

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS VETERINARIAS



**EVALUACIÓN DEL PROCESO DE SACRIFICIO DE BOVINOS EN UNA
PLANTA TIPO INSPECCIÓN FEDERAL**

TESIS
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS VETERINARIAS

PRESENTA
M.V.Z. FABIOLA GONZÁLEZ GUERRERO

DIRECTORA DE TESIS
PhD. CRISTINA PÉREZ LINARES

CO - DIRECTOR DE TESIS
PhD. FERNANDO FIGUEROA SAAVEDRA

MEXICALI, B.C., MÉXICO

ENERO 2015

Evaluación del proceso de sacrificio de bovinos en una planta Tipo Inspección Federal. Tesis presentada por la MVZ Fabiola González Guerrero como requisito parcial para obtener el Grado de Maestra en Ciencias Veterinarias, que ha sido aprobada por el Comité Particular Indicado:

Ph.D Cristina Pérez Linares
Directora de Tesis

Ph.D Fernando Figueroa Saavedra
Co-Director de Tesis

Dr. Alberto Barreras Serrano
Asesor de Tesis

Dr. en C. Eduardo Sánchez López
Asesor de Tesis

AGRADECIMIENTOS

A el Rastro TIF y su amable personal por la cooperación para la obtención de la información.

A los encargados de mi formación académica, a Maritza Manríquez así como a mi comité: Cristina Pérez, Fernando Figueroa, Alberto Barreras, Eduardo Sánchez, y al personal administrativo del IICV por sus conocimientos, enseñanzas, correcciones, experiencias y todas las facilidades brindadas en cada parte del proceso.

Al personal de la Biblioteca Central de la UABC y de la Biblioteca del IICV por sus amables atenciones.

A Roberta Stocchi, Marilyn Romero y Carine Jeronne por los artículos y traducción.

DEDICATORIA

A los que desean el bienestar de los animales.

A mi manada por enseñarme a estar en casa, nuestra casa.

A mi familia de verdad porque siempre están ahí con su cariño incondicional.

A mi comité de bienvenida por el recibimiento, recomendaciones, alojamiento, sinceridad y amistad absoluta. Por estar siempre, por escuchar y por entenderme, los llevo siempre en el corazón.

A los demás integrantes de esta aventura de dos años por las enseñanzas, ayuda, consejos, pedaleadas, paciencia y viajes; nos volveremos a encontrar.

A mis compañeros de generación por ser la unidad experimental más aleatoria.

A Mexicali, por las oportunidades, la solidaridad, la iniciativa, la creatividad, y su clima extremo.

CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Aturdimiento o insensibilización	3
<i>Tipos de aturdimiento</i>	5
Pistola de perno cautivo	7
<i>Mantenimiento de la pistola de perno cautivo</i>	9
<i>Ubicación de la pistola de perno cautivo</i>	10
Sacrificio	12
<i>Sacrificio humanitario</i>	13
<i>Indicadores del bienestar animal durante el sacrificio</i>	14
<i>Signos de retorno a la sensibilidad</i>	15
MATERIALES Y MÉTODOS	21
Lugar de estudio	21
Duración del estudio	21
Diseño del muestreo	22
Evaluación del disparo	22
<i>Ubicación</i>	22
<i>Orientación</i>	23
<i>Profundidad del disparo en el cráneo</i>	23
<i>Trayectoria del disparo</i>	23

Evaluación del aturdimiento	23
<i>Vocalización</i>	23
<i>Respiración rítmica</i>	23
<i>Parpadeo y movimientos oculares</i>	24
<i>Reflejo corneal</i>	24
Incorporación de cabeza	24
<i>Pataleo en riel</i>	24
<i>Emesis del contenido ruminal</i>	25
<i>Sensibilidad al desangrado</i>	25
<i>Sensibilidad al corte de cuerno</i>	25
<i>Intervalo entre aturdimiento y desangrado</i>	25
Análisis Estadísticos	25
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
Evaluación del disparo	26
Localización del disparo	28
Número de disparos	29
Ubicación del disparo	29
Orientación del disparo en la frente	31
Profundidad y trayectoria del disparo	35
Indicadores de retorno la sensibilidad	36
CONCLUSIONES	45
LITERATURA CITADA	46

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Evaluación del disparo en bovinos aturdidos en la frente	30

LISTA DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Presentación de indicadores asociado a la ubicación del disparo.....	32
2	Frecuencia de los indicadores asociado a la profundidad del disparo.....	37
3	Frecuencia por disparo en frente de los indicadores de retorno a la sensibilidad por horario.....	39

INTRODUCCIÓN

Durante el sacrificio un punto crítico es el correcto aturdimiento para evitar que el animal este consiente, ya que de resultar ineficaz, los animales muestran signos de retorno a la sensibilidad (Rios et al., 2012). El objetivo, es que el animal pierda en forma inmediata la conciencia, para así evitar cualquier indicador de retorno a la sensibilidad durante la sangría (Wotton, 1993).

Hay una serie de comportamientos animales que actualmente se utilizan en las plantas de sacrificio para evaluar el bienestar de los animales, estudios de Gregory (1998) y Grandin (1998a), confirman como indicadores de retorno a la sensibilidad (por una ineficiencia en el noqueo): reflejo ocular positivo sin expresión fija y vidriosa en los ojos como respuesta al tacto (pestañeo); puede verse al animal respirando rítmicamente; existe vocalización (mugidos) mientras están colgados en el riel de sangría; reflejo de enderezamiento (intenta levantar la cabeza, arquea la espalda, en el peor de los casos el animal no cae o cae y puede pararse).

Los métodos físicos legalmente utilizables para el aturdimiento son aquellos que destruyen o hacen disfuncionales las regiones del cerebro responsables de la integración cortical (por ejemplo, por arma de fuego, pistola de bala cautiva, electrocución cerebral, trauma contuso, maceración) que producen instantánea inconsciencia (AVMA, 2013). De esto se desprende la importancia de un buen método de sacrificio junto con un personal plenamente capacitado,

especialmente los profesionales del área pecuaria para lograr una óptima ejecución del mismo (Cartes, 2000).

Por lo anterior se planteó como objetivo evaluar el proceso de sacrificio de bovinos en una planta Tipo Inspección Federal.

REVISIÓN DE LITERATURA

Aturdimiento o insensibilización

El aturdimiento o insensibilización es el último manejo antemortem al cual son sometidos los animales antes del desangrado, volviéndolo un punto crítico de control, ya que de resultar ineficaz, los animales muestran signos de retorno a la sensibilidad (Rios et al., 2012). Esta delicada fase produce estados de reactividad y miedo en los animales, causando disminución en la velocidad de progresión y detenciones en las mangas (Miranda-de la Lama, 2013).

El objetivo del aturdimiento, es que el animal pierda en forma inmediata la conciencia, para así evitar cualquier sufrimiento o dolor innecesario durante la sangría (Wotton, 1993). El dolor ha sido definido como una experiencia sensorial causada por una lesión real o potencial que produce reacciones motoras y vegetativas progresivas, las cuales desencadenan un comportamiento aprendido de evasión (Orozco et al., 2010). Para lograr que el animal pierda en forma inmediata la conciencia, debe ser efectivamente sujetado y luego aturdido, haciéndolo insensible al dolor, y, finalmente, sangrado profusa y rápidamente para asegurar la muerte antes de que pudiera producirse la recuperación de la conciencia (HSA, 2014).

Desde el punto de vista del bienestar animal, el aturdimiento deberá producir un rápido inicio de estrés e insensibilidad de duración suficiente para que el animal permanezca inconsciente hasta la muerte, ya sea como resultado del

propio aturdimiento o debido a posteriores operaciones de matanza como el corte del cuello durante el desangrado (Fletcher, 1999).

Al evaluar el dolor, el primer indicador es usualmente un cambio en el comportamiento normal del animal (Seksel, 2007). Es imperativo que los animales sean inconscientes e insensibles al dolor (AVMA, 2013), para esto se requiere de los conocimientos fisiológicos y etológicos inherentes a la generación del dolor por parte del responsable del proceso además de la capacitación del personal a su cargo (Orozco et al., 2010). Se debe recalcar, que al estar el animal inconsciente, se facilita el manejo y a la vez se brinda mayor seguridad para el operario durante el desangrado ya que puede ser colgado y sangrado sin dolor o angustia. (Gallo y Muñoz, 2011).

Es entonces que la pérdida del conocimiento, que se define como la pérdida de la conciencia del individuo, ocurre cuando la capacidad del cerebro para integrar información se bloquea o se interrumpe (AVMA, 2013). Gallo (2009), menciona que los bovinos pierden la conciencia muy lentamente por efecto de la sangría (alrededor de un minuto) por lo cual el uso de métodos de insensibilización es muy importante desde el punto de vista de evitar sufrimiento. El sacrificio puede ser humanitario si el animal es protegido de una evitable excitación, dolor o sufrimiento. Aplicado correctamente o en el primer intento, tiende a disminuir las posibilidades de que aparezcan hematomas en la canal y reduce la aparición de moteado de sangre, incluyendo la incidencia de la carne de obscuro (Fletcher, 1999).

Tipos de aturdimiento: Los cuatro métodos de aturdimiento utilizados comercialmente son: eléctrico, gas, mecánico penetrante, mecánico no penetrante. El eléctrico consiste en el paso de una corriente eléctrica a través del cerebro, con una intensidad lo suficientemente alta para provocar una despolarización del sistema nervioso central y una desorganización de la actividad eléctrica normal; es decir, la electrocución induce la muerte por fibrilación cardíaca, lo que provoca hipoxia cerebral. Sin embargo, los animales no pierden la consciencia durante 10 a 30 segundos o más después de la aparición de fibrilación cardíaca (AVMA, 2013). Una de las deficiencias del aturdimiento eléctrico del ganado es que puede provocar equimosis o hemorragia petequeal en la canal (Gregory, 2005).

El gas que se utiliza para el aturdimiento es el dióxido de carbono (CO₂) al ser inhalado a altas concentraciones produce pérdida de la consciencia por depresión de la función neuronal. Se usa especialmente en cerdos, aunque se ha intentado establecer en otras especies, pero sin éxito (Raj y Gregory, 1996). La técnica consiste en que los animales son introducidos en una jaula y descendidos al interior de un pozo con una concentración de CO₂ superior a 70%. Cuanto mayor es la concentración de CO₂ en el interior del sistema, más rápida es la inducción a la inconsciencia. La ventaja de este sistema es que no requiere la sujeción de los animales y permite el aturdimiento en grupo, reduciendo el manejo y la reactividad conductual al gas (Cartes, 2000). Sin embargo, este método tiene algunas desventajas, debido a que la inconsciencia no es inmediata

y durante la exposición los cerdos muestran signos de rechazo (Raj y Gregory, 1996).

Los métodos mecánicos, el penetrante y el no penetrante, efectúan un golpe que causa una conmoción cerebral y una pérdida inmediata del conocimiento. La principal ventaja es su bajo costo de instalación, manutención, y además el menor riesgo que implica su uso para el operario en comparación a otros métodos como la electronarcosis, han evolucionado, desde el golpe con un mazo a las actuales pistolas de perno cautivo. Éstas pueden producir una pérdida de conciencia temporal si poseen un perno cautivo no penetrante, o producir una inconsciencia permanente si la pistola posee un perno penetrante, lo que desde el punto de bienestar animal es mucho mejor (Gallo y Muñoz, 2011). Los métodos físicos legalmente utilizables para el aturdimiento que destruyen o hacen disfuncionales las regiones del cerebro responsables de la integración cortical (por ejemplo, por arma de fuego, pistola de bala cautiva, electrocución cerebral, trauma contuso, maceración) producen instantánea inconsciencia (AVMA, 2013).

Esto podría fallar si la punta de penetración no pasa a través del hueso frontal y tejido cerebral (por ejemplo, fragmentos de meninges); el hueso puede contribuir al aumento de la resistencia contra el perno (limitando su distancia de recorrido). Debido a estos efectos, un perno no puede viajar lo suficientemente profundo en el cerebro para inducir daño suficiente para el tronco cerebral donde se encuentran los centros de las vías respiratorias. Otro factor podría ser que la energía del impacto es absorbida por la fractura de cráneo (inducida por un perno romo), en lugar de ser transmitida al cerebro (ESFA, 2006).

Pistola de perno cautivo

El perno cautivo penetrante se compone de un perno de acero y el pistón en un extremo, alojado dentro de un barril, que se proyecta con cierta aceleración (operado por gases o aire a presión) y que sale hasta cierta distancia, el cual regresa a su lugar de origen por medio de empaques de goma localizados dentro de la pistola (Gregory, 1998). El perno penetra el cráneo generando un daño irreversible en la masa encefálica y por ende las probabilidades de retorno a la conciencia son casi nulas (Gallo y Muñoz, 2011).

Se aplica un golpe súbito y violento sobre el cráneo, produce una rápida aceleración de la cabeza, lo que hace que el cerebro se golpee dentro del cráneo. Produciendo una interrupción de la actividad eléctrica normal como consecuencia del incremento masivo y repentino de presión intracraneal, seguido de una reducción repentina de la presión. Los consiguientes daños en los nervios y vasos sanguíneos causan disfunción y/o destrucción del cerebro e impiden la circulación sanguínea (HSA, 2014).

La penetración de la varilla en el cerebro causa daño físico, destrucción y pérdida de tejido nervioso en el cerebelo, el puente, el bulbo raquídeo y la parte caudal de los hemisferios cerebrales, hemorragias mayores subaracnoideas y subdurales e inducen el aumento de la presión intracraneal, bloqueando el flujo sanguíneo y causando isquemia de las estructuras vitales en el cerebro (Marzin et al. 2008). La bóveda craneal, protege al cerebro y está casi en su totalidad constituida por los huesos frontales, debido a los grandes senos desarrollados,

presenta el espesor mínimo en el punto de intersección de las dos líneas que van desde la base de cada cuerno a la esquina interna del ojo opuesto (Stocchi et al., 1999).

Dependiendo del modelo, el perno cautivo se puede retraer de forma automática o manual. La colocación precisa sobre la zona centro, la velocidad del perno, y la profundidad de la penetración determinan la eficacia del dispositivo para causar una pérdida de la conciencia y muerte. Las pistolas neumáticas por lo general tienen una varilla terminal de 11 mm de diámetro con borde convexo y fuerza de impacto de 8 a 12 kg/cm² (Bertolini y Andreolla, 2010). Existen longitudes de la pistola manual de perno cautivo tales como 85 mm, 80 mm, 121 mm y el tipo con el perno alargado 125 mm de longitud, (Marzin et al., 2008; Dörfler et al., 2014).

La velocidad del perno depende del mantenimiento de la pistola (limpieza y sustitución de piezas desgastadas), así como el almacenamiento adecuado de los cartuchos. Velocidades de descarga de 55 a 58 m / segundos son deseables para el uso efectivo de bala cautiva en plantas de sacrificio (Daly et al., 1987; AVMA, 2013) el aumento de la velocidad del perno reduce la incidencia de animales con indicadores de retorno a la sensibilidad, también aumenta la extensión y duración del daño cerebral (Daly et al., 1987). Al examen macroscópico, en el sitio del impacto el cráneo presenta fractura ovoide del hueso frontal que corresponde al tamaño del perno cautivo (Finnie, 1997).

Durante la conciencia del animal la visión, audición, equilibrio, tacto, cinestesia, gusto, olor, calor, frío y dolor están intactos (Gregory y Shaw, 2000), el impacto de un perno penetrante en el cráneo puede inducir inconsciencia cuando la energía de impacto es suficiente (la pistola está funcionando correctamente y se utiliza el cartucho correcto), la profundidad de penetración y por lo tanto la gravedad del daño estructural inducida por el perno fue adecuada. La duración de la insensibilidad depende de la gravedad del daño en el tejido nervioso y el grado en que se reduzca el suministro sanguíneo. Además, pueden producirse daños físicos en el cráneo o el cerebro dependiendo del tipo de aturdidor que se utilice (HSA, 2014). Es importante recordar, que la pistola de perno cautivo es un método de insensibilización y no produce muerte, por lo que debe siempre ser seguida por el desangrado (Werner-Becker y Gallo, 2009).

Mantenimiento de la pistola de perno cautivo: Según Grandin, (1996) los problemas de bienestar animal en plantas de sacrificio tienen cinco causas básicas: El equipamiento y métodos de trabajo que provocan estrés, las distracciones que interrumpen el movimiento animal, la falta de capacitación del personal, el mal mantenimiento de los equipos y el mal estado de los animales al llegar a la planta.

El mantenimiento diario de una pistola de perno cautivo debe incluir un examen visual global para evidenciar el daño y señales de uso excesivo, además de quitar la sangre, pelos y restos de carbono, como también inspeccionar la condición de pulidores y la lubricación general del equipo (Cartes, 2000).

El servicio implicará que la pistola se desmontará, se limpiará y se volverá a montar para que vuelva a funcionar sin problema conforme a las recomendaciones del fabricante. Sin embargo, los parámetros físicos básicos, como la velocidad del perno, movimiento, energía cinética, y la densidad de energía, desempeñan un papel crucial en la evaluación de aturdidores de bala cautiva y las lesiones relacionadas. Debe existir una fiable y repetible prueba de medición de puesta a punto para la determinación de las características de impacto de la pistola de perno cautivo (Dörfler et al., 2014).

Ubicación de la pistola de perno cautivo: La pistola de perno cautivo debe ser ubicada por el operador en una posición correcta, teniendo en cuenta el lugar donde se encuentra el cerebro dentro del cráneo. Este punto es donde el cráneo es más delgado y el cerebro está más próximo a la superficie (EFSA, 2013). El operario con experiencia tendrá sus propias preferencias por la forma en que los animales se presentan para el aturdimiento, no debe tener que concentrarse en mantener el equilibrio, o doblarse en exceso cada vez que aturde a un animal, ya que esto se hace agotador y puede llevar a la falla en el proceso. Por lo tanto, es de suma importancia tanto para el bienestar animal, la salud y la seguridad del operario un cajón de aturdimiento adecuado (HSA, 2006).

En México para garantizar la eficiencia del aturdimiento en el ganado adulto, el perno cautivo debe ser colocado trazando líneas imaginarias entre la base de los cuernos y los ojos (NOM-033-ZOO-1995) y ser disparado en el cruce, y ciertamente no más lejos de 2 cm de radio desde este punto (Lambooij, 1981). El

cañón de la pistola de perno cautivo debe ser dirigida hacia el centro del cerebro y se coloca en ángulo recto con el cráneo (Finnie, 1993).

De acuerdo a la NOM-033-ZOO-1995 para las razas europeas y becerros cebuínos se debe utilizar una pistola de perno cautivo de penetración. El punto de aplicación se calcula trazando dos líneas imaginarias a partir de la base inferior de los cuernos, que se dirijan cada una de la comisura externa del ojo opuesto; donde se cruzan las líneas se hará el disparo, colocando el cañón del pistolete en posición perpendicular al hueso frontal. Con respecto a la insensibilización del ganado cebú adulto se debe utilizar una pistola de perno cautivo de penetración, cuyo punto de aplicación en la línea mediana será de 2 a 3 cm abajo y atrás de la cresta nuchal. El cañón del pistolete será dirigido hacia la cavidad bucal (NOM-033-ZOO-1995). La potencia de los cartuchos dependerá del tipo de equipo utilizado y de la recomendación del fabricante.

Con cualquier método de aturdimiento es importante observar la cantidad de tiempo que toma para que el animal sea sangrado después de ser aturdido. Aunque no hay ningún requisito reglamentario estandarizado a nivel internacional, la NOM-033-ZOO-1995 menciona que el desangrado por corte de yugular, se deberá realizar dentro de los 30 segundos después de practicada la insensibilización, si este se prolonga, podría dar lugar a que los animales se reincorporen o que comiencen a recuperar la sensibilidad en el riel de desangrado (AVMA, 2013).

Sacrificio

Lo más estresante en la vida de un animal de abasto son las horas previas al sacrificio (Warriss, 1994); desde un punto de vista ético, es trascendental evitar el sufrimiento innecesario de los animales destinados a convertirse en alimento para la población humana ya que se cree innecesario preocuparse del animal que igual morirá dentro de unos minutos (Figueroa et al., 2011).

Cuando los animales son sacrificados en plantas de sacrificio, ellos son aturdidos y posteriormente sacrificados. El aturdimiento y el desangrado deben ser considerados como dos procedimientos separados, ya que tienen diferentes funciones (Gregory, 1998).

Según la Humane Slaughter Association (HSA) (2006), los bovinos adultos se sujetarán en un corral de aturdimiento (por lo general una caja de metal sólido) con una puerta vertical corrediza en un extremo para permitir que el animal para entrar. El corral debe tener un dispositivo que restrinja el movimiento de la cabeza del animal para permitir el aturdimiento preciso. El aturdimiento debe durar hasta que el animal sea desangrado ya que los cortes se utilizan con el fin de que se produzca una hemorragia rápida e implican daño tisular sustancial en áreas bien abastecidos con los nociceptores (receptores del dolor) (Kavaliers, 1989).

Es difícil medir el dolor y la angustia durante el proceso de sacrificio de una manera científica, los indicadores son subjetivos como respuestas de comportamiento por la misma razón, no es posible afirmar con objetividad que un

animal no sentiría dolor y angustia después de un procedimiento de este tipo (AMIC, 2009).

Sacrificio humanitario: Consiste en un desangrado por corte de yugular. La técnica de corte de grandes vasos por el pecho es más eficiente por que la pérdida de sangre es más rápida lo que conlleva una rápida caída de la presión arterial, sin embargo, lleva más tiempo que el corte de la yugular en el cuello, ya que está precedida por un corte de la piel (EFSA, 2013), cuando una gran incisión transversal es hecha en el cuello una serie de tejidos vitales se seccionan incluyendo: la piel, los músculos, la tráquea, el esófago, las arterias carótidas, las venas yugulares, los principales troncos nerviosos (por ejemplo, vago y los nervios frénicos) más numerosos nervios secundarios. Un recorte drástico inevitablemente desencadena mucha información sensorial al cerebro (consciente) de animales sensibles (Gregory et al., 2007). En México, acorde a la NOM-033-ZOO-1995 se deberá realizar dentro de los 30 segundos después de practicada la insensibilización.

La NOM-033-ZOO-1995 también menciona que el perno cautivo penetrante es tradicionalmente considerado un método de aturdimiento, pero puede ser un método de eutanasia si la corteza cerebral y el tronco cerebral se ven perturbadas. Se utilizará el pistoleta según indicaciones correspondientes para cada especie. El disparo de arma de fuego será en la región frontal o atrás del codillo izquierdo en dirección del corazón.

Indicadores del bienestar animal durante el sacrificio

En años recientes, el análisis del comportamiento nos lleva al entendimiento de dolor en animales (Orozco et al., 2012). Entre los indicadores que se pueden usar para determinar los efectos de la insensibilización entre ellos los fisiológicos, como los niveles sanguíneos de cortisol, glucosa y lactato medidos en el momento de la sangría (Hemsworth et al., 2011).

Gregory (1998) y Grandin (1998a) describen en la práctica comercial, la existencia de signos de retorno a la sensibilidad como indicadores objetivos en el comportamiento que evalúan que el aturdimiento fue realizado correctamente, por ejemplo: el animal se debe derrumbar inmediatamente, la respiración debe estar ausente, los músculos de las extremidades posteriores deben entrar en espasmo, los miembros anteriores y posteriores deben estar flexionados, y después de unos cinco segundos las extremidades anteriores se enderezan y se vuelven a extender. Si los músculos están flácidos inmediatamente después del aturdimiento, esto es una señal de que el aturdimiento no es tan profundo y hay un riesgo de que el animal recobre el conocimiento, los ojos deben ser rotados naturalmente por el animal. La rotación del globo ocular indica que existe o no un aturdimiento profundo presente y hay un riesgo de que el animal recupere la conciencia. Esto significa que el aturdimiento debe ser seguido rápidamente por un corte para sangrar al animal. El corte debe permitir el sangrado de los principales vasos sanguíneos que suministran sangre oxigenada al cerebro para garantizar la rápida aparición de la muerte (Gallo, 2003).

Según la HSA (2014), para reconocer un buen noqueo usando el método del perno cautivo se deben observar al animal caer inmediatamente al ser noqueado, existiendo una interrupción de la respiración rítmica (la más confiable y fácil de reconocer), el animal presentará rigidez, con la cabeza y cuello extendidos, y los miembros posteriores se plegaran hacia el cuerpo, el globo ocular estará fijo y vidrioso, no existirá reflejo corneal positivo. Los puntos anteriores se encuentran en la fase tónica, la que dura 10 a 20 segundos, y es seguida por un período de pataleo involuntario (fase clónica). Gradualmente el animal se relaja, la mandíbula está relajada y la lengua está colgando fuera. Lee y Atkinson (1973), consideran que el paro respiratorio es un criterio útil de deterioro tronco cerebral y pérdida del conocimiento durante la conmoción cerebral. Sin embargo, la respiración no significa necesariamente conciencia

Signos de retorno a la sensibilidad: En estudios de Gregory (1998), Grandin (1998a, 2006), EFSA (2013), Gouveia et al. (2009) y Miranda de la Lama (2013) los siguientes signos son indicadores de retorno a la sensibilidad (por una ineficiencia en el noqueo) debiendo reinsensibilizar inmediatamente los animales: movimientos oculares (no hay una expresión fija y vidriosa en los ojos, hay pestañeo; hay reflejo ocular positivo como respuesta al tacto) puede verse al animal respirando rítmicamente; existe vocalización (se asocia con eventos dolorosos o estresantes tales como la falta de aturdimiento, el uso de picanas eléctricas, los resbalones y caídas o el exceso de presión de un dispositivo de seguridad), intenta incorporarse posterior al disparo, así como el arqueado del cuello, cuando el animal está colgado sobre el riel de desangrado, la cabeza debe

colgar derecha y hacia abajo así como la espalda permanecer recta, el animal no debe presentar ningún reflejo que haga arquear la espalda, si esto sucede el animal está parcialmente sensible con reflejo de pararse y en el peor de los casos el animal no cae o cae y puede pararse.

Gouveia et al. (2009) toma como base a la European Food Safety Authority (EFSA), y menciona como signos más comunes de aturdimiento ineficaz, la presencia de tono muscular en las orejas, ausencia de espasmos musculares, presencia de respiración rítmica y vocalización. Grandin (2010), menciona que cuando el ganado sale del cajón, sus ojos deben relajarse y estar completamente abiertos en blanco, no debe haber movimiento de los ojos, ni parpadeo, la respiración rítmica, debe estar ausente. Para Gregory, (1988) la agonía cerebral deberá ser tenida en cuenta, reflejo de enderezamiento o respuesta a un estímulo doloroso deben estar ausentes. La atención debe centrarse en la cabeza, que debe permanecer flácida, esto es un indicador de una buena insensibilización, los espasmos pueden causar arqueamiento del cuello pero este debe estar relajada, y la cabeza debe desplomarse en 20 segundos (Grandin, 2006), es normal tener un espasmo de 5 a 15 segundos (Grajales, 2010), durante este periodo pueden ocurrir movimientos involuntarios de las patas como pataleo, esto no indica falla en el aturdimiento (Grandin, 2006).

Los animales a veces tienen una flexión del cuello hacia los lados que relaja en pocos segundos, esto no debe ser confundido con reflejo de enderezamiento, el boqueo (tipo un pez fuera del agua) es una señal del cerebro moribundo, así

como los espasmos en la nariz o la lengua que entra y sale, son signos de un posible retorno a la sensibilidad (Gregory et al., 2007).

La vocalización es una variable que indica incomodidad o dolor en los animales. Dunn (1990) demostró que la vocalización de los animales se correlaciona con niveles mayores de cortisol, mientras que Grandin (1998a) comprobó que la vocalización se correlaciona con eventos desagradables. La suspensión de vacunos de una pata trasera totalmente despiertos hace que muchos animales comiencen a mugir y a luchar, en ocasiones lesionándose (Grandin, 1996).

También debe observarse el porcentaje de animales que muestra signos de conciencia post disparo (no más de 0.2% debería mostrar signos de sensibilidad), así como el tiempo que transcurre entre el aturdimiento y el desangrado ya que según Warris (2003), así como la NOM-033-ZOO-1995 debería ser menor de 60 segundos. Se define la muerte como la insensibilidad irreversible debida a la anoxia cardiaca causada por el corte completo de ambas arterias carótidas y venas yugulares.

Para Cartes (2000), el intervalo deseable entre el aturdimiento y el corte de los grandes vasos del extremo inferior del cuello, es de unos 20 segundos y debe realizarse en la norma que provoque un sangrado rápido, copioso y profuso. En ganado adulto puede tardar entre 22 a 40 segundos para convertirse en insensible, en otro estudio se comparó con la pistola de perno cautivo cuya respuesta de sensibilidad llegó hasta 60 segundos (Gregory et al., 2009a).

Si la pistola no es colocada completamente perpendicular contra la cabeza del animal en el momento del aturdimiento, la penetración, profundidad y la velocidad del impacto del perno podría ser reducida contribuyendo así a reducir la eficiencia del aturdimiento, además de usar aturdidores más poderosos para reducir el riesgo de falla (Atkinson et al., 2013).

La pérdida de sensibilidad post corte para desangrado puede ser detectada mediante la observación de la función cerebral a través de un encefalograma (una falla de respuesta indica cierta insensibilidad o muerte) (Gregory et al., 2007).

Gregory et al. (2009) concluyeron que en animales que no fueron insensibilizados antes del desangrado o no perdieron la conciencia rápidamente existe sufrimiento por irritación debido a la presencia sangre en las vías respiratorias, una lesión tan masiva podría resultar en dolor y angustia muy significativa.

Según Grandin, (1996) para corregir un problema de bienestar animal, hay que determinar su causa. El mejoramiento del bienestar animal podrá mejorar también la seguridad de los trabajadores, pues el ganado calmo será menos propenso a atropellarlos o retroceder contra ellos. Para su estudio se debe incluir el porcentaje de animales que cae al primer tiro con la pistola de perno cautivo (cuyo mínimo aceptable se considera un 95%), según reportes de Grandin (1998a), un criterio para evaluar la eficacia de la insensibilización, es evaluar un mínimo de 100 animales en cada planta teniéndose la siguiente pauta de

calificación: Excelente: 99 a 100% cae insensibilizado instantáneamente al primer tiro. Aceptable: 95 a 98% cae insensibilizado instantáneamente al primer tiro. No aceptable: 90 a 94% cae insensibilizado instantáneamente al primer tiro. Problema serio: 90% cae insensibilizado instantáneamente al primer tiro. El ganado ya no tiene reflejos cuando los siguientes cuatro criterios se cumplen: no hay movimientos oculares, no hay signos de vocalización (mugidos, bramidos o cualquier otro sonido); los ojos deben estar fijos o en blanco sin signos de rotación o nistagmos; y el animal no tiene reflejo de reincorporación (Grandin, 2002). La Australian Meat Industry Council (AMIC) en las Normas de bienestar animal (AMIC, 2009) sugieren que los procesadores supervisen: aturdimiento correcto en el primer tiro (límite crítico <95% de los animales) insensibilidad en el riel de desangrado (límite crítico <100% de los animales) y vocalización al aturdimiento (límite crítico >3% de los animales).

En investigaciones al respecto, Gouveia et al. (2009) 2800 bovinos en una planta de sacrificio, los animales fueron restringidos en un cajón de noqueo convencional sin inmovilización mecánica de la cabeza o del cuerpo, y aturdidos usando la pistola manual de perno cautivo. Los signos más comunes de aturdimiento ineficaz, fueron el tono muscular de las orejas (17.8%), la ausencia de espasmos musculares en la espalda y las piernas (11.5%), presencia de respiración rítmica (9.4%), y vocalización (7.9%). Sin embargo, animales que demuestran signos de recuperación, carecen de colapso inmediato (100%), los ojos fijos en lugar de girarlos (91.3%), la respiración rítmica (91%) y la respuesta a la nariz o la pizca del oído (84.6 %).

Cartes (2000), considera que se debe velar por el bienestar de los animales, evitando el sufrimiento al momento de insensibilizar. En el contexto actual, donde la calidad del producto y el bienestar animal ético son una parte integral de las necesidades del consumidor, armonizar el control parece esencial (Marzin et al., 2008), así como ser conscientes que la instalación de un equipo de noqueo nuevo no resolverá los abusos causados por empleados carentes de capacitación y de supervisión, ni la agitación de los animales a raíz del siseo de los equipos de aire comprimido (Grandin, 1996), la investigación científica debe jugar un papel crucial en la determinación de la eficiencia y la mejora del método de aturdimiento y elaborar herramientas para evaluar el bienestar animal en el campo las condiciones y en el desarrollo de nuevos métodos de aturdimiento (Terlouw et al., 2008). Así mismo, se recomienda que cada empresa deberá asegurarse de la habilidad de las personas que se dedican profesionalmente al aturdimiento y sangrado de los animales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

El presente estudio se realizó en la planta de sacrificio Tipo Inspección Federal (TIF) ubicada en la zona valle del municipio de Mexicali, en la Carretera a San Felipe, Baja California. Conformada hace más de treinta años por tres asociaciones, que fueron de la colonia Progreso, Luis Echeverría y Emiliano Zapata. La planta está equipada con cámaras frigoríficas, saladero de pieles, cámaras de canales y vísceras entre otros. El volumen de operación de la sala de sacrificio durante la hora de observación fue en promedio de 13 animales.

Los bovinos que se evaluaron en el presente estudio fueron cruza del tipo *Bos indicus*, con *Bos Taurus*, predominando *Bos indicus*, provenientes de sistemas de producción de carne en corral. La efectividad del disparo fue evaluada tomando una muestra aleatoria de bovinos, en los que se observó la presencia o ausencia de los indicadores de retorno a la sensibilidad, una vez que fue realizado el disparo, ya sea por la pistola de perno penetrante retenido con funcionamiento neumático (Jarvis modelo USSS-1, Jarvis Products corp., USA) o por la pistola manual de perno cautivo (Cash Special modelo 22 Blank 450 Bolt, Accles & Shelvoke, Bormingham, England).

Duración del estudio

La investigación se realizó durante los meses de enero a junio de 2014.

Diseño del muestreo

Durante el presente estudio observacional descriptivo transversal, se realizaron 58 visitas al azar en el periodo estudiado, durante cada visita se evaluó el sacrificio considerando 3 horarios (8 a 9, 9 a 10 y de 10 a 11 de la mañana) muestreando 13 animales promedio por cada día de la semana (lunes a sábado); un total de 739 bovinos fueron evaluados. El tamaño de muestra se obtuvo a través de la fórmula estandarizada de muestreo simple aleatorio por atributo (Daniel, 2002).

$$n = \frac{z^2 pq}{d^2}$$

Donde:

$$q = 1 - p$$

Evaluación del disparo

En cada cabeza de los bovinos sacrificados se registró la localización (occipital o frontal); se midió la ubicación del disparo y orientación mediante la colocación de una plantilla o blanco transparente recomendado por la Humane Slaughter Association (HSA, 1995), sobre la región frontal de cada cráneo. Con una barra de silicón graduada se midió la profundidad y la trayectoria del disparo.

Ubicación: se clasificó en base a los puntos cardinales Noreste, Noroeste, Sureste y Suroeste a partir de la ubicación del orificio en cada cráneo.

Orientación: cuantifica que tan alejado se encuentra el orificio del centro blanco clasificando en 5 zonas (centro, hasta 2 cm, de 2.1 a 4 cm, de 4.1 a 6 cm y más de 6 cm).

Profundidad del disparo en el cráneo: esta variable se registró con un tubo de silicón graduado en centímetros, el cual fue introducido en el foramen que se produjo por la introducción del perno cautivo; esta distancia se clasificó en dos categorías numéricas (de 0 a 5 cm y mayor a 5 cm); también se registró el sitio del disparo cuando este se realizó en la nuca.

Trayectoria del disparo: se evaluó de acuerdo a la forma como ingresó el disparo (vertical o diagonal), con respecto a la perpendicular de la frente.

Evaluación del aturdimiento

Vocalización: Se consideró presente en aquellos animales que luego del disparo efectivo emiten mugidos, ya sea en el cajón de noqueo, al ser elevados en el riel de desangrado o a la inserción del cuchillo para seccionar los vasos sanguíneos principales (Concha, 2010; Grajales, 2011). En un aturdimiento efectivo debe estar ausente (Grandin, 1996).

Respiración rítmica: Este signo se registró como presente al observarse movimientos respiratorios rítmicos en el flanco de los animales o el movimiento los ollares. Esta observación se realizó inmediatamente después de emitido el disparo, una vez abierta la puerta de volteo del cajón de noqueo y hasta que el bovino fue elevado en riel (Concha, 2010; Grajales, 2011). En un aturdimiento efectivo debe estar ausente (Gregory et al., 2009a)

Parpadeo y movimientos oculares: Esta variable se registra luego de efectuado el disparo, se y considera presente si hay signos tales como parpadeos y movimientos del globo ocular. En un aturdimiento efectivo deben estar ausentes (Concha, 2010; Grajales, 2011).

Reflejo corneal: Después de efectuado el disparo y fuera del cajón de noqueo, se registró como presente este signo cuando el animal parpadea como reacción a la cercanía de algún objeto y en algunas ocasiones si las condiciones de seguridad del observador lo permitía, el toque de la córnea (reflejo corneal) del animal caído. En un aturdimiento efectivo debe estar ausente (Concha, 2010; Grajales, 2011).

Incorporación de cabeza: Este signo se evaluó una vez que el animal cayó y hasta fue elevado en el riel de desangramiento. Se registró como presente en aquellos casos en que el animal muestra intentos de levantar la cabeza o cualquier otro movimiento que indique incorporación, tales como flexionar los miembros anteriores o posteriores durante la elevación o encorvar la espalda. En un aturdimiento efectivo debe estar ausente.

Pataleo en riel: Se registró como presente en aquellos casos en que el animal al ser elevado muestra signos tales como flexionar, patalear o mover en forma de marcha los miembros anteriores o posteriores durante la elevación hasta el desangrado. En un aturdimiento efectivo debe estar ausente.

Emesis del contenido ruminal: se registró presente en aquellos animales que después de ser aturdidos y hasta ser desangrados vaciaron el contenido ruminal (Rios-Rincon et al., 2012).

Sensibilidad al desangrado: Se consideró presente cuando en la zona de desangrado el animal realizó algún movimiento de la cabeza, cuello, así como flexión de los miembros o vocalizaciones al primer corte en el cuello o al seccionar los grandes vasos sanguíneos. En un aturdimiento efectivo debe estar ausente (Gregory et al., 2009a).

Sensibilidad al corte de cuerno: se consideró presente cuando el animal registró vocalizaciones, movimientos de cabeza o flexión de los miembros mientras se realizaba el corte de cuerno. En un aturdimiento efectivo debe estar ausente.

Intervalo entre aturdimiento y desangrado: fue medido con un cronómetro considerando la explosión del cartucho en la pistola manual de perno cautivo, o según corresponda el caso, el accionamiento del siseo de la pistola de perno retenido penetrante con funcionamiento neumático, hasta que el bovino fue desangrado. En un aturdimiento efectivo la NOM-033-ZOO-1995 señala como límite máximo 60 segundos.

Análisis Estadísticos

Se realizó un análisis de frecuencias y proporciones para cada una de las variables en el estudio clasificadas por día, horario de sacrificio y la combinación de ambas. Se utilizó el procedimiento FREQ del paquete SAS versión 9.1.3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación del disparo

Durante el tiempo en que se realizó el presente estudio, la pistola de perno penetrante retenido con funcionamiento neumático se usó en un 35.59% (263/739) de los animales aturdidos, mientras que la pistola manual de perno cautivo emitió el 64.41% (476/739) de los disparos, alternando periódicamente por fallas en el funcionamiento de la pistola neumática, manteniendo esta última en reparación.

En teoría, la pistola de perno cautivo causa un trauma abrupto al cráneo, cerebro y vasos sanguíneos asociados y conjunto de signos físicos dependientes de dónde, que tan profundo, la velocidad y la energía cinética con que el perno penetra al cerebro (Atkinson et al., 2013). La pistola neumática debe tener el mismo efecto que la pistola manual; para Grandin (2002), la pistola con funcionamiento neumático es más efectiva que la pistola manual de perno cautivo, sin embargo, durante la realización de este estudio, se observaron diferencias entre ambos equipos debido a dificultades ergonómicas y de mantenimiento.

Además, el mantenimiento del equipo de aturdimiento fue inconstante; la extracción de cartuchos atascados, no disparados o fallidos de la pistola, evidenció problemas en la operación del equipo manual, así como en los cartuchos; y en el equipo neumático un problema de siseo excesivo debido a la

falla en la retracción de perno cautivo. La USDA (2012) afirma que el equipamiento de insensibilización debe estar en mantenimiento constante. Según Gregory et al., (2007), se puede producir de un 6.1% a un 16.3% de pérdida de aturdimiento, debido a un mantenimiento inadecuado de la pistola, o mala calidad de los cartuchos. Grandin, (2002) concluyó que el 0.16% tuvo problemas de retorno a la sensibilidad, y fue atribuido al almacenamiento de los cartuchos en lugares húmedos, pobre mantenimiento en los percutores, inexperiencia del operario, fallos en la activación del percutor por un gatillo sucio y un espesor considerable del cráneo bovino. Para Gregory et al., (2007) y Grandin, (2002) un equipo sin mantenimiento puede interferir con la salida del perno cautivo y correcta aplicación del golpe de aturdimiento.

En el estudio se observó que no hay un mantenimiento preventivo, el equipo de aturdimiento solo fue revisado cuando este se encontraba en reparación; al respecto, Grandin (2002), menciona que para lograr una mejor eficiencia en el aturdimiento debe existir una persona que dedique de 30 a 60 min al día para darle mantenimiento a la pistola de perno cautivo. La HSA (2014) sugiere que el mantenimiento diario debe incluir desmontaje del aturridor, examen visual para detectar evidencias o signos de desgaste excesivo, retirada de sangre, hueso y agua, retirada de depósitos de carbón de la recámara y el recorte, comprobación de estado y reorganización de los recuperadores en la unidad del perno y lubricación general. La falta en una rutina de mantenimiento indica que el equipo llega a presentar fallas y por lo tanto estar en reparación constante.

Los resultados de este estudio sugieren que el aturdimiento puede ser inefectivo ya que el mantenimiento de las pistolas es efectuado solo por fallas en la ejecución, para Gregory y Shaw (2000) un animal aturdido eficazmente con una pistola de perno cautivo penetrante, se indica por la presencia de ciertos signos (colapso inmediato, espasmos tónicos que podrían ser seguidos por movimientos descoordinados de las extremidades y ojos vidriosos) y la ausencia de otros (respiración rítmica, vocalizaciones y reflejo corneal) con una pequeña posibilidad de regresar a la función cerebral; Gregory et al. (2007), menciona, que tan pronto como el animal cae al suelo, un estado físico relajado sería anormal y hace temer que habrá reanudación de la conciencia si el animal no se desangra inmediatamente. Gregory y Shaw (2000), incluyen al mantenimiento y la precisión del disparo, junto con la presentación de movimientos de la cabeza de los bovinos en el cajón de aturdimiento dificulta a los operarios accionar el disparo efectivo de aturdimiento.

Localización del disparo: Los disparos se realizaron principalmente en la región occipital en un 54% (398/739) mientras que los bovinos aturdidos con disparo en la frente fue de 46% (339/739). En algunos casos el disparo en la región es justificada, como lo es en el ganado genotipo *Bos indicus*, según la NOM-033-ZOO-1995 señala que para garantizar la eficiencia del aturdimiento en el ganado cebú adulto el punto de aplicación será en la región occipital. Sin embargo, el criterio de localización del disparo puede ser atribuido al diseño del cajón de noqueo, donde la amplitud de éste, permite que el operario introduzca a 2 animales a la vez, lo que dificulta la precisión del disparo y facilita realizar el

aturdimiento en el primer animal en la región occipital, y al segundo en la frente, indistintamente de la raza de ganado que se encuentre insensibilizando.

Número de disparos: Del total de animales muestreados, se aturdieron con un solo disparo el 79.54% (587/738); mientras que el 20.46% (152/738) tuvieron que recibir dos o más disparos, múltiples orificios indican la falta precisión del tiro, y por lo tanto el riesgo y presentación de los indicadores de retorno a la sensibilidad. Los resultados de este estudio indican que el porcentaje de bovinos aturdidos al primer disparo se encuentra muy por debajo del nivel satisfactorio según el criterio establecido por Grandin (1998), cuyo puntaje debe ser 95% en esta planta de sacrificio. Miranda de la Lama et al. (2012), reportaron un porcentaje de animales aturdidos al primer intento del 95%, al respecto Grandin (2005) reportó en 1999 el 96.2%; para el 2000 el 98.9%; 97.4% para el 2001, y 96.7% en el año 2002; de acuerdo a los resultados obtenidos por Concha (2010), menos del 90% de los bovinos cayó al primer disparo.

En el Cuadro 1 se observa la evaluación del disparo en bovinos aturdidos en la frente, de éstos el 77% (261/339) recibieron un sólo disparo mientras que el 23% (78/339) se les emitió 2 o más disparos. Marzin et al. (2008), mostraron que la realización múltiples disparos para obtener el colapso del animal depende de la ubicación del disparo en la frente.

Ubicación del disparo: Según los resultados la ubicación del orificio del perno cautivo en la zona centro (ubicación ideal) fue emitido en el 3.83% de los

Cuadro 1. Evaluación del disparo en bovinos aturdidos en la frente

Variables	Número de animales n=339	
Número de disparos		%
1*	261	76.99
2	62	18.29
>3	16	4.72
Ubicación		
Centro*	13	3.83
NE	127	37.46
NO	140	41.31
SE	27	7.96
SO	32	9.44
Orientación (cm)		
0-2*	31	9.14
2-4	176	51.92
4-6	104	30.68
>6	28	8.26
Profundidad (cm)		
>5*	180	53.10
<5	159	46.90
Trayectoria		
Vertical*	154	45.43
Diagonal	185	54.57

*ideal

bovinos, mientras que el 78.76% se registraron en la zona noroeste y noreste de la cabeza. En la Figura 1 se indica la presentación de los indicadores de retorno a la sensibilidad asociados a la ubicación del disparo, la respiración, el pataleo en riel, y la sensibilidad al desangrado se presentan en mayor proporción cuando el disparo fue emitido en la zona norte del cráneo, ya sea en la posición noreste como noroeste. Grandin (1996), recomienda la utilización del cajón de noqueo implementado con sujetador de cabeza, ya que los animales pueden inquietarse y volverse más difíciles de manejar (USDA, 2012), volviendo el proceso complejo para el operario, dicho sujetador proporciona mayor seguridad y facilidad para realizar el disparo en posición correcta de la cabeza (USDA, 2012), por lo cual su uso en esta planta puede contribuir a un mejor manejo durante el aturdimiento que resulten en un disparo eficiente

La frecuencia de presentación de signos de retorno a la sensibilidad en los resultados de este estudio indica una falla en la destrucción del tronco cerebral probablemente por un disparo fuera de la ubicación correcta. En el presente estudio no se contó con ningún tipo de sujetador de cabeza, por lo que la ubicación del disparo únicamente depende de la habilidad del operario. Gilliam et al. (2012), sugieren que la selección del lugar del disparo conduce más fácilmente a la interrupción del tronco cerebral, lo que reduce el riesgo de recuperar la sensibilidad y por lo tanto debe mejorar el bienestar animal.

Orientación del disparo: De acuerdo a la orientación del disparo en la frente el 90.86% (308/339) del total de disparos emitidos se observa fuera del rango ideal (< 2 cm). La HSA (2006) menciona que la ubicación de los disparos debe

Figura 1. Presentación de los indicadores asociado a la ubicación del disparo

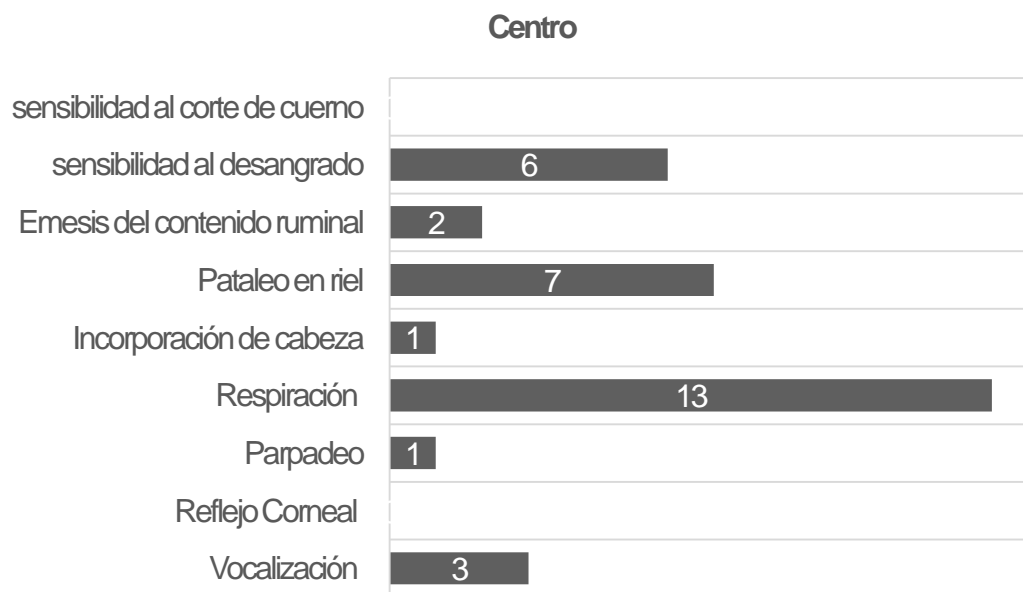
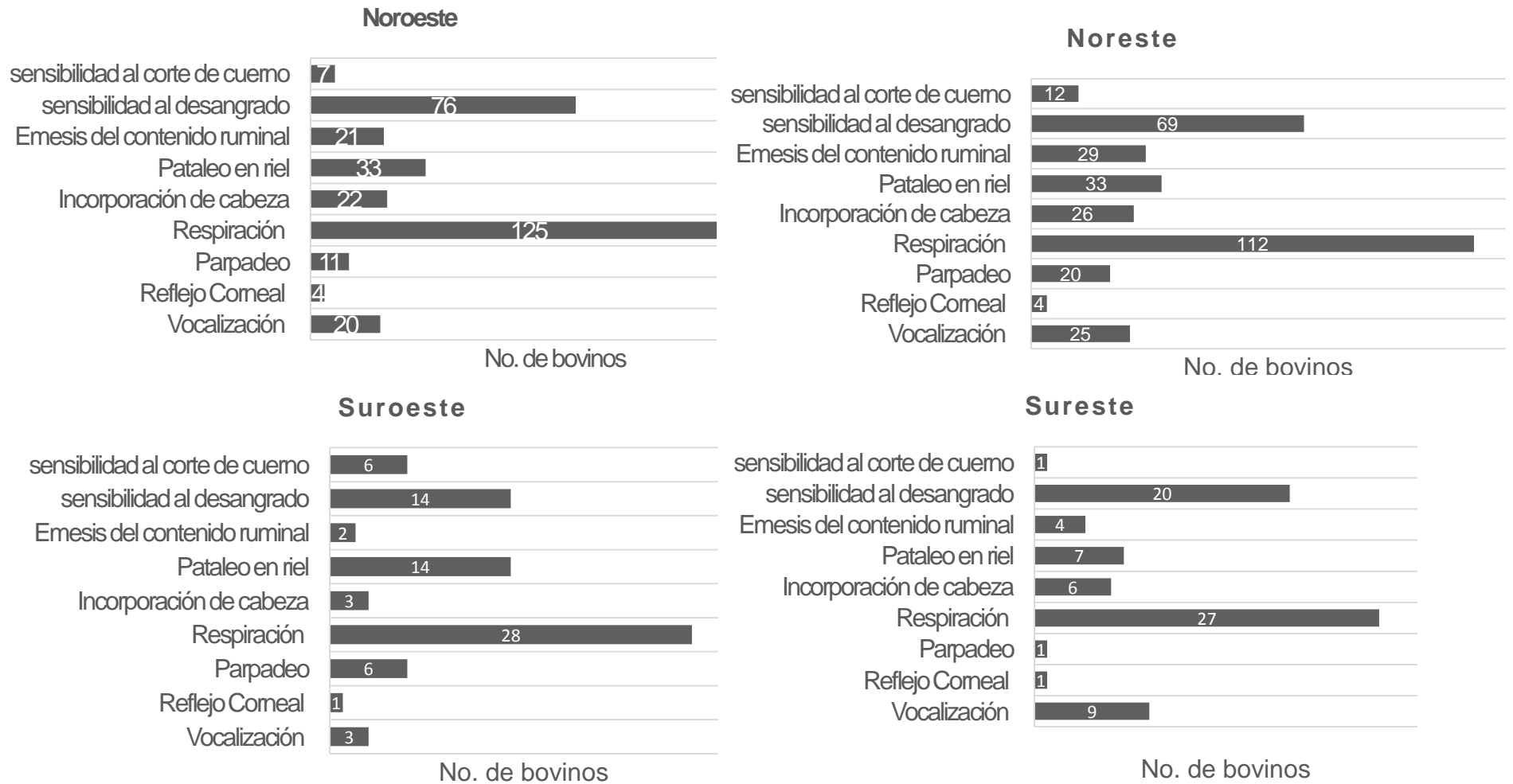


Figura 1. Continuación



ser a una distancia de 2 cm máxima del lugar adecuado, así como Gregory et al., (2007) reportaron que cuando la posición del tiro era a más de 2 cm de la posición ideal, existía el riesgo de poca profundidad de conmoción cerebral. Al respecto, Grandin (2002) considera que se produce daño hasta en 6 cm del punto blanco, ya que el éxito dependerá más de la trayectoria y la profundidad del disparo. Los resultados indican que debido a la orientación del disparo existió poco daño cerebral, sin embargo, en un estudio realizado por Gallo et al. (2003) reportan que el 54.5% de los disparos en el radio adecuado (<2 cm), con un alto porcentaje (99.8%) de bovinos que presentó aturdimiento efectivo, atribuyendo estas diferencias a que la trayectoria y profundidad favorecieron la irrupción del tronco cerebral.

La orientación fue evaluada en un cajón de aturdimiento por Bertolini y Andreolla (2010), utilizando dos tipos de cajones de aturdimiento, mientras que en el cajón 1 (sin sujetador de cabeza), el 31.6% disparos se registró en el lugar adecuado (hasta 2 cm), el 40.5% estuvo fuera de la orientación ideal (4.1 a 6 cm); con el uso del cajón 2 (automatizado con sujetador de cabeza), el 60.5% de los tiros estuvo en el lugar ideal a 2 cm; este valor muy por arriba del 9.14% obtenido en el presente estudio, y sugiere que la implementación de un sujetador de cabeza favorecerá la disminución del porcentaje de presentación de los signos de retorno a la sensibilidad.

El hecho, de que el 90.86% de los disparos fueron realizados fuera de la zona indicada, se le puede atribuir a que la amplitud del cajón de noqueo permite al

animal tener mayor movimiento de la cabeza. El operario sabe apuntar en la zona centro, y debe esperar el mejor momento para realizar el disparo, sin embargo el movimiento de la cabeza del bovino puede llegar a dificultar la maniobra. Gregory et al. (2007), evaluaron el disparo el 48.7% recibieron el tiro 2 cm después de la posición ideal, 43.5% lo recibieron por arriba 7.7% a los lados y 0.1% abajo. El porcentaje de estos resultados es menor comparado con los observados, sin embargo indican que la mayoría de los disparos fueron registrados en la zona norte, es decir por arriba de la zona centro, atribuido a la posición en la cual el operario realiza el disparo.

Profundidad y trayectoria del disparo: Los disparos realizados en la frente utilizando la pistola de perno retenido penetrante con funcionamiento neumático se reportó un 26.35% (44/167) en aquellos con una penetración menor a 5 cm, mientras que los disparos realizados a una profundidad mayor a 5 cm fue el 73.65% (123/167).

En los resultados de este estudio, al utilizar la pistola manual de perno cautivo en los bovinos aturdidos en la frente, los disparos emitidos con una profundidad menor a 5 cm fue del 66.86% (115/172), mientras que el 33.14% (57/172) de los disparos emitidos con dicha pistola tuvieron una profundidad mayor a 5 cm. El manual de operación de la pistola manual de perno cautivo (Accles & Shelvoke) menciona que la longitud del perno es de 8.6 cm, sin embargo, los resultados indican que sólo el 33.14% pudieron llegar a alcanzar dicha profundidad, lo cual no asegura daño al tronco cerebral. Gilliam et al. (2012), investigaron la probabilidad de interrupción del tronco cerebral de bovinos aturdidos en dos

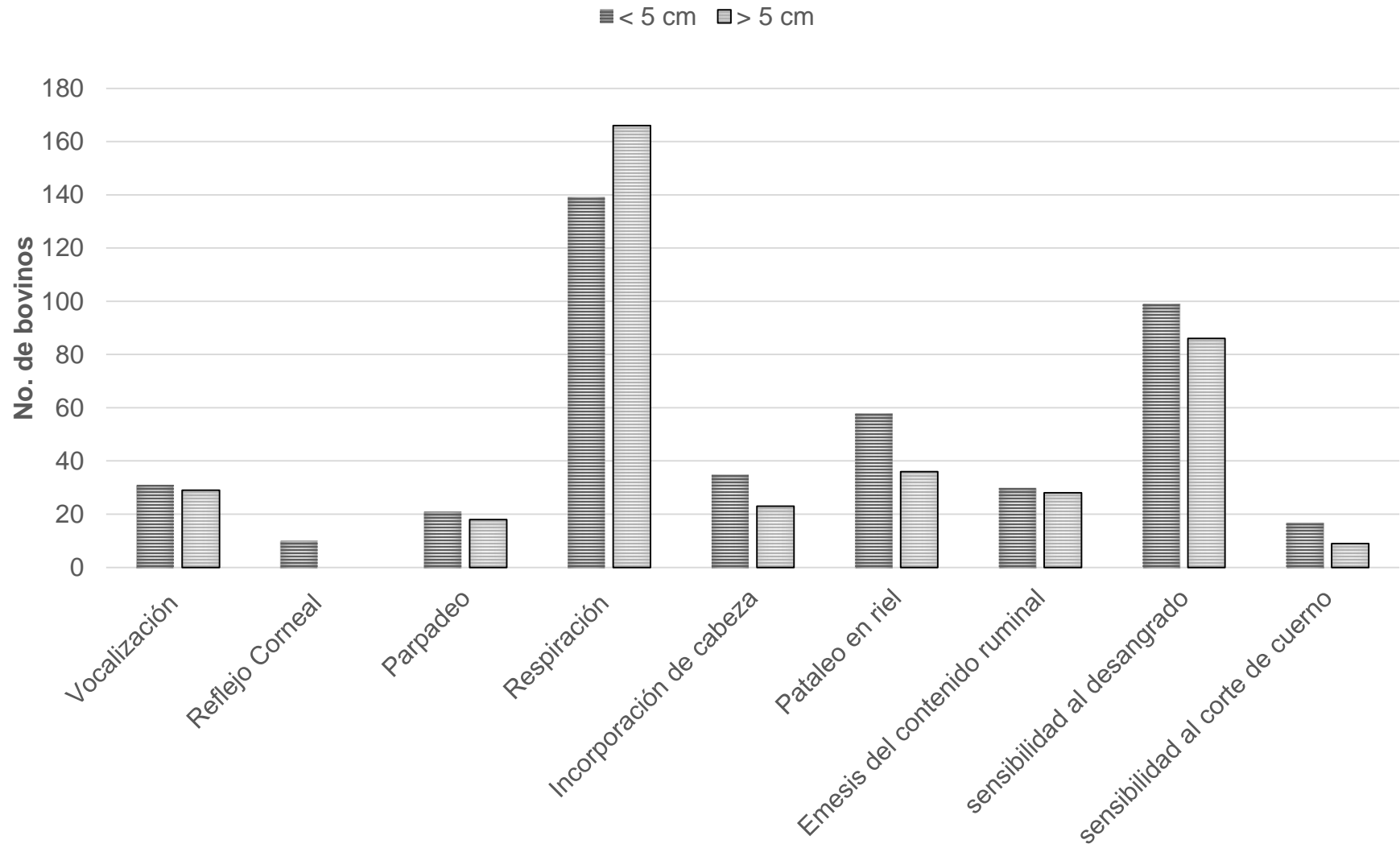
lugares de la frente con la pistola de perno cautivo, ubicando el disparo en diferentes posiciones, en sus resultados el perno fallo de perturbar el tronco cerebral cuando se emite el disparo en la zona norte. En las cabezas del segundo grupo donde se emitió el disparo en la zona centro la profundidad del perno efectivamente interrumpió el tronco cerebral en 6 de 8 cabezas. Los resultados obtenidos por este estudio indican que si el disparo es realizado fuera de la zona centro se presentarían signos de retorno a la sensibilidad atribuidos a una falla en la interrupción del tronco cerebral.

La frecuencia de los indicadores asociados a la profundidad del disparo se observan en el Figura 2, donde, los disparos realizados a una profundidad menor a 5 cm presentaron vocalizaciones, reflejo corneal, incorporación de cabeza, pataleo en riel y sensibilidad al desangrado; mientras que a una profundidad mayor a 5 cm solamente la respiración se presentó en mayor frecuencia.

De los disparos realizados el 45.43% presentó una trayectoria vertical (perpendicular al hueso frontal) posición ideal para dañar el tronco cerebral según reportan Gregory y Shaw (2000), sin embargo, debido al diseño del cajón de la planta de sacrificio, el operario se ubica al costado derecho del bovino, por lo que la trayectoria del punto de impacto está influenciado por la ubicación y posición del operario de la pistola al momento de realizar el disparo.

Indicadores de retorno a la sensibilidad: Para Gregory et al., (2007) existen cinco criterios de aturdimiento inefectivo: falta de colapso, repetición del tiro, respiración rítmica, la rotación del globo ocular y presencia de reflejo corneal.

Figura 3. Frecuencia por disparo en la frente de los indicadores de retorno a la sensibilidad por horario

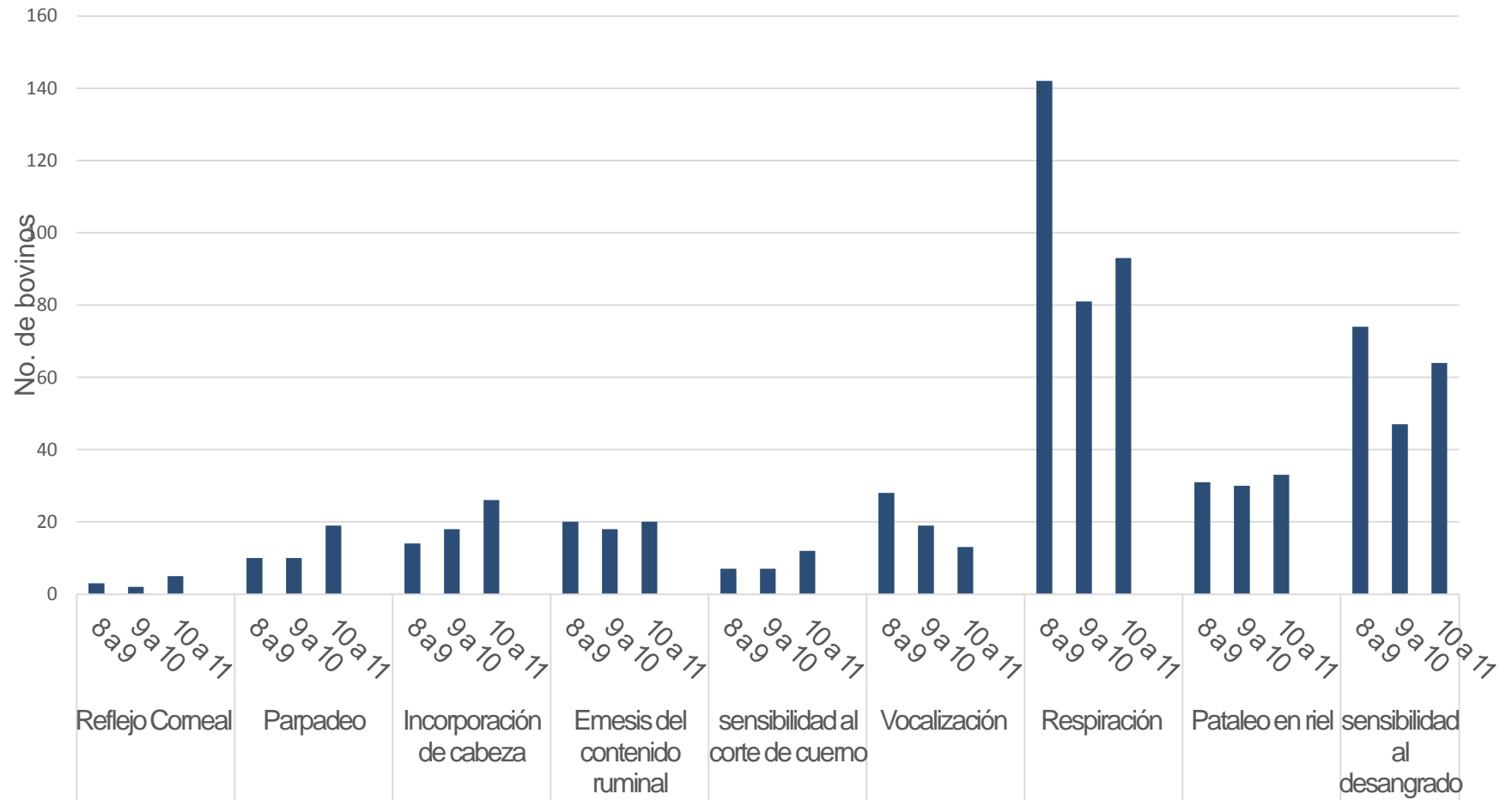


Estos indicadores se presentaron en este estudio, independientemente del operario o de la pistola con la que se realizó el aturdimiento. Existió la presencia de los indicadores de retorno a la sensibilidad, es decir, que los bovinos no lograron una conmoción cerebral. Para Gallo et al. (2003), el aseguramiento de la calidad del aturdimiento puede ser mejorado con el entrenamiento y la formación de los empleados, Villanueva y Aluja (1998) así como Miranda de la Lama et al., (2012), coinciden en que capacitar a los trabajadores y explicarles la importancia de llevar a cabo el sacrificio de los animales en forma humanitaria y cumpliendo con el control sanitario, mejore el trato a los animales; además de impartir pláticas a los operarios de todas las áreas. Los resultados sugieren que la habilidad y la capacitación de los operarios deben ser evaluadas ya que el desempeño del aturdimiento en plantas Tipo Inspección Federal deber ser un aspecto muy cuidado.

La frecuencia por disparo en la frente de los indicadores de retorno a la sensibilidad por horario, se observan en la Figura 3, los indicadores con mayor presencia fueron la respiración (89.97%), la sensibilidad al desangrado (54.57%), el pataleo en rie (27.73%), las vocalizaciones (17.70%), sensibilidad al corte de cuerno (7.67%), la incorporación de cabeza (17.11%) y la emesis del contenido ruminal (17.11%), estuvieron presentes en los bovinos aturdidos independientemente los días de muestreo así como en el horario.

Según Dimond (1976), ninguna región en el cerebro es un centro de conciencia el daño a las regiones en el tronco cerebral se asocia con un rápido inicio de la completa inconsciencia. Un animal aturdido eficazmente se indica por

Figura 3. Frecuencia por disparo en la frente de los indicadores de retorno a la sensibilidad por horario



un colapso inmediato, movimientos tónicos y clónicos y ojos vidriosos (Gregory y Shaw, 2000), esta descripción concuerda con lo observado en este estudio. Al respecto la HSA (2014) menciona que un animal aturdido correctamente cae colapsado inmediatamente, tiene expresión fija vidriosa en los ojos, no tiene respiración rítmica, sin reflejo corneal, mandíbula relajada y la lengua le cuelga, la presencia de ciertos indicadores así como la ausencia de otros según los resultados de este estudio sugieren la profundidad de la conmoción cerebral.

Con respecto a la vocalización, este indicador se observó en el 17.70% de los bovinos valor superior a lo que reporta Grajales (2010), en el sur de México con el 2.5%, atribuyéndolo a una falla en proceso de aturdimiento. Para Gregory et al. (2007) solo el 1.2% vocalizó después de ser aturdido, mientras que para Grandin (2001) la presentación de más del 5% de vocalizaciones puede ser interpretada como una señal de problemas de manejo y equipamiento.

El parpadeo y reflejo corneal se observó en un 10.19% y 2.72% respectivamente en este estudio. Para Atkinson et al. (2013), el parpadeo fue el indicador más observado (3.5%), mientras que Miranda de la Lama et al. (2012), solo 1% exhibieron reflejo corneal. Gregory et al. (2007), evaluaron la profundidad de conmoción cerebral y observaron en bovinos que tuvieron una baja conmoción cerebral, reflejo corneal positivo o la rotación del globo ocular o respiración después de que fueron aturdidos, la frecuencia de presentación indica que existe una falta de profundidad en la conmoción cerebral en este estudio.

La respiración fue el indicador con mayor recurrencia (89.97%), independientemente de la hora en el que fueron aturdidos los bovinos, presentando los porcentajes más elevados en el horario de 8 a 9 de la mañana. Gracey y Collins (1992) mencionan la presencia de una respiración rítmica como el signo cardinal de la sensibilidad. El aturdimiento efectivo debe garantizar que la respiración debe ser un indicador ausente, según Gregory y Shaw (2000), depende de que una parte del tronco cerebral podría ser dañado durante el aturdimiento con perno cautivo, lo que resulta en que algunas de las funciones del tronco encefálico estén ausentes como el reflejo corneal pero otras, por ejemplo la respiración rítmica podría estar presente, como se manifiesta en los resultados. Gregory et al. (2009a), mencionaron que después del aturdimiento, la sangre entra en las vías respiratorias de los animales, por lo que dejan de respirar; sin embargo, los resultados sugieren que los bovinos sacrificados con falla en el aturdimiento continuaron respirando, esto según Trigo (2002) y Gregory et al. (2009) ocasiona la entrada de sangre en las vías respiratorias causando una inspiración forzada y jadeante, existiendo sufrimiento debido a una irritación por sangre en las vías respiratorias por lo que es importante la presencia tal elevada de este indicador.

Ríos-Rincón et al. (2012), mencionan que algún fallo operacional durante el intervalo entre aturdimiento y desangrado, podría prolongar la agonía del bovino, mostrando dificultad para respirar, ya colocado en el riel, lo que provoca la expulsión mecánica del contenido ruminal vía oral y nasal, incrementando así la presencia de cabezas contaminadas, lo que concuerda con la presentación de

emesis del contenido ruminal (17.11%) ya que el bovino presenta un gran esfuerzo mientras es izado y desangrado.

En este estudio a incorporación de cabeza se presentó en un 17.11%, Bertolini y Andreolla (2010), mencionan la reflexión de la postura después del aturdimiento o el levantamiento de la cabeza en el riel de sangrado como signos claros de un proceso de aturdimiento ineficaz y uno de los elementos de evaluación más fiables de sensibilidad; por su parte Miranda de la Lama et al. (2012), registro que el 47% trató de levantar la cabeza o el cuello, o levantarse para Atkinson et al. (2013), los intentos de reincorporación se han observado en aproximadamente el 25% de los casos. Aunque la presentación de este indicador es baja comparada con otros investigadores este valor debe estar ausente.

Con respecto al pataleo en riel la presencia del 27.73% sugiere que en el bovino aún existía cierta conexión cerebral por una falla en el aturdimiento. Marzin et al. (2008) señalan que el movimiento de las extremidades se observaron en 43.8% de los animales, cuando se realiza la concusión adecuada, existen movimientos tónicos y clónicos que verifican su efectividad, lo que indica la presencia de pataleo antes del izado, sin embargo la presencia de pataleo en riel indica retorno a la sensibilidad, considerando importante su observación.

La presentación de sensibilidad al desangrado en este estudio fue del 56.66% porcentaje elevado comparado con los resultados de Atkinson et al. (2013), donde 4.7% del ganado presentó sensibilidad al desangrado, en esta

etapa los animales deben continuar inconscientes, estos resultados indican que los bovinos estaban conscientes al momento de realizar el desangrado.

El promedio del intervalo entre aturdimiento y desangrado para el presente estudio, fue de 170 segundos, el más rápido se realizó a los 63 segundos y el más tardado a los 596 segundos, ignorando el límite de 60 segundos recomendado por la HSA (2014) y la NOM-033-ZOO-1995 para evitar la posibilidad de un retorno a la conciencia. Para Atkinson et al. (2013) la mayoría de los animales fueron sangrados entre los 84 y 125 segundos; mientras que para Miranda de la Lama et al. (2012), el tiempo promedio fue de 81 segundos (± 0.83), donde el 79% de los animales se quedaron aturdidos dentro lapso de 60 segundos; Gregory et al., (2010), encuentran que promedio de tiempo en 19.5 segundos, máximo 265 segundos estos resultados sugieren que el periodo de espera largo, que se observó debido a una descoordinación entre el operario que realiza el aturdimiento con el operario que realiza el desangrado, causa una acumulación de animales ya aturdidos en espera de ser desangrados. Lo que indica que la velocidad del procedimiento de aturdimiento era más rápida que el desangrado esto, congruente con los resultados de Ríos-Rincón et al., (2012).

En los resultados de este estudio se considera que el ganado mal aturdido según Gregory y Shaw (2000), mantendrá la conciencia (como resultado de una falta de trauma cerebral grave), para Gregory et al. (2009a), el bovino cuando hay un periodo largo entre el aturdimiento y desangrado, el animal experimenta oleadas de conciencia y estrés por lo cual los resultados del intervalo entre

aturdimiento y desangrado indican que el largo periodo de 170 segundos permitió a los bovinos retornar a la sensibilidad, mostrando los indicadores evaluados.

CONCLUSIONES

El proceso de sacrificio de los bovinos en esta planta no se realizó adecuadamente, ya que con mayor frecuencia después del aturdimiento hubo presencia de respiración, vocalizaciones, pataleo en riel y sensibilidad al desangrado.

Se sugiere capacitar a los operarios que desarrollan el aturdimiento, dando a conocer la importancia de su labor a fin de sean más conscientes sobre las consecuencias de sus fallas y mejoría de mantenimiento y revisión de la pistola de perno cautivo, como requisitos clave para asegurar el bienestar animal y minimizar un aturdimiento inadecuado.

LITERATURA CITADA

- AMIC, (Australian Meat Industry Council). 2009. Industry Animal Welfare Standards. 2009 Edition. Australia. Disponible en: <http://www.amic.org.au/>
- Atkinson, S., A. Velarde and B. Algers. 2013. Assesement of stun quality at comercial slaughter in cattle shot with captive bolt. *Animal welfare*, 22: 473-481.
- AVMA, (American Veterinary Medical Association). 2013. Guidelines for the Euthanasia of Animals: 2013 Edition. Schaumburg, IL.
- Bager, F., T.J. Braggins, C.E. Devine, A.E. Graafhuis, D.J. Mellor, A. Tavener and M.P. Upsdell. 1992. Onset of insensibility at slaughter in calves: effects of electroplectic seizure and exsanguination on spontaneous electrocortical activity and indices of cerebral metabolism. *Research in Veterinary Science*, 52: 162–173.
- Bertoloni, W. y D. Andreolla. 2010. Eficácia do sistema de contenção (automatizado e mecânico) no atordoamento de bovinos. *Ciência Rural*, Santa Maria, Brasil, 40(8):1821-1827
- Cartes, M. 2000. Evaluación de la eficacia en el uso de la pistola de proyectil retenido para insensibilizar ganado bovino en tres plantas de la Decima region. Tesis de Licenciatura. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias, Valdivia, Chile.
- Concha, R. 2010. Evaluación de la eficacia en el uso de la pistola de poyectil retenido sin penetracion del craneo para insensibilizar ganado bovino en una planta faenadora de carne. Tesis de Licenciatura. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias, Valdivia, Chile.
- Daly, C.C., N. G. Gregory, and S. B. Wotton. 1987. Captive bolt stunning of cattle: effects on brain function and role of bolt velocity. *Abstract. British Veterinary Journal*, 143(6): 574-580.
- Daniel, Wayne W. 2002. Bioestadística (base para el análisis de las ciencias de la salud). 4ª ed. Limusa. México.
- Dimond, S. J. 1976. Brain circuits for consciousness. *Brain, Behavior and Evolution*, 13: 376-395.
- Dörfler; K., K. Troeger, E. Lücker, H. Schönekeß, and M. Frank. 2014. Determination of impact parameters and efficiency of 6.8/15 caliber captive bolt guns. *Int J Legal Med*, 128:641–646.

- Dunn, C. S. 1990. Stress reactions of cattle undergoing ritual slaughter using two methods of restraint. *The Veterinary Record*, 126: 522–525.
- EFSA European Food Safety Authority. 2013. Guidance on the assessment criteria for studies evaluating the effectiveness of stunning interventions regarding animal protection at the time of killing. *EFSA Journal*. 11(12): 41-49.
- Figueroa, M., D. Muñoz y C. Gallo. 2011. Insensibilización del ganado bovino en Chile. Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile.
- Finnie, J.W., 1993. Brain damage caused by a captive bolt pistol. *Journal of comparative pathology*, 109: 253-258.
- Finnie, J.W., 1997. Traumatic head injury in ruminant livestock. *Aust. Vet J*, 75:204-208.
- Fletcher, D. 1999. Slaughter Technology. *Poultry Science*, 78:277–281.
- Gallo, C., 2003. Carnes de corte oscuro en bovinos. *Revista Americarne & FIFRA. Jornada de actualización. Técnica sobre Bienestar Animal*, Montevideo, Uruguay.
- Gallo, C. C. Teuber, M. Cartes, H. Uribe, y T. Grandin. 2003. Mejoras en la insensibilización de bovinos con pistola neumática de proyectil retenido tras cambios de equipamiento y capacitación del personal. *Arch. Med. Vet.*, 35(2):159-170.
- Gallo, C. 2009. Transporte y reposo pre-sacrificio en bovinos y su relación con la calidad de la carne. En: *Bienestar Animal y Calidad de la Carne*. (Eds.) Mota-Rojas, D. y Guerrero-Legarreta, I. Editorial BM Editores. México. 15-36.
- Gallo, C. y D. Muñoz. 2011. *Tecnologías de insensibilización bovina*. Chile: Cien Patents.
- Gilliam, J.N., J.K. Shearer, J. Woods, J. Hill, J. Reynolds, J.D. Taylor, R.J. Bahr, S. Crochik, and T.A. Snider. 2012. Captive-bolt euthanasia of cattle: determination of optimal-shot placement and evaluation of the Cash Special Euthanizer Kit for euthanasia of cattle. Abstract. *Animal Welfare*, 21(S2): 99-102.
- Gouveia, K.G., P.G. Ferreira, J.C.R. da Costa, P. Vaz-Pires, and P.M. da Costa. 2009 Assessment of the efficiency of captive-bolt stunning in cattle and feasibility of associated behavioural signs *Animal Welfare*, 18 (2): 171-175.
- Grajales, S. 2010. Evaluación del proceso de sacrificio de bovinos mediante indicadores de bienestar animal en un rastro TIF de la zonacentro del estado de Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Veracruz, Mexico.

- Gracey J.F. y D.S. Collins. 1992. Meat Hygiene. Bailliére Tindall, London, 390-425.
- Grandin, T. 1996. El bienestar animal en las plantas de faena. Presentado en la XXIX Conferencia Anual de la Asociación Norteamericana de Profesionales del Bovino. Publicado en: American Association of Bovine Practitioners, Proceedings, 22-26.
- Grandin, T. 1998a. Buenas prácticas de manejo para el arreo e insensibilización en animales. Informativo sobre carne y productos cárneos. Universidad Austral de Chile, 22:124-136.
- Grandin, T. 1998b. Objective scoring for animal handling and stunning practices in slaughter plants. J Am Vet Med Assoc, 212: 36-39.
- Grandin, T., 2001. Cattle vocalizations are associated with handling and equipment problems at beef slaughter plants. Applied Animal Behaviour Science, 71:191-201.
- Grandin, T. 2002. Return to sensibility problems after penetrating captive bolt stunning of cattle in commercial beef slaughter plants. JAVMA, 221(9):1258-1261.
- Grandin, T. 2005. Maintenance of good animal welfare standards in beef slaughter plants by use of auditing programs. JAVMA, 226:370-373.
- Grandin, T. 2006. Progress and challenges in animal handling and slaughter in the U.S. Appl. Anim. B. Sci., 100: 129-139.
- Grandin, T. 2010. Auditing animal welfare at slaughter plants. Meat Science, 86: 56-65.
- Gregory, N.G. 1988. Humane slaughter. Proceedings of the 34th International Congress of Meat Science and Technology, CSIRO, Brisbane, Australia.
- Gregory, N. 1998. Stunning and slaughter. En: Animal Welfare and Meat Science. Cambridge: CAB International, 223-240.
- Gregory, N. and F. Shaw. 2000. Penetrating Captive Bolt Stunning and Exsanguination of Cattle in Abattoirs. Journal of Applied Animal Welfare Science, 3(3):215-230.
- Gregory, N. 2005. Recent concerns about stunning and slaughter. Meat Science, 70:481-491.
- Gregory, N.G, C.J. Lee and J.P. Widdicombe, 2007. Depth of concussion in cattle shot by penetrating captive bolt. Meat Science, 77: 499-503.

- Gregory, N., M. Von Wenzlawowicz and K. Von Holleben. 2009. Blood in the respiratory tract during slaughter with and without stunning in cattle. *Meat Science*, 82:13-16.
- Gregory, N., J.Y Spence, C.W. Mason, A. Tinarwo, L. Haesman. 2009a. Effectiveness of poll stunning water buffalo with captive bolt guns. *Meat Science*, 81:178-182.
- Gregory, N., Fielding, H., Wenzlawowicz, M. v. and Holleben, K. V. 2010. Time to collapse following slaughter without stunning in cattle. *Meat Science*, 85:66–69.
- HSA, (Humane Slaughter Association). 2006. *Insensibilización del Ganado con Pistola Neumatica de Perno Cautivo*. 4a ed, Wheathampstead, UK, 1-13.
- HSA, (Humane Slaughter Association). 2014. *Effective Stunning*, Wheathampstead, UK. Disponible en: <http://www.hsa.org.uk/effective-stunning/effective-stunning>.
- Hemsworth, P.H., M. Rice, M.G. Karlen, L. Calleja, J.L. Barnett, J. Nash and G.J. Coleman. 2011. Human-animal interactions at abattoirs: relationships between handling and animal stress in sheep and cattle *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 135: 24-33.
- Kavaliers, M. 1989. Evolutionary aspects of the neuro-modulation of nociceptive behaviors. *Am. Zool* 1989; 29: 1345-53.
- Lee, J. A., and Atkinson, R. S. 1973. *A synopsis of anesthesia*. 7th ed. Bristol, England: Wright.
- Lambooj, E., 1981. Effect of the shooting position on the stunning of calves by captive bolt. *Veterinary record*, 109: 359-361.
- Marzin, V., J. Collobert, S. Jaunet, y L. Marrec. 2008. Criteres pratiques de mesure de l'efficacité at de la qualité de l'étourdissement par tige perforante chez le bovin. *Revue Méd. Vét.*, 159(8-9): 423-430.
- Miranda-de la Lama G.C., I.G. Leyva, A. Barreras-Serrano, C. Pérez-Linares, E. Sánchez-López, G.A. María, F. Figueroa-Saavedra. 2012. *Trop Anim Health Prod.*, 44(3):497-504.
- Miranda-de la Lama, G. C. 2013. Transporte y logística pre-sacrificio: principios y tendencias en bienestar animal y su relación con la calidad de la carne. *Vet. Méx.*, 44 (1):31-56.
- NOM, (Norma Oficial Mexicana). NOM-033-ZOO-1995. *Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres*. Sagarpa, Mexico.

- Orozco, H. y M. González-Lozano, S. Caballero-Chacón y D. Mota-Rojas. 2010. Estrés y dolor durante el sacrificio de animales de abasto. En: Bienestar animal y calidad de la carne. (Eds.) Mota-Rojas, D., Guerrero-Legarreta, I. y Trujillo-Ortega, M.E. Editorial BM Editores. México, 211-224.
- Raj, B. and N. Gregory. 1996. Welfare implications of gas stunning of pigs 2. Stress of induction of anaesthesia. *Anim Welf*, 5: 71-78.
- Rios R., F.G., A. Estrada A., J. Hernández B., C. Pérez L., J.J. Portillo L. y J.C. Robles E. 2012. Factores que influyen en la emesis post-aturdimiento en bovinos. *Rev. Mex. Cienc. Pec.*, 3(3): 343-356.
- Seksel, K. 2007. How pain affects animals. Australian Animal Welfare Strategy Science Summit on Pain And Pain Management. Sydney Animal Behaviour Service.
- Stocchi, R., M. Severini y A.R. Loschi. 1999. The issue of where to place the captive bolt pistol for stunning cattle and buffaloes (*Bubalus bubalis*) / Considerazioni sul posizionamento della pistola a proiettile captivo per lo stordimento dei bovini e dei bufali (*Bubalus bubalis*). *Societa' Italiana delle Scienze Veterinarie* 53 Annual meeting, Montecatini Terme, Pistoia, 16-18 Sep 1999. *Atti della Societa' Italiana delle Scienze Veterinarie (Italy)*, 53:325-326
- Terlouw, E. M. C., C. Arnould, B. Auperin, C. Berri, E. Le Bihan-Duval, V. Deiss, F. Lefe`vre, B. J. Lensink, and L. Mounier. 2008. Pre-slaughter conditions, animal stress and welfare: current status and possible future research. *Animal*, 2(10):1501-1517.
- Trigo, F. 2002. *Patología Sistémica Veterinaria*. 2da edición ed. México, DF. McGraw-Hill.
- USDA-FSIS. (United States Department of Agriculture - Food Safety and Inspection Service). 2012. Humane handling of livestock. Available at: http://www.fsis.usda.gov/PDF/LSIT_HumaneHandling.pdf Accessed: Octubre 28, 2013.
- Villanueva, V. y A. Aluja. 1998. Estado actual de algunas plantas de sacrificio de animales para consumo humano en México. *Vet. Méx.*, 29(3): 273-278.
- Warriss, P.D, S.N. Brown and S.J.M. Adams. 1994. Relationships between subjective and objective assessments of stress at slaughter and meat quality in pigs. *Meat Science*, 38 (2):329-340.
- Warriss, P. D. 2003. *Ciencia de la Carne*, Primera edición, Ed. Acribia, S. A. Zaragoza, España, 75-89.
- Werner Becker, M. y C. Gallo. 2009. Bienestar animal en équidos destinados al sacrificio: transporte, reposo y aturdimiento. En: D. Mota-Rojas y I.

Guerrero-Legarreta, edits. Bienestar Animal y Calidad de la Carne. BM Editores, 85-101.

Wotton, S. 1993. Stunning. Animal Welfare Officer Training Course. University of Bristol, England, 14-15.