

# Factores de manejo pre y post sacrificio asociados a la presencia de carne DFD en ganado bovino durante la época cálida

## Pre and post slaughter cattle and carcass management factors associated to presence of DFD beef in the hot season

Cristina Pérez-Linares<sup>a</sup>, Eduardo Sánchez-López<sup>a</sup>, Francisco Gerardo Ríos-Rincón<sup>b</sup>, José Angel Olivas-Valdéz<sup>a</sup>, Fernando Figueroa-Saavedra<sup>a</sup>, Alberto Barreras-Serrano<sup>a</sup>

### RESUMEN

En la evaluación de factores de manejo en su asociación a la presencia de carne DFD durante la época cálida y seca, una serie de cuestionarios fueron aplicados en tres unidades de engorda intensiva y en una planta de sacrificio Tipo Inspección Federal ubicadas en Mexicali, México. Se incluyó una muestra de 506 canales, en las cuales, en el músculo *L. dorsi* a las 24 h post-sacrificio se registró pH y color (L\*,a\*,b,\*) para determinar la calidad de la carne. En la prueba de distribución independiente de carne DFD por variable de manejo se utilizó Chi-cuadrada y como medida de asociación, la razón del producto cruzado (OR) junto con IC95%. La presencia de carne DFD por efecto de las prácticas de manejo fue de 13.64 %. De los factores de manejo evaluados, el tiempo y la forma de conducción del ganado hacia la carga, el tiempo de transporte a la planta de sacrificio, la humedad relativa en los corrales de espera, el tiempo de espera entre la manga de conducción y pasillo hacia el cajón de aturdimiento, el tiempo para ingresar al cajón de aturdimiento, el tiempo de permanencia de las canales en el cuarto frío y la temperatura en el centro térmico, resultaron con asociación a la presencia de carne DFD ( $P<0.05$ ). Se sugiere especial atención en la capacitación del personal para el buen desempeño de su labor, así como mantener las canales al menos 24 h de almacenamiento en frío antes de su comercialización.

**PALABRAS CLAVE:** Carne DFD, Estrés pre-sacrificio, Calidad de la carne, Bovino.

### ABSTRACT

In evaluating management factors associated to presence of DFD beef in the hot dry season, a set of surveys were taken in three feedlots and in one federally inspected slaughter plant in Mexicali, México. The present study was performed on a sample of 506 carcasses, and the *L. dorsi* muscle in each one of them was tested for pH and color (L\*,a\*,b\*) for grading quality. In the independent frequency distribution test of dark meat (DFD) by management variable, a Chi-squared test was used with Odds Ratio (OR) as association measure at 95 % CI. DFD presence found due to management factors was 13.64 %. Time spent and way of driving cattle, transportation time from feedlot to slaughter plant, relative humidity in waiting pens, waiting time in shuttle and conduction aisle to the stunning box, time spent by carcasses in cold storage room and carcass temperature are factors associated to presence of DFD meat ( $P<0.05$ ). As a suggestion, special attention should be given to staff training for better performance of their respective duties for improving beef quality, as well as keeping carcasses for at least 24 h in the cold storage room before being marketed.

**KEYWORDS:** Dark meat, Stress, Ante mortem handling, Beef quality, Bovines.

### INTRODUCCIÓN

El estrés que presenta el animal por el manejo previo al sacrificio, hace que se reduzcan las reservas de glucógeno muscular, de tal manera

### INTRODUCTION

Pre-slaughter stress in animals decreases muscle glycogen reserves, in such a manner that at the time of slaughter, which is when

Recibido el 12 de marzo de 2012. Aceptado el 18 de mayo de 2012.

<sup>a</sup> Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias. Universidad Autónoma de Baja California. Av. Álvaro Obregón s/n, Colonia Nueva, 21100, Mexicali, Baja California México, Tel. (686) 563 69-06. fernando\_figueroa@uabc.edu.mx. Correspondencia al quinto autor.

<sup>b</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Sinaloa. Culiacán, Sinaloa, México.

que al momento del sacrificio, que es cuando se inicia la glucólisis anaerobia en el músculo, ocasiona un pH a las 24 h después del sacrificio mayor a 5.8<sup>(1)</sup>. La carne bovina con un pH mayor a 5.8 refleja menor cantidad de luz, aumenta la cantidad de agua retenida y presenta una apariencia oscura, seca o pegajosa, característica de la condición DFD (dry, firm, dark, por sus siglas en inglés)<sup>(2)</sup>. El incremento de la frecuencia de carne DFD es motivo de atención debido a que su apariencia oscura dificulta su comercialización. En México se han reportado pérdidas de 85.58 dólares por canal en la industria de la carne por esta condición<sup>(3)</sup>. En España, observaron 13.89 % de carne DFD en canales bovinas con pH<sub>24</sub> 5.8 y un 4.02 % en canales con pH<sub>24</sub> 6.0, penalizándose de 30 a 60 % el precio de las canales si el pH<sub>24</sub> era mayor a 5.8<sup>(4)</sup>. En países productores de carne, entre 3 y 22 % de las canales presentan esta condición<sup>(5)</sup>. En México, en un estudio preliminar realizado en el Valle de Mexicali, se registró una frecuencia de carne DFD de 8.15 % durante la época fría (noviembre-febrero)<sup>(6)</sup> y del 15.43 % en la época cálida (mayo-agosto)<sup>(7)</sup>.

Diversos estudios en rumiantes, han evidenciado que el estrés causado por diferentes prácticas de manejo a lo largo de la cadena logística pre-sacrificio están asociados a la aparición de carne DFD, ya que de manera conjunta o por separado favorecen la condición de estrés en los animales. Estas prácticas pueden ser el arreo violento, mezcla social, altas densidades, viajes largos, viajes en malas condiciones, fluctuaciones de temperatura durante el viaje y ayunos prolongados, falta de acceso al agua, así como la insuficiente capacitación de los operarios, que ocasionan fatiga, excitación, enfrentamiento y peleas durante el confinamiento de los animales<sup>(2,8,9)</sup>. Si aunado a lo anterior, y considerando que en el valle de Mexicali se observan temperaturas por arriba de 49 °C durante la época cálida, la condición de estrés se ve favorecida, lo que justifica estudiar estas prácticas en la región. Por lo expuesto, el objetivo de este estudio fue evaluar los factores de manejo pre y post sacrificio asociados a la presencia de carne DFD en ganado bovino en la época cálida.

anaerobic glycolysis in muscles begins, pH increases to more than 5.8 pH at 24 h *post mortem*<sup>(1)</sup>. Beef with a pH of more than 5.8 reflects light less, retains more water, and is seen as dark, dry or sticky, characteristic of DFD (dark, firm, dry) meat<sup>(2)</sup>. Increase of DFD beef incidence should be given attention because it makes difficult its marketing. In México, losses of up to USD 85.58 per carcass are reported owing to this condition<sup>(3)</sup>. In Spain, a 13.89 % DFD presence in bovine carcasses showing pH<sub>24</sub> 5.8 and 4.02 % with pH<sub>24</sub> greater than 6.0 were observed<sup>(4)</sup>. Price of carcasses with pH > 5.8 was penalized 30 to 60 %. In other beef producing countries, between 3 and 22 % of carcasses present this condition<sup>(5)</sup>. In México, in a preliminary study performed in the Mexicali Valley, an 8.15 % DFD presence is reported in the cold season (Nov-Feb)<sup>(6)</sup> and of 15.43 % in the hot season (May-Aug)<sup>(7)</sup>.

Several studies performed on ruminants show that stress owing to diverse handling practices throughout the pre-slaughter logistics chain are associated to DFD presence, because either alone or jointly these practices increase stress in animals. These practices can be aggressive herding, mixing of animals from different herds, long trips, transportation in bad conditions, high density, changes of temperature during the trip, as well as badly trained staff, which cause fatigue, excitement and even fights between confined animals<sup>(2,8,9)</sup>. Together to this, when it is taken into account that in Mexicali temperatures can rise to 49 °C or more in the hot season, pre slaughter stress is favored, so study of cattle handling practices in the area for diminishing DFD incidence are justifiable. Owing to this, the purpose of the present study was assessing both pre and post slaughter practices associated to DFD presence in beef cattle in the hot season.

## MATERIALS AND METHODS

### *Management practices evaluation protocol*

The present study was carried out in three feedlots (UEIB) and in one Federally Inspected Slaughter Plant (TIF) located at the north of

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Protocolo de evaluación de prácticas de manejo*

El estudio se realizó en tres unidades de engorda intensiva de bovino (UEIB) y en una planta de sacrificio Tipo Inspección Federal (TIF), situadas en la región norte del Estado de Baja California (114.6° N y 32.8° O; 10 msnm), en el noreste de México, durante la época cálida, de julio a septiembre. El clima es seco continental con una temperatura media de 34.7 °C (-5 °C invierno y 50 °C verano), con una precipitación anual de 37 mm y una humedad relativa superior al 50 %<sup>(10)</sup>. En el transcurso del estudio se realizaron 18 visitas aleatorias, seis visitas por cada una de las tres UEIB. Cada UEIB se caracterizan por tener en operación un inventario promedio anual de 25,000 bovinos por año. Por cada visita realizada desde los corrales de engorda de cada UEIB hasta el sacrificio de los animales en la planta, se aplicó un cuestionario donde se registró información relativa a prácticas de manejo en el proceso de carga de los bovinos, durante el transporte, previas al sacrificio (pre-sacrificio) y en la planta de sacrificio (post-sacrificio).

En la UEIB1 y la UEIB3, el manejo del ganado se inició a las 0500 h (temperatura ambiente promedio de 23 °C y humedad relativa de 18 %); mientras que en la UEIB2, el manejo se inició al mediodía (1200 h; temperatura ambiente de 39 a 42 °C y humedad relativa de 28 a 45 %). En todas las UEIB, los animales para sacrificio se seleccionaron de acuerdo a su conformación a partir de varios corrales; posteriormente, un arriero a caballo los guio a través de un corredor hasta la báscula; después del pesaje, se confinaron en un corral anexo. Para el traslado de los animales a la planta de sacrificio, en la UEIB1 y la UEIB3 se utilizaron camiones con cajas ganaderas especializadas con capacidad de 50 animales; en ambos casos, la distancia máxima de recorrido fue de 16 km. En la UEIB2, se utilizaron camiones de carga no especializado para el traslado, con capacidad máxima de 15 animales y que cubren una distancia de 13 km. Una vez confinados en los corrales de espera

the State of Baja California in México (114.6° W, 32.8° N), between July and September (hot season). Climate in this area can be described as dry continental, with a 34.7 °C average annual temperature (-5 °C in winter and 50 °C in Summer), 37 mm average annual rainfall and > 50 % relative humidity<sup>(10)</sup>. During the present study a total of 18 visits at random were made to the three feedlots, six to each one. Each one of the feedlots fattens on average 25,000 head annually. In each visit, a questionnaire related to cattle movements from fattening pens to the slaughter plant was applied. Data was recorded on cattle management practices between pen and truck, transportation, and pre and post slaughter cattle and carcass management in the slaughter plant.

In both UEIB1 and UEIB3, cattle management began at 0500 h (23 °C average temperature, 18 % relative humidity) and in UEIB2, cattle management began at noon (39 to 42 °C temperature, 28 to 45 % humidity). In the three feedlots, animals for slaughter were chosen from different fattening pens, and later were herded through a corridor to a scale, weighted and then confined in an adjoining waiting pen until the truck for transport to the slaughter plant arrived. In both UEIB1 and UEIB3, trucks specially fitted for animal transport carrying 50 animals each were used. The longest distance to be covered from these feedlots to the slaughter plant is 16 km. In UEIB2, trucks carrying 15 animals not fitted especially for animal transport were used. A 13 km distance must be covered in this case. Once animals arrive to the slaughter plant, they are confined in waiting pens. Animals from feedlots that arrive before noon are slaughtered the same day and the rest, the morning after. The slaughter area in TIF slaughter plants operates in only one shift between 0700 and 1500 h.

The slaughter house analyzed in the present study can process between 300 and 400 animals daily, some 40 to 45 animals every hour. The unloading ramp is built in concrete with non skid floor, having a similar width to that of the

de la planta de sacrificio, en el transcurso del día se sacrificaron los animales procedentes de las UEIB recibidos hasta el mediodía (1200 h); los restantes, se sacrifican al día siguiente por la mañana, ya que la planta TIF sólo opera en el área de sacrificio, en un turno comprendido de 0700 a 1500 h.

La planta de sacrificio TIF donde se realizó el estudio tiene la capacidad de sacrificar de 350 a 400 animales por día en un rango de 40 a 45 animales por hora. La rampa de desembarque es de concreto y pisos no derrapantes con un ancho aproximado al ancho de las jaulas ganaderas que están conectadas por una serie de corredores a un área de descanso con 84 m<sup>2</sup> de corraletas techadas y pisos de concreto no derrapantes. Los animales tienen libre acceso al agua pero, no reciben alimento. Se utiliza una picana eléctrica para arrear a los animales desde las corraletas hasta al sacrificio. Los animales son guiados por un corredor curvado que conecta desde el área de descanso hasta el cajón de aturdimiento (1.80 m alto x 0.88 m de ancho x 2.53 m largo) que no cuenta con sistema de fijación de cabeza. El acceso al cajón de aturdimiento es a través de una puerta tipo guillotina y con puerta de salida de abertura horizontal. Después de ser aturdido con una pistola de perno cautivo (modelo USSS-1 JARVIS®) es izado suspendido por un gancho colocado del miembro posterior, se desangra y transferido a la línea de producción para su procesamiento.

#### *Evaluación instrumental de la carne*

A las 24 h después del sacrificio se registraron los valores de pH y color en la escala L\*, a\*, b\* y Croma (Cro) en el músculo *Longissimus dorsi* entre la 11ava y 12ava costilla. El pH se determinó con un potenciómetro de punción DeltaTRAK ISFET pH 101 (DeltaTRAK, Inc., Pleasanton, CA., E.U.A.), medido dentro del músculo. Los valores de color (L\*, a\* y b\*) se evaluaron en la superficie del músculo *L. dorsi* mediante un espectrofotómetro Minolta CM-2002 (Minolta Camera Co., Ltd, Japón) utilizando un componente especular incluido (SCI), un iluminante D<sub>65</sub> y un observador de 10°, donde

transportation trucks, and is connected through several corridors to a resting area made up by several roofed 84 m<sup>2</sup> constructed with concrete and has non skid. Animals can drink water freely but are not fed in these corrals. An electric cattle prod is used for driving animals from the resting pens to the slaughter area through a curved corridor that ends in a 1.8 m high \* 0.88 m wide \* 2.53 m long stunning box not provided with a head immobilization device. Access to this box is through a solid guillotine door and the exit is horizontal. After being stunned with a pneumatic high speed captive bolt stunner (JARVIS(NZ)® Model USSS-1), animals are hoisted with a hook placed in a hind member, drained off and later transferred for processing to the production line.

#### *Meat evaluation*

Color values in the *Longissimus dorsi* muscle between the 11th and 12th rib in the L\*, a\*, b\* and Croma (Cro) scales and pH were recorded 24 h post slaughter; pH was determined inside the muscle through a DeltaTRAK ISFET pH meter provided with a heavy duty piercing probe (DeltaTRAK Inc., Pleasanton CA, USA). Color was determined in the muscle surface through a Minolta CM-2002 spectrophotometer (Minolta Camera Co., Ltd.) provided with SCI (Specular Component Included), a D<sub>65</sub> standard illuminant and 10° standard observer function, where L\* represents the lightness index. Cro was estimated as  $C = (a^{*2} + b^{*2})^{0.5(11)}$ . Beef was graded for quality through previously established criteria<sup>(12,13,14)</sup> in the following categories: normal pH<sub>24</sub> 5.4-5.8, L\* 40-60 and Cro >30; and DFD beef pH<sub>24</sub> >5.8, L\* <40 and Cro <30.

#### *Statistical analysis*

The present study was of the observational, prospective and transversal type<sup>(15)</sup>. The main management variables included was grouped for each section: i) truck boarding: herd driving time, ambient temperature and humidity, type of herd drive, use of instruments during cattle drive, animal sex; ii) during transport: transport time, mixture of animals from different pens,

L\*: es el índice de luminosidad. Cro fue calculado como  $C = (a^2 + b^2)^{0.5(11)}$ . La carne se clasificó de acuerdo con su calidad utilizando los criterios previamente establecidos(12,13,14) de acuerdo a las categorías siguientes: carne normal: pH 24h post-sacrificio de 5.4 a 5.8, L\* de 40 a 60, y Cro > 30 y carne DFD: pH 24 h post-sacrificio > 5.8, L\* < de 40 y Cro < 30.

*Análisis estadístico*

El tipo de estudio fue observacional, prospectivo, transversal(15). Las variables principales de manejo incluidas fueron agrupadas para cada una de las secciones: i) en la carga de los animales: tiempo de arreo, temperatura ambiente y humedad relativa durante el arreo, forma de arreo, uso de instrumentos para el arreo, sexo de los animales; ii) durante el transporte: tiempo de transporte, mezcla de animales de varios corrales, número de animales por viaje, limpieza de la jaula, uso de la picana eléctrica al cargar los animales, tráfico durante el transporte, uso de picana eléctrica al descargar los animales; iii) previas a la matanza: tiempo de permanencia en los corrales de espera, temperatura ambiente, humedad relativa, uso de picana eléctrica para el arreo, número de personas que participan en el arreo, tiempo total de espera desde la llegada hasta la matanza, tiempo promedio para ingresar al cajón de aturdimiento; iv) planta de sacrificio: número de disparos para el aturdimiento, intervalo entre aturdimiento y desangrado, temperatura ambiente durante la matanza, permanencia de las canales en cuarto frío, canales enmantadas, uso de nebulizadores en el cuarto frío. Todas la variables son de naturaleza discreta dicotómica.

La determinación del tamaño de muestra (n= 506) se realizó para un muestreo simple aleatorio por atributos, considerando población infinita, confiabilidad del 95%, precisión del 5% y varianza máxima (P=0.5), con adición de 100 canales por disponibilidad y mejora de los estimadores.

La frecuencia de carne DFD se refirió en términos relativos al total de canales incluidas en el estudio. Se generó un valor por cada

number of animals per trip, hygiene of animal transport cage, use of electric cattle prod at loading, traffic encountered during transport, use of electric cattle prod at unloading; iii) pre-slaughter: time spent in waiting pens, ambient temperature, relative humidity, use of electric cattle prod for driving animals, number of people in cattle drive, time needed to reach stunning box; iv) slaughter plant: number of shots needed for stunning, time elapsed between stunning and blood drainage, ambient temperature during slaughter, time spent by carcasses in cold storage room, number of wrapped carcasses, use of nebulizers in cold storage room. All these variables are of dichotomous discrete nature.

Sample size determination (n=506) was performed for a simple randomized sample through attributes, taking into account an infinite population, 95 % confidence interval, 5 % precision and maximum variance (P=0.5), adding 100 carcasses for availability and improving estimators.

DFD beef frequency is referred to number of carcasses included in the present study. A value was generated for each UEIB and for the whole sample. Chi squared was used to perform the independent DFD frequency distribution in the *i*-esm class of the *j*-esm management variable. Odds Ratio (OR) was used as a measure of association for qualitative data, grouped in 2\*2 contingency tables, which indicates magnitude of association between the predisposing component of a factor and positive DFD cases. OR can be estimated in a population from data samples organized in 2\*2 frequency tables as follows:

Individuals classified in accordance with tendency to a risk factor, and if they also belong to DFD beef positive cases:

Risk factor	Sample		Sum
	DFD beef	Normal beef	
Present	a	b	a + b
Absent	c	d	c + d
Sum	a + c	b + d	n

UEIB y en general. La prueba de distribución de frecuencia de carne DFD independiente en la i-ésima clase de la j-ésima variable de manejo se realizó empleando el estadístico Ji-cuadrada. Como medida de asociación para datos cualitativos, ordenados en tablas de contingencia 2 x 2, se utilizó la razón del producto cruzado o razón de desigualdad (OR, por sus siglas en inglés), la cual indica la magnitud de la asociación entre el componente predisponente del factor y los casos positivos a carne DFD. La estimación de OR para la población a partir de una muestra de datos ordenados en una tabla de frecuencias 2 x 2 es la siguiente:

Sujetos del estudio clasificados por su predisposición al factor de riesgo y si pertenecen o no a casos positivos a carne DFD:

Factor de riesgo	Muestra		Total
	Carne DFD	Carne normal	
Presente	a	b	a + b
Ausente	c	d	c + d
Total	a + c	b + d	n

$$\bar{OR} = \frac{a/b}{c/d} = \frac{ad}{bc}$$

donde a,b,c, y d son frecuencias observadas para cada una de las clases definidas en la tabla. Además, se calcularon intervalos de confianza al 95% para cada OR de aplicar:

$$IC95\% = \bar{OR}^{1 \pm (Z_{\alpha}/\sqrt{\chi^2})}$$

donde  $Z_{\alpha} = 1.96$ , y  $\chi^2$  se obtuvo a partir de la ecuación:

$$\chi^2 = \frac{n(ad - bc)^2}{(a + c)(b + d)(a + b)(c + d)}$$

En ésta, los componentes a la derecha de la igualdad son frecuencias observadas en cada una de las clases definidas en la tabla de contingencia 2 x 2. La valoración estadística de las asociaciones se realizó con los intervalos de confianza, de tal manera que valores de OR >1

$$\bar{OR} = \frac{a/b}{c/d} = \frac{ad}{bc}$$

Where a, b, c and d represent frequencies for each class defined in the above table.

Besides, confidence intervals at 95 % were estimated for each OR through

$$IC95\% = \bar{OR}^{1 \pm (Z_{\alpha}/\sqrt{\chi^2})}$$

Where  $Z_{\alpha}=1.96$  and  $\chi^2$  was estimated through the following formula

$$\chi^2 = \frac{n(ad - bc)^2}{(a + c)(b + d)(a + b)(c + d)}$$

Where components to the right of the equal sign represent frequencies observed in each class defined in the 2\*2 contingency table. Statistical assessment of associations was performed at confidence intervals, in such a manner that  $OR>1$  with  $>1$  values at the low and high ends of the confidence interval indicate significance or risk, therefore being non significant whatever does not meet this requirement<sup>(16)</sup>. SAS statistical software v 9.1.3 was used for these analyses<sup>(17)</sup>.

## RESULTS AND DISCUSSION

A 13.64 % average DFD frequency was found in the present study, higher than what is reported (1.7 %) by other authors in cold

Cuadro 1. Frecuencia de corte oscura por unidad de engorda intensiva de bovinos (UEIB) durante el época cálida

Table 1. DFD frequency in each feedlot (UEIB) in the hot season

UEIB	n	DFD (n)	%
1	177	19	10.73
2	175	27	15.43
3	154	23	14.94
Total	506	69	13.63

con valores >1 en los límites inferiores y superiores del intervalo de confianza indicó significancia o valores de riesgo, siendo no importante lo que no cumple con esta restricción<sup>(16)</sup>. El análisis se realizó utilizando SAS 9.1.3<sup>(17)</sup>.

## RESULTADOS Y DISCUSION

La frecuencia promedio de carne DFD registrado en el período de estudio fue de 13.64 %; los valores de esta condición en cada UEIB se muestran en el Cuadro 1. El valor observado en el presente trabajo, es mayor al referido por otros autores con valores de 1.7 % en climas fríos reportado en Estados Unidos<sup>(18)</sup> y de 2.79 % en Francia con temperatura ambiente promedio de 18 °C<sup>(19)</sup>, pero menor al 15.71 % observado en ganado bovino sacrificado a temperaturas ambientales promedio de 35 °C en España<sup>(4)</sup>. La variación en estos resultados, puede estar relacionada con las prácticas particulares de manejo de los animales en los sistemas de producción bajo climas desérticos, además de los efectos propios del verano en el Valle de Mexicali.

climates in the US<sup>(18)</sup> and in France (2.79 %) with a 18 °C average ambient temperature<sup>(19)</sup>, but lower than the 15.71 % reported in Spain<sup>(4)</sup> for cattle slaughtered at 35 °C on average. Values for each UEIB are shown in Table 1. Variations in these results can be attributed to differences in cattle handling in desert climates and to the effects of summer in Mexicali, too.

Results of analysis of variables by handling step are shown in Table 2. Management procedures carried out in beef cattle can affect animal wellbeing and both quantitative and qualitative beef output<sup>(20)</sup>. For example, in UEIB2 a time period greater than 40 min for the cattle drive from the fattening pens to the loading area, provided 24.23 times greater probability of DFD beef presence ( $P<0.01$ ) than a smaller timeframe, thus being a factor associated to presence of dark cutting beef. Deficiencies attributed to staff in cattle management in the longer cattle drive and loading time, increase contact of animals to stress agents. Cattle driven by one person on foot increased 15.32 times the probability of DFD presence ( $P<0.01$ ) than when guided by men on horses, thus being a factor associated to dark, firm, dry beef

Cuadro 2. Análisis de los factores de manejo asociados a la presencia de carne DFD en las unidades de engorda intensiva de bovinos durante la época cálida

Table 2. Analysis of management factors associated with DFD beef occurrence in feedlots in the hot season

UEIB	Risk factor	OR	95 %	Confidence interval
1	Time spent by carcasses in cold storage room (hours):(<12 h vs ≥12 h*)	49.52	10.71	28.81
2	Time spent in herding cattle from fattening pens to truck boarding area (≥40 min vs <40 min*)	24.23	5.51	106.56
	Transport time (≥40 min vs <40 min*)	69.31	15.31	313.82
	Relative humidity in waiting pens (>31% vs <31%*)	31.60	4.17	239.18
	Time needed for entering stunning box (≥1.52 min vs <1.52 min*)	24.59	3.25	186.11
3	Herding method (cow herd on foot vs horse mounted*)	15.32	5.50	42.67
	Waiting time for slaughter (≥30 min vs <30 min*)	17.96	1.06	303.48
	Carcass temperature (≥5 °C vs <5 °C*)	5.28	1.70	16.38

OR= Odds ratio.

\*/ Result of the risk factor absent, preferably present in management factor.

Los resultados del análisis de las variables por etapa del manejo se presentan en el Cuadro 2. Las operaciones de manejo que se realizan en el ganado bovino destinado para producir carne pueden tener efectos directos sobre el bienestar animal y la producción cuantitativa y cualitativa de la carne<sup>(20)</sup>. En la UEIB2, se observó que un tiempo mayor a 40 min, contabilizado desde el inicio de la conducción de los animales de los corrales de engorda hasta el área de carga, resultó un factor asociado con la presencia de carne DFD ( $P<0.01$ ); con 24.23 veces mayor probabilidad; durante esta labor, se observaron fallas por parte del personal que maneja a los animales, principalmente durante el desplazamiento del ganado, al utilizar mayor tiempo en la conducción y en la carga, aumentando el contacto que tiene el ganado con agentes estresantes. Razón por la cual, la conducción de los bovinos guiados por un arriero a pie resultó un factor asociado a la presencia de carne DFD ( $P<0.01$ ), con 15.32 veces mas probabilidad de resultar carne DFD cuando el arreo se efectuaba a caballo. Cuando la conducción del ganado se realiza por parte del arriero montado a caballo los animales ofrecen menor resistencia durante el traslado, contribuyendo a disminuir el nivel de estrés en el animal, como se observó en la UEIB3. Estos resultados se atribuyen a la falta de capacitación del personal ante el desconocimiento de las condiciones de manejo que se deben de tomar en cuenta para la conducción del ganado; al respecto, se afirma que las operaciones inapropiadas al momento de guiar a los animales a la carga, se les propicia mayor nivel de estrés<sup>(21,22)</sup>.

De igual manera, para tiempo de transporte del ganado a la planta de sacrificio, cuando éste fue mayor a 40 min ( $P<0.01$ ), se incrementó la presencia de carne DFD, como se observó en la UEIB2. Experiencias previas sugieren que el transportar ganado bovino en distancias cortas no interfiere en el valor del pH<sub>24</sub> de las canales<sup>(21)</sup>; e inclusive cuando el ganado bovino es transportado en tiempos de 1 h aproximadamente (recorrido aproximado

presence. Animals driven by horse mounted staff offer less resistance to being driven, reducing stress, as observed in UEIB3. These results can be attributed to staff lack of training, especially to unawareness of which cattle handling positions should be taken into account when driving cattle, as inadequate actions increases stress<sup>(21,22)</sup>.

Likewise, when time spent in transportation from feedlot to slaughter plant was greater than 40 min, DFD beef presence increased ( $P<0.01$ ), as observed for UEIB2. Previous studies mention that transport of beef cattle for short distances does not interfere pH<sub>24</sub> values in carcass<sup>(21)</sup>, and even when transport time was approximately 1 h (roughly 63 km), pH values were between 5.46 and 5.63<sup>(23)</sup>. In the case being described, although transport time was less than 1 h, several factors induced stress. Even if the feedlot is quite near to the slaughter plant, (13 to 16 km), transport time exceeded 40 min, probably owing to the fact that the truck was not specifically adapted for animal transport, so animals were exposed to direct sunshine, at noon, when ambient temperature is at its highest. Besides, high road traffic found at that time of day increases the amount of stress factors as noise, vibrations, changes of speed, confinement and new environments<sup>(19,24,25)</sup>.

Relative humidity over 31 % in the slaughterhouse reception area increases 31.6 times the probability of occurrence ( $P<0.01$ ) of DFD beef. It is mentioned too, that management time previous to slaughter, added to very hot or cold climate, are factors which favor occurrence of dark, firm and dry beef<sup>(26)</sup>. Other studies<sup>(2)</sup> report that when ambient temperatures rises over 35 °C, DFD beef incidence increases too. Besides, high temperature added to high humidity in pre-slaughter areas, are effective stress agents that contribute to DFD presence<sup>(27)</sup>. In the present study, temperature in the pre-slaughter waiting pens reached 48 °C and relative humidity a maximum of 60 %. Animals stayed in these pens between 12 and 18 h, in these weather conditions that increase stress and therefore DFD occurrence.

de 63 km), se han observado valores de pH de entre 5.46 a 5.53<sup>(23)</sup>. En este caso, aunque la duración del viaje fue menor a una hora, durante el transporte se presentaron factores que indujeron estrés en los animales. Si bien los corrales de engorda se encuentran ubicados en una zona cercana (13 a 16 km) a la planta de sacrificio, el tiempo de traslado mayor a 40 min, probablemente fue provocado porque el camión utilizado no fue el óptimo para el transporte de los animales, ya que estuvieron totalmente expuestos a los rayos del sol, además el transporte fue al mediodía, cuando la temperatura ambiental registrada fue la más alta. Además, la alta carga vehicular en las vialidades observado durante el trayecto; en este lapso, los animales estuvieron expuestos a una mayor cantidad de estímulos estresantes tales como vibraciones, cambios de velocidad, ruidos, confinamiento y nuevos ambientes<sup>(19,24,25)</sup>.

En el área de recepción del ganado previo a la matanza, la humedad relativa mayor de 31 %, resultó 31.60 veces más probabilidad que se presente carne DFD ( $P < 0.01$ ). Se alude que el tiempo de manejo previo al sacrificio, en conjunto con las condiciones climáticas extremadamente calientes o frías, son factores que favorecen la presencia de esta condición<sup>(26)</sup>. Al respecto, se ha observado que a medida que aumenta la temperatura ambiental por arriba de 35 °C, el porcentaje de carne DFD en bovinos también se incrementa<sup>(2)</sup>. Se conoce que valores de temperatura elevada sumados a valores altos de humedad relativa en las áreas pre-sacrificio, son agentes estresantes efectivos que contribuyen a la presentación de esta condición<sup>(27)</sup>. Durante el desarrollo de la presente investigación, la temperatura ambiente en el área de corrales de espera pre-sacrificio en la planta ascendió hasta 48 °C y humedad relativa máxima de 60 %; en este espacio, los animales permanecieron entre 12 a 18 h; estas condiciones ambientales, provocaron en los bovinos estrés en el animal, favoreciendo la presencia de carne DFD.

Previamente se ha demostrado que a medida que aumenta el tiempo de espera pre-sacrificio

In another study<sup>(28)</sup> it is mentioned that when pre-slaughter waiting time in slaughter plants increases, so does the number of carcasses showing pH 5.9 or more. Cattle handling in the slaughter plant added to other factor as: time during which animals interact, breaking up of social groups, mixture with unknown individuals, long time periods spent in pre-slaughter waiting pens, in addition to new smells and environments, subject beef cattle to stress conditions, which directly affect post-slaughter lactic acid production, and presence of pH >5.9 in beef carcasses.

Besides stress due to pre-slaughter cattle handling, time greater than 30 min spent in the passageway between the waiting pen and the corridor leading to the stunning box increases probability of DFD beef occurrence 17.96 times ( $P < 0.05$ ). This was observed particularly in carcasses of animals from UIEB3. During time spent in the passageway, animals interact more with slaughter plant staff driving them to the slaughter area. In the corridor leading to the stunning box, animals are sprayed with water warmed at 30 °C, and defecate, urinate and transmit fear pheromones<sup>(30)</sup>. This was particularly true for animals from UIEB3, as already mentioned, which were slaughtered at the end of the daily shift, so exposed to several new environments, not necessarily agreeable as streams of water and of shadows due to light, in addition to presence of unknown people, flashes of light, and brilliant metals, all of which impede animal movements and give rise to greater stress during handling<sup>(31,32)</sup>. Besides, the spray bath given to animals to eliminate filth may favor an adrenal sympathetic response that increases DFD occurrence<sup>(8)</sup>.

In the slaughter area, the 1.52 min average time spent for entering the stunning box is significantly linked to DFD beef occurrence ( $P < 0.01$ ), showing 24.59 times greater probability than when average time was less than 1.52 min. The last 5 min previous to slaughter can ruin beef quality if handling and fastening cattle in the stunning box is inadequate<sup>(33)</sup>. These last instants, when the

en los corrales de la planta de sacrificio, la presencia de canales con valores de pH arriba de 5.9 se incrementa de manera significativa<sup>(28)</sup>. Al respecto, se indica que las operaciones de manejo en la planta de sacrificio de manera conjunta con el tiempo durante el cual los animales interaccionan, así como la ruptura de los grupos sociales y la mezcla de animales desconocidos, periodos largos de permanencia en los corrales de espera pre-sacrificio, además de olores y ambientes desconocidos someten al ganado bovino a condiciones de estrés, que se refleja en una disminución del potencial glucolítico muscular a valores que afectan directamente la producción de ácido láctico post-sacrificio, lo que se traduce en un valor de pH mayor a 5.9 en las canales de bovino<sup>(29)</sup>.

Adicional al estrés que le provoca al animal el manejo previo al sacrificio, se observó que un tiempo mayor a 30 min en la manga de conducción y en el pasillo que se conecta con el cajón de aturdimiento; predispone la presencia de carne DFD ( $P<0.05$ ) con 17.96 veces mayor probabilidad que para carne normal. Básicamente esta situación se observó en las canales de los animales provenientes de la UEIB3. Durante este tiempo, los animales tienen mayor interacción con el personal de la planta de sacrificio por el trabajo de conducirlos hacia el último tramo de la línea antes de ingresar al cajón de aturdimiento, sitio en el cual reciben un baño por aspersión con agua a 30 °C, y es en este mismo lugar donde defecan, orinan y transmiten las feromonas del miedo<sup>(30)</sup>. Lo anterior se observó particularmente en los bovinos de la UEIB3, los cuales fueron sacrificados al final del turno; estos animales estuvieron expuestos a diversos ambientes novedosos y no agradables como los chorros de agua y la presencia de sombras por efecto de la luz; todo ello en conjunto, generó mayor estrés durante su manejo<sup>(31,32)</sup> sumado a distractores como la presencia de personas, los destellos luminosos y metales brillantes que provocan que los animales se muevan o retrocedan. Además, el baño que recibe el ganado para eliminar excretas o suciedades

animal waits before entering the stunning box, are full of stressing events, some of this are: the noise made by the pneumatic bolt after each shot, the smell of blood, besides resistance shown by animals for entering the stunning box due to lack of good lighting<sup>(34,35)</sup>.

Once animals are slaughtered, two factors favor DFD occurrence. One of them is keeping carcasses between 8 and 12 h in cold storage rooms, and the other, is carcass temperature at the thermal center, ranging between 5 and 10 °C ( $P<0.01$ ), showing 49.52 and 5.28 OR values, respectively. This condition was seen in carcasses of animals from UEIB1 and UEIB3, respectively. Due to presence of *rigor mortis*, pH should be measured >12 h post slaughter<sup>(36)</sup>, which could not be performed in the present study, because carcasses began to be taken out of the cold storage chamber at 8 h post slaughter for distribution to beef outlets.

## CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

Critical points were found during cattle handling while driving animals in feedlots from fattening pens to the boarding area, transport time span, pre-slaughter management and short time of stay in cold storage room, which are risk factors for DFD occurrence in beef carcasses. Due to this it is suggested that special attention be paid to staff training for better performance of their duties. Besides, carcasses should be kept at least for 24 h in cold storage rooms before being distributed to butcher shops and other beef outlets for securing adequate pH values and color which determine beef quality.

*End of english version*

---

puede favorecer una respuesta simpático adrenal, lo que se traduce en una mayor incidencia de carne DFD<sup>(8)</sup>.

En el área de sacrificio, el tiempo promedio para ingresar al cajón de aturdimiento mayor a

1.52 min, resultó asociado a la presencia de carne DFD ( $P < 0.01$ ) indicando el valor del estimador de OR, 24.59 veces más probabilidad de presencia de carne DFD, que cuando el tiempo promedio para ingresar al cajón de aturdimiento era menor a 1.52 min. Los últimos 5 min previos al sacrificio pueden arruinar la calidad de la carne si la conducción y sujeción del ganado al cajón del noqueo no es la correcta<sup>(33)</sup>. Al respecto, en este último tiempo que el animal espera para entrar al cajón de aturdimiento se presentan eventos estresantes como el ruido que genera el perno neumático tras cada disparo y el olor a sangre, además de la resistencia del animal a ingresar al cajón de aturdimiento por la falta de una buena iluminación en el lugar<sup>(34,35)</sup>.

Una vez sacrificados los animales, se determinó que dos factores predispusieron la presencia de carne DFD; uno de ellos fue la permanencia de entre 8 a 12 h en los cuartos fríos, y el otro, fue la temperatura de la canal registrada en su centro térmico, que osciló entre 5 a 10 °C ( $P < 0.01$ ) con valores de OR de 49.52 y 5.28 respectivamente; esta situación se observó en las canales provenientes de UEIB1 y de UEIB3, respectivamente. Debido a la presentación del *rigor mortis* es recomendable medir el pH a partir de las 12 h después del sacrificio<sup>(36)</sup>; condición que en el presente estudio no fue posible llevar a cabo dado que el proceso de comercialización de las canales en la planta de sacrificio, se inició a partir de la permanencia de 8 h en las cámaras frigoríficas, momento en que se empieza a cargar las canales en los camiones refrigerados para su distribución.

## CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Hubo presencia de puntos críticos del manejo durante el arreo en la unidad de producción para el embarque del ganado, el tiempo de duración del transporte, manejo previo al sacrificio y el reducido tiempo de permanencia de las canales en las cámaras de refrigeración, que se consideraron factores de riesgo para la presencia de carne DFD en las canales de

bovino. Por lo que se sugiere una especial atención en la capacitación del personal a fin de concientizarlos en la importancia del buen desempeño de su labor. Del mismo modo es recomendable la permanencia de las canales al menos por 24 h en el cuarto frío antes de su comercialización para garantizar valores de pH y color certeros en la determinación de la calidad de la carne.

## LITERATURA CITADA

1. Lawrie RA. Lawrie's meat science. 6th ed. Cambirdge, UK: Woodhead Publishing Ltd; 1998.
2. Scanga JA, Belk KE, Tatum JD, Grandin T, Smith GC. Factors contributing to the incidence of dark cutting beef. J Anim Sci 1998;76(8):2040-2047.
3. Leyva-García IA, Figueroa-Saavedra F, Sánchez-López E, Pérez-Linares C, Barreras-Serrano A. Impacto económico de la presencia de carne DFD en una planta de sacrificio Tipo Inspección Federal (TIF). Arch Med Vet 2012;(44):39-42.
4. Mach N, Bach A, Velarde A, Devant M. Association between animal, transportation, slaughterhouse practices and meat pH in beef. Meat Sci 2008;78(3):232-238.
5. Brown SN, Bevis EA, Warris PD. An estimate of incidence of dark-cutting beef in the United Kingdom. Meat Sci 1990;27(3):249-258.
6. Pérez-Linares C, Figueroa-Saavedra F, Barreras-Serrano A. Relationship between management factors and the occurrence of DFD meat in cattle. J Anim Vet Adv 2006;5(7):578-581.
7. Pérez-Linares C, Figueroa-Saavedra F, Barreras-Serrano A. Factores de manejo asociados a carne DFD en bovinos en clima desértico. Arch Zootec 2008;57(220):545-547.
8. Fergunson DM, Warner RD. Have we underestimated the impact of pre-slaughter stress on meat quality in ruminants?. Meat Sci 2008;80(1):12-19.
9. Voisinet BD, Grandin T, O'Connor SF, Tatum JD, Deesing JM. Bos indicus cross feedlot cattle with excitable temperaments have tougher meat and a higher incidence of borderline dark cutters. Meat Sci 1997;46(4):367-377.
10. García ME. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía, UNAM. México, DF. 1991.
11. Young SK, Seok HY, Young HS, Sung KL. Effect of season on color of Hanwoo (Korean native cattle) beef. Meat Sci 2003;63(4):509-513.
12. Wulf DM, Emnett RS, Leheska JM, Moeller SJ. Relationships among glycolytic potential, dark cutting (dark, firm and dry) beef, and cooked beef palatability. J Anim Sci 2002;80(7):1895-1903.
13. Forrest JC, Aberle ED, Hedrick HB, Judge MD, Merkel RA. Fundamentos de la ciencia de la carne. Zaragoza, España: Ed. Acribia; 1979.

14. Minolta. Precise Color Communication, Minolta, Corp. Ramsey, NJ, USA. 1994.
15. Méndez RI, Guerrero DN, Moreno L, Sosa C. 1984. El protocolo de Investigación. 2da. ed. México, DF: Editorial Trillas; 1984.
16. Daniel WW. Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud. 4ta ed. español. México, DF: Editorial Limusa Wiley; 2002.
17. SAS. Statistical Analysis System. User's guide. Version 8.2. SAS Institute (Inc, Cary, NC. USA). 2001.
18. Kreikemeier KK, Unruh JA. Carcass traits and the occurrence of dark cutters in pregnant and nonpregnant feedlot heifers. *J Anim Sci* 1993;71(7):1699-1703.
19. Mounier L, Dubroeuq H, Andanson S, Veissier I. Variations in meat pH of beef bulls in relation to conditions of transfer to slaughter and previous history of the animals. *J Anim Sci* 2006;84(6):1567-1576.
20. Gregory NG. Animal welfare and meat science. Wallingford, U.K. CABI Publishing; 1998.
21. Grandin T. El ganado arisco y la carne oscura: cómo minimizar su impacto. *Beef*. Febrero. 2000:16-18.
22. Lensink BJ, Raussi S, Broivin X, Pyykkonen P, Veissier I. Reactions of calves to handling depend on housing condition and previous experience with humans. *Appl Anim Behav Sci* 2001;70(3):187-199.
23. Van der Water G, Verjans F, Geers R. The effect of short distance transport under commercial conditions on the physiology of slaughter calves; pH and colour profiles of veal. *Livestock Prod Sci* 2003;82(2-3):171-179.
24. Kreikemeier KK, Unruh JA, Eck TP. Factors affecting the occurrence of dark-cutting beef and selected carcass traits in finished beef cattle. *J Anim Sci* 1998;76(2):388-395.
25. Adzitey F, Nurul H. Pale soft exudative (PSE) and dark firm dry (DFD) meats: causes and measures to reduce the incidences – a mini review. *Int Food Res* 2011;18:11-20.
26. Grandin T. Problems with bruises and dark cutters in harvest steers/heifers. In: Improving the consistency and competitiveness of beef. The final report of the Nat Beef Quality Audit, Colorado State Univ, Fort Collins, Texas A&M University, College Station. 1992;34-65.
27. Cañeque V, Sañudo C. Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Ministerio de Ciencia y Tecnología. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Madrid, España. 2000:21-24.
28. Hargreaves A, Barrales L, Peña I, Larrain R, Zamorano L. Factores que influyen en el pH último e incidencia de corte oscuro en canales de bovinos. *Cienc Inv Agr* 2004;31(3):155-166.
29. Warriss PD. Ciencia de la carne. Zaragoza, España: Ed. Acribia. 2003.
30. Grandin, T. Cattle vocalizations are associated with handling and equipment problems at beef slaughter plants. *Appl Anim Behav Sci* 2001;71(3):191-201.
31. Grandin T. Evaluation of stress during management and transport. *J Anim Sci* 1997;75(1):249-257.
32. Grandin, T. Factors that impede animal movement at slaughter plants. *J Am Vet Med Assoc* 1996;209:757-759.
33. Grandin T. Euthanasia and slaughter of livestock. *J Am Vet Med Assoc* 1994;209:757-759.
34. Grandin T. The feasibility of using vocalization scoring as an indicator of poor welfare cattle slaughter. *Appl Anim Behav* 1998;56(2-4):121-128.
35. Waynert DE, Stookey JM, Schwartzkopt-Genwein JM, Watts CS. Response of beef cattle to noise during handling. *Appl Anim Behav Sci* 1999;62(1):27-42.
36. Chizzolini R, Novelli E, Campanini G, Dazzi G, Madarena G, Zanardi E, Pacchioli MY, Rossi A. Lean colour of green and matured Parma hams: comparative evaluation and technological relevance of sensory and objective data. *Meat Sci* 1996;44(3):159-163.