

Jerarquización de factores en la cadena cárnica para modelar el pH de la carne vacuna

Priore Estela¹, Bianchi Gianni²

¹Universidad de la República. Facultad de Agronomía. Departamento de Biometría, Estadística y Cómputo. Garzón 780. Montevideo, Uruguay. Correo electrónico: epriore@fagro.edu.uy

²Universidad de la República. Facultad de Agronomía. Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC). Departamento de Producción Animal y Pasturas. Ruta 3 km 363. Paysandú, Uruguay.

Recibido: 30/8/10 Aceptado: 22/7/11

Resumen

Mucha literatura trata sobre factores que afectan el pH de la carne; generalmente estudia efectos principales o a lo sumo interacciones entre algunos de ellos. En este trabajo se buscó identificar aquellos factores con mayor incidencia sobre el pH de la carne medido a las 36 h post mórtem e interacciones complejas entre ellos. Se utilizó una base de datos con 1800 registros completos de animales sacrificados en siete frigoríficos que en conjunto representaban el 50% de la faena del Uruguay. Con factores medidos en los diferentes segmentos de la cadena cárnica se ajustó un árbol de decisiones que puso de manifiesto doce nodos terminales. Se observó que aunque el frigorífico no realizara estimulación eléctrica, si tenía buenas condiciones de higiene en los corrales de espera y a su vez la distancia entre éstos y el cajón de noqueo era corta, la incidencia de $\text{pH} \geq 5,8$ en la carne era baja. La falta de higiene en los corrales afectó más a animales de razas británicas puras (Hereford y Aberdeen Angus) que a sus contemporáneos cruza. La falta de acceso al agua previo al embarque incidió más en novillos que en vacas. Un inadecuado método de arreo, mal estado del desembarcadero y viajes de mayor duración generaron problemas de $\text{pH} \geq 5,8$ en carne. Características del frigorífico, propias de los animales, de manejo durante el embarque y desembarque, así como aquellas asociadas al transporte tuvieron efectos que, interactuando, afectaron el pH de la carne vacuna medido a las 36 h post mórtem.

Palabras clave: pH final, manejo prefaena, carne vacuna

Summary

Factors Hierarchy in the Meat Production Process, to Model pH in Beef Meat

Most bibliography quotes factors related to pH effect on beef meat; generally principal effects or some interactions between them. This research work tried to identify those factors with main effects on beef meat pH, measured at 36 h *post mortem* and all complex interactions between them. A data base of 1800 complete registers from animals, out seven slaughter plants which altogether explain 50% of the slaughter in Uruguay. With factors measured on the different stages of the process, a decision tree was adjusted, which showed 12 terminal nodes. It was observed that if the slaughter plant did not use electrical stimulation, if the hygiene conditions were good in the holding pens, and the distance between them and the stunning box was short, the incidence of $\text{pH} \geq 5.8$ in meat was low. The lack of hygiene in pens affected more pure British breeds (Hereford and Aberdeen Angus), than their cross breeds contemporaries. Lack of acces to water before the trip had

affected more steers than cows. Improper method of herding, poor condition of the landing and longer journeys generated $\text{pH} \geq 5.8$ in the meat. Plants features, animal's own characteristics, handling during loading and unloading, as well as elements associated with transport had effects that, in interaction, affected the pH of beef meat measured at 36 h postmortem.

Key words: ultimate pH, pre slaughter handling, beef

Introducción

De la carne que se consume en el mundo el 27,7 % es bovina; en América del Sur ese porcentaje es cercano al doble, 51,5 % (Caputi y Méndez, 2010).

Para Uruguay, la producción, procesamiento y exportación de carne vacuna representa una importante fuente de ingreso económico. En el quinquenio 2004-2008 se sacrificaron en promedio 2.380.000 bovinos por año y se produjeron 556 mil toneladas de carne bovina, de la cual se exportó entre el 70 y 75% (Caputi y Méndez, 2010). La calidad no es menos importante que el volumen; el pH final es un atributo clave para la calidad dada su asociación con varios atributos relevantes al valor económico del producto, como el color, que determina la aceptación y decisión de compra por parte del consumidor. Los mercados más exigentes no admiten carne vacuna con valores de $\text{pH} \geq 5,8$, ya que es más susceptible a la contaminación microbiana (Grandin, 2000), y más difícil de conservar y de comercializar debido a su color oscuro, con alta capacidad de retención de agua, de aspecto seco en superficie y consistencia firme (carnes DFD) (Zimmerman, 2008).

En Uruguay las dos auditorías de calidad de carne vacuna realizadas encontraron que entre el 15 y 22,7% de las canales muestreadas fueron rechazado por $\text{pH} \geq 5,8$; (INAC e INIA, 2003, 2008).

El pH presenta una gran variabilidad y se considera que es afectado por múltiples factores (Gallo, 2010) y sus interacciones, lo que dificulta su explicación. Estos factores van desde los propios del animal como raza, sexo (Hargreaves *et al.*, 2004; Zea *et al.*, 2007), edad, categoría (Brown *et al.*, 1990), pasando por los que tienen que ver con el sistema de producción, por ejemplo la alimentación (Bianchi, 2005; Amtmann *et al.*, 2006) y manejo (Grandin, 1997), con manejos pre-sacrificio estresantes, como viajes largos (Brown *et al.*, 1990; Hargreaves *et al.*,

2004; María, 2005), excesivo ayuno (Sañudo, 1992; Sañudo, 2006), prolongados tiempos de espera en frigorífico (Hargreaves *et al.*, 2004; Amtmann *et al.*, 2006) llegando hasta el uso de prácticas de manejo post-sacrificio, como la estimulación eléctrica de la canal. Existe abundante literatura internacional sobre el tema que cita muchos factores con diferentes efectos sobre esta variable, ya sea actuando en forma aislada o interactuando con otros. Sin embargo, en el ámbito nacional se encontraron pocos antecedentes (Navajas *et al.*, 1996) y sin resultados concluyentes al respecto. Conocer los factores que afectan el pH final y sus efectos permite tomar decisiones para la obtención de canales con un pH adecuado; un árbol de decisiones puede ser una herramienta útil para detectar interacciones complejas y modelar adecuadamente el comportamiento de esta variable en función de factores de manejo productivo, a nivel de transporte y prácticas de uso en el frigorífico.

El objetivo de este trabajo fue identificar aquellos factores de manejo relevados en distintos segmentos de la cadena cárnica, cuya incidencia es más significativa sobre el pH de la carne a las 36 horas del sacrificio, así como interacciones complejas entre ellos que permitan explicar su comportamiento.

Materiales y métodos

Se relevó información de las condiciones de producción, características de los animales, condiciones climáticas, embarque, transporte, desembarque y de los frigoríficos, en tropas remitidas a siete establecimientos habilitados para faena de vacunos que -en conjunto- explicaban más del 50% de las haciendas sacrificadas en el país (Fratti, 2008). En cada frigorífico se relevó información por lo menos de 10 camiones, de modo de lograr una estimación con una precisión de 5% de la media y una confianza de 95%. La toma de registros se hizo en los períodos

julio-noviembre de 2008 y en los meses febrero y abril de 2009. Para el presente trabajo se tomaron sólo los registros de faena tradicional, desestimando por ser pocos aquellos provenientes de faena ritual.

La captura de datos se realizó a través de encuestas a los productores remitentes de los animales, a los camioneros que los transportaron y a los responsables de las plantas frigoríficas que procedían al sacrificio y posterior toma de registros de pH. Se dispuso de 1.800 registros completos de animales.

Las variables relevadas tuvieron que ver con cada una de las etapas del proceso desde la extracción de ganado del campo, incluyendo su alimentación hasta la toma de medidas de pH en canal como una medida de calidad de la carne. Se describió el comportamiento del pH promedio de ambas medias canales a las 36 horas tomando el promedio de ambas canales de cada animal (variable pH36p). A continuación se categorizó como 0 a todas las canales que presentaban pH < 5,8 y se asignó un 1 a todas las canales que no cumplían con dicho requisito; a esa variable se la llamó pH36c.

Con el fin de disminuir la dimensionalidad del problema, en cada una de las etapas por las que pasó el animal con destino a sacrificio, se agruparon las variables medidas. Los grupos debían reflejar variaciones en las características medidas y tener un número de animales representativo para tener suficiente información disponible. Como cada frigorífico fue relevado en un sólo mes, no fue posible separar el efecto mes de las características de frigorífico, por lo que se trabajó con estas categorías.

En el Cuadro 1 se presentan las características relevadas en los diferentes establecimientos de faena.

En el Cuadro 2 se presenta el número de animales relevados por mes. Sólo el 6% de los datos corresponden a invierno, lo que constituye debilidad del trabajo.

En el Cuadro 3 se presenta las variables independientes con las que se trabajó.

Se calculó la tasa de faena para cada frigorífico (tfaena). Se generó la variable 'tiempo' (tiempo) sumando el tiempo que transcurrió desde que el camión arribó a frigorífico (tard) con el tiempo de desembarque (tdes).

Cuadro 1. Características de frigorífico (frigo).

piso	pare	higi	techo	corr	mang	mins	tins	dccn	suje	pan1	luza	este	pan2	par2	tefa	Código
1	2	2	PAR	2	2	ELE	15	40	1	0	0	0	0	CERRADAS	14	122P22E15401000C14
1	2	2	TOT	2	2	ELE	15	40	1	1	1	0	1	ABIERTAS	12	122T22E154011101A12
2	1	2	PAR	2	2	ELE	15	20	1	1	1	0	1	CERRADAS	14	212P22E152011101C14
2	2	1	PAR	2	2	NEU	30	40	1	1	1	1	1	ABIERTAS	14	221P22N14011111A14
2	2	2	PAR	2	1	NEU	30	50	1	1	1	0	1	CERRADAS	14	222P21N305011101C14
2	2	2	PAR	2	2	ELE	15	100	1	1	1	1	1	ABIERTAS	14	222P22E1510011111A14
2	2	2	PAR	2	2	PCA	1	50	1	1	0	1	1	CERRADAS	14	222P22P15011011C14
2	2	2	TOT	2	1	NEU	30	40	1	1	1	0	1	CERRADAS	12	222T21N304011101C12

Piso: piso en los corrales, 1: malo; 2: bueno.

Pare: paredes en los corrales, 1: malo; 2: bueno.

Higi: higiene de los corrales, 1: mala; 2: buena.

Techo: PAR= parcial; TOT=total.

Corr: corrales, 1: Grandin; 2: recto.

Mang: estado de las mangas, 1: malo; 2: bueno.

Mins: método de insensibilización, ELE= eléctrico; NEU=neumático; PCA= perno cautivo.

Tins: tiempo de insensibilización (segundos).

Dccn: distancia entre corrales de espera y el y cajón de noqueo (metros).

Suje: sujeción en el cajón de noqueo, 0: no; 1: sí.

Pan1: piso antideslizante en cajón de noqueo, 0: no tiene, 1: tiene.

Luza: luz adelante en el cajón de noqueo, 0: no; 1: sí

Este: estimulación eléctrica, 0: no; 1: sí.

Pan2: piso antideslizante en desembarcadero, 0: no tiene; 1: tiene.

Par2: tipo de paredes en desembarcadero.

tefa: horas desde que el animal desembarca hasta faena.

Cuadro 2. Número de registros completos por mes según características de frigorífico.

Código de frigorífico*	Julio 2008	Agosto 2008	Setiembre 2008	Noviembre 2008	Febrero 2009	Abril 2009	Total
122P22E15401000C14	-	-	-	280	-	-	280
122T22E154011101A12	79	-	-	-	-	-	79
212P22E152011101C14	-	-	-	-	60	-	60
221P22N14011111A14	-	-	-	-	-	459	459
222P21N305011101C14	-	-	-	-	330	-	330
222P22E1510011111A14	-	-	-	318	-	-	318
222P22P15011011C14	-	36	-	-	-	-	36
222T21N.4011101C12	-	-	238	-	-	-	238
Total	79	36	238	598	390	459	1800

Cuadro 3. Variables utilizadas en el análisis.

Continuas	Catagóricas
Tasa de faena (tfae): Animales faenados sobre capacidad de faena del frigorífico	Tasa de faena categorizada (tfaena)
Porcentaje de animales astados en el camión (past)	Categoría (cate)
Tiempo, tiempo de descarga en frigorífico (tdes) + Tiempo de encierro (tenc)	Mezcla (mezc)
Componente principal 1: Viaje 1	Características de Frigorífico (frigo)
Componente principal 2: Viaje 2	Embarque (embarque)
Densidad de animales/ metro cuadrado de jaula	Raza general (raza_gral)
	Camión (tipo de camión)
	dani, 3 categorías (baja, bien, alta)
	Separadores (sepa)
	Estado del camión (ecamion)
	Desembarque 1 (desemb1)
	Desembarque 2 (desemb2)
	Alimentación (alimento)

Respecto a las variables vinculadas al transporte de los animales (etapa viaje), se realizó una ponderación para kilómetros recorridos en camino de tierra (ktiec) considerando el estado del mismo (ecti: estado del camino de tierra); si el camino estaba en buenas condiciones era como viajar en carretera y el ponderador fue 1, si era muy malo se asignó el ponderador 2 y si era muy bueno fue 0,66.

$$\text{ponderador} = \frac{2}{\text{ecti}}$$

Se calculó la correlación entre las variables que estaban asociadas al transporte, su duración en minutos (dvia), kilómetros recorridos (ktot), kilómetros de carretera (kcar), kilómetros de camino de tierra (ktiec) y número de paradas (npar). Se hizo un análisis de componentes principales con las variables correspondientes a viaje, reteniendo para el análisis los componentes 1 y 2 (viaje 1 y 2 respectivamente), ya que en conjunto explicaban el 85% de la variabilidad observada en la etapa de transporte. Se calculó la densidad de animales teniendo en cuenta el

número de animales embarcados, el ancho y largo de la jaula del camión (dani).

Se trabajó con los grupos así conformados utilizándolos como inputs en el algoritmo CHAID exhaustivo para obtener un árbol de clasificación; para ello se utilizó el programa SPSS V. 18. Se utilizó el ajuste de Bonferroni para el nivel de significancia, restringiendo los nodos terminales a aquellos que tuviesen por lo menos 25 animales, que es el tamaño promedio de una tropa. Se usó validación cruzada utilizando 10 grupos de animales.

Resultados y discusión

Descripción del pH

La distribución de pH a las 36 h *post mortem* (pH36p) se presenta en la Figura 1.

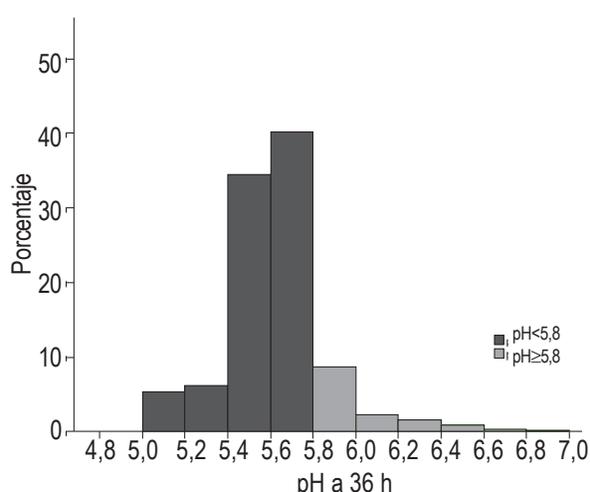


Figura 1. Distribución del pH a las 36 horas (pH36p).

La media de pH fue de 5,61, valor semejante al reportado por Montossi y Sañudo (2004); y algo más alto al valor de 5,4 que, de acuerdo a Bianchi (2005), debería ser el objetivo a alcanzar. Respecto a la variabilidad, en el presente trabajo se obtuvo un desvío estándar de 0,16, mientras que el porcentaje observado de animales con pH entre 5,4 y 5,6 fue de aproximadamente la mitad del que encontraron Tarrant y Sherington (1980) y Page *et al.* (2001).

El promedio de pH36p de las canales que tuvieron un valor de pH aceptable ($\text{pH} < 5,8$) fue de 5,5 con un desvío estándar de 0,18, mientras que en las canales con pH inaceptable los valores de la media y el desvío estándar fueron de 6,00 y 0,24 respectivamente.

En la Figura 2 se presenta la proporción y el número observado de canales según nivel de pH conforme a la norma de calidad: $\text{pH} \geq 5,8$ (pH mal) o $\text{pH} < 5,8$ (pH bien).

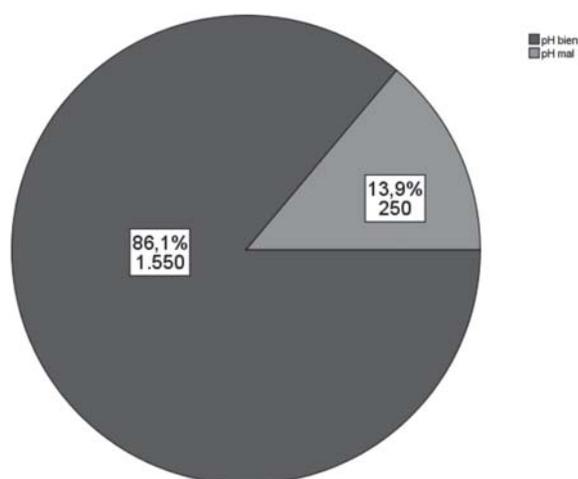


Figura 2. Proporción y número de canales según nivel de pH: $\text{pH} \geq 5,8$ (pH mal) o $\text{pH} < 5,8$ (pH bien).

El 13,9% de canales con $\text{pH} \geq 5,8$ fue casi el doble del 7,1% valor reportado por Brown *et al.* (1990). A su vez, el porcentaje encontrado en el presente trabajo, aunque más bajo, resulta muy cercano al hallado en la Segunda Auditoría de la Cadena Cárnica Vacuna (INAC e INIA, 2008) y más bajo que el 19 % encontrado por Amtmann *et al.* (2006). No obstante y en total acuerdo con lo que señalaban Brown *et al.* (1990), no es adecuado realizar comparaciones directas con otras investigaciones debido a que hay muchas variables en juego y las condiciones en que han sido realizadas las diferentes investigaciones no son siempre comparables.

Descripción de las variables y factores analizados

En el Cuadro 4 se presenta el grado de asociación entre las diferentes variables vinculadas al transporte.

Cuadro 4. Correlaciones entre las variables vinculadas al transporte de los animales.

	dvia	npar	ktot	kcar	ktiec
dvia	1	0.5782	0.8833	0.7593	0.3217
npar	0.5782	1	0.5087	0.5112	0.0063
ktot	0.8833	0.5087	1	0.9279	0.1917
kcar	0.7593	0.5112	0.9279	1	-0.1733
ktiec	0.3217	0.0063	0.1917	-0.1733	1

dvia: duración del viaje (minutos).

npar: número de paradas.

ktot: km recorridos en el viaje.

kcar: km de carretera.

ktiec: km de caminos de tierra.

Como hubo alta asociación entre la duración del viaje con los kilómetros totales recorridos y con los kilómetros de carretera, se realizó un análisis de componentes principales. Se buscó construir una o más variables que resumieran la información del viaje de los animales desde el establecimiento al frigorífico. Esto permitió disminuir la dimensionalidad del problema y evitar dificultades de colinealidad en el modelo. El primer y segundo componente principal explicaron el 85% de la variabilidad en el transporte. El primer componente se puede interpretar como el promedio de todas las variables y el segundo estuvo asociado positivamente a la cantidad de kilómetros de camino de tierra que se recorrieron durante el transporte de los animales a planta, tal como se presenta en el cuadro 5.

En el Cuadro 5 se presentan los coeficientes para las nuevas dimensiones.

Construcción del árbol de decisiones

Se corrió el algoritmo para obtener un árbol de decisiones de pH36c con las especificaciones planteadas en la sección Materiales y métodos. Las variables que ingresaron se presentaron en el Cuadro 3. El árbol que se ajustó se presenta en la Figura 3 y tuvo 18 nodos en total, de los cuales doce son nodos terminales; las características principales de éstos se presentan en el Cuadro 6.

Cuadro 5. Coeficientes de las nuevas dimensiones.

Variables	1	2
dvia	0,527713	0,197037
npar	0,395557	-0,125998
ktot	0,543425	0,037128
kcar	0,511855	-0,303871
ktiec	0,088016	0,922813

dvia: duración del viaje (minutos)

npar: número de paradas

ktot: km recorridos en el viaje

kcar: km de carretera

ktiec: km de caminos de tierra

Siguiendo las ramas que originaron cada uno de los nodos terminales es posible ver que:

En el nodo 3 existió una alta proporción (0,993) de animales que cumplían con las especificaciones; éstos fueron sacrificados en frigoríficos que, aunque no hacían estimulación eléctrica de la canal, tenían muy buenas condiciones de higiene y piso en corrales de espera y sus desembarcaderos tenían paredes. La estimulación eléctrica genera intensa contracción muscular siendo promotora de la glucólisis y del rápido descenso del pH (Soria y Corva, 2004), sin embargo estos animales no necesitaron de este estímulo para lograr un descenso adecuado de pH, no hubo un desgaste excesivo de glucógeno durante la espera ya que no tuvieron dificultades en sus movimientos debido a la acumulación de barro y estiércol, no gastaron energía en estos desplazamientos y además -es de suponer- que aquellos frigoríficos que tenían estas condiciones también mantenían bajo control el resto de los procesos realizados. El 16,6% de los animales pertenecieron a este nodo.

El nodo 4 correspondió a las cruzas y el 5 a las razas británicas; éstas mostraron una mayor proporción de animales con problemas de pH que las cruzas cuando estaban en corrales en condiciones pobres de higiene (0,114 y 0,264, respectivamente). Vale recordar que la variable raza tuvo tres categorías, (1: razas británicas puras; 2: cruzas y 3: Holando); en la categoría 'cruzas' está considerado todo lo que no es británicas puras ni Holando. Se observó interacción significativa entre raza y condiciones de higiene de los corrales de espera ($p < 0,05$). Este resultado

Cuadro 6. Características de los nodos terminales del árbol ajustado para pH36c.

Nodo	Número de animales en el nodo	Proporción de animales con pH inaceptable	Características
3	298	0,007	Animales faenados en frigoríficos que no hacen estimulación eléctrica y tienen paredes en el desembarcadero
4	35	0,114	Animales cruza faenados en frigoríficos con pobres condiciones de higiene en los corrales
5	424	0,264	Animales de razas Hereford y Aberdeen Angus faenados en frigoríficos con pobres condiciones de higiene en los corrales
9	30	0,367	Animales embarcados en embarcaderos en malas condiciones, sin agua, sin sombra y con método de arreo inadecuado
10	35	0	Buen estado del desembarcadero y sin acceso al agua durante el embarque
11	246	0,142	Mal estado del desembarcadero y sin acceso al agua durante el embarque
12	50	0,18	Mucha distancia entre el corral de espera en frigorífico y el cajón de noqueo
13	297	0,034	Menores distancias entre el corral de espera y el cajón de noqueo y buen método de arreo durante el embarque
14	128	0,117	Vacas que no tuvieron acceso al agua durante la etapa de embarque
15	64	0,265	Novillos de más de 3 años que no tuvieron acceso al agua durante el embarque
17	161	0,143	Novillos de 2 a 3 años que viajan distancias cortas al frigorífico
18	32	0,375	Novillos de 2 a 3 años que hacen viaje largo, sin acceso al agua durante el embarque, que son faenados en frigoríficos donde la distancia entre el corral de espera y el cajón de noqueo es mayor

no es acorde con los reportados por Zea *et al.* (2007), quienes en un ensayo factorial 2*3*3 (sexo, raza y alimentación), no encontraron diferencias significativas entre las razas Rubia Gallega, Holstein-Friesian y cruza de ambas sobre el pH; Franco (2010) tampoco encontró efecto del biotipo sobre los valores de pH a las 24 horas, indicando que en su revisión este factor no era importante en la incidencia de cortes oscuros. Sin embargo, Grandin (2000) plantea que sí hay diferencias entre razas y que las cruza Hereford*Angus tuvieron un nivel de cortisol más bajo que cruza entre cualquiera de esas dos razas y Brahman. Es probable que los animales cruza del presente trabajo tuvieran un mayor contenido de reservas que sus contemporáneos puros, explicando de esta forma la menor susceptibilidad a las malas condiciones de los corrales de espera.

En el nodo 9 se encuentra una alta proporción de animales (0,367) que presentaron problemas de pH

en su carne; los animales de este nodo sufrieron malas condiciones de embarque, a su vez, los embarcaderos estaban en mal estado, los animales no tuvieron acceso a agua ni sombra; no se usaron las banderas como método de arreo y recorrieron mayor distancia desde el corral de espera al cajón de noqueo. Esta mayor distancia está asociada a posibilidades de estrés en el animal, conforme recorre un camino en un ambiente que le es desconocido con mayores posibilidades de encontrar distractores tales como objetos, sombras, ruido, brillos, personas que distraen o asustan al ganado (Gallo, 2010). Los resultados de este nodo están de acuerdo con lo planteado por María (2005) y Amtmann *et al.* (2006), respecto a que malas condiciones pre-sacrificio generan estrés en los animales acompañado de un alto gasto energético que agota las reservas de glucógeno en el músculo, traducándose en canales con pH alto.

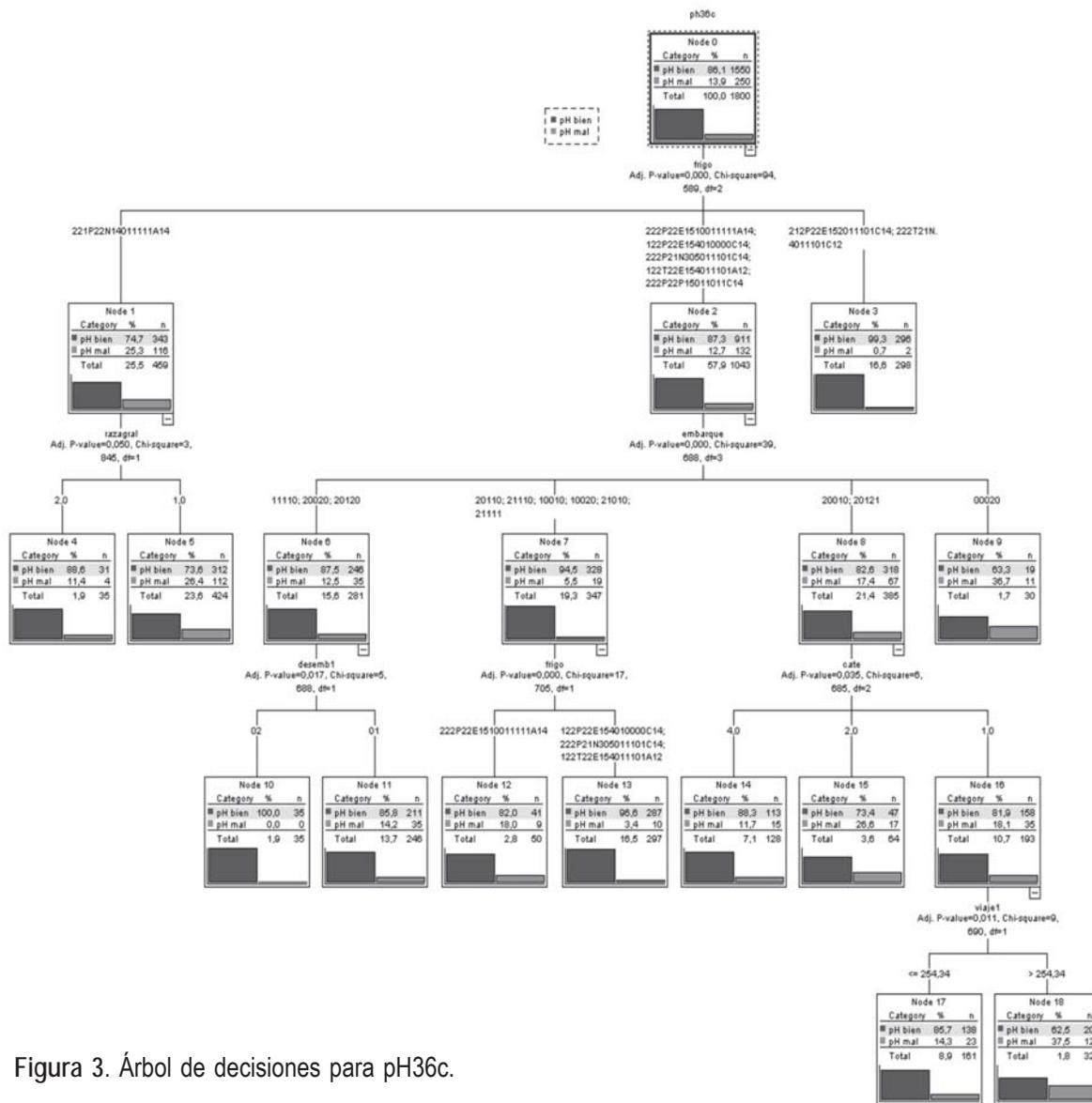


Figura 3. Árbol de decisiones para pH36c.

Las condiciones que originan el nodo 13, fueron las que menos problemas de pH generaron en la carne (proporción 0,034): se utilizó la bandera como método de arreo, los animales fueron sacrificados en frigoríficos con distancias cortas entre corrales de espera y cajón de noqueo; mientras que si esa distancia fue grande la proporción también lo fue (nodo 12, proporción 0,18).

En el nodo 11 se ubicaron los animales que no tuvieron acceso al agua durante el embarque y el desembarcadero estuvo en mal estado, la proporción de animales con pH alto fue de 0,142, mientras

que en el nodo 10, aunque los animales no hubiesen tenido acceso al agua durante el embarque no se registraron problemas de pH porque el desembarcadero estuvo en buen estado. El 13,7% de los animales fueron sacrificados en frigoríficos cuyos desembarcaderos estaban en malas condiciones.

Respecto al acceso al agua durante el embarque, es posible ver que en el nodo 14 estuvieron las vacas (categoría 4) que representaron el 7,1% de los animales que no tuvieron acceso al agua en esta etapa, resultando la proporción de animales con $pH \geq 5,8$ de 0,117. Los novillos de tres o más años

(categoría 2) sufrieron más la falta de agua en el embarque, siendo aquella proporción de 0,266 (nodo 15).

El nodo 16 (no es nodo terminal) correspondió a novillos de dos a tres años y presentó una frecuencia de animales con problemas de pH de 0,181, siendo el 10,7% del total de animales que al embarque no tuvieron acceso al agua. El hecho de que la incidencia sea mayor en novillos de más de tres años, seguida de novillitos y por último vacas, resulta concordante con los resultados de Warriss (1984), Gallo (2003) y Barros (1996), que encontraron mayor incidencia de pH alto en novillos que en vacas. Sin embargo, están en contradicción con los presentados por Brown *et al.* (1990), quienes analizando la incidencia de cortes oscuros según las diferentes categorías, concluyeron que las vacas presentaban más riesgo de incidencia de pH alto que los novillos (0,06 y 0,038, respectivamente). No obstante sí están en concordancia con lo encontrado por Hargreaves *et al.* (2004), quienes reportan mayor porcentaje de rechazos por pH elevado en la categoría machos frente a sus contemporáneas hembras. Este nodo 16 se dividió en dos terminales: nodos 17 y 18 en función del largo del viaje, entendido como el promedio de la duración, distancia recorrida y el número de paradas durante el mismo. Los novillos de dos a tres años son más afectados si el viaje es más largo, la incidencia fue de 0,375 y bajó a 0,143 cuando el largo del viaje fue menor. De todas formas sigue siendo un valor alto, sobre todo si se tiene en cuenta que tiempos de transporte cortos (de hasta cuatro horas) presentan poco efecto sobre el pH, siempre que las condiciones del viaje sean buenas (Grandin, 2000). Resultados similares reporta María (2005), quien encontró escaso efecto del tiempo de transporte si éste era realizado en condiciones adecuadas y en no más de seis horas de duración. Brown *et al.* (1990), también encontraron que distancias muy cortas o muy largas estaban asociadas con alta incidencia de cortes oscuros y que serían necesarias de 24 a 48 horas de espera para que los animales se recuperaran. Hargreaves *et al.* (2004) coinciden en señalar mayor porcentaje de rechazo de canales con pH elevado cuando los animales viajaban mayores distancias y tenían tiempos de espera y ayunos mayores a

un día. Sañudo (1992) y Ciria y Asenjo (2000) señalan que el ayuno sería uno de los principales factores extrínsecos con incidencia en los valores de pH. En el presente trabajo los tiempos de espera fueron de 12 o 14 horas, representativo de lo que normalmente ocurre en el Uruguay (Bianchi y Garibotto, 2004). De todas formas sería conveniente disminuirlo a su máxima expresión, ya que los corrales de espera son lugares donde los animales están hacinados, mezclados con otros animales, privados de agua y alimento, todo les resulta extraño y les genera miedo lo que predispone a situaciones de estrés y por ende a incrementar los problemas de pH (Grandin, 2000).

Conclusiones

En el presente trabajo, se han puesto de manifiesto algunos efectos de ciertos factores, así como interacciones que generan mayores riesgos de canales con pH elevado. Las categorías de factores tales como raza, sexo, categoría y edad han mostrado afectar de forma diferente el pH36c. Los animales expuestos a malas condiciones de manejo pre-sacrificio pudieron sufrir estrés, lo que les generó problemas de pH en la carne.

El largo del transporte, entendido como el promedio de duración del viaje, número de paradas y distancia recorrida, afectó el pH36c. Características del frigorífico, tales como estado e higiene de sus instalaciones, así como distancia entre los corrales de espera y el cajón de noqueo, tuvieron efecto sobre el pH36c. Se considera que este conocimiento es relevante, en la medida que permitiría, en los diferentes eslabones de la cadena cárnica, tomar decisiones de manejo tendientes a corregir y minimizar el impacto negativo sobre la calidad de la canal, con el consiguiente beneficio en el ingreso de divisas al país.

Agradecimientos

Se agradece la colaboración de las empresas y personal de los frigoríficos que hicieron posible la realización de este trabajo: San Jacinto (NIREA S.A.), Casa Blanca (FRICASA), PUL, Tacuarembó MARFRIG GROUP (Establecimientos: Tacuarembó, Colonia, Salto y San José).

Bibliografía

- Amtmann VA, Gallo C, Van Schaik G, Tadich N. 2006. Relaciones entre el manejo antemortem, variables sanguíneas indicadoras de estrés y pH de la canal en novillos. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 38(3): 259 - 264.
- Barros A. 1996. Carnes de Calidad, pH controlado. Montevideo : INAC. 188p.
- Bianchi G. 2005. Características productivas, tipificación de canal y calidad de carne a lo largo de la maduración en corderos pesados Corriedale puros y cruzados en sistemas extensivos. (Tesis doctoral). Zaragoza: Universidad de Zaragoza. 99p.
- Bianchi G, Garibotto G. 2004. Bienestar Animal: La situación en Uruguay. *Serie Técnica (INAC)*, 37:40p.
- Brown S, Bevis E, Warris P. 1990. An estimate of the incidence of dark cutting beef in the United Kingdom. *Meat Science*, 27: 249 - 258.
- Caputi P, Méndez C. 2010. Producción de carne en el mundo y la inserción de Uruguay en el comercio exterior. En: Bianchi G, Feed O. (Eds.). Introducción a la Ciencia de la Carne. Montevideo : Hemisferio Sur. pp. 17 - 49.
- Ciria J, Asenjo B. 2000. Condiciones y técnicas para controlar la calidad del producto: factores a considerar en el presacrificio y postsacrificio. En: Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Madrid: Ministerio de Ciencia y Tecnología, INIA. pp. 17 - 45.
- Franco J. 2010. Importancia de los factores productivos, tecnológicos y de manejo en la calidad de la canal y de la carne vacuna. En: Bianchi G, Feed O. (Eds.). Introducción a la Ciencia de la Carne. Montevideo: Hemisferio Sur. pp. 455 - 494.
- Fratti LA. 2008. Desempeño de la cadena cárnica (enero-noviembre 2008), e impacto de la crisis internacional en el sector. Montevideo: INAC. Consultado 24 agosto 2011. Disponible en: http://archivo.presidencia.gub.uy/_Web/noticias/2008/12/inac_opp.pdf
- Gallo C. 2010. Bienestar animal y buenas prácticas de manejo animal relacionadas con la calidad de la carne. En: Bianchi G, Feed O. (Eds.). Introducción a la Ciencia de la Carne. Montevideo : Hemisferio Sur. pp. 455 - 494.
- Gallo C. 2003. Carnes de corte oscuro en bovinos. *Revista Veterinaria* 2(2): 16-21
- Grandin T. 2000. Livestock handling and transport. Wallingford, Oxon, United Kingdom: CABI Publishing. 464p.
- Grandin T. 1997. Assessment of stress during handling and transport. *Journal Animal Science*, 75: 249 - 257.
- Hargreaves A, Barrales L, Peña I, Larrain R, Zamorano L. 2004. Factores que influyen en el pH último e incidencia de corte oscuro en canales de bovinos. *Ciencia e Investigación Agraria, Revista Latinoamericana en Ciencias de la Agricultura*, 31(3): 155 - 166.
- INAC-INIA (Instituto Nacional de Carnes-Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria). 2008. Segunda auditoría de calidad de la cadena cárnica vacuna del Uruguay 2007-2008. Consultado 12 setiembre 2011. Disponible en: http://www.inac.gub.uy/innovaportal/file/30011/1/auditoria_bovina_2009_web.pdf
- INAC-INIA. 2003. Auditoría de calidad de la carne vacuna. Montevideo: Instituto Nacional de la Carne. 23p.
- María G. 2005. El camino de la trazabilidad N° 52 : Proyecto Europeo CATRA. Zaragoza: Universidad de Zaragoza. Consultado 13 noviembre 2008. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/etologia_y_bienestar/bienestar_en_bovinos/96-transporte_de_ganado_bovino.pdf
- Montossi F, Sañudo C. 2004. Evaluación y promoción de la calidad de la carne u otros productos agroalimentarios uruguayos en base a los estándares de calidad de la Unión Europea y en función de distintos sistemas productivos del Uruguay. Montevideo : INIA. 56p.
- Navajas EA, Burgueño JA, Aldrovandi A, González GE. 1996. Variación en pH post-mórtem en novillos y vacas Hereford: Resultados preliminares. En: Primer Congreso Uruguayo de producción animal : Memorias. AUPA; Facultad de Agronomía. Montevideo. 1996. pp.42-45.
- Page JK, Wulf DM, Schwotzer TR. 2001. A survey of beef muscle color and pH. *Journal of Animal Science* 79: 678-687.
- Sañudo C. 2006. Calidad de la canal y de la carne en los ovinos: factores que la determinan. *Revista Argentina de Producción Animal*, 26(2): 155 - 167.
- Sañudo C. 1992. La calidad organoléptica de la carne con especial referencia a la especie ovina : Factores que la determinan, métodos de medida y causas de variación. En: Curso Internacional de Producción Ovina. Zaragoza: SIA. 117p.
- Soria LA, Corva PM. 2004. Factores genéticos y ambientales que determinan la tempeza de la carne bovina. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 12(2): 73 - 88.
- Tarrant PV, Sherington J. 1980. An investigation of ultimate pH in the muscles of commercial beef carcasses. *Meat Science* 4: 287-297.
- Warriss PD. 1984. The behaviour and blood profile of bulls which produce dark cutting meat. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 35: 863 - 868.
- Zea J, Díaz MD, Carballo JA. 2007. Efecto de la raza, sexo y alimentación en la calidad de la carne de vacuno. *Archivos de Zootecnia*, 56(1): 737 - 743.
- Zimmerman M. 2008. pH de la carne y factores que lo afectan. En: Sañudo Astiz C, González C. (Eds.). Aspectos estratégicos para obtener carne ovina de calidad en el cono sur americano. Tandil : Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. pp. 141 - 153.