

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS VETERINARIAS**



**EFFECTO DEL PROCESO DE INSENSIBILIZACIÓN SOBRE LOS  
PARÁMETROS DE CALIDAD DE LA CARNE (pH y COLOR (L\*, a\*, b\*, C\*,  
H\*) EN MACHOS HOLSTEIN**

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

PRESENTA  
M.V.Z. JUAN PABLO HERNÁNDEZ MALAGÓN

DIRECTOR DE TESIS  
Ph.D. FERNANDO FIGUEROA SAAVEDRA

CO-DIRECTORA  
Ph.D. CRISTINA PÉREZ LINARES

MEXICALI, BAJA CALIFORNIA, MEXICO.

OCTUBRE 2016.

## HOJA CONTROL

**Efecto del proceso de insensibilización sobre los parámetros de calidad de la carne (pH y color (L\*, a\*, b\*, C\*, H\*)) en machos Holstein. Tesis presentada por M.V.Z Juan Pablo Hernández Malagón como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias Veterinarias, que ha sido aprobado por el comité particular indicado:**

---

Ph.D. Fernando Figueroa Saavedra  
Director de Tesis

---

Ph.D. Cristina Pérez Linares  
Co-Directora de Tesis

---

Dr. Alberto Barreras Serrano  
Sinodal

---

Dr. Eduardo Sánchez López  
Sinodal

**MEXICALI, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO**

**OCTUBRE, 2016.**

## DEDICATORIA

Primeramente a Dios, por ser mi fortaleza en momentos de debilidad y permitirme llegar hasta este importante momento en mi formación profesional.

A mi madre María Esther Malagón Mondragón, por sus enseñanzas y lecciones de vida, su apoyo, comprensión, amor y por ser un ejemplo de lucha y superación para mí.

A mis hermanos Norma Angélica, Luis Daniel, José Miguel y Jorge Arturo, por acompañarme en este camino llamado vida y por estar ahí siempre que los he necesitado.

A mi tía, Martha Malagón Mondragón por su apoyo, motivación y su ejemplo profesional.

A los que aman a los animales, desean y trabajan a favor de su Bienestar.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios y a mi familia.

A mi casa de estudios durante 7 años, la Universidad Autónoma de Baja California y el Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias por permitirme cursar mis estudios de licenciatura y maestría.

A mis maestros, por ser un motor de inspiración para mí y un ejemplo a seguir.

A mi director de tesis, por su paciencia y tolerancia, por compartir sus conocimientos, experiencias, observaciones y correcciones, indispensables tanto para el desarrollo de esta tesis, como para mi formación profesional. Gracias totales, Dr. Fernando Figueroa Saavedra.

A mis asesores de tesis: Dra. Cristina Pérez, Dr. Alberto Barreras y Dr. Eduardo Sánchez por sus enseñanzas, orientación y apoyo brindado, así como por todas las facilidades brindadas para la culminación de este trabajo.

A la planta de sacrificio TIF, por las facilidades otorgadas para la recolección de datos para la realización de este estudio.

A CONACYT por haberme dado la oportunidad de estudiar un posgrado y por su apoyo económico durante 24 meses.

A mis compañeros de generación, por su apoyo y compañía en este camino y hacerme ver la vida de una forma diferente.

A Mexicali, por las experiencias que me ha dejado y por las oportunidades que vendrán.

# CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE FIGURAS .....	i
LISTA DE CUADROS .....	ii
INTRODUCCIÓN .....	1
REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
Proceso de insensibilización .....	3
Insensibilización mecánica .....	3
Insensibilización con pistola de perno cautivo .....	4
Insensibilización eficaz .....	4
Insensibilización incorrecta .....	7
Signos de retorno a la sensibilidad .....	8
Implicaciones en los parámetros de calidad de la carne .....	9
pH .....	10
Coordenadas de color L* a* b* C* H* .....	12
MATERIALES Y MÉTODOS .....	15
Localización del área de estudio .....	15
Metodología .....	15
Duración del estudio .....	15
Variables evaluadas .....	15
Evaluación de la eficiencia del disparo de insensibilización ....	16
Indicadores de retorno a la sensibilidad .....	16

Evaluación del disparo .....	17
Variables evaluadas .....	17
Determinación del pH y color L*, a*, b*, C*, H* .....	19
Diseño del estudio .....	19
Análisis estadístico .....	20
Hipótesis .....	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	21
CONCLUSIONES .....	33
LITERATURA CITADA .....	34

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Zona de disparo para pistola de perno cautivo penetrante .....	6
2	Zona de disparo para pistola de perno cautivo penetrante. Sección transversal .....	6
3	Plantilla transparente recomendada por la H.S.A. (Humane Slaughter Association) .....	18

## LISTA DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Valores medios y errores estándar de valores de color ( $C^*$ , $H^*$ ) en carne de machos Holstein enteros según la presencia/ausencia de pataleo en el proceso de izado y desangrado del animal después de la insensibilización .....	22
2	Valores medios y errores estándar de valores de color ( $C^*$ , $H^*$ ) en carne de machos Holstein tratados con un anti-GnRH según la presencia/ausencia de pataleo en el proceso de izado y desangrado del animal después de la insensibilización .....	22
3	Valores medios y errores estándar de valores de $L^*$ , en carne de machos Holstein enteros según la presencia/ausencia de elevación de cabeza o intento de incorporación en el proceso de izado y desangrado del animal después de la insensibilización .....	23
4	Valores medios y errores estándar de valores de $L^*$ , en carne de machos Holstein tratados con un anti-GnRH según la presencia/ausencia de elevación de cabeza o intento de incorporación en el proceso de izado y desangrado del animal después de la insensibilización .....	23
5	Valores medios y errores estándar de $a^*$ , en carne de machos Holstein enteros según la presencia/ausencia de parpadeo en el proceso de izado y desangrado del animal después de la insensibilización .....	24



6	Valores medios y errores estándar de $a^*$ , en carne de machos Holstein tratados con un anti-GnRH según la presencia/ausencia de parpadeo en el proceso de izado y desangrado del animal después de la insensibilización .....	24
7	Valores medios y errores estándar de valores de color ( $L^*$ , $b^*$ y $H^*$ ) en carne de machos Holstein enteros según la presencia/ausencia de respiración rítmica en el proceso de izado y desangrado del animal después de la insensibilización .....	25
8	Valores medios y errores estándar de valores de color ( $L^*$ , $b^*$ y $H^*$ ) en carne de machos Holstein tratados con un anti-GnRH según la presencia/ausencia de respiración rítmica en el proceso de izado y desangrado del animal después de la insensibilización .....	25
9	Valores medios y errores estándar de valores de color ( $a^*$ y $b^*$ ) en carne de machos Holstein enteros según la ubicación del disparo en el proceso de insensibilización .....	26
10	Valores medios y errores estándar de valores de color ( $a^*$ y $b^*$ ) en carne de machos Holstein tratados con un anti-GnRH según la ubicación del disparo en el proceso de insensibilización .....	26
11	Valores medios y errores estándar de pH y valores de color ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ y $H^*$ ) en carne de machos Holstein enteros según los centímetros de profundidad del disparo en el proceso de insensibilización .....	27
12	Valores medios y errores estándar de pH y valores de color	

	(L*, a*, b* y H*) en carne de machos Holstein tratados con un anti-GnRH según los centímetros de profundidad del disparo en el proceso de insensibilización .....	27
13	Valores medios y errores estándar de valores de color (a*, b* y H*) en carne de machos Holstein enteros según la distancia en centímetros con respecto al centro del disparo en el proceso de insensibilización .....	28
14	Valores medios y errores estándar de pH y valores de color (a*, b* y H*) en carne de machos Holstein tratados con un anti-GnRH según el operario que efectuó el disparo de insensibilización .....	28
15	Valores medios y errores estándar de pH y valores de color (L*, a*, b*, C*, H*) en carne de machos Holstein enteros según el operario que efectuó el disparo de insensibilización .....	29
16	Valores medios y errores estándar de pH y valores de color (L*, a*, b*, C*, H*) en carne de machos Holstein tratados con un anti-GnRH según el operario que efectuó el disparo de insensibilización .....	29

## INTRODUCCIÓN

Las actividades de manejo que se realizan en el ganado bovino previo a su sacrificio son las más estresantes en su vida y tienen gran impacto en la calidad físico-química del producto final.

Son cuantiosas las pérdidas económicas por defectos en las canales causadas por un mal trato de los animales antes de la muerte, siendo el estrés previo y durante el sacrificio uno de los factores más importantes que afecta la calidad de la carne.

Uno de los factores que conviene cuidar durante el proceso de sacrificio es la insensibilización o aturdimiento, cuyo objetivo primordial es lograr que el animal no sienta dolor al momento de provocarle la muerte, inmovilizarlo y facilitar su manejo durante el izado y posterior desangrado por parte del operador, así como evitar efectos negativos sobre las características de calidad físico-químicas de la carne como el pH y color.

Existe desconocimiento sobre las implicaciones que tiene el sacrificio sobre la calidad e inocuidad de la carne y por tanto, poca preocupación por evitar el sufrimiento de los bovinos en la etapa de insensibilización, siendo un problema común en diversos países sudamericanos.

En los casos en los que no se logra la inconciencia como resultado de una insensibilización inadecuada, los bovinos pueden experimentar ansiedad, sufrimiento, dolor y estrés. Esto ocasiona problemas en la calidad de la carne que se traducen en cambios de color y pH en el músculo, debido a esto, éstas carnes son menos apetecidas por el consumidor y se acorta la vida útil del producto, causando la pérdida del valor económico de la misma, generando consecuencias adversas sobre las ganancias del productor (Méndez-Medina et al., 2013).

Es indispensable tener buenas prácticas de manejo previo al sacrificio, entre ellas, aplicar un buen método de insensibilización que garantice la pérdida de la conciencia instantáneamente y se mantenga este estado hasta la muerte, siempre evitando el sufrimiento y estrés innecesario de los animales (Grandin, 1999).

En consecuencia, con la correcta insensibilización el animal no sentirá dolor; quedará inconsciente inmediatamente y brindará carne de mejor calidad; así mismo, se logrará que la industria de la carne funcione con seguridad, eficiencia y rentabilidad (Romero et al., 2012).

Por lo tanto, **el objetivo de este estudio fue determinar la posible asociación entre el efecto del proceso de insensibilización sobre los parámetros de calidad de carne (pH, y valores de color: L\*, a\*, b\*, C\* y H\*) como producto final para consumo humano, en un grupo de bovinos machos Holstein enteros y tratados con un anti-GnRH.**

# REVISIÓN DE LITERATURA

## Proceso de insensibilización

La insensibilización es el acto a través del cual se provoca en el animal la pérdida de la conciencia previo a causarle la muerte. En la NOM-033-ZOO-1995: "Sacrificio humanitario de los animales domésticos" se establece como obligatorio el uso de un método de insensibilización que provoque inconsciencia inmediata para todas las especies de abasto, indicando para el caso de los bovinos la conmoción cerebral (Figueroa et al., 2011).

El objetivo de la insensibilización es que el animal pierda en forma inmediata la conciencia, para así evitar cualquier sufrimiento innecesario durante el desangrado. Además, la insensibilización es importante para lograr una inmovilización correcta del animal y así facilitar el corte de los vasos sanguíneos para producir un desangrado adecuado (Warris, 2000).

Los métodos físicos autorizados por la NOM-033-ZOO-1995 para la insensibilización son aquellos que logran disfunción de las regiones del cerebro responsables de la integración cortical para producir inconsciencia instantánea. He ahí la importancia de un buen método de sacrificio junto con un personal plenamente capacitado (Miranda de la Lama., 2013).

***Insensibilización mecánica:*** Los sistemas mecánicos de insensibilización, penetrante y no penetrante, efectúan un golpe que causa una conmoción cerebral y una pérdida inmediata del conocimiento. La principal ventaja de estos es su bajo costo de instalación, mantenimiento y menor riesgo que implica su uso para el operario en comparación con otros métodos como la electrocución (León y Carrasco, 2012).

Un método para lograr la inconsciencia de los bovinos de abasto es mecánico de perno cautivo, y éste puede ser de penetración o de concusión; en México el más utilizado es el de penetración (Warner et al., 2010).

***Insensibilización con pistola de perno cautivo:*** El aturdimiento mecánico se realiza con una pistola de perno cautivo, la cual es accionada por la detonación de un cartucho de salva, o por aire comprimido. Este impulso desplaza al perno por el cañón a una velocidad de 1.3 a 1.5 milisegundos. La velocidad de la transmisión del impulso nervioso para que el cerebro reciba la señal de dolor es de 150 milisegundos, por lo que la velocidad del perno cautivo es 100 veces más rápido que el tiempo que el cerebro toma en sentir la aplicación, por lo que este método es muy bueno desde el punto de bienestar animal (Gallo et al., 2003).

El perno penetra el cráneo generando un daño irreversible en la masa encefálica y por tanto, la probabilidad de retorno a la conciencia es casi nula. Este método, bien aplicado, causa pérdida de conciencia instantánea. Su empleo puede tener ciertas ventajas en cuanto a minimizar problemas de calidad de carne que pudieran presentarse con el uso de la electricidad (excesivo tiempo de aplicación o voltajes elevados que pudieran generar fracturas y hemorragias en la canal) (Heargraves et al., 2004).

### **Insensibilización eficaz**

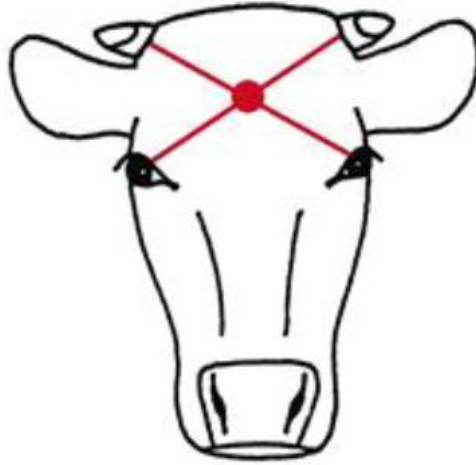
Una insensibilización eficaz depende, entre otras cosas, de que el golpe se suministre en la parte correcta del cráneo. Con el fin de garantizar el impacto máximo en el cerebro, la mejor posición es aquella en la que el cerebro esté más cerca de la superficie de la cabeza y en la que el cráneo es más fino (Moreno et al., 2007).

Es muy importante que los animales sean apropiadamente inmovilizados antes de la insensibilización y del desangrado. Esto tiene como objetivo asegurar la estabilidad del animal para que la aplicación del método de insensibilización se realice correctamente (León y Carrasco, 2012).

Para una insensibilización efectiva es importante que el operario esté bien entrenado en el uso de la pistola, ya que si éste se cansa, se reduce su precisión. Por lo tanto, es recomendable la rotación de operarios en caso de que se realice el sacrificio de un número considerable de animales (Castro y Robaina, 2003). El operario que maneja la pistola, tiene un rol fundamental en el proceso de insensibilización, lo que por cierto involucra capacitación para desempeñar su labor. Debe saber dónde realizar el disparo, qué posición debe tener la pistola, la cual debe ir perpendicular al área frontal de la cabeza (Humane Slaughter Association 2016).

La efectividad del disparo depende del lugar y dirección del mismo. En el caso del bovino el blanco de la pistola de carácter penetrante se encuentra en la mitad de la frente, en un punto de entrecruzamiento de dos líneas imaginarias trazadas desde el centro de la base de los cuernos al vértice superior de la órbita ocular del lado opuesto del cráneo (Figuras 1 y 2). La dirección del disparo debe ser perpendicular a la superficie del cráneo para lograr un disparo certero, de lo contrario aumenta el riesgo de fallas en el procedimiento (Gallo y Muñoz, 2011).

Cuando se aplica un golpe seco y fuerte correctamente sobre el cráneo, produce una rápida aceleración de la cabeza, lo que hace que el cerebro se golpee dentro del cráneo. Debe hacerse un disparo certero y lo más próximo al ingreso y la inmovilización del bovino, a fin de disminuir su sensación de angustia y, de esta forma evitar el deterioro de su carne (Muñoz et al., 2012)



**Figura 1.** Zona de disparo para pistola de perno cautivo penetrante. Humane Slaughter Association (H.S.A, 2016).



**Figura 2.** Zona de disparo para pistola de perno cautivo penetrante. Sección transversal. Humane Slaughter Association (H.S.A, 2016).



Una insensibilización efectiva se define como aquella que deja al animal inconsciente o insensible al dolor inmediatamente. Algunos indicadores en el comportamiento del animal que evalúan de manera objetiva si la insensibilización fue realizada de manera correcta o eficaz, son: desplomo inmediato, ausencia de respiración, expresión vidriosa y globo ocular fijo, hay ausencia de reflejo corneal, tiene la mandíbula relajada, 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. Una vez que el animal está aturdido, se debe realizar el desangrado sin demorar (Gregory 1998; Grandin, 2010).

### **Insensibilización incorrecta**

En cuanto a la insensibilización del bovino, se ha encontrado que, fallas en este proceso impiden la pérdida total de la consciencia hasta la muerte por desangrado, lo que se hace evidente cuando hay reflejo corneal, respuesta al estímulo doloroso, ritmo respiratorio, vocalizaciones e intentos de levantar la cabeza e incorporarse (Muñoz et al., 2012).

Si los músculos están flácidos inmediatamente después del disparo de insensibilización, es señal de que la insensibilización no es tan profunda y existe un riesgo de que el animal recobre el conocimiento, los ojos deben ser rotados naturalmente por el animal (Ludtke et al., 2011).

Un estudio realizado por Grandin (1999) indicó que la causa más frecuente de baja eficiencia en la insensibilización con pistola de perno cautivo se debió a la falta de mantenimiento de la pistola; para evitar esto, la pistola debe limpiarse y mantenerse en condiciones de operación de acuerdo con las especificaciones de fábrica, para lograr el máximo poder de impacto e impedir que no tenga fuerza suficiente.

La H.S.A (2016) señala también como causa común de baja eficacia en el uso de la pistola de perno cautivo la incorrecta posición de la pistola por parte del operario y un insuficiente poder al noquear, producto de un cartucho no adecuado para el tamaño del animal a insensibilizar.

Una insensibilización ineficaz es dolorosa y puede resultar en parálisis sin pérdida de conciencia, por lo que la habilidad del operario y la capacitación son cruciales (Gallo y Cartes, 2000).

### **Signos de retorno a la sensibilidad**

Se ha definido un conjunto de signos observables en el animal que podrían indicar que está retornando a la sensibilidad como consecuencia de un disparo inadecuado, entre ellos se consideran: vocalizaciones asociadas a dolor o estímulos estresantes (mugidos, bramidos o cualquier otro sonido); intento de incorporación posterior al disparo o cuello arqueado cuando el animal está colgado sobre el riel de desangrado (la cabeza debe colgar derecha y hacia abajo con la espalda recta); presencia de movimientos oculares (reflejo corneal positivo en respuesta al tacto, parpadeo), presencia de respiración rítmica (Gregory, 1998; Grandin, 2002, Miranda de la Lama, 2013).

Si un animal no queda correctamente aturdido, se debe aplicar el proceso de aturdimiento de nuevo de manera inmediata. Cuando un perno cautivo penetra en el cráneo, causa un daño masivo e inflamación en torno a la herida; la inflamación absorberá buena parte del impacto del segundo disparo lo que significa que la onda de choque no será transmitida al cerebro de una forma tan efectiva. Un disparo de repetición se debe realizar siempre evitando el área inmediatamente colindante con el primer disparo. Si el primer disparo no da en el blanco, el segundo se debería colocar lo más cerca posible de la posición correcta de aturdimiento posible. Si el primer disparo da en el blanco pero no produce un efecto de aturdimiento efectivo, el segundo disparo se

debería realizar por encima y a un lado. Si se requiere un tercer disparo, este debería realizarse por encima y al otro lado del primer disparo (Shimshony y Chaudry, 2005).

El operario cumple un papel fundamental en el proceso de insensibilización, porque debe conocer el sitio correcto donde realizará el disparo en la frente del animal, en qué posición y dirección debe llevar la pistola. La posición y dirección del impacto son importantes para evitar que los bovinos recobren la sensibilidad (Grandin, 2010).

### **Implicaciones en los parámetros de calidad de la carne**

El concepto de calidad de carne incluye aquellas características sensoriales que hacen de ésta un producto apetecible al consumo, como son aroma, sabor, color, jugosidad y suavidad. Sin embargo, por encima del concepto de calidad está el derecho de los consumidores a consumir carne sana, lo cual obliga a los diferentes eslabones de la cadena cárnica a garantizar el suministro de carne sana y segura (Hernández et al., 2013).

Si bien el aturdimiento elimina los factores estresantes del desangrado, éste induce en el animal cambios fisiológicos cuyos efectos pueden repercutir negativamente en la calidad del producto final. Estos cambios son debidos principalmente al aumento de la presión sanguínea y la actividad muscular, provocando alteraciones, ya sea en la calidad de la canal debido a hemorragias, contusiones o fracturas, o bien en la calidad de la carne debido a una modificación del proceso bioquímico normal responsable de la transformación del músculo en carne (Purchas et al., 2002)

El manejo de los bovinos durante el pre-sacrificio les provoca estrés, que conlleva a cambios de tipo metabólico y hormonal en el animal vivo,

produciendo efectos adversos en la calidad de la carne, específicamente en el pH, color y textura, entre otros (Ferguson y Warner, 2008).

Nanni et al., (2006) reportan que el estrés antes del sacrificio puede tener diferentes consecuencias sobre la calidad de la carne, dependiendo de su intensidad y duración. Un periodo de estrés corto y agudo produce un aumento de la concentración plasmáticas de catecolaminas y excesivo gasto energético, que estimulan la glicólisis anaeróbica y la formación de ácido láctico antes del desangrado, lo que a su vez causa una disminución del pH muscular por debajo de 6 durante la primera hora *post-mortem*.

Las causas de estrés en los animales de abasto son de muy diversas naturalezas, pero están ligadas de una parte a las agresiones físicas sufridas en torno al pre-sacrificio y, de otra, a la perturbación del animal por el hecho de situarlo en un medio extraño, lo que altera el equilibrio endocrino y el metabolismo energético del organismo (Beltrán et al., 1997).

## **pH**

El pH es uno de los parámetros que más influencia tiene en las características organolépticas y tecnológicas de la carne que determinan su calidad y que a su vez se encuentra muy condicionado por el estado de estrés de los animales en los momentos previos al sacrificio. Su control es muy importante tanto como indicador de las condiciones higiénicas como para el control en los procesos de transformación (Serrano et al., 2012).

La medición del pH en la canal indica el grado de acidez o alcalinidad que tiene la carne, es una valoración muy importante porque el pH afecta el color, la jugosidad y el sabor de la carne (Partida y Braña, 2011).

La velocidad del descenso del pH después de la muerte del animal constituye uno de los factores cruciales de la transformación de músculo en carne, así como en la definición de la calidad futura de los productos preparados a partir de ella (Aaslyng, 2009).

El valor pH de músculo a las 24 horas post mortem es otro factor que influye sobre aspectos de la calidad de la carne, como por ejemplo de su capacidad de retención de agua, así como las propiedades organolépticas de aroma, sabor, terneza succulencia y color, así como la inhibición del crecimiento microbiano (Reiling et al., 1992).

Valores de pH entre 5.4 y 5.5 son lo suficientemente ácidos para inhibir el crecimiento bacteriano. Cuando los valores comienzan a subir y llegan a 6.2 a 6.5, aparece el peligro de una alteración de origen bacteriológico (Adzitey y Nurul, 2011).

La velocidad de descenso del pH se realiza de una manera gradual y más rápida, durante las 12 primeras horas *post-mortem*, para luego casi estabilizarse hacia las 24 horas. Se reporta que valores de pH por encima de 6.0 a las 24 horas *post mortem*, denotan una carne DFD (dark, firm, dry), la cual se caracteriza por una elevada retención de agua y una coloración oscura. Este tipo o aspecto de la carne es indeseable por el consumidor, porque sus propiedades sensoriales son desagradables. Por otro lado, los valores del pH de la carne a las 24 horas post mortem, pueden sufrir alteraciones debidas al uso de drogas o a condiciones de estrés pre-sacrificio a las que son sometidos los animales (Sañudo et al., 2003).

Mariño et al., (2005) sostienen que, dada la relación que existe entre el descenso del pH y la transformación del músculo en carne, la determinación de este parámetro constituye una buena medida para valorar la calidad de la carne como producto final. La velocidad y magnitud de la caída del pH después del

sacrificio es posiblemente la causa individual más importante de la variación existente en calidad de la carne de res.

En un estudio realizado por Asencios (2004) donde se evaluó el pH final a las 24 horas *post-mortem* de la carne de cerdos machos enteros sacrificados con un método de insensibilización eléctrico mostraron valores mayores ( $5.90 \pm 0.22$ ) respecto a los animales sacrificados sin aplicación de método de insensibilización alguno ( $5.55 \pm 0.09$ ), esta última mostrando una apariencia muy pálida y con una acidez muy pronunciada, características de la condición PSE ( $< 5.6$ ), la cual es no deseable y es ocasionada por un estrés severo en el animal inmediatamente antes de su sacrificio.

Según Linares *et al.* (2007) es significativo el efecto del manejo pre sacrificio en los bovinos, incluyendo el proceso de insensibilización sobre los valores de pH. En general los valores del pH fueron menores cuando se usó un método de insensibilización que cuando no se utilizó, pero las diferencias de pH en la carne desaparecen después de una semana en refrigeración.

### **Coordenadas de color L\* a\* b\* C\* H\***

El color de la carne es uno de los atributos más valorados por el consumidor en el momento de la compra, hasta el punto de ser considerado uno de sus criterios preferenciales, debido a que los consumidores relacionan el color con las cualidades sensoriales del mismo (Ripoll *et al.*, 2012).

El consumidor en general prefiere una carne de color rojo brillante mientras que rechaza la de color apagado o pardo. No obstante, en la aceptación del color influyen factores geográficos, sociales y culturales por lo que la generalización en este parámetro es compleja (Díaz, 2001).

La utilización de observadores imparciales en la lectura del color está siendo cada vez más común. La mayoría de estos observadores utilizan el método CIElab para definir el color en base al espectro de reflectancia emitido por un haz de luz blanca. Este sistema es el más importante y se basa en el concepto de la mezcla aditiva del color (Konica Minolta, 2007).

Donde el parámetro  $L^*$  es la claridad o cantidad de luminosidad reflejada, los valores van desde 0 (negro) a 100 (blanco); el parámetro  $a^*$  corresponde a las tonalidades de rojo, donde los valores positivos corresponden al rojo ( $a^+$ ) y los negativos se acercan al verde ( $a^-$ ); el parámetro  $b^*$  se refiere al espectro de color amarillo, siendo amarillos los valores positivos ( $b^+$ ) y azules los negativos ( $b^-$ ) (Braña et al., 2012).

Utilizando los valores de  $a^*$  y  $b^*$  se puede obtener el valor de croma  $C^*$ , también denominado saturación, pureza o intensidad de color el cual permite distinguir colores fuertes o vivos frente a débiles y el tono o Hue ( $H^*$ ). Con la diferencia obtenida de los valores de Luminosidad ( $L^*$ ) y croma ( $C^*$ ) entre el color objetivo y la muestra podemos establecer si el color de la muestra es más pálido, vivo, profundo u oscuro que el patrón deseado (Mancini y Hunt, 2005).

Uno de los principales factores de variación del color en el músculo son las condiciones del periodo pre-sacrificio, sacrificio y post-sacrificio (estrés, temperatura, y humedad de la cámara, entre otros) que afectarán el color, al variar la velocidad de caída del pH y su valor final (Díaz, 2001).

En un estudio en Colombia, los datos recolectados en el músculo *Longissimus thoracis* de un grupo de novillas sacrificadas por el método judío de Kosher, en el cual se cortan los vasos sanguíneos a los animales completamente conscientes con un cuchillo filoso, y otro grupo sacrificado con pistola de perno cautivo mostraron que aquellas vaquillas sacrificadas por el método de Kosher exhibieron valores más altos en las variables de color  $L^*$ ,  $a^*$ ,

b\* ( $P < 0.01$ ) y de fuerza de corte Warner-Bratzler que aquellas vaquillas sacrificadas con el método de insensibilización con pistola de perno cautivo. También hubo una tendencia de las vaquillas sacrificadas con el método de Kosher de rendir carne con menos pérdida de cocción comparado con las vaquillas sacrificadas con el método de insensibilización con pistola de perno cautivo, sugiriendo que es posible un cambio en el pH muscular (Ripoll et al., 2012).

En un estudio realizado en Chile por Gallo y Cartes (2000) se encontró que en los tres principales mataderos de la Décima región, en que se usaba cajón de insensibilización sin sistema para inmovilizar la cabeza, sólo un 83.6% de los bovinos caía al primer disparo. En cuanto a la presencia de signos indicadores de retorno a la sensibilidad, se encontró un 45% de animales que presentaron vocalizaciones; en un 19.8% de los animales se observaron intentos de incorporarse; en 30.7% hubo movimientos oculares y en un 20.4% reflejo corneal; en un 82.5% de los animales se encontró presencia de respiración rítmica y un 31% mostró intentos de levantar la cabeza al ser colgados en el riel de desangrado.

Considerando las indicaciones de la Humane Slaughter Association (H.S.A., 2016) y Gregory (2005), en el sentido de que un animal bien insensibilizado con pistola debe caer inmediatamente, detenerse la respiración rítmica, tener una expresión fija, vidriosa y sin reflejo corneal, los resultados muestran que existe un problema serio de eficacia en la insensibilización de bovinos.

Por otra parte, Grandin (1999) señala que el mínimo aceptable de bovinos que debe caer al primer disparo es de 95%, se deberían tomar acciones inmediatas para lograr mejoras en el proceso



## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Localización del área de estudio**

El presente estudio se desarrolló en una planta de sacrificio Tipo Inspección Federal (TIF) ubicada en el Ejido Pólvora, en el kilómetro 3.5 de la Carretera Federal No.2 Mexicali- San Luis Rio Colorado, en la Zona del Valle del municipio de Mexicali, Baja California.

### **Metodología**

El estudio se realizó en 510 toros de la raza Holstein provenientes de un sistema de producción de carne en corral, distribuidos en 4 corrales por tratamiento que consistieron en un grupo de machos enteros (n=235) con un peso promedio al sacrificio de 589.5kg y otro grupo de machos tratados con un anti-GnRH (Bopriva®, Laboratorio Zoetis) (n=275) con un peso promedio al sacrificio de 602kg, ambos grupos con un promedio de 240 días de engorda en corral.

### **Duración del estudio**

El sacrificio de los animales se llevó a cabo en 4 periodos diferentes, iniciando en el mes de Junio con una diferencia entre cada uno de 15 días, concluyendo en el mes de Agosto de 2015.

### **Variables evaluadas**

*Evaluación de la eficiencia del disparo de insensibilización:* Se evaluó mediante el registro de indicadores de retorno a la sensibilidad, estos fueron: vocalización, pataleo, intentos de incorporación o elevación de cabeza, parpadeo, reflejo corneal, respiración rítmica regular, sensibilidad al desangrado

y regurgitación de contenido ruminal por la vía oral-nasal. La insensibilización se consideró efectiva, cuando se presentó la ausencia de estos signos.

*Evaluación del disparo:* Se evaluó el número de disparos, ubicación del disparo, profundidad del disparo en el cráneo, distancia con respecto al centro y según el operario que realizó el disparo.

### **Evaluación de la eficiencia del disparo de insensibilización**

La evaluación se realizó posterior a la ejecución del disparo y una vez expulsados del cajón de insensibilización y durante el izado, considerando la presencia/ ausencia de los indicadores de retorno a la sensibilidad, basados en la metodología propuesta por Grandin (2012).

### **Indicadores de retorno a la sensibilidad**

***Vocalización:*** se consideró presente en aquellos animales que, después del disparo, emitieron sonidos o mugidos después de realizado el disparo en el cajón de insensibilización, durante el izado o durante el corte de los vasos sanguíneos principales.

***Pataleo:*** se registró presente en aquellos casos en que el animal al ser elevado mostró signos como flexión, pataleo ó movimiento en forma de marcha de las extremidades anteriores o posteriores durante el izado hasta el desangrado.

***Elevación de cabeza y cuello e Intento por incorporarse:*** la elevación de la cabeza se evaluó después del disparo. Se registró como presente en aquellos casos en que el animal mostró intentos de levantar la cabeza ó cualquier otro movimiento que indicara incorporación.

**Parpadeo, movimientos oculares y reflejo corneal:** se consideró presente al evidenciar el parpadeo o cualquier movimiento ocular como reacción al tacto y como ausente en aquellos animales que mantenían la mirada fija luego de efectuado el disparo.

**Respiración rítmica:** se consideró presente al observar movimientos rítmicos del flanco y abdomen, así como movimiento de los ollares después del disparo y caída del animal.

**Sensibilidad al desangrado:** Se consideró presente si el animal realizó algún movimiento de cabeza, cuello, flexión de los miembros ó vocalizaciones al primer corte en el cuello o al seccionar los vasos sanguíneos principales.

**Regurgitación:** se registró presente en aquellos animales que después de ser aturdidos y hasta ser desangrados mostraron presencia de vaciado de contenido ruminal.

## **Evaluación del disparo**

La evaluación se realizó en cada cabeza de los bovinos sacrificados mediante la colocación de una plantilla transparente recomendada por la H.S.A. (Humane Slaughter Association, 2016) sobre la región frontal del cráneo.

## **Variables evaluadas**

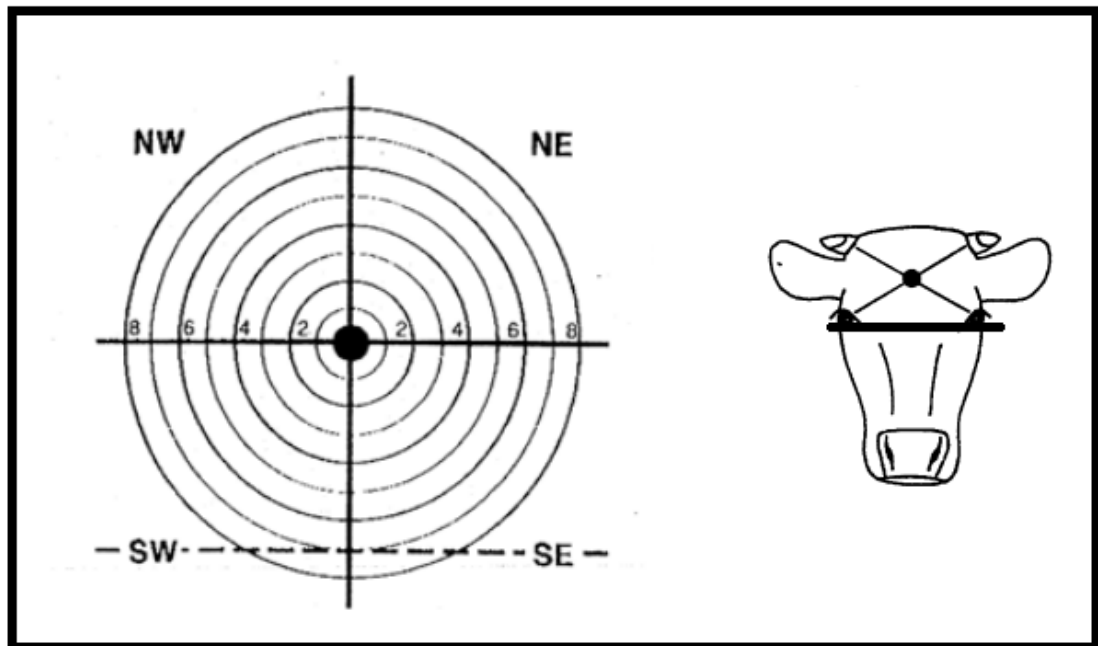
**Numero de disparos:** se registró el número de disparos efectuados por el operario para lograr la insensibilización correcta hasta lograr la caída del animal en el cajón de insensibilización.

**Ubicación del disparo:** se determinó la ubicación del disparo de insensibilización, basándose en los puntos cardinales (Noroeste (NO), Noreste

(NE), Suroeste (SO) y Sureste (SE)), según su localización, colocando un blanco transparente recomendado por la H.S.A. (Humane Slaughter Association, 2016) sobre la frente (Figura 3).

**Profundidad del disparo en el cráneo:** ésta se midió con un tubo de silicón graduado en centímetros del 1 al 10 que se introdujo en el orificio que produjo en el cráneo el perno cautivo del equipo para insensibilizar.

**Distancia con respecto al centro:** con esta variable se determinó la distancia en centímetros del orificio de penetración con respecto al centro del blanco. Se inspeccionaron *post-mortem* las cabezas de los bovinos, colocando un blanco transparente recomendado por la H.S.A. (Humane Slaughter Association, 2016) sobre la frente para evaluar la precisión del disparo en la región frontal del cráneo (Figura 3).



**Figura 3.** Plantilla transparente recomendado por la H.S.A. (Humane Slaughter

Association, 2016) para evaluar la precisión y ubicación del disparo de insensibilización.

**Operarios:** Además se evaluó la coordinación de los operarios responsables en la realización del disparo de insensibilización.

### **Determinación del pH y color (L\*, a\*, b\*, C\* y H\*)**

A las 24 horas después del sacrificio, se realizaron las determinaciones de pH y valores de color (L\*, a\*, b\*, C\* y H\*) en la canal, entre la 12va y 13va costilla. Todas las mediciones se realizaron por triplicado.

El pH fue medido en tres puntos diferentes del músculo utilizando un potenciómetro DeltaTrak ISFET (DeltaTrak, Inc). La calibración del potenciómetro se efectuó mediante dos soluciones amortiguadoras de pH 4.00 y 7.00 siguiendo las instrucciones del fabricante.

Los valores de color (L\*, a\*, b\*, C\* y H\*) se determinaron en la superficie del músculo *Longissimus dorsi* utilizando un espectrofotómetro marca Minolta CM-2002, utilizando el Componente Especular Incluido (SCI), iluminante D65 y observador 10°, utilizando la escala de valores del sistema CIELab, donde L\*, indica la luminosidad; a\*, la intensidad del color rojo; b\*, la intensidad del color amarillo; C\*, la saturación del color y H\*, el ángulo de color.

### **Diseño del estudio**

El presente estudio se realizó bajo un diseño completamente al azar. El modelo estadístico para este diseño es  $Y_{ij} = \mu + \zeta_i + \varepsilon_{ij}$  donde:  $Y_{ij}$  es la observación en el j-ésimo animal dentro del i-ésimo tratamiento;  $\mu$  = es la media general;  $\zeta_i$  = es el efecto del i-ésimo tratamiento, que corresponde a

cada variable independiente del proceso de insensibilización; y  $\varepsilon_{ij}$  = es el error experimental. La unidad experimental fue el animal.

### **Análisis estadístico**

Los datos se analizaron utilizando el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS versión 9.0. Las diferencias se consideraron significativas cuando  $P < 0.05$ . Para determinar diferencias entre medias, se utilizó la prueba de Tukey.

### **Hipótesis**

La insensibilización en los bovinos puede presentar algunos inconvenientes que pueden traducirse en sufrimiento del animal. Por lo tanto se plantea la hipótesis de que un proceso de insensibilización ineficaz tendrá un impacto sobre el pH y coordenadas de color ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $H^*$ ) en la carne, siendo mayor en animales enteros, en comparación con los tratados con un anti-GnRH.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron efectos significativos ( $P < 0.05$ ) sobre los valores de pH y coordenadas de color ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $H^*$ ), en las siguientes variables evaluadas según la presencia/ausencia de: pataleo, elevación de cabeza o intento de incorporación, parpadeo, respiración rítmica, ubicación del disparo, profundidad en centímetros y distancia en centímetros con respecto al centro, así como según el operario que realizó el disparo de insensibilización.

Mientras que en las variables: vocalización, reflejo corneal, sensibilidad al desangrado, regurgitación de contenido ruminal y en la variable número de disparos, no se encontraron efectos significativos ( $P > 0.05$ ).

En el grupo de machos enteros (Cuadro 1), los valores medios de  $C^*$  y  $H^*$  fueron mayores ( $P < 0.05$ ) cuando hubo presencia de pataleo en riel al momento del izado y desangrado, dando una mejor apariencia de la carne en este grupo (color más vivo). Mientras que en el grupo de machos tratados con un anti-GnRH (Cuadro 4), la presencia de elevación de cabeza o intentos de incorporación en los animales, disminuyó los valores de  $L^*$ , trayendo como consecuencia una carne menos brillante (más oscura) en la carne producida por éstos. Gregory (1998) y Grandin (2010), señalan que el animal no debe presentar ningún reflejo que haga que su espalda se arquee o enderece, por el contrario, la presencia de elevación de cabeza o intento de incorporación en el

**Cuadro 1.- Valores medios y errores estándar de valores de color (C\*, H\*) en carne de machos Holstein enteros según la presencia/ausencia de pataleo en el proceso de izado y desangrado del animal después de la insensibilización**

Condición sexual	Pataleo	n	C*	H*
Machos enteros	Presencia	97	27.00±0.70 <sup>a</sup>	44.95±1.28 <sup>a</sup>
	Ausencia	138	25.03±0.70 <sup>b</sup>	42.21±1.28 <sup>b</sup>

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes en la misma columna, indican diferencia ( $P \leq 0.05$ ): C\*: Cromo o Saturación; H\*: Tono o ángulo del color.

**Cuadro 2.- Valores medios y errores estándar de valores de color (C\*, H\*) en carne de machos Holstein tratados con un anti-GnRH según la presencia/ausencia de pataleo en el proceso de izado y desangrado del animal después de la insensibilización**

Condición sexual	Pataleo	n	C*	H*
Machos tratados con un anti-GnRH	Presencia	138	28.06±0.93 <sup>a</sup>	41.68±0.61 <sup>a</sup>
	Ausencia	137	27.95±0.93 <sup>a</sup>	40.59±0.61 <sup>a</sup>

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes en la misma columna, indican diferencia ( $P \leq 0.05$ ): C\*: Cromo o Saturación; H\*: Tono o ángulo del color.



**Cuadro 3.- Valores medios y errores estándar de valores de L\*, en carne de machos Holstein enteros según la presencia/ausencia de elevación de cabeza o intento de incorporación en el proceso de izado y desangrado del animal después de la insensibilización**

Condición sexual	Elevación de cabeza/ intento de incorporación	n	L*
Machos Enteros	Presencia	42	25.96±0.82 <sup>a</sup>
	Ausencia	193	26.33±0.82 <sup>a</sup>

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes en la misma columna, indican diferencia ( $P \leq 0.05$ ); L\*: Luminosidad.

**Cuadro 4.- Valores medios y errores estándar de valores de L\*, en carne de machos Holstein tratados con un anti-GnRH según la presencia/ausencia de elevación de cabeza o intento de incorporación en el proceso de izado y desangrado del animal después de la insensibilización**

Condición sexual	Elevación de cabeza/ intento de incorporación	n	L*
Machos tratados con un anti-GnRH	Presencia	29	25.28±0.99 <sup>b</sup>
	Ausencia	246	27.31±0.99 <sup>a</sup>

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes en la misma columna, indican diferencia ( $P \leq 0.05$ ); L\*: Luminosidad.

**Cuadro 5.- Valores medios y errores estándar de a\* en carne de machos Holstein enteros según la presencia/ausencia de parpadeo en el proceso de izado y desangrado del animal después de la insensibilización**

Condición sexual	Parpadeo	n	a*
Machos Enteros	Presencia	2	16.79±4.39 <sup>a</sup>
	Ausencia	233	20.37±4.39 <sup>a</sup>

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes en la misma columna, indican diferencia ( $P \leq 0.05$ ): a\*: Índice de color rojo.

**Cuadro 6.- Valores medios y errores estándar de a\* en carne de machos Holstein tratados con un anti-GnRH según la presencia/ausencia de parpadeo en el proceso de izado y desangrado del animal después de la insensibilización**

Condición sexual	Parpadeo	n	a*
Machos tratados con un anti-GnRH	Presencia	15	26.60±2.56 <sup>a</sup>
	Ausencia	260	21.35±2.56 <sup>b</sup>

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes en la misma columna, indican diferencia ( $P \leq 0.05$ ): a\*: Índice de color rojo.

**Cuadro 7.- Valores medios y errores estándar de valores de color (L\*, b\* y H\*) en carne de machos Holstein enteros según la presencia/ausencia de respiración rítmica en el proceso de izado y desangrado del animal después de la insensibilización**

Condición sexual	Respiración rítmica	n	L*	b*	H*
Machos enteros	Presencia	7	27.40±1.83 <sup>a</sup>	12.92±2.24 <sup>b</sup>	34.55±4.10 <sup>b</sup>
	Ausencia	228	26.25±1.83 <sup>a</sup>	17.83±2.24 <sup>a</sup>	43.58±4.10 <sup>a</sup>

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes en la misma columna, indican diferencia ( $P \leq 0.05$ ); L\*: Luminosidad; b\*: Índice de color amarillo; H\*: Tono o ángulo del color.

**Cuadro 8.- Valores medios y errores estándar de valores de color (L\*, b\* y H\*) en carne de machos Holstein tratados con un anti-GnRH según la presencia/ausencia de respiración rítmica en el proceso de izado y desangrado del animal después de la insensibilización**

Condición sexual	Respiración rítmica	n	L*	b*	H*
Machos tratados con un anti-GnRH	Presencia	27	30.50±1.30 <sup>a</sup>	18.42±1.40 <sup>a</sup>	40.82±1.28 <sup>a</sup>
	Ausencia	248	26.86±1.30 <sup>b</sup>	17.84±2.56 <sup>a</sup>	41.19±2.35 <sup>a</sup>

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes en la misma columna, indican diferencia ( $P \leq 0.05$ ); L\*: Luminosidad; b\*: Índice de color amarillo; H\*: Tono o ángulo del color.

**Cuadro 9.- Valores medios y errores estándar de valores de color (a\* y b\*) en carne de machos Holstein enteros según la ubicación del disparo en el proceso de insensibilización**

Condición sexual	Ubicación	n	a*	b*
Machos Enteros	NE	101	19.91± 1.75 <sup>b</sup>	17.16 ±1.99 <sup>b</sup>
	NO	73	19.94± 1.75 <sup>b</sup>	17.37 ±1.99 <sup>b</sup>
	SO	29	20.21± 1.75 <sup>b</sup>	18.09±1.99 <sup>b</sup>
	SE	15	21.12± 1.75 <sup>b</sup>	17.68 ±1.99 <sup>b</sup>
	NUCA	17	25.13± 1.75 <sup>a</sup>	23.38±1.99 <sup>a</sup>

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes en la misma columna, indican diferencia ( $P \leq 0.05$ ): a\*: Índice de color rojo; b\*: Índice de color amarillo; NO: Noroeste; NE: Noreste; SO; Suroeste; SE: Sureste; NUCA: Fuera de cráneo.

26

**Cuadro 10.- Valores medios y errores estándar de valores de color (a\* y b\*) en carne de machos Holstein tratados con un anti-GnRH según la ubicación del disparo en el proceso de insensibilización**

Condición sexual	Ubicación	n	a*	b*
Machos tratados con un anti-GnRH	NE	118	21.30± 2.06 <sup>a</sup>	17.69± 2.04 <sup>a</sup>
	NO	85	21.58± 2.06 <sup>a</sup>	17.96± 2.04 <sup>a</sup>
	SO	33	20.24± 2.06 <sup>a</sup>	16.42± 2.04 <sup>a</sup>
	SE	17	22.74± 2.06 <sup>a</sup>	20.19± 2.04 <sup>a</sup>
	NUCA	21	21.53± 2.06 <sup>a</sup>	18.12± 2.04 <sup>a</sup>

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes en la misma columna, indican diferencia ( $P \leq 0.05$ ): a\*: Índice de color rojo; b\*: Índice de color amarillo; NO: Noroeste; NE: Noreste; SO; Suroeste; SE: Sureste; NUCA: Fuera de cráneo.

**Cuadro 11.- Valores medios y errores estándar de pH y valores de color (L\*, a\*, b\* y H\*) en carne de machos Holstein enteros según los centímetros de profundidad del disparo en el proceso de insensibilización**

Condición sexual	Profundidad (cm)	n	pH	L*	a*	b*	H*
Machos enteros	6	10	5.66±0.03 <sup>a</sup>	26.35± 2.14 <sup>a</sup>	20.56± 2.07 <sup>ab</sup>	21.38± 2.00 <sup>a</sup>	60.08±3.53 <sup>a</sup>
	7	40	5.62±0.03 <sup>ab</sup>	25.99± 2.14 <sup>a</sup>	21.49 ± 2.07 <sup>a</sup>	20.56± 2.00 <sup>a</sup>	51.53±3.53 <sup>b</sup>
	8	52	5.61±0.03 <sup>ab</sup>	24.82± 2.14 <sup>a</sup>	22.81 ± 2.07 <sup>a</sup>	20.55± 2.00 <sup>a</sup>	45.34±3.53 <sup>bc</sup>
	9	47	5.58±0.03 <sup>b</sup>	26.60± 2.14 <sup>a</sup>	20.62±2.07 <sup>ab</sup>	17.99± 2.00 <sup>ab</sup>	40.95±3.53 <sup>cd</sup>
	10	20	5.58±0.03 <sup>b</sup>	28.36± 2.14 <sup>a</sup>	20.02±2.07 <sup>ab</sup>	16.35± 2.00 <sup>bc</sup>	38.78±3.53 <sup>cd</sup>

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes en la misma columna, indican diferencia (P ≤ 0.05); L\*: Luminosidad; a\*: Índice de color rojo; b\*: Índice de color amarillo; H\*: Tono o ángulo del color.

**Cuadro 12.- Valores medios y errores estándar de pH y valores de color (L\*, a\*, b\* y H\*) en carne de machos Holstein tratados con un anti-GnRH según los centímetros de profundidad del disparo en el proceso de insensibilización**

Condición sexual	Profundidad (cm)	n	pH	L*	a*	b*	H*
Machos tratados con un anti-GnRH	6	11	5.64±0.07 <sup>ab</sup>	26.54±2.24 <sup>ab</sup>	19.83± 2.47 <sup>a</sup>	15.09±2.32 <sup>a</sup>	41.87±2.17 <sup>ab</sup>
	7	47	5.61±0.07 <sup>ab</sup>	26.62±2.24 <sup>ab</sup>	21.28± 2.47 <sup>a</sup>	17.35±2.32 <sup>a</sup>	43.23±2.17 <sup>a</sup>
	8	62	5.59±0.07 <sup>ab</sup>	25.35±2.24 <sup>b</sup>	22.62± 2.47 <sup>a</sup>	19.35±2.32 <sup>a</sup>	42.24±2.17 <sup>ab</sup>
	9	55	5.58±0.07 <sup>ab</sup>	26.48±2.24 <sup>ab</sup>	22.07± 2.47 <sup>a</sup>	18.78±2.32 <sup>a</sup>	40.79±2.17 <sup>ab</sup>
	10	23	5.56±0.07 <sup>b</sup>	29.97±2.24 <sup>ab</sup>	18.36± 2.47 <sup>a</sup>	14.53±2.32 <sup>a</sup>	37.98±2.17 <sup>b</sup>

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes en la misma columna, indican diferencia (P ≤ 0.05); L\*: Luminosidad; a\*: Índice de color rojo; b\*: Índice de color amarillo; H\*: Tono o ángulo del color.

**Cuadro 13.- Valores medios y errores estándar de valores de color (a\*, b\* y H\*) en carne de machos Holstein enteros según la distancia en centímetros con respecto al centro del disparo en el proceso de insensibilización**

Condición sexual	Distancia (cm)	n	a*	b*	H*
Machos enteros	0	16	25.21±2.08 a	23.41±2.38 a	42.93±4.47 a
	1	54	20.93±2.08 b	17.79±2.38 b	42.33±4.47 a
	2	73	20.09±2.08 b	17.57±2.38 b	43.48±4.47 a
	3	49	19.59±2.08 b	16.80±2.38 b	43.04±4.47 a
	4	28	20.24±2.08 b	17.92±2.38 b	44.31±4.47 a
	≥ 5	14	19.10±2.08 b	16.98±2.38 b	46.40±4.47 a

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes en la misma columna, dentro de condición sexual indican diferencia ( $P \leq 0.05$ ); L\*: Luminosidad; a\*: Índice de color rojo; b\*: Índice de color amarillo; H\*: Tono o ángulo del color.

**Cuadro 14.- Valores medios y errores estándar de pH y valores de color (a\*, b\* y H\*) en carne de machos Holstein tratados con un anti-GnRH según el operario que efectuó el disparo de insensibilización**

Condición sexual	Distancia (cm)	n	a*	b*	H*
Machos tratados con un anti-GnRH	0	19	21.35±1.53 a	17.85±1.53 a	42.96±1.38 a
	1	63	21.20±1.53 a	17.83±1.53 a	41.04±1.38 ab
	2	85	22.19±1.53 a	18.38±1.53 a	41.26±1.38 ab
	3	58	21.91±1.53 a	18.41±1.53 a	41.47±1.38 ab
	4	33	20.10±1.53 a	16.42±1.53 a	40.10±1.38 ab
	≥ 5	17	20.26±1.53 a	16.78±1.53 a	39.01±1.38 b

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes en la misma columna, dentro de condición sexual indican diferencia ( $P \leq 0.05$ ); L\*: Luminosidad; a\*: Índice de color rojo; b\*: Índice de color amarillo; H\*: Tono o ángulo del color.

**Cuadro 15.- Valores medios y errores estándar de pH y valores de color (L\*, a\*, b\*, C\*, H\*) en carne de machos Holstein enteros según el operario que efectuó el disparo de insensibilización**

Condición sexual	Operario	n	pH	L*	a*	b*	C*	H*
Machos enteros	1	135	5.55±0.012 <sup>a</sup>	28.00±0.50 <sup>a</sup>	18.18±0.52 <sup>a</sup>	14.20±0.46 <sup>a</sup>	23.15±0.58 <sup>a</sup>	37.47±0.92 <sup>a</sup>
	2	100	5.64±0.012 <sup>b</sup>	24.30±0.50 <sup>b</sup>	22.84±0.52 <sup>b</sup>	21.74±0.46 <sup>b</sup>	28.97±0.58 <sup>b</sup>	50.12±0.92 <sup>b</sup>

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes en la misma columna, indican diferencia (P ≤ 0.05); L\*: Luminosidad; a\*: Índice de color rojo; b\*: Índice de color amarillo; C\*: Cromo o Saturación; H\*: Tono o ángulo del color.

**Cuadro 16.- Valores medios y errores estándar de pH y valores de color (L\*, a\*, b\*, C\*, H\*) en carne de machos Holstein tratados con un anti-GnRH según el operario que efectuó el disparo de insensibilización**

Condición sexual	Operario	n	pH	L*	a*	b*	C*	H*
Machos tratados con un anti-GnRH	1	141	5.60±0.011 <sup>a</sup>	29.72±0.55 <sup>a</sup>	19.71±0.65 <sup>a</sup>	16.18±0.64 <sup>a</sup>	25.60±0.89 <sup>a</sup>	39.05±0.56 <sup>a</sup>
	2	134	5.60±0.011 <sup>a</sup>	24.97±0.55 <sup>b</sup>	22.84±0.65 <sup>b</sup>	19.24±0.64 <sup>b</sup>	29.94±0.89 <sup>b</sup>	42.86±0.56 <sup>b</sup>

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes en la misma columna, indican diferencia (P ≤ 0.05); L\*: Luminosidad; a\*: Índice de color rojo; b\*: Índice de color amarillo; C\*: Cromo o Saturación; H\*: Tono o ángulo del color.

riel de desangrado son señales claras de un proceso de insensibilización ineficaz. Hui et al., (2006) mencionan que la exposición de los animales a estímulos estresantes o dolorosos, implica un gasto de energía que se ve reflejado en la calidad de la carne obtenida (carne más oscura y color menos vivo).

En el grupo de machos tratados con un anti-GnRH (Cuadro 6), se encontró un valor medio mayor de  $a^*$  ( $P < 0.05$ ) en presencia de parpadeo durante el proceso de desangrado del animal después de la insensibilización, produciendo valores más altos en la concentración de pigmentos rojos (carne más roja). La presencia de parpadeo o reflejos oculares indican una posible recuperación de la sensibilidad por disparo de insensibilización inadecuado, lo que podría generar dolor o sufrimiento en el animal durante el desangrado, afectando negativamente las características fisicoquímicas de la carne producida (Grandin, 2010).

La presencia de respiración rítmica en el proceso de izado y desangrado en machos tratados con un anti-GnRH (Cuadro 7 y 8), mejoró la  $L^*$ , dando una mejor apariencia (carne más brillante y menos oscura. Mientras que en el grupo de machos enteros, la ausencia de respiración rítmica en el proceso de izado y desangrado, aumentó el valor de  $b^*$  y  $H^*$  en la carne ( $P < 0.05$ ), lo que ocasiona que la carne tenga una apariencia pálida. Para considerarse como efectiva la insensibilización, es necesario que esté ausente la respiración rítmica regular. La presencia de movimientos rítmicos en el flanco de los animales se considera como indicador de consciencia y por tanto de sensibilidad (Romero et al., 2013). Gregory (1998), considera la presencia de respiración rítmica como un indicador fiable para evaluar la sensibilidad de los animales, pues manifiesta que la función medular ha sido comprometida de forma incompleta, retrasándose la falla cardiopulmonar y generando un mayor riesgo para que los bovinos recuperen la conciencia y por tanto, no se logra el objetivo primordial de la insensibilización, que es evitar el sufrimiento de los animales.



Al realizar el disparo en la nuca, aumentó la concentración de pigmentos rojos y amarillos ( $a^*$  y  $b^*$ ) ( $P < 0.05$ ), dando una apariencia más roja, pero pálida a la carne producida por los machos enteros (Cuadro 9). Si se mejoraran estos aspectos, se logra un mayor número de aciertos y probablemente también una mejor eficiencia del proceso en términos de logro de insensibilidad (Grandin, 2010).

En cuanto a profundidad del disparo (Cuadro 11 y 12), en el pH a las 24 horas tras el sacrificio en ambos grupos (machos enteros y tratados con un anti-GnRH), existieron diferencias entre grupos, pero todos ellos se pueden considerar dentro de un rango normal, propio de animales que no han sufrido un estrés marcado previo al sacrificio. Los valores de pH son de una carne normal (Roja Firme y No exudativa), sin embargo, estos tendieron a disminuir ligeramente a mayor profundidad del disparo en el cráneo, lo que es mejor para la calidad de la carne, debido a que valores de pH altos tienden a producir carnes de corte oscuro ó DFD.

En el grupo de machos enteros (Cuadro 13), la concentración de pigmentos rojos y amarillos (coordenadas  $a^*$  y  $b^*$ ) disminuyeron ( $P < 0.05$ ) a medida que aumentaba la distancia con respecto al centro del disparo de insensibilización, afectando negativamente la apariencia de la carne (carne menos roja). En cuanto a la distancia de los orificios de disparo, la H.S.A (2016) señala que éstos deben estar en un radio de hasta 2 cm del blanco ideal, ya que a mayor distancia se entraría en un área crítica. Sin embargo, Grandin (2002) señala que la insensibilización con una pistola con penetración de cráneo es efectiva incluso hasta 6 cm del blanco, ya que la efectividad del disparo va a depender más de la dirección y fuerza con que se realice el disparo que el lugar preciso de penetración.

Tanto en machos enteros como tratados con un anti-GnRH, la carne de los animales insensibilizados por el operario 2 mostró menos luminosidad (más

oscura) pero más roja, más pálida y un color más vivo. No siendo así para L\*, donde el operario 1 obtuvo mejores resultados al encontrar una carne más brillante, en ambos grupos ( $P < 0.05$ ) (Cuadros 15 y 16). El operario cumple un papel fundamental en el proceso de insensibilización, porque debe conocer dónde realizar el disparo, en qué posición y la dirección que debe llevar la pistola. La posición y dirección del impacto son importantes para evitar que los bovinos recobren la sensibilidad y se manifiesten signos de retorno a la sensibilidad (H.S.A, 2016).

## **CONCLUSIONES**

El proceso de insensibilización es una etapa crítica que afecta significativamente las características de pH y color en la carne como producto final.

Si la respuesta por estrés es potente, la calidad de la carne se verá afectada, por tanto, es de extrema importancia para las plantas de sacrificio realizar un manejo correcto del ganado durante el periodo pre-sacrificio, incluyendo un proceso de insensibilización adecuado, no solamente para evitar el sufrimiento animal, sino también para asegurar la calidad de la carne y la seguridad de los operarios, haciéndose necesaria la capacitación del recurso humano y el monitoreo permanente en esta etapa.

## LITERATURA CITADA

- Adzitey, F., y H. Nurul. 2011. Pale soft exudative (PSE) and dark firm dry (DFD) meats: causes and measures to reduce these incidences – a mini review. *Int. Food Res. Journal* 18:11-20
- Aaslyng, M.D. 2009. Trends in meat consumption and the need for fresh meat and meat products of improved quality. En: Kerry, J.P., Ledward, D., (Eds.) *Improving the sensory and nutritional quality of fresh meat*. London, Woodhead Publishing, pp. 3-18.
- Asencios, G., R. M. 2004. Variación del pH en la carne de cerdos beneficiados con aturdimiento eléctrico y sin aturdimiento. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.
- Beltrán, J.A., I. Jaime, P. Santolaria, C. Sañudo, P. Albertí y P. Roncalés. 1997. Effect of stress-induced high post-mortem pH on protease activity and tenderness of beef. *Meat Science*, 45: 201-207
- Braña, V.D., A. Vélez y J.A. Espinosa, 2012. Calidad en puntos de venta de carne. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. INIFAP. Folleto Técnico No. 22.
- Castro, D. L. y R.M. Robaina, 2003. Manejo del ganado previo a la faena y su relación con la calidad de la carne. Instituto Nacional de Carnes, INAC. Serie de divulgación No.1. Uruguay.
- Díaz, M.T. 2001. Características de la canal y de la carne de corderos lechales manchegos. Correlaciones y ecuaciones de predicción. Memoria Doctor en Med. Veterinaria. Madrid, España. U. Complutense de Madrid. Fac. de Veterinaria. 308p.
- Ferguson D.M. y R.D. Warner. 2008 Have we underestimated the impact of pre-slaughter on meat quality in ruminants? *Meat Sci* 2008; 80:12-19.
- Figuroa, M., D. Muñoz y C. Gallo. 2011. Actualización: Insensibilización de ganado bovino en Chile. *Boletín Veterinario Oficial* No.14. Septiembre, 2011.

- Gallo, C. y D. Muñoz. 2011. Tecnologías de insensibilización bovina. Patentes industriales: un análisis internacional para la innovación local. Boletín CienPatents N° 211979. Universidad Austral de Chile. ISSN 0719-1677.
- Gallo C. y M. Cartes. 2000. Evaluación de la eficacia en el uso de la pistola de proyectil retenido para insensibilizar ganado bovino en tres plantas faenadoras de carne de la décima región. Tesis de Licenciatura. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias, Valdivia, Chile.
- Gallo, C., C. Teuber, M. Cartes, H. Uribe, 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): 2003.
- Goic, M.L S/F. Engorda de novillos Holstein. Ministerio de Agricultura. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Remehue. Informativo No.8. Chile.
- Grandin, T. 1999. Buenas prácticas de trabajo para el manejo e insensibilización de animales. Actualizado el 1 de Julio de 1999. Disponible en internet: <http://www.grandin.com/spanish/Buenas.practicas.html> Acceso: 23 de Septiembre de 2015.
- 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. 2010. Recommended Animal Handling Guidelines Audit Guide: A Systematic Approach to Animal Welfare. AMI Foundation: American Meat Institute Animal Welfare Committee 2010; [acceso: 15 de Mayo de 2016]. URL:<http://www.animalhandling.org/ht/a/GetDocumentAction/i/58425>
- Gregory, N. 1998. Stunning and slaughter. En: Animal Welfare and Meat Science. Cambridge: CAB International, 223-240.
- Gregory, N.G. 2005. Recent concerns about stunning and slaughter. Review. Meat Sci 70: 481-491.

- Hargreaves, A., L. Barrales, I. Peña, R. Larraín, y L. Zamorano. 2004. Factores que influyen en el pH último e incidencia de corte oscuro en canales de bovinos. *Cien. Inv. Agr.* 31:155- 166.
- Hernández, B.J., L.J., Aquino y R.F Ríos. 2013. Efecto del manejo pre-mortem en la calidad de la carne. *Revista Nacameh.* 7(2): 41-64.
- Hui, Y., I. Guerrero, M. Rosmini. 2006. *Ciencia y Tecnología de Carnes.* Primera Edición. Editorial Limusa. México, D.F.
- Humane Slaughter Association, 2016. Aturdimiento de percusión. Disponible en internet: <http://www.hsa.org.uk/aturdimiento-de-percusin/aturdimiento-de-percusin> Acceso: 26 de Marzo de 2016.
- Konica Minolta. 2007. *A Guide to Understanding Color Communication.* X-Rite, Inc.
- León B.G. y A.A. Carrasco. 2012. La carne de calidad: cuestión de bienestar. *Revista de divulgación científica y tecnológica de la universidad veracruzana* 25(2).
- Linares, M.B, Bórnez, R., Vergara H., 2007. Effect of different stunning systems on meat quality of light lamb. *Meat Science,* 2007 76 (4):675-81.
- Ludtke, C.B., O. A. Dalla Costa y E.G. Neves. 2011. *Sacrificio Humanitario. Bienestar animal en el manejo antes del sacrificio de los animales.* Sociedad Mundial de Protección Animal.
- Mancini, R.A. y M.C. Hunt. 2005. Current research in meat color. *Meat Science,* 71(1): 100-121.
- Mariño, G., A., M. L. Vilca y D. Ramos. 2005. Evaluación del pH en canales de toros Holstein (*Bos taurus*) y Nelore (*Bos indicus*). *Rev Inv Vet Perú* 2005; 16 (1):90-95.
- Méndez-Medina, R.D., A.S, de Aluja, M.S. Rubio y D. Braña. 2013. Bienestar animal para operarios en rastros de bovinos. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Libro Técnico No. 10. ISBN: 978-607-37-0091-7.

- 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. *Revista Vet. Méx.*, 44 (1) 2013.
- Moreno, G. A., V. Rueda y A.L. Ceular. 2007. Análisis cuantitativo del pH de canales de vacuno en matadero. *Arch. Zootec.* 48: 33-42. 2007. Lugo. España.
- Muñoz D., Strappini C. y Gallo C. 2012. Indicadores de bienestar animal para detectar problemas en el cajón de insensibilización de bovinos. *Arch Med Vet.* 2012; 44(10):297-302.
- Nanni, L., L. Fiego, D. Tassone y F. Russo, 2006. The relationship between carcass bruising in bulls and behaviour observed during pre-slaughter phases. *Vet Res Commun* 30, 379–381.
- NOM-033-ZOO-1995, SAGARPA. “Sacrificio humanitario de los animales domésticos”. Diario Oficial de la Federación. 16 de Julio de 1996.
- Partida P. J. y V.D. Braña, 2011. Metodologías para la evaluación de la canal bovina. Centro de investigación disciplinaria en fisiología animal. Ajuchitlan, Qro. Julio.
- Purchas, R.W., D.L. Burnham, and S.T. Morris. 2002. Effects of growth potential and growth path on tenderness of beef longissimus muscle from bulls and steers. *Journal of Animal Science* 80: 3211-3221.
- Reiling, B.A.; Rouse, G.H.; Duello, D.A. 1992. Predicting percentage of retail yield from carcass measurements, the yield grading equation, and closely trimmed, boxed beef weights. *J. Anim. Sci.* 70:2151-2158.
- Ripoll, G., B. Panea y P. Albertí. 2012. Apreciación visual de la carne bovina y su relación con el espacio de color CIELab. *Información Técnica Económica Agraria Rev ITEA (2012), Vol. 108 (2), 222-232*
- Romero M.H, L.F. Uribe y J.A. Sánchez. 2012. Evaluación de la conducta y las prácticas de manejo durante el sacrificio bovino, como indicadores de bienestar animal. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia.* 7(2).
- Romero, P. M., L.F. Uribe y J.A. Sánchez. 2013. Indicadores conductuales y signos de sensibilidad usados para evaluar el bienestar animal durante el

- sacrificio de bovinos. Archivos de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 2013; 7(2): 8-27.
- Sañudo, C., P. Albertí, M.M. Campo, J.L. Olleta y B. Panea. 2003. Calidad Instrumental de la carne de bovino de siete razas españolas. *Arch. Zootec. 48: 397-402. 2003.*
- Serrano, E., M.J., Humada, y M.G., Maestro. 2012. Manejo Pre y Post Sacrificio: Influencia sobre la calidad de la carne de vacuno. Centro de Investigación y Formación Agrarias.
- Shimshony y M.M. Chaudry. 2005. Slaughter of animals for human consumption. *Sci. Tech. Off. Int. Epiz, 24 (2), 693-710*
- Warner R., P.L. Greenwood, W. Pethick y D.M. Ferguson. 2010. Efectos genéticos y ambientales en la calidad de la carne. *Meat Science. (86) 1. Páginas 171-183.*
- Warriss, P.D., 2000. Los efectos del manejo *ante-mortem* sobre la calidad de la canal y carne. *Informativo sobre Carne y productos cárnicos N° 21 (edición extraordinaria); Pp. 1726.*