entre las diferentes etapas que están involucradas en la cadena logística pre-sacrificio de bovinos, se incluyen a las operaciones de carga, transporte, descarga y tiempo de espera en la planta de sacrificio. Durante el sacrificio, el aturdimiento es un punto crítico, ya que de resultar ineficaz los animales muestran signos de retorno a la sensibilidad<sup>(2)</sup>. La espera pre-sacrificio, permite reducir los niveles de estrés, recuperar el desequilibrio fisiológico ocasionado por el transporte desde la granja hasta la planta de sacrificio y reconstituir las reservas de glucógeno muscular<sup>(3,4)</sup>; además, reduce el contenido digestivo para facilitar el procedimiento de eviscerado<sup>(5)</sup>. Sin embargo, algunas prácticas comunes en la planta de sacrificio pueden predisponer a la expulsión mecánica de contenido ruminal por las vías oral y nasal, inmediatamente después del aturdimiento y durante el proceso de obtención de las canales, éstas pueden contaminarse con contenido digestivo que sirve de vehículo a diversos patógenos microbianos; todo lo anterior, representa un peligro para la calidad del producto final y, por supuesto, para la salud del consumidor<sup>(6)</sup>.

En general, se asume que al prevenir la presencia de contaminantes visibles o bien al removerlos de la canal, se incrementa la seguridad microbiológica de la carne; sin embargo, es preferible que sea controlada mediante buenas prácticas precedentes al sacrificio, o al retirar la piel y las vísceras de la canal, que por medio de tratamientos de limpieza, los cuales no pueden prevenir el depósito o reducción de la carga bacteriana de la superficie de la canal<sup>(7)</sup>. En este sentido, una práctica preventiva en las plantas de sacrificio de ganado, es la administración del tiempo pre-sacrificio.

La modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM 009-ZOO-1994 "Proceso sanitario de la carne"<sup>(8)</sup>, establece que los bovinos tendrán un tiempo mínimo de 3 h de espera, justo el tiempo para realizar la

chain is relevant. Established regulations for industrial process quality control promote identification and verification of critical points, which can vary within a plant and between plants<sup>(1)</sup>. The stages in the cattle pre-slaughter logistical chain include loading, transport, unloading and lairage at the slaughterhouse. Stunning is the critical point during slaughter since ineffective stunning allows the animal to manifest signs of recovery<sup>(2)</sup>. Lairage allows a reduction in stress levels, a recovery of the physiological imbalance caused by farm-to-plant transport, and a return to normal muscular glucogene reserves<sup>(3,4)</sup>. It also reduces gastrointestinal tract content to facilitate evisceration<sup>(5)</sup>. However, some common slaughterhouse practices can predispose cattle to emesis (i.e. mechanical expulsion of rumen contents via the oral and nasal ducts) immediately after stunning. Emesis during carcass processing can cause carcass contamination since digesta is a vehicle for myriad microbial pathogens. This endangers final product quality and consumer health<sup>(6)</sup>.

It is generally assumed that preventing visible contaminants in the carcass or removing them increases microbiological safety in meat. Cleaning practices cannot prevent or reduce carcass surface bacterial load<sup>(7)</sup>, therefore, it is preferable to control microbial exposition through good practices during pre-slaughter, flaying and evisceration. Lairage time administration is a widely accepted and effective pre-slaughter preventative practice.

The most current version of the applicable Official Mexican Norm (NOM 009-ZOO-1994) "The sanitary meat process"<sup>(8)</sup>, states that cattle must be allowed a minimum 3 h lairage time. This is almost exactly the time needed for *ante mortem* inspection and other pre-slaughter handling. Emesis in cattle during the stun-to-stick interval has been identified as a sanitation problem in slaughterhouses because it favors high surface microbial load, increases carcass rejection rate and raises sanitation costs<sup>(9)</sup>. However, the factors contributing to emesis during the stun-to-stick interval are not well understood. The present study objective was to determine the

inspección *antemortem* y otras actividades necesarias para el manejo del ganado previo al sacrificio. Sin embargo, durante el intervalo entre el aturdimiento y desangrado, la expulsión de contenido ruminal (por la vía oral-nasal) en bovinos se ha identificado como un problema en las plantas procesadoras de ganado, porque incrementa los costos de sanitización, aumenta la retención de canales y favorece una alta carga microbiana en su superficie<sup>(9)</sup>, pero los factores que la propician no están determinados. Por lo cual, el presente estudio se llevó a cabo con el objetivo de determinar el efecto del tipo de categoría comercial del ganado, tiempo de espera pre-sacrificio, efectividad del aturdimiento y la consistencia del contenido ruminal en la emesis durante el intervalo del aturdimiento al desangrado en el sacrificio de bovinos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en cuatro plantas procesadoras de ganado bovino ubicadas en el municipio de Culiacán, Sinaloa, México (107° 21' 14" LO; 24° 46' 13" LN; 38 msnm), durante los meses de abril a octubre de 2008. La temperatura media anual de la región es de 25.9 °C, 68 % de humedad relativa promedio y precipitación anual promedio de 688.5 mm, con régimen pluviométrico de verano<sup>(10)</sup>.

En todos los casos, los bovinos fueron finalizados de manera intensiva-tecnificada, bajo programas de manejo y estrategias de alimentación protocolizados, con base en Buenas Prácticas de Producción en la Engorda de Ganado Bovino en Confinamiento<sup>(11)</sup>. Las unidades de producción estaban ubicadas a una distancia no mayor a 50 km de las plantas de sacrificio y el tiempo de traslado no excedió de 60 min; los animales fueron enviados al rastro sin ayuno, ya que la práctica habitual de las empresas engordadoras, es la venta de bovinos en pie a empresas comercializadoras de canales, cortes primarios y de venta detallada al consumidor en general.

### *Procedimiento del estudio etapa uno*

La primera etapa consistió en revisar la cabeza y los pulmones de 3,103 bovinos en una planta Tipo

effect of commercial cattle type, lairage time, stun effectiveness and rumen content consistency on emesis frequency during the stun-to-stick interval in cattle.

## MATERIALS AND METHODS

Data were collected from four slaughterhouses in Culiacan municipality, Sinaloa State, Mexico (107° 21' 14" W; 24° 46' 13" N; 38 m asl), from April to October 2008. Average annual temperature in the region is 25.69 °C, average relative humidity is 68 %, and average annual rainfall is 688.5 mm with a summer rainy season<sup>(10)</sup>.

In all cases, cattle were finished in an intensive-mechanized system using protocol-controlled management programs and feeding strategies based on Best Management Practices for Beef Cattle in Confinement<sup>(11)</sup>. Production units were located no further than 50 km from the slaughterhouses and transport time did not exceed 60 min. Animals had not fasted before transport since it is common practice in finishing lots to sell cattle on the hoof to companies which then market carcasses and primal cuts as well as offer retail sales to the general public.

### *Stage one study procedure*

Stage one of the study involved inspection of the head and lungs of 3,103 animals slaughtered at a Federal Inspection Type (Tipo Inspección Federal - TIF) plant (P1). Upon arrival at the plant, animals were assigned a lot number, the number of animals and time of arrival recorded, and they were confined to ensure a turn and prevent mixing with animals from other sources. In response to slaughterhouse operation dynamic, slaughter volume and established turn, lots were classified into three lairage time categories: T1 < 3 h (n= 719); T2 3 - 12 h (n= 133); and T3 > 12 h (n= 2,251). During lairage, 30 animals at a time were housed in a fully roofed 6 x 10 m area (2 m<sup>2</sup>/animal) equipped with automatic drinkers. Before entering the kill room, groups of six animals were separated by one person using plastic flags. Lungs and heads with evidence of rumen content were identified during *post mortem* inspection.

Inspección Federal (P1). A la llegada de los animales al establecimiento, se les adjudicó número de lote, se registró el número de animales y la hora de llegada, y fueron confinados para asegurar turno de sacrificio y evitar la mezcla de animales de diferente propietario. Dada la dinámica operativa del rastro, el volumen de sacrificio y el turno establecido, los lotes se clasificaron en tres categorías de acuerdo con el tiempo de espera pre-sacrificio: T1) menor a 3 h (n=719); T2) de 3 a 12 h (n=133); y T3) mayor a 12 h (n=2,251). Durante la espera pre-sacrificio, se alojaron 30 animales en un área de 6 x 10 m (2 m<sup>2</sup>/animal); equipada con bebederos de llenado automático y superficie techada en su totalidad. Previo al ingreso a sala de sacrificio, grupos de seis animales fueron arreados por una persona que utilizó banderas de plástico. Durante la inspección *postmortem*, se identificaron los pulmones y cabezas que presentaron evidencia de contenido ruminal.

#### *Procedimiento del estudio etapa dos*

La segunda etapa se llevó a cabo con el objetivo de conocer la relación del tiempo de espera pre-sacrificio y efectividad del aturdimiento, con la presencia de contenido ruminal en cabezas y pulmones de bovino en dos establecimientos, uno Tipo Inspección Federal (P2; n=618) y otro de administración municipal (P3; n=597). A la llegada de los bovinos de cada establecimiento, se les asignó el número de lote, se registró el número de animales y la hora de llegada, y fueron confinados para evitar la mezcla de animales de diferente propietario. Con base en la hora de llegada, los animales fueron clasificados en dos categorías de espera pre-sacrificio, de la siguiente manera: rastro P2, 1) menor a 10 h (n=172) y 2) mayor a 10 h (n=446); rastro P3, 1) menor a 10 h (n=436) y 2) mayor a 10 h (n=161).

Para ejecutar el aturdimiento de los bovinos, el establecimiento P2 contaba con cajón de noqueo tradicional construido de concreto en la parte lateral, frontal y en el piso; con puertas metálicas tipo guillotina para el ingreso y de tipo volteo para la salida del animal. Se utilizó una pistola neumática

#### *Stage two study procedures*

Stage two was aimed at documenting the relationship between lairage time, stun effectiveness and head and lung contamination with rumen content. Data were collected at two slaughterhouses, a TIF plant (P2; n= 618) and a municipally-administered plant (P3; n= 597). Upon arrival at each plant, animals were assigned a lot number, the number of animals and time of arrival recorded, and they were confined to prevent mixing with animals from other sources. Based on arrival time, the animals were classified into two lairage categories: P2, 1) <10 h (n= 172) and 2) >10 h (n= 446); P3, 1) <10 h (n= 436) and 2) >10 h (n= 161). At P2, 16 animals were housed in a partially roofed 7.5 x 4 m area (1.88 m<sup>2</sup>/animal) equipped with an automatic drinker. At P3, 20 animals were housed in a partially roofed 6 x 6 m area (1.8 m<sup>2</sup>/animal) equipped with an automatic drinker. At both plants animals were led to the kill floor in groups no larger than 10 animals herded by two people using 1/2 inch diameter flexible PVC tubes. A traditional stunning box - concrete sides, front and floor, metal guillotine door for entrance and revolving doors for exit - was used at both slaughterhouses. At P2, a pneumatic penetration pistol (model USSS-1, Jarvis Products Corp; Middletown, CT, USA) was used and processing rate was 50 animals/h. At P3, a penetrating captive bolt pistol (Cash Special Captive Model N 17494; Accles and Shelvoke LTD, Birmingham, UK) was used and processing rate was 30 animals/h.

Stun effectiveness was evaluated according to procedure acceptability ranges which establish indicators of possible post-stun recovery<sup>(12)</sup>. When hoisted onto the exsanguination rail, the number of animals which ejected rumen content was recorded and later the number of heads and lungs with evidence of rumen content was recorded.

#### *Stage three study procedures*

For this stage, 5,128 animals were inspected at a TIF slaughterhouse (P4). These were classified according to commercial type: 2,611 steers, 1,755 bulls, 564 cow calves and 258 heifers. According

de penetración (modelo USSS-1, Jarvis Products Corp; Middletown, CT, USA); la velocidad del proceso fue de 50 animales/h. El establecimiento P3, tenía un cajón de noqueo tradicional construido de concreto en la parte lateral, frontal y en el piso; con puertas metálicas tipo guillotina para el ingreso y tipo volteo para la salida del animal. Para el aturdimiento de los bovinos se utilizó una pistola de perno cautivo penetrante (Cash Special Captive Modelo N 17494; Accles and Shelvoke LTD, Birmingham, UK); la velocidad del proceso fue de 30 animales/h. En P2 se alojaron 16 animales en un área de 7.5 x 4 m (1.88 m<sup>2</sup>/animal); equipada con bebedero de llenado automático y superficie techada en su totalidad; y en P3 se alojaron 20 animales en un área de 6 x 6 m (1.8 m<sup>2</sup>/animal); equipada con bebedero de llenado automático y superficie parcialmente techada. En ambos rastros, la conducción a la sala de sacrificio se realizó en grupos no mayores a 10 animales, arreados por dos personas que utilizaron tubos flexibles de PVC de 1/2 pulgada de diámetro.

La efectividad del aturdimiento fue evaluada de acuerdo con los rangos de aceptabilidad de procedimientos, que establecen los indicadores de una posible recuperación posterior al aturdimiento<sup>(12)</sup>. Al momento de ser izado en el riel de desangrado, se registró el número de animales que expulsaron contenido ruminal y, posteriormente, el número de cabezas y pulmones que mostraron evidencia de este material.

#### *Procedimiento del estudio etapa tres*

Esta etapa consistió en revisar 5,128 animales en un establecimiento Tipo Inspección Federal (P4), clasificados en cuatro grupos de acuerdo con el tipo comercial: 2,611 becerros, 1,755 toretes, 564 becerras y 258 vaquillas. Con base en el tiempo de espera pre-sacrificio, los animales se clasificaron en las categorías: T1) menor a 3 h (n=1,440); T2) de 3 a 12 h (n=719); y T3) mayor a 12 h (n=2,969). A la llegada de los bovinos al rastro se les asignó el número de lote, se registró la hora de llegada y el número de animales, y fueron alojados asegurándose de no mezclar animales de diferente

to lairage time, the animals were classified into three categories: T1) <3 h (n= 1,440); T2) 3 - 12 h (n= 719); and T3) >12 h (n= 2,969). Upon arrival at the plant, animals were assigned a lot number, the number of animals and time of arrival recorded, and they were confined to prevent mixing with animals from other lots. Before slaughter, 30 animals were housed in a completely roofed 8 x 10 m area (2 m<sup>2</sup>/adult animal) equipped with an automatic drinker. A traditional stunning box - concrete sides, front and floor, metal guillotine door for entrance and revolving doors for exit - was used. Stunning was done with a pneumatic penetration pistol (model USSS-1, Jarvis Products Corp; Middletown, CT, USA) and processing rate was 50 animals/h.

For each group, records were made of the number of animals that exhibited emesis during the stun-to-stick interval, at the moment of hoisting onto the exsanguination rail. Rumen content consistency was evaluated and classified into three types: A) Aqueous, high liquid content, color green to brown, occasionally foamy with abundant grain and hay particles from feed; b) Semi-aqueous, less liquid than aqueous content, color dark to light green and at times dark brown, foam more frequent, higher grain and hay particle content; and c) Dense, highly compact with little or no liquid, varied in color, high forage content.

#### *Statistical analysis*

Data collected at P1 were analyzed with a chi-squared (X<sup>2</sup>) for proportion independence<sup>(13)</sup>. Data from P2 and P3 were grouped into frequency tables following these criteria: lairage time (short <10 h, long >10 h); stun effectiveness (effective, ineffective); contamination (of heads and lungs); and lairage-stun levels (i.e. short time-effective stun, short time-ineffective stun, long time-effective stun, long time-ineffective stun). Frequency table values were analyzed with the logistical regression technique by applying the LOGISTIC procedure in the SAS ver. 8.1 for Windows package<sup>(14)</sup>. Estimators were generated for the  $\alpha$  and  $\beta$ s parameters, and these used to calculate the degree of probability ratios<sup>(15)</sup>. Data from P4 grouped by commercial type (steer, bull, cow calf and heifer)

lote. Para realizar el aturdimiento, el rastro contaba con cajón de noqueo tradicional construido de concreto en la parte lateral, frontal y en el piso; con puertas metálicas tipo guillotina para el ingreso y tipo volteo para la salida del animal; una pistola neumática de penetración (modelo USSS-1, Jarvis Products Corp; Middletown, CT, USA) se utilizó para el aturdimiento; la velocidad del proceso fue de 50 animales/h. Se alojaron 30 animales en un área de 8 x 10 m (2 m<sup>2</sup>/animal adulto), equipada con bebedero de llenado automático y superficie techada en su totalidad.

En cada grupo se registró el número de animales que expulsaron contenido ruminal en el intervalo que va después del aturdimiento, y al momento de ser izados al riel de desangrado. Además, se evaluó la consistencia del contenido ruminal, la cual para su comparación se clasificó en tres tipos: a) Acuosa: presenta contenido muy líquido, de colores verde a café claro, en ocasiones espumoso con abundante presencia de grano y partículas de paja propios del alimento; b) Semi-acuosa: es menos líquida que la acuosa, su coloración varía de verde oscuro a verde claro y en ocasiones café oscuro, con presencia más frecuente de espuma, así como de grano y cantidades mayores de paja de la dieta y c) Espesa: es de consistencia muy compacta con poca o nula presencia de líquido, con alta presencia de forraje y muestra colores variados.

#### *Análisis estadístico*

Los datos de las variables de interés recabados en P1, se analizaron por medio de Ji cuadrada (X<sup>2</sup>) para independencia de proporciones<sup>(13)</sup>. Los datos recabados en P2 y P3, se agruparon en tablas de frecuencia, de acuerdo con los criterios: tiempo de espera pre-sacrificio (corto: menor a 10 h, largo: igual o mayor de 10 h); efectividad del aturdimiento (efectivo y no efectivo); así como en la contaminación de las dos variables (cabezas y pulmones) y sus niveles (tiempo corto-noqueo efectivo, tiempo corto-noqueo no efectivo, tiempo largo-noqueo efectivo, tiempo largo-noqueo no efectivo). Los valores de las tablas de frecuencia se analizaron con regresión logística, mediante el

were entered into a frequency table and analyzed with a X<sup>2</sup> test<sup>(13)</sup>.

## **RESULTS AND DISCUSSION**

### *Stage One*

Presence of rumen content in heads was not associated ( $P>0.10$ ) with lairage time: T1, 17.8 % (128 heads); T2, 15.8 % (21 heads); and T3, 14.6 % (328 heads). One of the main causes for decommission of cattle heads in slaughterhouses is the presence of rumen content due principally to emesis during slaughtering<sup>(16,17)</sup>. Both lairage time and fasting have been evaluated in processing plants, mainly in terms of animal welfare and visual contamination of carcasses and co-products<sup>(18,19)</sup>.

In P1, the percent distribution of macroscopic lesions compatible with emphysema from ingesta did not differ ( $P>0.10$ ) between lairage times: T1, 5.4 % (39 lungs); T2, 6.7 % (9 lungs); and T3, 4.4 % (100 lungs). Emphysema is an enlargement of the distal air spaces of the respiratory bronchioles caused by partial obstruction of the bronchi; when an alveolus distends it establishes collateral ventilation with others as a consequence of forced, heavy breathing, a common occurrence in incorrectly stunned cattle in slaughterhouses. In interstitial emphysema, air invades the interlobular spaces and even thoracic subcutaneous tissue. A classic example of interstitial emphysema in domestic animals is agonic interstitial emphysema in the craneoventral lung observed in slaughterhouse processed cattle<sup>(20)</sup>. This lesion can indicate an operational failure during the stun-to-stick interval, prolonging animal suffering with difficult breathing. It is therefore a possible *post mortem* indicator of animal welfare.

A lairage time of less than 3 h (T1) did not affect ( $P>0.10$ ) the presence of rumen content in heads and lungs, even when animals were sent directly from the production unit to the slaughterhouse.

### *Stage Two*

The presence of rumen contents increased as the lairage time was <10 h (Table 1), however, between

paquete estadístico SAS versión 8.1 para Windows, con el procedimiento LOGISTIC<sup>(14)</sup>, obteniendo los estimadores de los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$ s, con los que se calcularon las razones de probabilidad<sup>(15)</sup>. Los resultados recabados en P4 de acuerdo al tipo comercial de los animales (becerros, becerras, vaquillas y toretes) fueron dispuestos en tablas de frecuencia, que se analizaron mediante la prueba de Ji cuadrada<sup>(13)</sup>.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Etapa uno*

La presencia de contenido ruminal en la cabeza de bovinos no se debió al tiempo de espera pre-sacrificio ( $P>0.10$ ), al registrarse 17.8 % (128 cabezas), 15.8 % (21 cabezas) y 14.6 % (328 cabezas) para T1, T2 y T3, respectivamente. Algunos autores<sup>(16,17)</sup>, mencionan que una de las causas más importantes de decomiso de cabezas de ganado bovino en plantas de sacrificio, se debe a la presencia de contenido ruminal, principalmente atribuido a su expulsión por vía oral durante el proceso de faenado; en este sentido, el tiempo de espera pre-sacrificio y la consecuente privación de alimento son prácticas que han sido evaluadas en las plantas de proceso, principalmente sobre el bienestar animal y en la contaminación visual de canales y sus coproductos<sup>(18,19)</sup>. En P1, se observó una distribución porcentual similar ( $P>0.10$ ) para lesiones macroscópicas compatibles con enfisema por ingesta en 5.4 % (39 pulmones), 6.7 % (9 pulmones) y 4.4 % (100 pulmones), para las categorías T1, T2 y T3, respectivamente. El enfisema es un agrandamiento de los espacios aéreos distales a los bronquiolos respiratorios, producido por una obstrucción parcial de los bronquios, ya que siempre que se distiende un alvéolo, se establece ventilación colateral entre ellos, a consecuencia de una inspiración forzada y jadeante, observada comúnmente en bovinos aturdidos de manera incorrecta en la planta de sacrificio. En el caso del enfisema intersticial, el aire invade los espacios pleurales interlobulillares e incluso el tejido subcutáneo de la región torácica. Un ejemplo clásico de enfisema intersticial en los animales domésticos

processing plants, the risk of contaminated heads with rumen content was 1.67 times higher in P3. In animals with shorter lairage times there is more food in the digestion process, which increases the risk of involuntary removal of rumen contents, when the animal is lifted to bleed rail<sup>(21)</sup>. Perhaps this factor is associated with the operating conditions of P3, where daily slaughter volumes and waiting times for slaughter are lower. However, during this time and in this condition, it is recommended that all animals drink water, this ensures an improvement in animal welfare, hydration favors carcass performance and avoid negative effects on meat quality<sup>(22)</sup>. Providing lairage time also prevents weight loss by from 7 to 12 % in a 12 to 24 h period<sup>(23)</sup>, and reduces pathogenic bacteria growth in the digestive tract<sup>(24)</sup>.

Ineffective stunning increased the presence of contaminated heads with rumen contents; in processing plants, the risk was 1.70 times higher in P2. Stun effectiveness at first shot can be influenced by a series of factors (alone or in conjunction): shot precision; bolt speed; brain case penetration depth; and/or lack of equipment maintenance<sup>(25)</sup>. In addition to causing unnecessary suffering as the animal recovers sensitivity, ineffective stunning also retards bleeding time, alters physiological functions and, collaterally, leads to emesis of rumen content and consequent contamination of the head when

Cuadro 1. Factor de riesgo para la presentación de cabezas de bovino contaminadas con contenido ruminal, por tipo de establecimiento

Table 1. Risk factor for the presentation of cattle heads contaminated with rumen content, by slaughterhouse type

		Slaughterhouse type		
		P2	P3	OR
<i>n</i>		618	597	-
Lairage time	< 10 h	0.09	0.15	1.67
	> 10 h	0.15	0.16	1.07
Stunning	Effective	0.10	0.11	1.10
	Ineffective	0.17	0.13	1.70

P2= Federal Inspection type plant; P3= Municipal type plant; OR= odds ratio.

es el enfisema intersticial agónico de la porción craneoventral pulmonar que se observa en los bovinos procesados en rastro<sup>(20)</sup>. Esta lesión puede indicar algún fallo operacional durante el intervalo aturdimiento-desangrado, prolongando la agonía del bovino con un gran esfuerzo respiratorio; por lo tanto, esta lesión pulmonar es un posible indicador de bienestar animal *postmortem*. Además, el tiempo de espera pre-sacrificio menor a 3 h no influyó ( $P>0.10$ ) en la presencia de contenido ruminal en cabezas y en pulmones, aun cuando los animales fueron enviados directamente del confinamiento en la granja a la planta de sacrificio.

### Etapa dos

La presencia de contenido ruminal en cabezas se incrementó cuando el tiempo de espera fue <10 h (Cuadro 1); sin embargo, entre plantas de proceso, el riesgo de observar cabezas contaminadas fue 1.67 veces mayor en P3. En los animales con menor tiempo de espera pre-sacrificio hay mayor cantidad de alimento en proceso de digestión, que aumenta el riesgo de expulsión involuntaria del contenido ruminal, cuando se iza al animal al riel de desangrado<sup>(21)</sup>. Posiblemente este factor está asociado con las condiciones de operación de P3, donde los volúmenes de matanza diarios y los tiempos de espera al sacrificio son menores. Sin embargo, durante este tiempo y en esta condición, es recomendable que todos los animales beban agua; esto asegura una mejoría en el bienestar animal, la hidratación favorece el rendimiento de la canal y evita efectos negativos en la calidad de la carne<sup>(22)</sup>. Además, al administrar el tiempo de reposo pre-sacrificio se evita la pérdida de peso en el orden de 7 a 12 % en 12 a 24 h<sup>(23)</sup> y se previene el incremento de bacterias patógenas en el tracto digestivo<sup>(24)</sup>.

El aturdimiento no efectivo incrementó la presencia de cabezas contaminadas con contenido ruminal; entre plantas de proceso el riesgo fue 1.70 veces mayor en P2. Varias condiciones concurren para que el aturdimiento no sea efectivo al primer disparo: la precisión, velocidad del perno cautivo, la profundidad de la penetración en la caja craneana y el escaso mantenimiento del equipo, determinan,

the animal is hoisted<sup>(26)</sup>. The purpose of using a retractable bolt to penetrate the brain case is to produce a quick, irreversible contusion and immediate collapse of the animal. When this does not occur, the animal enters into convulsions and a second shot is required<sup>(2)</sup>. This, however, can compromise head innocuity by promoting emesis.

By analyzing the relationship between pre-slaughter lairage time and stunning effectiveness on the proportion of heads contaminated with rumen contents (Table 2), it was observed that in both lairage times, ineffective stunning increased the risk of more contamination in P2, but with the effective stunning, contaminated heads were also observed, since for every 10 head contaminated with effective stunning 17 heads are expected contaminated if stunning was ineffective (OR 1.71 and 1.73). In P3 OR values are similar between lairage times, and less difference in contaminated heads between stunning type. Overall, ineffective stunning increased the rate of heads with rumen content, which was exacerbated by longer lairage time. Low effectiveness of the retractable bolt in cattle stunning is due most frequently to technical failures, which are mostly caused by lack of

Cuadro 2. Relación del tiempo de espera pre-sacrificio con la efectividad del aturdimiento sobre la presentación de cabezas contaminadas con contenido ruminal, en dos plantas procesadoras

Table 2. Combined effect of lairage time and stun effectiveness on the percent of cattle heads contaminated with rumen content, by slaughterhouse type

Lairage time	Stunning	Slaughterhouse type	
		P2	P3
<i>n</i>		618	597
< 10 h	Effective	0.07	0.11
	Ineffective	0.12	0.09
	OR	1.71	1.22
> 10 h	Effective	0.11	0.15
	Ineffective	0.19	0.19
	OR	1.73	1.27

P2= Federal Inspection type plant; P3= Municipal type plant; OR= odds ratio.



en conjunto o por separado, la efectividad del aturdimiento<sup>(25)</sup>. Además de provocar sufrimiento innecesario en el animal por el retorno a la sensibilidad, la ineffectividad del aturdimiento ocasiona demora en el tiempo de desangrado, alteración de funciones fisiológicas y, de manera colateral, ocurre la expulsión de contenido ruminal vía oral, con el consiguiente incremento del número de cabezas contaminadas durante el izado de los animales en el riel de desangrado<sup>(26)</sup>. El objetivo de utilizar perno retráctil de penetración sobre la caja craneana, es producir una rápida e irreversible contusión, que colapse de manera inmediata al animal; cuando esto no ocurre, el animal convulsiona y entonces un segundo disparo es necesario<sup>(2)</sup>, pero compromete a la inocuidad de las cabezas, al propiciar la expulsión de contenido ruminal por la vía oral. Por su parte, en P3, se observó que el aturdimiento no efectivo aumentó sólo en 2 % el número de cabezas contaminadas con contenido ruminal (13 vs 11 %;  $P < 0.05$ ).

Al analizar la relación del tiempo de espera pre-sacrificio con la efectividad del aturdimiento en la presentación de cabezas de bovinos contaminadas con contenido ruminal (Cuadro 2), se observó que en los dos tiempos de espera pre sacrificio, el aturdimiento no efectivo aumentó el riesgo de tener más cabezas contaminadas en P2; sin embargo, con el aturdimiento efectivo también se observaron cabezas contaminadas, ya que por cada 10 cabezas contaminadas en aturdimiento efectivo se esperan 17 cabezas contaminadas cuando el aturdimiento fue no efectivo (OR 1.71 y 1.73). En P3 los valores de OR tienen valores similares entre tiempos de espera, con menor diferencia en las cabezas contaminadas entre tipo de aturdimiento. En general, cuando el aturdimiento no es efectivo y se combina con diferente tiempo de espera pre-sacrificio, se incrementa la probabilidad de que las cabezas presenten contenido ruminal. La baja efectividad del perno retráctil en el aturdimiento de bovinos, se debe a fallas frecuentes durante este proceso; entre ellas, se afirma que la falla más simple es la falta de mantenimiento (limpieza) del equipo aturridor o bien el uso de cartuchos defectuosos en

equipment maintenance (e.g. cleaning). When a portable pistol is used defective cartridges are another common cause of failure. Producing the proper effect also requires that the equipment be correctly placed on the medial frontal portion of the animal's head. Another contributing factor is improper design of the stunning box, for instance, they often do not take into account the morphological characteristics of the cattle to be killed<sup>(12,27)</sup>. Operator skill also plays a vital role in correct stunning. Those working this position should be regularly evaluated and trained to reduce human error to a minimum<sup>(28)</sup>. Finally, working in the stunning station can be extremely fatiguing. At least two well-trained operators need to be at the stunning station, and should rotate regularly, to compensate for this factor<sup>(29)</sup>.

Processed animals in P2, which remained over 10 h pre-slaughter lairage combined with ineffective stunning, the risk factor was 1.73 times higher for the presentation of rumen contents; when the waiting time was higher than 10 h combined with and ineffective stunning, the risk factor in P3 was 1.27.

The stunning effectiveness results and its relationship to the presence of lungs with emphysema and animals expelling rumen contents during hoisting

Cuadro 3. Efectividad del aturdimiento sobre la presencia de pulmones con enfisema y animales que expulsaron contenido ruminal en el izado al riel de desangrado, por tipo de establecimiento<sup>1</sup>

Table 3. Effect of stun effectiveness on the presence of lungs with emphysema and occurrence of emesis during hoisting onto exsanguination rail, by slaughterhouse type<sup>1</sup>

	Stunning	Slaughterhouse type	
		P2	P3
n,		618	597
Lungs with emphysema	Effective	0.04	0.05
	Ineffective	0.09	0.02
Emesis	Effective	0.01	0.01
	Ineffective	0.04	0.04

<sup>1</sup>Degree of probability ratio.

P2= Federal Inspection type plant; P3= Municipal type plant.

el caso del pistolete portátil. También, se ha observado que para producir el efecto adecuado, el equipo debe ser colocado correctamente sobre la parte frontal media de la cabeza del animal. A lo anterior se suma la falta de un diseño apropiado del cajón de aturdimiento, que no contemple las características morfológicas del ganado a sacrificar<sup>(12,27)</sup>. Además, es punto clave la habilidad de los operarios, por lo que se sugiere promover la evaluación y capacitación de los operarios que se desempeñan en esta posición en ese tipo de plantas, donde el factor humano es un aspecto crítico<sup>(28)</sup>. También es importante disponer (al menos) de dos empleados debidamente capacitados para afrontar las consecuencias del cansancio, cuando las actividades en la planta rebasan la capacidad de resistencia física de los operarios y rotarlos con determinada frecuencia<sup>(29)</sup>.

De los animales procesados en P2, que permanecieron más de 10 h en espera pre-sacrificio combinado con aturdimiento no efectivo, el factor de riesgo fue 1.73 veces mayor para la presentación de contenido ruminal en la cabeza en P2; y cuando el tiempo de espera fue mayor a 10 h y el aturdimiento no fue efectivo, el factor de riesgo fue de 1.27 en P3.

Los resultados de la efectividad del aturdimiento y su relación con la presencia de pulmones con enfisema y animales que expulsaron contenido ruminal durante el izado (Cuadro 3), muestran que el aturdimiento no efectivo aumentó el riesgo de emesis en cuatro animales más en las dos plantas, y 2.25 pulmones con enfisema más que cuando el aturdimiento fue efectivo en P2. Esto debido a que en un animal aturdido de forma incorrecta y que ya fue izado, se provoca la expulsión del contenido ruminal, ocasionando con ello broncoaspiración y en consecuencia, la presencia de este material en las vías respiratorias<sup>(30)</sup>. De igual manera, en P2 y P3 se observó que el aturdimiento no efectivo incrementó en 3 % la probabilidad de observar expulsión de contenido ruminal vía oral durante el intervalo aturdimiento al desangrado (4 vs 1 %).

Estos resultados muestran que la combinación de tiempo de espera pre-sacrificio mayor a 10 h con

(Table 3), show that ineffective stunning increased the risk of emesis in four animals at the two plants, and 2.25 more lungs with emphysema only when the stunning was effective in P2. This occurs because hoisting an animal after an ineffective stunning provokes emesis, followed by bronco aspiration and the consequent presence of rumen content in the respiratory tract<sup>(30)</sup>.

The combination of longer lairage time and ineffective stunning increased the number of heads contaminated with rumen content, lungs with emphysema and emesis during the stun-to-stick interval. Proper management of lairage time contributes to reducing animal stress, but can also be a critical point in terms of animal welfare and subsequent production line operations<sup>(12,22,31)</sup>. The best measure to reduce these risks is to increase stun effectiveness. Prolonging lairage time is not particularly useful because the benefits from increased recovery are minimal, and it can have negative repercussions on the presence of rumen content in the carcass and derivatives. It is also not justified if transport time is short. Other factors to consider during lairage are space available to the animal and live animal weight.

### Stage three

The effect of commercial cattle type on rumen content emesis during the stun-to-stick interval at P4 exhibited no differences ( $P=0.10$ ) between males

Cuadro 4. Relación entre la categoría comercial de ganado bovino y la expulsión de contenido ruminal, medida en el lapso entre el aturdimiento y el desangrado

Table 4. Emesis during stun-to-stick interval by commercial cattle type

Commercial type	Emesis	
	Yes (%)	No (%)
Steer	225 (8.6)	2386 (91.4)
Bull	153 (8.7)	1602 (91.3)
Cow calf	73 (12.9)	491 (87.0)
Heifer	26 (10.1)	232 (89.9)

( $P>0.05$ ).

aturdimiento no efectivo, incrementó el número de cabezas contaminadas con contenido ruminal, de pulmones con enfisema y de bovinos que expulsaron contenido ruminal por vía oral durante el intervalo aturdimiento–desangrado. La administración del tiempo de espera pre-sacrificio, contribuye a reducir las condiciones de estrés en el ganado; sin embargo, puede ser un punto crítico con relación en el bienestar de los animales y las subsecuentes operaciones en la línea de producción<sup>(12,22,31)</sup>. Para reducir estos riesgos debe mejorarse la efectividad del aturdimiento, porque la prolongación del tiempo de espera pre-sacrificio, no es una buena medida en bovinos, ya que la recuperación lograda es escasa<sup>(32)</sup>; además, no se justifica si el tiempo de traslado es corto y se toma en cuenta la repercusión negativa sobre la presencia de contenido ruminal en la canal y su derivados. Otro factor a considerar es el espacio disponible por animal y su peso vivo durante el alojamiento pre-sacrificio.

### Etapa tres

Al relacionar la categoría comercial de ganado bovino con la expulsión de contenido ruminal por vía oral, medido entre las fases de aturdimiento y desangrado en P4 (Cuadro 4), se observó que fue similar ( $P=0.10$ ) entre el grupo de machos (terneros y toretes; 8.6 %), y el grupo de hembras (terneras y vaquillas; 11.5 %). Esto muestra que la expulsión de contenido ruminal por vía oral, posterior al aturdimiento de bovinos, puede presentarse indistintamente de la categoría comercial del ganado, donde el contenido ruminal representa una fuente potencial de contaminación (por derrame) cuando el ganado es procesado en el rastro, con lo que la contaminación visible de las canales puede incrementarse<sup>(33)</sup>. En tal sentido, las prácticas comerciales comunes efectuadas antes y durante el procedimiento juegan un papel fundamental para evitar que la contaminación se extienda a otras canales, porque representan un medio de posible contaminación cruzada, ya sea por contacto directo o bien por una mezcla de factores durante el faenado<sup>(5)</sup>.

No se observó relación ( $P=0.58$ ) entre el tiempo de espera pre-sacrificio y el tipo comercial de

(steers and bulls, 8.6 %) and females (calves and heifers, 11.5 %) (Table 4). In other words, post-stun emesis in cattle occurs at similar rates no matter commercial type, therefore posing an equal risk for carcass contamination<sup>(33)</sup>. Common practices used before and during processing are vital to preventing cross-contamination via direct contact or a series of other factors during slaughter<sup>(5)</sup>.

The relationship between lairage time and commercial type had no effect ( $P=0.58$ ) on the frequency of post-stun emesis (Table 5). This does not coincide with previous reports in which commercial type and animal age did increase emesis rate when using electronarcosis or carbon dioxide stunning, particularly when the animal consumed water and/or feed before slaughter<sup>(34,35)</sup>.

Rumen content consistency affected emesis rate at longer lairage times. When lairage was longer than 12 h, rumen content in the head increased ( $P<0.01$ ) by 75.1 % when consistency was aqueous and 19 %

Cuadro 5. Efecto de la categoría comercial de ganado bovino y el tiempo de espera pre-sacrificio sobre la expulsión de contenido ruminal medida en el lapso entre el aturdimiento y desangrado

Table 5. Combined effect of commercial cattle type and lairage time on emesis during stun-to-stick interval

Commercial	Lairage time (h)	Emesis	
		Yes (%)	No (%)
Steer	≤ 3	43 (6.6)	605 (93.4)
	3 <X<12	42 (8.9)	428 (91.1)
	≥12	140 (9.4)	1352 (90.6)
Bull	≤ 3	52 (8.3)	573 (91.7)
	3 <X<12	16 (7.2)	207 (92.8)
	≥12	85 (9.4)	822 (90.6)
Cow calf	≤ 3	23 (13.7)	144 (86.3)
	3 <X<12	—	—
	≥12	43 (11.6)	329 (88.4)
Heifer	≤ 3	—	—
	3 <X<12	5 (8.2)	56 (91.8)
	≥12	21 (10.7)	176 (89.3)

( $P>0.05$ ).

Cuadro 6. Relación entre tiempo de espera pre-sacrificio y la consistencia del contenido ruminal expulsado, medida en el lapso entre el aturdimiento y el desangrado

Table 6. Effect of lairage time on ejected rumen content consistency during the stun-to-stick interval (%)

Lairage time (h)	Rumen content consistency		
	Aqueous	Semi-aqueous	Dense
< 3	85 (72.0) <sup>ab</sup>	17 (14.4) <sup>a</sup>	16 (13.5) <sup>a</sup>
3≤T≤12	43 (61.4) <sup>a</sup>	14 (20.0) <sup>a</sup>	13 (18.5) <sup>a</sup>
>12	217 (75.1) <sup>b</sup>	55 (19.0) <sup>a</sup>	17 (5.8) <sup>a</sup>

<sup>a,b</sup> Values with different superscript differ ( $P<0.05$ ).

ganado bovino con la presencia de emesis después del aturdimiento (Cuadro 5). Observaciones registradas por otros autores señalan que los factores que contribuyen a la expulsión de contenido ruminal, son el tipo y la edad del animal sacrificado, y esto puede ocurrir después del aturdimiento, si el animal consume agua o alimento previamente al sacrificio, tal como ocurre con el aturdimiento por electro narcosis o con dióxido de carbono<sup>(34,35)</sup>.

En tal sentido, se determinó que cuando el tiempo de espera pre-sacrificio fue mayor de 12 h, se incrementó ( $P<0.05$ ) la presencia de contenido ruminal en la cabeza, en 62.9 % cuando la consistencia del contenido ruminal era acuosa y en 19 % cuando la consistencia era semi-acuosa (Cuadro 6). En estas circunstancias, la expulsión de contenido ruminal (con esas características) se atribuye principalmente a las dietas integrales que reciben los bovinos en las unidades de producción intensiva, elaboradas con base en granos, pastas o harinas, premezcla de minerales y vitaminas, y una reducida proporción de forraje<sup>(36)</sup>. A esto se agregan las condiciones de índole físico, debido a que al alimento que está en proceso de digestión se suma el elevado consumo de agua; esto propicia que el contenido ruminal sea más líquido y por lo tanto más fácil provocar la emesis en el animal al momento de ser izado, dentro del intervalo entre el aturdimiento y el desangrado, propiciando con ello la contaminación de cabezas y canales.

when semi-aqueous (Table 6). Rumen content emesis under these conditions can therefore be attributed to the integral diets fed cattle under intensive systems, which are made using grain, grass or meals and a vitamin/mineral premix, with a low forage content<sup>(36)</sup>. When water is added to feed digesta it becomes more liquid, thereby facilitating emesis when the animal is hoisted during the stun-to-stick interval.

## CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

A combination of longer lairage time, ineffective stunning and aqueous rumen content consistency favors emesis during the stun-to-stick interval. This leads to greater contamination of heads, lungs and carcasses, as well as negatively impacting animal welfare in the slaughterhouse. A lack of constancy and efficacy in different slaughterhouse processing phases as well as negative commercial practices can lead to deterioration in animal physiological condition and consequently in derived products. Slaughterhouses need to constantly evaluate pre-slaughter operations to improve cattle conditions and prevent negative repercussions on animal welfare and thus ensure meat quality and final product value.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank Su Karne S.A. de C.V., FAPSA y Asociados S.A. de C.V., Rastros y Frigoríficos

## CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Se concluye que mayor tiempo de espera pre-sacrificio, combinado con el aturdimiento no efectivo y la consistencia acuosa del contenido ruminal, son factores que favorecen su expulsión vía oral durante el intervalo del aturdimiento al desangrado; además promueven la contaminación de cabezas, pulmones y canales, e impactan de manera negativa en el bienestar de los animales en la planta de procesamiento. La falta de consistencia y eficacia en las distintas fases del procesamiento del ganado bovino en la planta de sacrificio, así como las prácticas comerciales negativas pueden significar el deterioro de las condiciones fisiológicas de los animales y en consecuencia de sus productos. Esto implica que las plantas de proceso evalúen de manera constante las operaciones pre-sacrificio, aseguren mejores condiciones del ganado que llega al sacrificio y eviten así repercusiones negativas en su bienestar, en la calidad de la carne y en el valor económico de la producción.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradecen las facilidades otorgadas por Sukarne SA de CV, FAPSA y Asociados SA de CV, Rastros y Frigoríficos de Culiacán SA de CV, Rastros del Municipio de Culiacán y SENASICA-SAGARPA.

## LITERATURA CITADA

- Miranda-de la Lama GC, Liste G, Villaroel M, Escós J, María GA. Critical points in the pre-slaughter logistic chain of lambs in Spain that may compromise the animal's welfare. *Small Rum Res* 2010;90:174-178.
- Gregory NG, Lee CJ, Widdicombe JP. Depth of concussion in cattle shot by penetrating captive bolt. *Meat Sci* 2007;77:499-503.
- Ferguson DM, Warner RD. Have we underestimated the impact of pre-slaughter stress in meat quality in ruminants? Review. *Meat Sci* 2008;80:12-19.
- Liste G, Villaroel M, Chacón G, Sañudo C, Olleto JL, García-Belenguer S, Alierta S, *et al.* Effect of lairage duration on rabbit welfare and meat quality. *Meat Sci* 2009;82:71-76.
- Sofos JN, Kochevar SL, Bellinger GR, Buege DR, Hancock DD, SC Ingham SC, Morgan JB, *et al.* Sources and extend microbiological contamination of beef carcasses in seven United States slaughtering plants. *J Food Prot* 1999;62:140-145.
- Jordan D, McEwen SA. Effect of duration of fasting and short-term high-roughage ration of the concentration of *Escherichia coli* biotype 1 in cattle feces. *J Food Prot* 1998;61:531-534.
- Gill CO. Visible contamination on animals and carcasses and the microbiological condition of meat. *J Food Prot* 2004;67:413-419.
- Norma Oficial Mexicana NOM 009-ZOO-1994 "Proceso sanitario de la carne". Diario Oficial de la Federación. México, D.F.
- Gregory NG, Jacobson LH, Nagle TA, Muirhead RW, Leroux GJ. Effect of preslaughter feeding system on weight loss, gut bacteria, and the physicochemical properties of digesta in cattle. *N Z J Agr Res* 2000;43:351-361.
- CIAPAN. Guía para la asistencia técnica del Valle de Culiacán. Instituto de Investigaciones Agrícolas, Forestales y Pecuarias. Culiacán, Sinaloa, México. 2002.
- SENASICA. Buenas Prácticas de Producción en la Engorda de Ganado Bovino en Confinamiento. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 3ª ed. México. 2009.
- Grandin T. Auditing animal welfare in slaughter plants. *Meat Sci* 2010;86:56-65.
- Steel GDR, Torrie JH. Bioestadística: Principios y procedimientos. 2ª ed. México: Editorial McGraw-Hill Interamericana; 1988.
- SAS. SAS User's Guide Statistics (Release 8.1). Cary NC USA: SAS Inst. Inc. 2001.
- Daniel WW. Bioestadística, Base para el análisis de las ciencias de la salud. 4ª ed. México: Limusa Wiley; 2002.
- Bell RG. Distribution and sources of microbial contamination on beef carcasses. *J Appl Microbiol* 1997;82:292-300.
- McKeena DR, Roeber DL, Bates PK, Schmidt TB, Hale DS, Griffin DB, Savell JW, *et al.* National Beef Quality Audit-2000: survey of targeted cattle and carcass characteristics related to quality, quantity and value of fed steers and heifers. *J Anim Sci* 2002;80:1212-1222.
- Huertas-Canén SA. Buenas prácticas de manejo durante el embarque y transporte a la planta de sacrificio. En: Bienestar animal y calidad de la carne. Mota RD, Guerrero LI, Trujillo OMA editores. 1ª ed. México, DF: Editorial BM Editores SA de CV; 2009:69-79.
- Vangaru M, Lee JH, Kouakou B, Terril TH, Kannan G. Effect of feed deprivation time on bacterial contamination of skin

*End of english version*

- and carcass of meat goats. Trop Subtrop Agrosys 2009;11:259-261.
20. Trigo TF. Patología sistémica veterinaria. 2ª ed. México, DF: Editorial Interamericana McGraw-Hill; 2002.
  21. Moreno GB. Reposo de los animales en el matadero y cuidados antes del sacrificio. En: Higiene e inspección de carnes-I. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos; 2006:84-92.
  22. Gallo C. Transporte y reposo pre-sacrificio en bovinos y su relación con la calidad de la carne. En: Bienestar animal y calidad de la carne. Mota RD, Guerrero LI, Trujillo OMA editores. 1ª ed. México, DF: Editorial BM Editores SA de CV; 2009:15-33.
  23. Molebeledi HD. Pre-slaughter stress on carcass/meat quality: implications for Botswana. J Anim Vet Adv 2005;4:761-767.
  24. Jacobson HL, Tanya AN, Gregory NG, Bell RG, Roux GL, Haines JM. Effect of feeding pasture-finishing cattle different conserved forages on *Escherichia coli* in the rumen and feces. Meat Sci 2002;62:93-106.
  25. Woods J, Shearer JK, Hill J. Recommended On-farm euthanasia practices. En: Improving animal welfare. A practical approach. Temple G editor. CAB International 2010:186-213.
  26. Vivas-Alegre L, S Buncic S. Potential for use of hide-carcass microbial counts relationship as an indicator of process hygiene performance of cattle abattoirs. Food Prot Trends 2004;24:814-820.
  27. Gregory NG. Recent concerns about stunning and slaughter. Meat Sci 2005;70:481-491.
  28. Miranda de la Lama GC, Leyva IG, Barreras-Serrano A, Pérez-Linares C, Sánchez-López E, María GA, Figueroa-Saavedra F. Assessment of cattle welfare at a commercial slaughter plant in the northwest of Mexico. Trop Anim Health Prod [on line] <http://www.springerlink.com/content/w5w0726u1543j251/fulltext.pdf>. Accessed Oct 25, 2011.
  29. Gallo C, Teuber M, Cartes M, Uribe H, Grandin T. Improvements in stunning of cattle with a pneumatic stunner after changes in equipment and employee training. Arch Med Vet 2003;35:159-170.
  30. Caswell JL, Williams KJ. The respiratory system In: Jubb KVF, Kennedy PC, Palmer, N editors. Pathology of domestic animals. 5th ed. Edinburgh, NE: Elsevier Saunders LTD; 2007:523-654.
  31. Villaruel M, María GA, Sañudo C, Sierra I, García-Belengue SG, Gebresenbert G. Critical points in the transport of cattle to slaughter in Spain that may compromise the animal's welfare. Vet Rec 2001;149:173-176.
  32. Tadich N, Gallo C, Bustamante H, Schwerter M, Van Schaik G. Effects of transport and lairage time on some blood constituents of Friesian cows steers in Chile. Lives Prod Sci 2005;223-233.
  33. Jericho KWF, Bradley JA, Gannon VPJ, Kozup GC. Visual demerit and microbiological evaluation of beef carcasses: methodology. J Food Prot 1993;56:114-119.
  34. Roca OR. Humane slaughter of bovine. First Virtual Global Conference on Organic Beef Cattle Production. University of Contestado and Embrapa Pantanal. Brazil. 2002.
  35. Davies MH, Hadley PH, Stosic PJ, SD Webster SSD. Production factors that influence the hygienic conditions of finished beef cattle. Vet Rec 2002;146:179-183.
  36. Wythes JR, Round PJ, Johnston GN, Smith PC. Cattle handling at abattoirs 3. The effect of feeding, and different feed during the resting period on liveweight carcass and muscle properties. Aust J Agr Res 1989;40:1099-1109.