

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

IDENTIFICACIÓN Y JERARQUIZACIÓN DE FACTORES Y  
DECISIONES EN LA CADENA CÁRNICA QUE INCIDEN  
SOBRE EL pH DE LA CARNE VACUNA

por

Estela Beatríz PRIORE ESCOBAR

Tesis presentada como uno de los  
requisitos para obtener el título de  
*Magister* en Ciencias Agrarias  
Opción Ciencia Animal

**MONTEVIDEO**

**URUGUAY**

**2010**

Tesis aprobada por:

---

Ing. Agr. (PhD) Laura Astigarraga

---

Med. Vet. (MSci) Dr. Juan Franco

---

Ing Agr. (PhD) Juan Burgueño Ferreira

FECHA: \_\_\_\_\_

AUTOR: \_\_\_\_\_

Ing Agr. Estela Beatríz Priore Escobar

DIRECTOR: \_\_\_\_\_

Ing Agr. (Dr.) Gianni Bianchi Olascoaga

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Dr. Gianni Bianchi, por haberme brindado la oportunidad de realizar este trabajo; por su guía y aportes.

Debo agradecer especialmente la desinteresada colaboración de las empresas y personal de los frigoríficos que hicieron posible la realización de este trabajo, NIREA S.A., PUL, FRICASA, COLONIA y Grupo MARFRIG. A los transportistas de hacienda, productores y consignatarios de ganado por la gentileza al responder las encuestas y aportar la información que se requería. A María Agustina Echenique Itzaina, Gustavo Martín González Rodríguez, María Patricia Blanc Chalkling y Mariana Salsamendi Cabrera, estudiantes de la Facultad de Veterinaria (PLAPIPA) quienes, en el marco de su trabajo final para acceder al título de Doctor en Medicina Veterinaria, relevaron los datos utilizados en el presente trabajo. Este trabajo no hubiese sido posible sin la desinteresada colaboración de todos ellos. Gracias.

A la Dra. Teresita Villar, tutora de mis estudios de maestría, siempre dispuesta al intercambio académico, con la calidad humana que la distingue. Gracias.

Al Dr. Juan Burgueño, un enorme agradecimiento por tu permanente apoyo académico y tu amistad sin concesiones.

A Oscar Bentancur, dispuesto a discutir resultados conmigo y a todas y todos mis compañeros del Departamento de Biometría, Estadística y Cómputo, en particular a Virginia y Alejandra, y a los que han estado siempre dispuestos a aportar comentarios con el ánimo de mejorar este trabajo.

Al Med. Vet. Gerardo Evia y al Ing. Agr. Leonardo Bove por sus aportes vertidos en los seminarios y cada vez que se les requirió. Gracias, siempre ha sido un placer trabajar con ustedes.

*A Martín y Vicky  
Mis mejores maestros en la vida  
Porque si no estás tú no habrá milagro*

## TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
LISTA DE CUADROS.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
<u>I. INTRODUCCIÓN</u> .....	1
<u>II. ANTECEDENTES</u> .....	4
A. PROBLEMAS DE pH .....	5
B. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DEL pH .....	5
C. FACTORES QUE AFECTAN EL pH DE LA CARNE .....	11
<u>III. MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	13
<u>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	21
A. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE pH .....	21
B. IDENTIFICACIÓN Y JERARQUIZACIÓN DE FACTORES .....	24
1. Descripción de las variables y factores analizados.....	24
2. Construcción del árbol de decisiones para pH36p.....	25
3. Construcción del árbol de decisiones para pH36c.....	30
C. SENSIBILIDAD Y ESPECIFICIDAD EN LA CLASIFICACIÓN .....	36
<u>V. CONCLUSIONES E IMPLICANCIAS PRÁCTICAS</u> .....	39
<u>VI. BIBLIOGRAFÍA</u> .....	41
<u>VII. ANEXOS</u> .....	47
A. FORMULARIOS DE ENCUESTAS .....	47
B. VARIABLES RELEVADAS Y CÓDIGOS UTILIZADOS.....	54
C. CONFORMACIÓN DE GRUPOS A PARTIR DE LAS VARIABLES ORIGINALES	

D. INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES DE LA REVISTA AGROCIENCIA ....	66
E. ARTÍCULO A PRESENTAR EN REVISTA AGROCIENCIA.....	69

### LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Rango de Incidencia de canales con pH >5,8 medida en porcentaje, por categoría. ....	9
Cuadro 2. Valores de pH en canales de vacas y novillos en Uruguay. ....	10
Cuadro 3. Número de registros completos por mes según características de frigorífico. ....	14
Cuadro 4. Variables utilizadas en el análisis.....	16
Cuadro 5. Posibilidades de aciertos y errores en el proceso de clasificación. ....	19
Cuadro 6. Intervalo de confianza de Chebishev (65 %) para la población de animales con pH menor a 5,8 y para la población de animales con pH mayor o igual a 5,8. ....	22
Cuadro 7. Correlaciones entre las variables vinculadas al transporte de los animales. ....	24
Cuadro 8. Coeficientes de las nuevas dimensiones.....	25
Cuadro 9. Características de los nodos terminales en el árbol ajustado para pH36p.....	27
Cuadro 10. Intervalo de 65 % de confianza de Chebishev para la población de animales que estuvo bajo las condiciones de cada nodo terminal en el árbol ajustado para pH36p. ....	28
Cuadro 11. Características de los nodos terminales del árbol ajustado para pH36c.....	31
Cuadro 12. Sensibilidad (Sen) y Especificidad (Esp) asociadas a 6 costos relativos de mala clasificación utilizando el árbol pH36c ajustado.....	37

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de pH de canales en Irlanda. ....	6
Figura 2. Distribución de pH de canales en USA. ....	7
Figura 3. Distribución de pH de canales en Reino Unido.....	8
Figura 4. Solapamiento de las funciones de densidad de ....probabilidades de canales con pH < 5,8 y canales con pH ≥ 5,8. ....	19
Figura 5. Distribución del pH a las 36 horas (pH36p). ....	21
Figura 6. Porcentaje de canales según nivel de pH.....	23
Figura 7. Árbol de decisiones para pH36p.....	26
Figura 8. Árbol de decisiones para pH36c. ....	32

## RESUMEN

En el mundo, la carne vacuna es la tercera fuente en importancia de proteína animal. Por características físicas, climáticas y ambientales, Uruguay está especializado en producción ganadera, de la cual exporta más del 70 %. Los mercados donde se obtiene el mayor precio son muy exigentes en calidad, siendo el pH el atributo más relevante: en dichos mercados no se admite carne con valores de  $\text{pH} \geq 5,8$ , ya que a pH menor se inactiva el virus de la Aftosa y a pH mayor se desmerece la presentación del producto y reduce su vida útil. El objetivo del presente trabajo fue identificar los factores con efecto más significativo sobre el pH de la carne medido a las 36 h, así como interacciones complejas entre ellos. Se contó con 1800 registros completos de animales sacrificados en 7 frigoríficos que explicaban más del 50 % de la faena del Uruguay. Se analizaron los datos ajustando dos árboles de decisiones: algoritmo CART para la variable pH36p, pH a las 36 horas pos-sacrificio y CHAID exhaustivo para pH36c, proporción de animales con  $\text{pH} \geq 5,8$ . En ambos casos se observó que en frigoríficos con buenas condiciones de higiene en los corrales de espera y distancia entre éstos y el cajón de noqueo de a lo sumo 50 metros, se registraba baja incidencia de problemas de pH en la carne. La falta de agua durante el embarque afectó más a novillos de más de 3 años, que a vacas y novillitos de 1 a 3 años. Se determinó que animales de razas británicas puras (Hereford y Aberdeen Angus), resultaron más afectados por la falta de higiene en los corrales de espera, frente a las cruza británicas y continentales. Un inadecuado método de arreo y mal estado del desembarcadero, al igual que tiempos de transportes mayores generaron altas proporciones de animales con  $\text{pH} \geq 5,8$  en carne. Las características del frigorífico, propias de los animales, de manejo en embarque y desembarque y asociadas al transporte tuvieron efectos que - interactuando - afectaron el pH de la carne medido a las 36 h. Se discuten las implicancias prácticas de este trabajo.

Palabras clave: pH final, proceso transporte, canal vacuna

## ABSTRACT

Worldwide beef meat is the third source of animal protein. Due to its weather, climate and geography features, Uruguay is specialized in cattle meat production, from which 70 % is exported. Markets that pay the highest price, demand high quality, and pH is the most relevant feature, those markets do not admit  $\text{pH} \geq 5.8$ . These values diminish the marketing qualities of the product and reduce its viability. This work goal was identifying the factors that have a significant effect on meat pH, measured 36 h after slaughtering; and also the complex interactions between them. 1800 complete measurements from animals, slaughtered in 7 plants, which represented 50% of slaughtering in Uruguay, were used. Data analysis was performed fitting decision trees: CART algorithm for the variable pH 36p, 36 hours post slaughtering, and CHAID exhaustive for pH 36c, percentage of animals with  $\text{pH} \geq 5.8$ . In both cases, plant with good hygienic conditions in the holding pens, and also distance between them and the stunning box of 50 meters at most, showed less impact on pH. Lack of water, during mustering and yarding, affected more steers 3 years old or older, than cows and steers between 1 and 3 years. Showed that pure British breeds (Hereford and Aberdeen Angus), were more affected by lack of hygiene in holding pens, than British crossbreeds and continental breeds. An inappropriate way of mustering animals, bad lairage conditions and trips of more than 250, yield high percentages of animals with  $\text{pH} \geq 5.8$ . Plants features, animals' own characteristics, mustering and yarding, both at the farm gate and the plant gate, and associated with transport, had effects that interacting affected beef meat pH measured at 36 h after slaughter. Multivariate analysis showed some interactions that affected certain groups. Practical consequences that came out of this work should be discussed.

Key words: ultimate pH, dark meat, transport.

## I.INTRODUCCIÓN

Uno de los indicadores del grado de desarrollo económico y de bienestar de los habitantes de un país es el consumo de proteína animal. En el quinquenio 2004 - 2008, considerando las 4 especies productoras de carne más importantes (suinos, aves, bovinos y ovinos), la producción bovina ocupó el tercer lugar en el mundo, casi 58 millones de toneladas, de las cuales se comercializó internacionalmente el 13 % (Caputi y Méndez, 2010). Debido a la semejanza en su composición con las proteínas humanas, la carne bovina es una fuente de proteínas de alto valor biológico para el hombre (Warris, 2003). En Uruguay, país especializado en ganadería, la producción de carne bovina es la más importante; el 83 % del total de carnes producidas en el mismo período (2004 – 2008) fue carne bovina, exportándose alrededor del 70 % (Caputi y Méndez, 2010), sugiriendo la importancia de satisfacer los requisitos de calidad de los mercados externos.

Dentro de los atributos de calidad de la carne el pH final es considerado el más importante por tres motivos: un primer motivo es sanitario ya que a  $\text{pH} < 6$  se inactiva el virus de la Aftosa. En segundo lugar, el pH tiene alta asociación positiva con el color oscuro y negativa con su vida útil; las carnes de color oscuro son rechazadas por los consumidores, que las perciben como carne que no es fresca y/o proviene de animales viejos y - por ende - menos tierna (Dikerman, 1990; Sañudo, 1992); a éstas se las denomina carnes DFD (*dark, firm, dry*) o DCB (*dark, cutting, beef*). Por otra parte, es un atributo de gran importancia para la industria desde un punto de vista tecnológico ya que interviene en las características organolépticas de la carne y en la posibilidad de ser transformada en otros productos procesados, ya que - directa o indirectamente - determina además del color, la ternura, el sabor, la capacidad de retención de agua y el tiempo de conservación. (Grandin, 2000; Tarrant, 1989, citado por Navajas, 2000; Zimerman, 2008).

La bibliografía utilizada en el presente trabajo fue analizada buscando identificar aquellos factores que inciden en el pH final de la carne. En este sentido, se menciona la

acción de muchos factores y a veces en forma contradictoria; en la mayoría de los casos se han utilizado técnicas de análisis univariadas analizándose efectos principales o - a lo sumo - algún factorial con interacciones de primer orden. En algunas de ellas se ha concluido que el pH es afectado por múltiples factores que interactúan y son en definitiva los que determinan la respuesta (Brown *et al.*, 1990; Navajas, 2002; Bianchi, 2005). Sin embargo, en todos los trabajos consultados se señala que el estrés es un factor que genera problemas de pH final en la carne. Cuando el animal es destinado a sacrificio, comienza a pasar por una serie de etapas que le son desconocidas y le generan miedo; el miedo es un factor que puede generar mucho estrés (Grandin, 1997), ocasionando cambios fisiológicos importantes: Grandin (2000), reporta aumentos de hasta 66 % en la concentración sanguínea de cortisol y aumentos muy importantes en el ritmo cardíaco, liberación de catecolaminas que producen un aumento de la glucosa, ácidos grasos volátiles ( $\beta$ -hidroxibutirato) e indicadores enzimáticos de ejercicio violento, daño muscular y por lo menos pérdida de bienestar como la creatinfosfoquinasa (CK), María, (2005). En definitiva, todos aquellos factores que estresen a los animales tendrían incidencia sobre la aparición de carnes con  $\text{pH} \geq 5,8$ .

El objetivo del presente trabajo fue identificar y jerarquizar los factores que inciden sobre el pH de la carne medido a las 36 h post-sacrificio.

Las hipótesis que se plantearon fueron:

1. Factores tales como raza, sexo, categoría y edad, tienen efecto sobre el nivel de estrés de los animales.
2. Las condiciones de manejo pre-sacrificio que provocan estrés en los animales tales como tipo de alimentación, inadecuados métodos de arreo, falta de sombra y agua durante el embarque, embarcaderos en malas condiciones, afectan el pH de la carne.
3. Las características del transporte de los animales al frigorífico, tales como distancia a recorrer, tipo de camión, tipo de camino, densidad de animales en la jaula, etc. afectan el pH de los animales.

4. El manejo en el frigorífico, así como características del mismo, afectan el pH de la canal.

## II. ANTECEDENTES

Durante la transformación del músculo en carne apta para el consumo, transcurre un cierto tiempo en el que ocurren cambios físicos y bioquímicos. La canal se enfría, se pone rígida, la superficie sufre cierta desecación y la grasa se vuelve más consistente; simultáneamente ocurren cambios no visibles directamente tales como la acidificación, desarrollo y posterior resolución del *rigor mortis* y maduración.

La principal fuente de energía para mantener la integridad funcional de los músculos es el adenosín trifosfato (ATP), obtenido a través de tres vías: si el animal tiene un buen nivel alimenticio lo obtiene de la glucosa circulante en la sangre; si está en ayuno lo obtiene de los ácidos grasos provenientes de la utilización del tejido graso de reserva y si la velocidad de utilización de la glucosa o ácidos grasos no es suficiente para atender las demandas del músculo lo obtiene del glucógeno almacenado en los músculos. Por otra parte, el glucógeno muscular será utilizado en el metabolismo glicolítico para obtener energía, toda vez que el animal se enfrente a una amenaza que le genere miedo ya que éste conlleva la secreción de adrenalina la cual promueve la lisis del glucógeno (Warris, 2003).

Cuando el animal está vivo el pH en los músculos es prácticamente neutro, entre 7 y 7,3; en condiciones de equilibrio fisiológico, homeostasis, la respiración aporta el oxígeno necesario en los procesos metabólicos de generación de energía; en ellos el glucógeno se degrada a agua y anhídrido carbónico con importante liberación de ATP. Con el desangrado y muerte se interrumpe la respiración y la circulación de la sangre, no llega oxígeno a los músculos lo que determina condiciones de anaerobiosis, en estas condiciones el glucógeno se degrada a ácido láctico. Éste no puede ser transportado al hígado para ser utilizado en la síntesis de glucosa y glucógeno por lo que se acumula y provoca el descenso del pH; este descenso es un proceso necesario y fundamental para un adecuado proceso de transformación del músculo en carne (Schreurs, 2000; Warris, 2003). Es necesario que la disminución del pH sea a una velocidad tal que entre las 6 y

12 h post-sacrificio se llegue a valores de 5,5 – 5,7, y luego el descenso se haga más lento de modo que se estabilice a las 24 h post-mórtem en valores de aproximadamente 5,5 luego de la inhibición de algunas enzimas glucolíticas (Bianchi, 2005).

#### A. PROBLEMAS DE pH

La alteración del descenso normal del pH puede generar carnes de mala calidad. Si el pH final es demasiado bajo se pueden dar problemas de carnes pálidas de superficie exudativa a las que se conoce como carnes PSD (*Pale, Soft, Exudative*); por el contrario si el pH final es alto, éste determina una mayor capacidad de retención de agua y por ende mayor absorción de luz dando lugar a la aparición de carnes oscuras con superficie de corte muy seca a las que se conoce como carnes DFD, (*Dark, Firm, Dry*), (Bianchi, 2005). Los mercados más exigentes no admiten carne vacuna con valores de  $\text{pH} \geq 5,8$ . Este límite es una protección sanitaria ya que a pH menores a 6 se inactiva el virus de la Aftosa. Por otro lado, si el  $\text{pH} \geq 5,8$  afecta la vida útil de la carne enfriada, que es la de mayor valor. Es en estos mercados que el producto uruguayo obtiene los mejores precios y por tanto genera más divisas para el país.

#### B. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DEL pH

La distribución de frecuencias de esta característica ha sido estudiada en diferentes países productores de carne, lo que permite conocerla más y visualizar la incidencia del problema de pH alto. Tarrant y Sherington (1980) y Page et al. (2001) citados por Navajas (2002), reportaron la siguiente distribución en Irlanda (Figura 1) y USA (Figura 2).

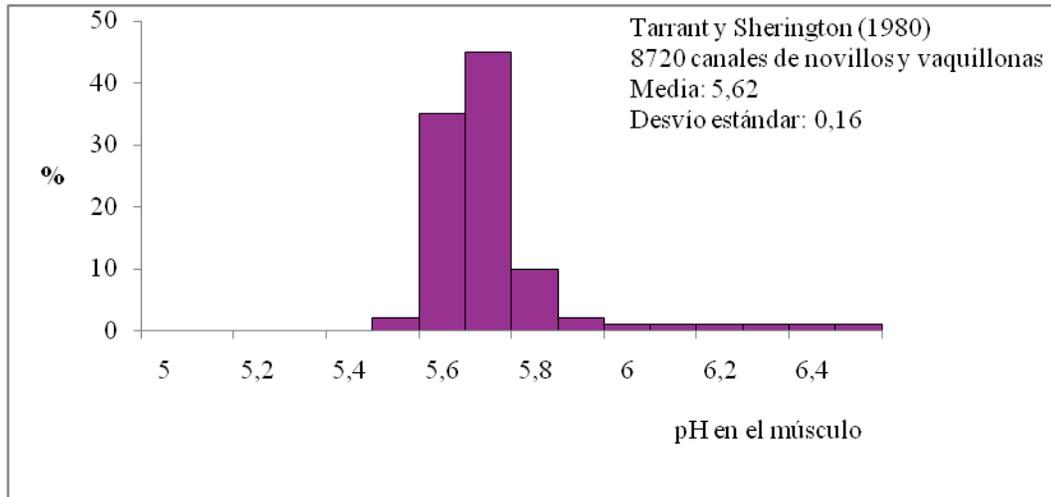


Figura 1. Distribución de pH de canales en Irlanda

Fuente: elaborado a partir de Navajas, (2002)

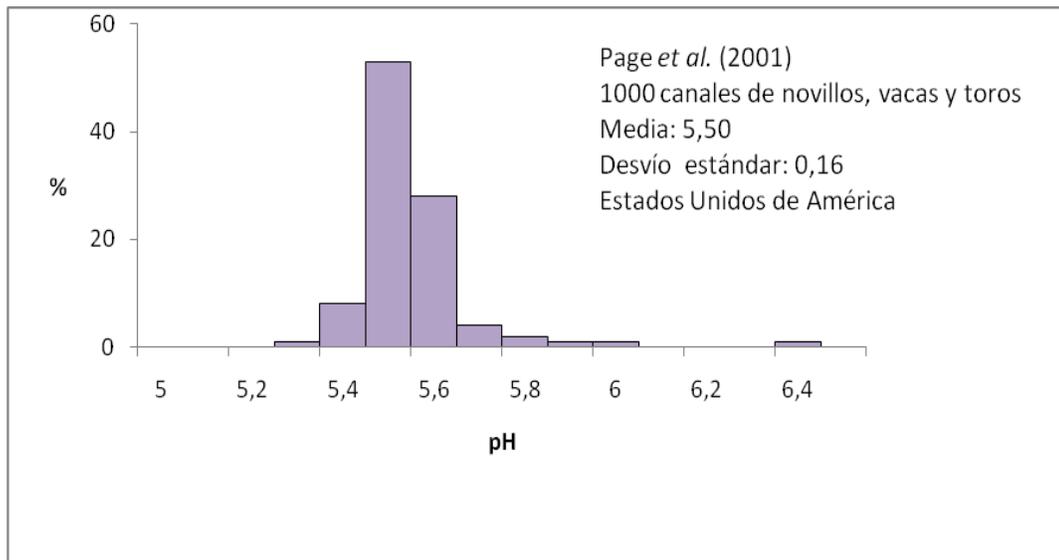


Figura 2. Distribución de pH de canales en USA

Fuente: elaborado a partir de Navajas, (2002)

Los autores encontraron que entre el 70 y el 80 % de los animales faenados tenían pH entre 5,4 y 5,6 y sólo entre el 2,4 y 3,2 % de las canales presentaban valores de pH por encima de 5,8 considerado como valor máximo aceptable. Estos porcentajes son más bajos que los encontrados en Reino Unido por Brown *et al.*, (1990) quienes reportan una incidencia de 7,1 % de pH por encima del valor 5,8. La distribución de frecuencias se presenta en la Figura 3.

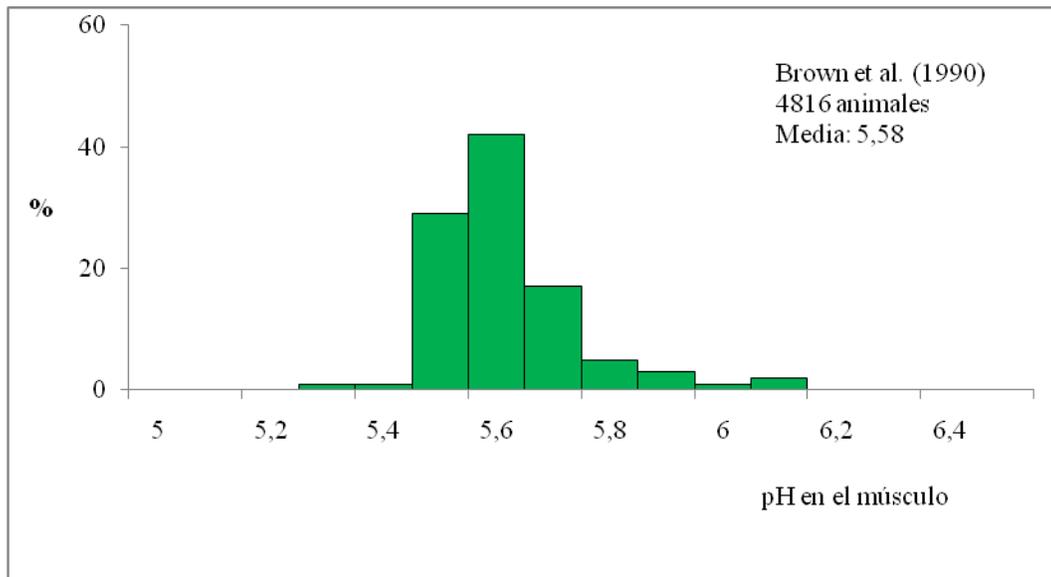


Figura 3. Distribución de pH de canales en Reino Unido

Fuente: elaborado a partir de Brown *et al.*, (1990)

La incidencia de problemas de pH alto en canales de toros, vacas y vacas castradas fue estudiada por Warris (1990), presentándose en el Cuadro 1 los resultados de este estudio.

**Cuadro 1.** Rango de Incidencia de canales con pH >5,8 medida en porcentaje, por categoría.\*

Categoría	Incidencia (%)
Toros	3,6 – 26
Vacas	5,9 – 13
Vacas castradas	2,4 – 3,7

\*Fuente: datos tomados de Warris, (1990).

En Nueva Zelandia - en la década de los 90 - se encontraron valores de incidencia de pH > 5,8 más altos que los reportados por Warris (1990). Graafhuis y Devine (1994) y Smith *et al.* (1996), citados por Navajas (2002), reportan que 30 % de 3000 canales y 8 % de 16905 canales analizadas (en uno y otro estudio, respectivamente), presentaban pH  $\geq 5,8$ .

En Uruguay, Navajas *et al.* (1996) reportaron valores de incidencia de pH > 5,8 cercanos al valor máximo hallado por Warris (1990) en toros y vacas, presentándose en el Cuadro 2 los resultados de aquellos autores.

**Cuadro 2.** Valores de pH en canales de vacas y novillos en Uruguay.\*

	Vacas	Novillos
Media	5,67	5,81
Desvío Estándar	0,24	0,31
Coefficiente de Variación (%)	4,19	5,30
pH $\geq$ 5,8 (%)	10,70	25,4

\*Fuente: Navajas *et al.*, (1996).

En Uruguay, en el año 2003, se publicaron los resultados de la Primera Auditoría de Calidad de Carne Vacuna, donde - entre otras cosas - se reportaron las pérdidas económicas debidas a diferentes problemas de calidad. En ese estudio el pH elevado y por lo tanto el color oscuro de la carne, aparecía como uno de los problemas más importantes a resolver por toda la cadena cárnica. El 23 % de las canales evaluadas constituyeron rechazo (pH > 5,8). Las pérdidas de valor por causa de defectos identificados se evaluaron en 32,5 USD/animal, de los cuales 14,5 USD (el 43 % de lo que se perdía por animal), correspondían al problema de cortes oscuros (INAC/INIA, 2003 a).

Los resultados de la Segunda Auditoría de Calidad de Carne Vacuna se publicaron en el año 2008 (INAC, 2008); en este nuevo estudio, se muestrearon el 18,5 % de los 28323 animales sacrificados (primavera 2007 y otoño 2008), encontrándose que el 15 % de las canales fueron rechazo (pH  $\geq$  5,8). Si bien este valor es inferior al encontrado en la primera auditoría, todavía se considera que el pH elevado y el color oscuro de la carne, son características que permanecen como problemas importantes a resolver por toda la cadena cárnica.

### C. FACTORES QUE AFECTAN EL pH DE LA CARNE

Como el pH de la carne está asociado al contenido de glucógeno en el músculo en el momento del sacrificio (Navajas, 2002), y el glucógeno se utiliza sólo si la velocidad de utilización de ácidos grasos y glucosa no permite el suministro de suficiente energía para satisfacer las demandas (Warris, 2003), la cantidad de glucógeno que haya en el momento inmediato anterior al sacrificio dependerá de forma sustancial de todos los factores que causan estrés físico y fisiológico a los animales; todos aquellos factores que afecten el nivel de glucógeno en músculo llevan a que haya un sustrato pobre para la glicólisis, lo que resultará en una baja concentración de ácido láctico y por tanto un pH final alto en la carne y presencia de cortes oscuros.

La bibliografía es consistente en señalar que cuando el animal es sacrificado, la concentración de ácido láctico que se logra es afectada por las condiciones de manejo previo a que se somete a los animales: si le generan estrés - ya sea físico o fisiológico - se estará frente a problemas de pH alto en la carne.

Las causas pueden ser múltiples:

- Factores propios del animal como efecto del individuo, sexo, categoría (Brown *et al.*, 1990; Navajas *et al.*, 1996; Zea *et al.*, 2007).
- Factores que tienen que ver con el sistema de producción como la alimentación, pastoreo o *feed-lot*, manejo de los animales (Carduz, 1996; Bianchi, 2005; Amtman, 2006).
- Factores de manejo pre-sacrificio que generen estrés, asociados al transporte, al manejo en corrales, tipo y estado de las instalaciones (Sañudo, 1992; Grandin, 1997; Grandin, 2000; Lizondo, 2000; María, 2005).
- Factores de manejo post-sacrificio (Bianchi, 2005).

Debido a la cantidad de factores que están en juego, se hace muy difícil determinar y controlar las causas que predisponen a la aparición del problema (Brown *et al.*, 1990).

Grandin (1997), enfatiza que existen interacciones complejas entre factores genéticos, aquellos propios del animal y experiencias previas de manejo que hayan expuesto al animal a condiciones que le generen miedo y por ende estrés.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

Se procedió a elaborar una encuesta que contemplara 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 medida de calidad de la carne. Para ello se encuestó 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 (ver formularios de encuestas en ANEXO A y variables relevadas en ANEXO B). Las encuestas fueron realizadas por un grupo de 4 estudiantes de la Facultad de Veterinaria (PLAPIPA), en el marco de su trabajo final para acceder al título de Doctor en Medicina Veterinaria: María Agustina Echenique Itzaina, Gustavo Martín Gonzalez Rodriguez, María Patricia Blanc Chalkling y Mariana Salsamendi Cabrera.

Para el presente trabajo sólo se consideraron los datos de faena convencional, ya que los registros de faena ritual eran pocos, menos del 5% en la base de datos original.

La variable de interés fue el pH de la carne de todos los animales de las tropas relevadas. Se realizó la determinación siempre sobre el músculo, *Longissimus dorsi*, registrando pH final a las 36 h post-mórtem.

Se tomó el promedio de ambas canales de un animal y se hizo un análisis descriptivo de la variable pH promedio a las 36 h (pH36p); se calculó media y desvío estándar y se graficó el histograma de frecuencias relativas.

Dado que los mercados exigen pH menores a 5,8 se categorizó la variable asignando el valor 0 a todas las canales que cumplían con este requisito y 1 a las que no cumplían (pH36c); para la variable categorizada se hizo un gráfico de pastel que representó el porcentaje de animales con pH mal y con pH bien ( $\text{pH} \geq 5,8$  y  $\text{pH} < 5,8$ , respectivamente).

Luego, con el objetivo de disminuir las dimensiones, se hizo un agrupamiento de las variables relacionadas a la misma etapa del proceso, siempre teniendo en cuenta la disponibilidad de información suficiente de forma que en cada grupo hubiera un número de animales “representativo” (ver ANEXO C).

En el Cuadro 3 se presentan los registros capturados en los diferentes establecimientos de faena.

**Cuadro 3.** Número de registros completos por mes según características de frigorífico.

Código de frigorífico*	Mes						Total
	Febrero 2009	Abril 2009	Julio 2008	Agosto 2008	Setiembre 2008	Noviembre 2008	
122P22E154010000C14	-	-	-	-	-	280	280
122T22E154011101A12	-	-	79	-	-	-	79
212P22E152011101C14	60	-	-	-	-	-	60
221P22N14011111A14	-	459	-	-	-	-	459
222P21N305011101C14	330	-	-	-	-	-	330
222P22E1510011111A14	-	-	-	-	-	318	318
222P22P15011011C14	-	-	-	36	-	-	36
222T21N.4011101C12	-	-	-	-	238	-	238
<b>Total</b>	390	459	79	36	238	598	1800

\*Ver ANEXO C, Cuadro 1: Características de frigorífico, para la descripción de los códigos.

Como cada frigorífico estuvo relevado sólo en un mes, estos dos factores, frigorífico y mes, tienen sus efectos confundidos por lo que se decidió tomar las características de frigorífico para conformar los 8 grupos que finalmente ingresaron al análisis.

Los registros de toros y novillitos de menos de un año sólo representaban 0,04 y 1 % respectivamente del total de registros de la base de datos, razón por la que se decidió excluirlos del análisis.

Respecto al transporte de los animales, se contemplaron las recomendaciones de la Asociación de Transportistas de Hacienda, (AUTHA), para diferentes rangos de pesos, en los intervalos: 395 - 404 kg a 485 - 504, se conformaron 3 categorías de densidad (animales/m<sup>2</sup>) en los camiones que transportaron los animales a frigorífico: baja si era menor a 0,82, bien si estaba en el rango 0,82 – 1,06 y alta si era mayor a 1,06.

Las variables que finalmente ingresaron al análisis se presentan en el Cuadro 4. La base de datos quedó conformada por registros completos de 1800 animales que fueron sacrificados en 7 frigoríficos que en su conjunto representaron más del 50 % de la faena del Uruguay.

**Cuadro 4.** Variables utilizadas en el análisis.\*

Tipo de variable	Variable
Continuas	Tasa de faena: Animales faenados sobre capacidad de faena del frigorífico (tfae)
	Porcentaje de animales astados en el camión (past)
	Tiempo: tiempo de descarga en frigorífico (tdes) + tiempo desde arribo a descarga (tard)
	Tiempo de encierro (tenc)
	Componente principal 1: (Viaje 1)
	Componente principal 2: (Viaje 2)
Discretas	Tasa de faena categorizada (tfaena) (Cuadro 2)
	Categoría (cate) (Cuadro 9)
	Mezcla de animales (mezc) (0: no; 1: sí)
	Características de Frigorífico (frigo) (Cuadro 1)
	Embarque (embarque) (Cuadro 8)
	Raza general (raza_gral) (Cuadro 10)
	Camión (tipo de camión) (1: con zorra 2:simple o semirremolque )
	Densidad de animales/metro cuadrado de jaula, 3 categorías (baja, bien, alta)
	Separadores (sepa) (0: no; 1: sí)
	Estado del camión (ecamion) (Cuadro 5)
	Desembarque 1 (desemb1) (Cuadro 3)
Desembarque 2 (desemb2) (Cuadro 4)	
Alimentación (alimento) (Cuadro 11)	

\*Ver cuadros referenciados con la codificación en Anexo C

Una vez reducido el número de variables y codificadas, se ajustó un árbol de decisiones, tanto para pH36p como para pH36c, utilizando el Procedimiento Decision

Tree del programa SPSS, V. 18. Estos métodos no paramétricos de análisis, son parte del aprendizaje automatizado; exploran la base de datos usada con el objetivo de encontrar patrones y reglas de clasificación. Dado un conjunto de datos  $D = (X, Y)$ , donde  $Y$  es la variable a explicar y  $X = (X_1, \dots, X_k)$  es un conjunto de  $k$  variables que describen a los individuos, el objetivo del árbol es explicar los valores de  $Y$  a partir de los valores observados de las variables  $X$ .

En el caso de la variable continua, pH36p, se utilizó el algoritmo CRT (Classification and Regression Trees), mientras que para la variable categorizada, pH36c, se utilizó el algoritmo CHAID exhaustivo (Chi-squared Automatic Interaction Detection). El objetivo de ambos algoritmos es clasificar a los individuos observados en alguno de los  $J$  grupos conformados a los que se les llama nodos. Los individuos que componen un nodo son clasificados como semejantes. Con el algoritmo se logró una partición recursiva del espacio de las variables explicativas a partir de un conjunto de reglas de decisión; las variables que primero se usaron son aquellas que tuvieron mayor importancia y aportaron más información para la explicación de  $Y$ . Cuando hacer una nueva división de un nodo no mejoró la clasificación, entonces no habían más particiones posibles para hacer y ese nodo se constituye en nodo “terminal”; si en el nodo hay animales de una sola clase, por ejemplo todos los animales del nodo, posmórtem tuvieron pH promedio en sus dos canales menor a 5,8, entonces se dice que ese es un nodo puro, de otra manera es impuro. La impureza es una medida de variabilidad; para determinar en qué momento se detiene la división, el algoritmo CRT, utiliza el grado de impureza: cuando la caída de la impureza que se logra dividiendo el nodo es menor a un valor previamente establecido, el proceso de división se detiene ya que la mejora debido a la partición no es significativa. En este trabajo se fijó una caída de la impureza de 0,001 como mejora significativa. CRT construye un árbol binario ya que en cada etapa divide un nodo en dos nodos hijos, mientras que CHAID construye un árbol  $n$ -ario: en cada etapa puede dividir un nodo en 2 ó más en función de cuántas categorías de la variable  $X$  son significativas. El procedimiento que sigue este algoritmo es el siguiente: construye tablas de contingencia cruzando las categorías de pH36c (menor a

5,8 y mayor o igual a 5,8) con las categorías de la variable independiente en cuestión; a continuación calcula el valor de chi-cuadrado, si es significativo determina la o las categorías que producen la significancia y divide el nodo de acuerdo a ellas, resultando tantos nodos hijos como categorías significativas de X hubieron; para esa variable, las categorías que no son significativas son fusionadas en una sola. En este trabajo se fijó un nivel de significancia de 0,05.

En ambos algoritmos, para validar el árbol resultante se utilizó el método de validación cruzada con 10 grupos. El método dividió la base de datos en 10 grupos o pares de muestras; un miembro del par correspondió a 1620 animales (1800-180) que integraron la llamada muestra de entrenamiento; el otro miembro del par correspondiente a los 180 datos excluidos fue la muestra utilizada para validación. Con la muestra de entrenamiento, el método ajustó el árbol de decisiones y con éste predice los valores de pH de la muestra de validación. Con las diferencias entre los valores observados y los predichos se calcula el riesgo de mala clasificación que tiene ese árbol; este proceso se repite en los diez pares de muestras. De los 10 árboles así generados, el algoritmo elige como mejor modelo para la clasificación, el que tiene menor riesgo y le asigna como valor de riesgo el promedio de riesgo de todos los árboles.

Cuando se clasifica la canal de acuerdo al pH, en producto conforme (si su pH es menor a 5,8) o producto no conforme (si su pH es mayor o igual a 5,8), el proceso tiene asociado el riesgo de cometer dos posibles errores. Asumiendo que el mayor interés es predecir canales con pH no conforme, se tomó esta clase como referencia. El esquema se presenta en el cuadro 5.

**Cuadro 5.** Posibilidades de aciertos y errores en el proceso de clasificación.

		Observado	
		$\text{pH} < 5,8$	$\text{pH} \geq 5,8$
Predicho	$\text{pH} < 5,8$	Negativo	Falso negativo
	$\text{pH} \geq 5,8$	Falso positivo	Positivo

Es posible clasificar como no apta para la exportación ( $\text{pH} \geq 5,8$ ) una canal que en realidad lo es, y estar dando un resultado Falso positivo, así como también es posible clasificar una canal como apta para la exportación cuando en realidad su pH es mayor o igual al valor crítico 5,8 y debió clasificarse como producto no conforme y por lo tanto dar un Falso negativo. La clasificación tendría validez perfecta cuando los falsos positivos y los falsos negativos son iguales entre sí e iguales a 0

En una muestra en particular, no es posible disminuir ambas proporciones simultáneamente por lo que se debe establecer la importancia relativa de cada uno de ellos. Gráficamente la situación se presenta en la Figura 4.

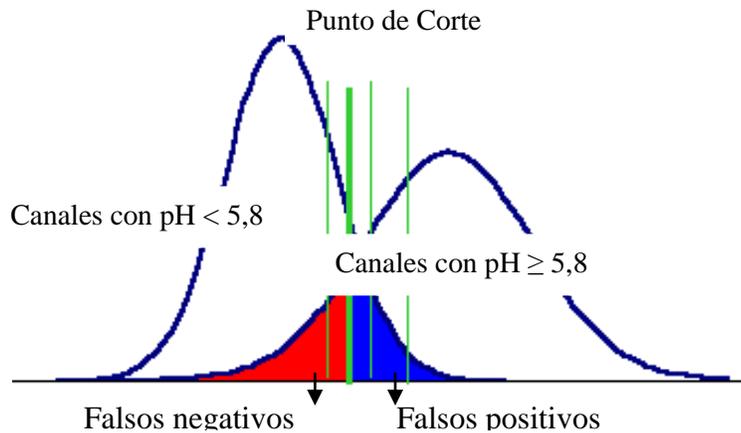


Figura 4. Solapamiento de las funciones de densidad de probabilidades de canales con  $\text{pH} < 5,8$  y canales con  $\text{pH} \geq 5,8$ .

Si el punto de corte de ubica más a la derecha disminuyen los falsos positivos pero aumentan los falsos negativos.

Para determinar la validez de la clasificación, en el presente trabajo, se utilizaron dos índices:

1.Sensibilidad (Sen) o proporción de verdaderos positivos como la probabilidad de que se clasifique con  $\text{pH} \geq 5,8$  dado que efectivamente su pH es mayor o igual al crítico.

2.Especificidad (Esp) o proporción de verdaderos negativos definida como la probabilidad de que la canal sea clasificada con  $\text{pH} < 5,8$  condicionada a que en la realidad su pH sea menor al crítico.

Estos dos índices pueden tomar valores entre 0 y 1 y se estiman como:

$$\text{Sen} = \frac{\text{Positivo}}{\text{Falso negativo} + \text{Positivo}}$$

$$\text{Esp} = \frac{\text{Negativo}}{\text{Negativo} + \text{Falso Positivo}}$$

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### A. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE pH

La distribución de pH a las 36 h post-mórtem (pH36p) se presenta en la Figura 5.

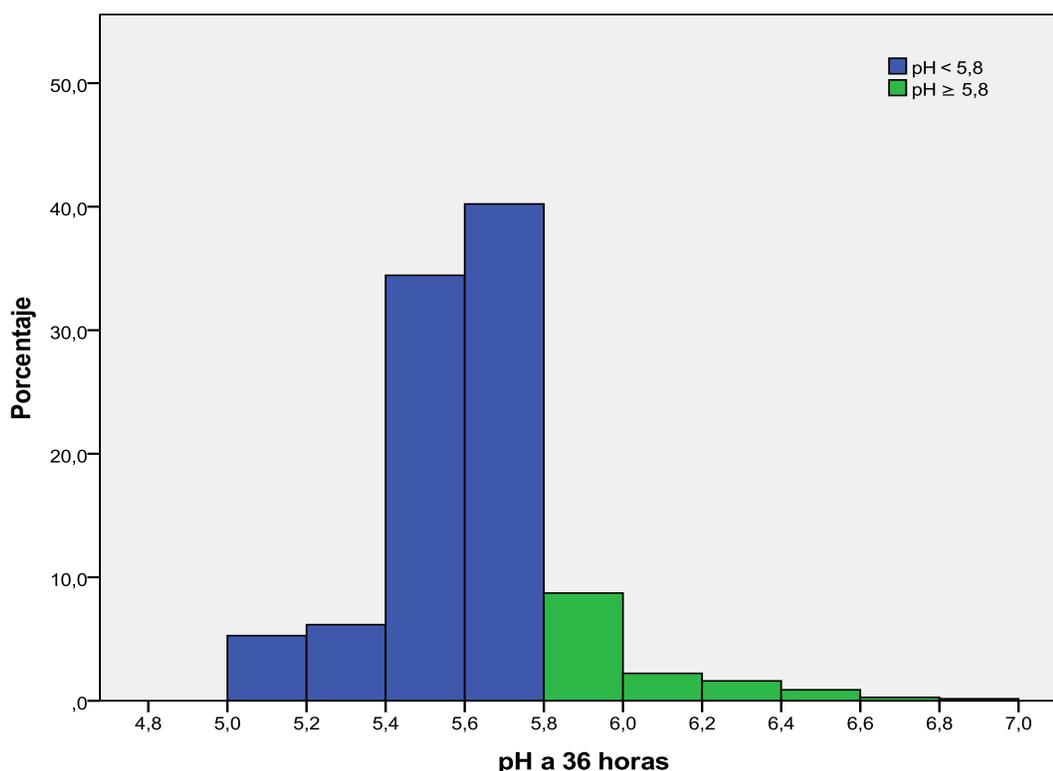


Figura 5. Distribución del pH a las 36 horas (pH36p)

La marcada asimetría coincide con la reportada en la bibliografía (Brown *et al.*, 1990; Navajas, 2002; Montossi y Sañudo, 2004); se observa un máximo en 5,7 - valor algo más alto que el promedio de 5,61 - y una abrupta caída de las frecuencias a partir de 5,8 con una cola extendida hasta valores de pH en el entorno de 7. El máximo se encuentra antes y el tallo de la distribución comienza algo después de lo reportado por Navajas, (2002). El promedio de 5,61, es 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 mayor desvío estándar que Navajas (2002): 0,25 y 0,16, respectivamente; 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); citados por Navajas (2002).

El promedio de pH36p de las canales que tuvieron un valor de pH aceptable (pH < 5,8) fue de 5,5 con un desvío estándar de 0,18; mientras que en las canales con pH inaceptable no sólo el promedio es mayor sino que los valores son 30% más variables ya que los valores de la media y el desvío estándar fueron de 6,00 y 0,24, respectivamente.

Utilizando la desigualdad de Chebishev:

$$P(\mu - r\sigma < X < \mu + r\sigma) \geq 1 - \frac{1}{r^2}$$

Se calcularon los límites del intervalo que contiene el 65 % de las observaciones en cada una de las dos poblaciones independientes generadas, una por los registros de pH aceptable y la otra por los registros de pH  $\geq 5,8$ . Los resultados se muestran en el Cuadro 6.

**Cuadro 6.** Intervalo de confianza de Chebishev (65 %) para la población de animales con pH menor a 5,8 y para la población de animales con pH mayor o igual a 5,8.

Población	Desvío		$r$	Límite inferior	Límite superior	probabilidad
	Media	Estándar				
pH < 5,8	5,50	0,18	1,70	5,19	5,80	0,65
pH $\geq 5,8$	6,00	0,24	1,70	5,59	6,40	0,65

Se puede inferir que en la distribución de pH originada por los animales cuyas reses dieron un pH aceptable, sería de esperar que el 17,5 % tuviesen pH mayores a 5,8 y por tanto en realidad esas canales fuesen rechazos. En la población originada por los

animales cuyas reses dieron un pH no aceptable, el 65 % tendría valores de pH entre 5,6 y 6,4.

Ahora, si se hace el supuesto que la distribución es normal, en la primera distribución el porcentaje de animales que se inferirían como aceptables para la exportación y que en realidad no lo son es de 8,38 % y en la segunda distribución se inferirían como no aceptables cuando en realidad lo son el 20,33 %.

En la Figura 6 se presenta el porcentaje 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)

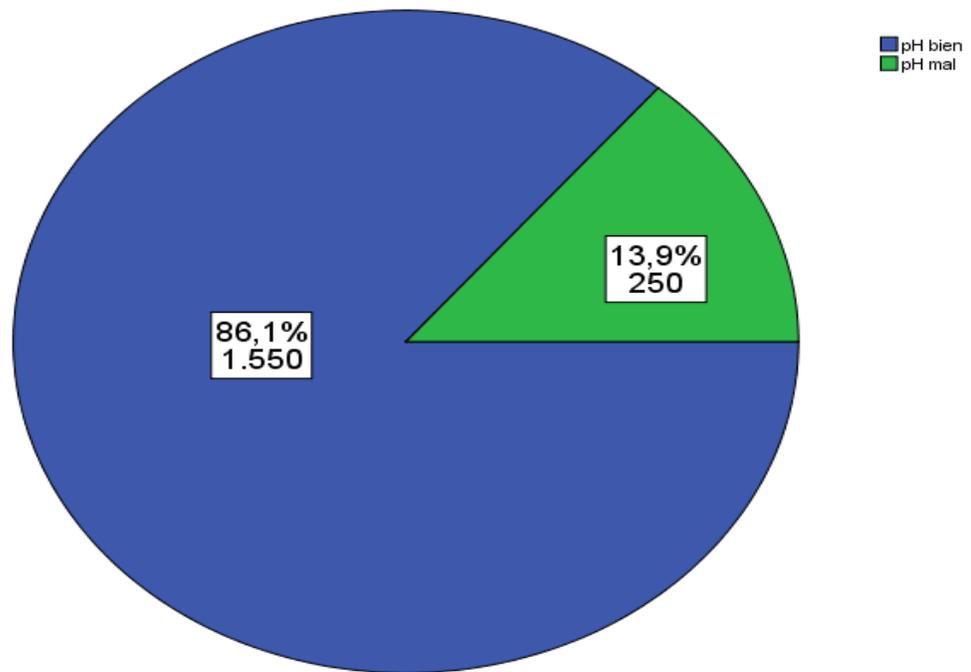


Figura 6. Porcentaje de canales según nivel de pH

El 13,9 % de canales con  $\text{pH} \geq 5,8$  fue casi el doble del valor reportado por Brown *et al.*, (1990), que era de 7,1 % y 4 veces mayor a los valores citados por Navajas (2002). 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-INIA, 2007-2008) 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.

## B. IDENTIFICACIÓN Y JERARQUIZACIÓN DE FACTORES

### 1. Descripción de las variables y factores analizados

En el Cuadro 7 se presenta el grado de asociación entre las diferentes variables vinculadas al transporte.

**Cuadro 7.** Correlaciones entre las variables vinculadas al transporte de los animales.

	Duración del viaje (dvia) (Horas)	npar	ktot	kcar
Número de paradas (npar)	0.5782			
Km totales (ktot)	0.8833	0.5087		
Km carretera (kcar)	0.7593	0.5112	0.9279	
Km camino de tierra (ktiec)	0.3217	0.0063	0.1917	-0.1733

Se registró una alta asociación entre la duración del viaje, tanto con los kilómetros totales recorridos como con los kilómetros de carretera: cuando se recorrió mayor distancia sobre carretera, el viaje tuvo mayor duración.

El análisis de componentes principales fue realizado para construir una o más variables que resumieran la información del viaje de los animales desde el establecimiento al frigorífico y así disminuir la dimensionalidad del problema y evitar problemas de colinealidad en el modelo. El primero 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 km de camino de tierra que se recorrieron durante el transporte de los animales a planta, tal como se presenta en el Cuadro 8.

**Cuadro 8.** Coeficientes de las nuevas dimensiones.

	Componentes	
	1	2
Variables	63 %	22 %
dvia	0.528	0.197
npar	0.396	-0.126
ktot	0.543	0.037
kcar	0.512	-0.304
ktiec	0.088	0.923

## 2. Construcción del árbol de decisiones para pH36p

Con el objetivo de identificar y jerarquizar las variables y factores que tiene mayor incidencia sobre el pH, se ajustó un árbol de decisiones de pH36p en función de las variables explicativas que fueron presentadas en el Cuadro 4. El árbol obtenido se presenta en la Figura 7.

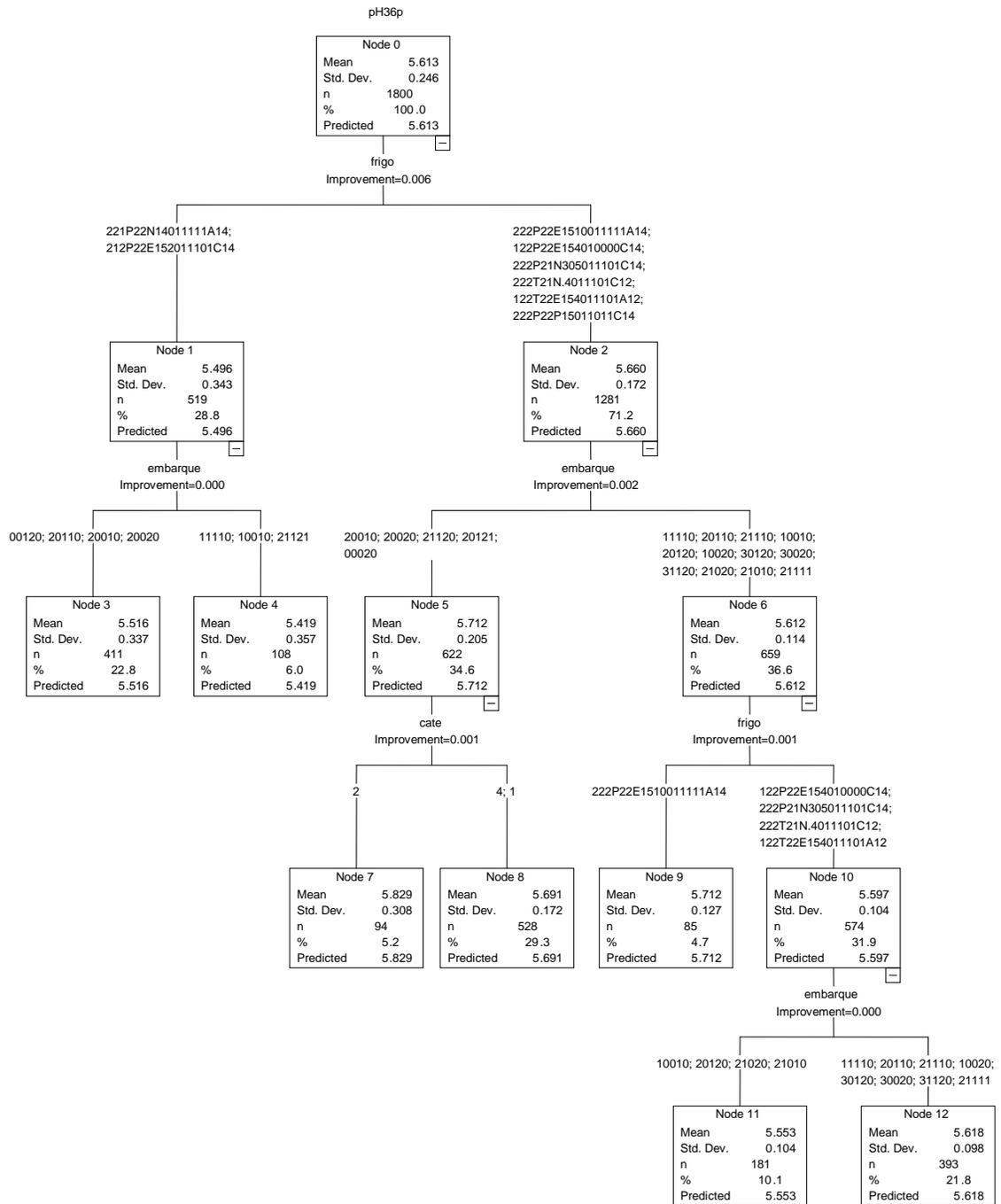


Figura 7. Árbol de decisiones para pH36p.

El árbol tuvo 12 nodos de los cuales los nodos 3, 4, 7, 8, 9, 11 y 12 son terminales. El nodo 7 es el único nodo terminal con promedio de pH mayor al crítico. En el Cuadro 9 se presentan las características de todos los nodos terminales y se observan – entre otros - precisamente que los valores del nodo 7 presentaron, además, alta variabilidad, correspondiendo a 94 novillos con más de 3 años que estuvieron sin agua durante el embarque.

**Cuadro 9.** Características de los nodos terminales en el árbol ajustado para pH36p.

Nodo	Media	Desvío estándar (DS)	Tamaño del nodo
7	5,829	0,308	94
9	5,712	0,127	85
8	5,691	0,172	528
12	5,618	0,098	393
11	5,553	0,104	181
3	5,516	0,337	411
4	5,419	0,357	108

Si sólo se observa la media, podría inferirse que las condiciones que reflejan los nodos 3 y 4 son las mejores y el nodo 7 las peores. Asumiendo que los animales en un nodo representan una muestra obtenida de una población de animales que estuvieron bajo las condiciones de ese nodo, se calcularon los intervalos de confianza de Chebishev que contienen al 65 % de las observaciones de dichas poblaciones; esta información se presenta en el Cuadro 10.

**Cuadro 10.** Intervalo de 65 % de confianza de Chebishev para la población de animales que estuvo bajo las condiciones de cada nodo terminal en el árbol ajustado para pH36p.

Nodo	media	DS	Límite inferior	Límite superior
3	5,516	0,337	4,94	6,09
4	5,419	0,357	4,81	6,03
7	5,829	0,308	5,31	6,35
8	5,691	0,172	5,40	5,98
9	5,712	0,127	5,50	5,93
11	5,553	0,104	5,38	5,73
12	5,618	0,098	5,45	5,78

Los resultados presentados muestran que la situación cambia debido a que el desvío estándar es alto. Se puede inferir que sólo en las condiciones de los nodos 11 y 12 se obtendrían animales en cuyas canales, pos-mórtem, el pH36p sería menor que el valor crítico 5,8.

Ahora bien, los nodos 11 y 12 se generan del nodo 10 que - a su vez - se genera del 6 y éste del 2. El nodo 2, con el 71 % de los animales, se divide - en segunda etapa - en función de las características de embarque, en los nodos 5 y 6. El nodo 5, con pH36p promedio de 5,712 y desvío estándar de 0,206, puede ser caracterizado por animales que sufrieron falta de agua e inadecuado método de arreo durante el embarque; posiblemente estos animales sufrieron un elevado nivel de estrés causado por la sed, por chiflidos del personal, uso de palos y picanas, ladridos de perros y en general mal trato durante el arreo, todos factores que generan miedo y estrés en los animales (Grandin, 2000). Este nodo se divide en una tercera etapa de acuerdo a la categoría del animal en nodos 7 y 8, ambos terminales; el primero corresponde a novillos de más de 3 años y el segundo a vacas y novillos de 2 a 3 años; los novillos adultos tuvieron un pH promedio significativamente mayor que las vacas y novillos jóvenes, tal como reportó Barros, (1996), pero en contradicción con la reportado por Brown *et al.* (1990). Estos autores

encontraron que los novillos tuvieron menor incidencia de problemas de pH que las vacas. En este nivel del árbol, el algoritmo puso de manifiesto interacción significativa ( $p < 0,01$ ) entre los factores categoría, embarque y características de frigorífico. Los animales del nodo 6 mostraron una media similar a los del nodo 5, mientras que la variabilidad fue casi del 50 % de la observada cuando los animales estuvieron privados de agua y sufrieron arreos que les generaron estrés. Este nodo se divide por características de frigorífico en nodos 9 y 10; el primero es terminal, y está caracterizado por la mayor distancia entre los corrales de espera y el cajón de noqueo: cuanto mayor es esta distancia mayor es la posibilidad de que el animal se asuste, sienta miedo y se estrese, además de estar expuesto a ruidos desconocidos, sombras y brillos en el camino que ofician como distractores (Grandin, 2000; Gallo, 2010); la mayor distancia entre los corrales de espera y el cajón de noqueo estarían asociados a frigoríficos más grandes y por ende más estresantes para los animales. El nodo 10 contiene animales que fueron sacrificados en frigoríficos con corrales que tienen sus paredes en buenas condiciones; este nodo se divide en dos nodos terminales, el 11 caracterizado por embarques sin problemas, los animales que no tuvieron disponibilidad de agua fueron mantenidos a la sombra y si no tuvieron sombra, fueron provistos de agua; sus canales tuvieron un promedio de pH<sub>36p</sub> muy aceptable y baja variabilidad. Los animales que se agrupan en el nodo 12, cuyo promedio de pH<sub>36p</sub> es sensiblemente menor al valor crítico y con muy baja variabilidad fueron embarcados en embarcaderos en buen estado. Se puede inferir que las condiciones en que estuvieron los animales de los nodos 11 y 12 son buenas condiciones para obtener carnes con pH<sub>36p</sub> que con un 65 % de confianza estarán en el intervalo 5,38 - 5,73 y 5,45 - 5,78, respectivamente. Esas condiciones son buen estado de los embarcaderos, con disponibilidad de agua, sombra y buen estado físico y sanitario de los corrales de espera.

En el nodo 1 se ubicaron aquellos frigoríficos que tuvieron malas condiciones en las paredes de los corrales de espera y en su higiene. Las malas condiciones de las paredes pudieron llevar a que los animales sufran golpes e injurias, mientras que la falta

de higiene en el corral pudo generar dificultades en los movimientos por acumulación de barro y estiércol y eventualmente algunos resbalones y caídas, siendo necesario un mayor gasto energético para moverse en esas condiciones; esta situación conjuntamente con la disminución de consumo de alimento pudo causar mucho estrés en los animales y una caída importante de las reservas de glucógeno. En una segunda etapa este nodo se dividió en función de las condiciones durante el embarque en nodos 3 y 4; se separaron hacia el nodo 3 los animales que no tuvieron acceso al agua; la sed causó en los animales una condición fisiológica que les generó estrés y pH final elevado. Las condiciones de esos nodos afectaron de forma diferente a los animales, parecería que más que las condiciones de manejo inmediatamente previo al sacrificio, en estos animales influyen características propias de ellos como excitabilidad posiblemente debido a experiencias de manejo previas en el establecimiento productor.

### 3. Construcción del árbol de decisiones para pH36c

Se corrió el algoritmo para obtener un árbol de decisiones de pH36c con las especificaciones planteadas en la sección de materiales y métodos. El árbol que se ajustó se presenta en la Figura 8 y tuvo 18 nodos en total, de los cuales doce son nodos terminales; las características de éstos se presentan en el Cuadro 11.

**Cuadro 11.** Características de los nodos terminales del árbol ajustado para pH36c.

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

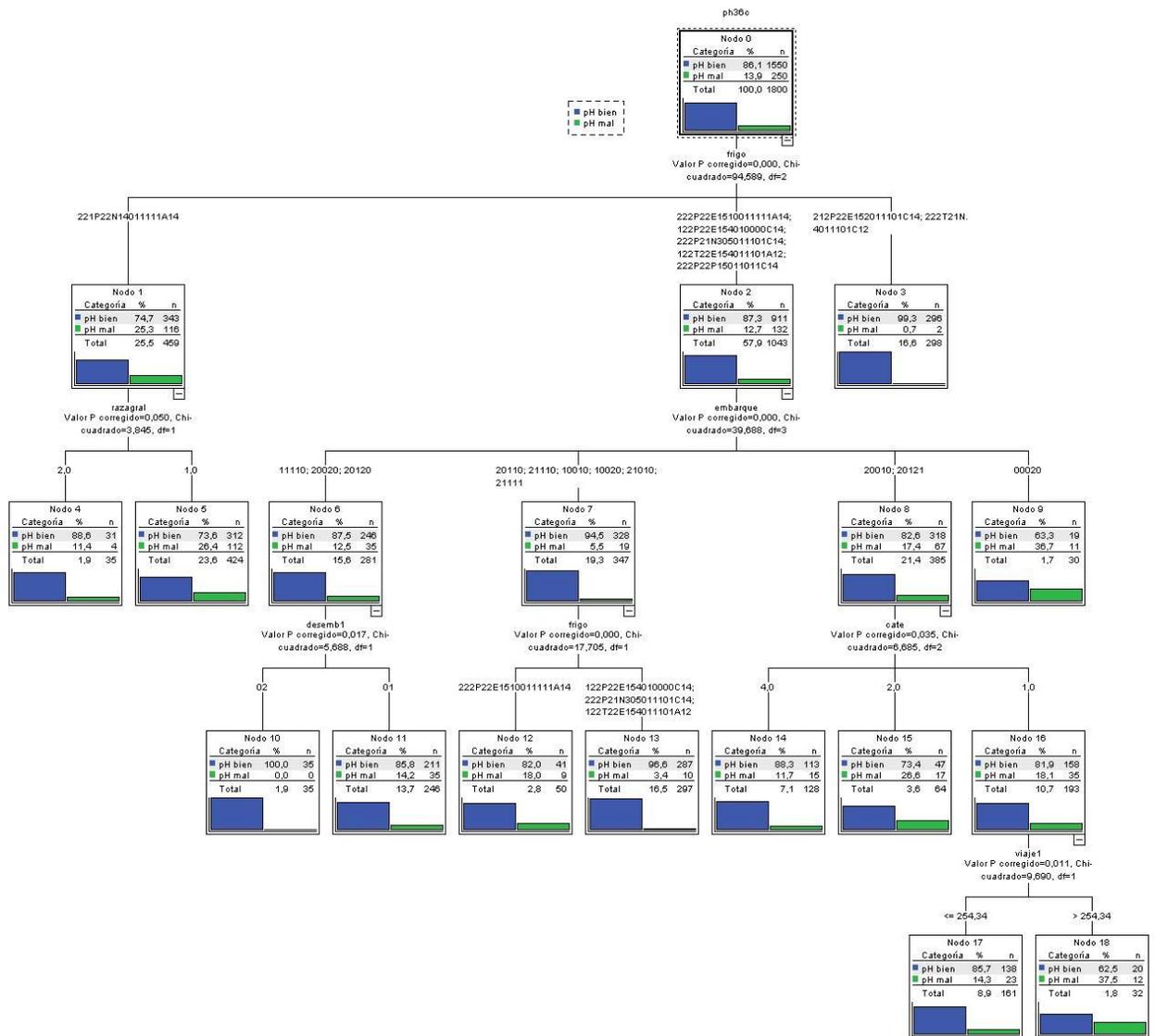


Figura 8. Árbol de decisiones para pH36c.

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 para lograr la hidrólisis del ATP y una rápida caída del pH, 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 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 cruza y el 5 a las razas británicas; éstas mostraron una mayor proporción de animales con problemas de pH que las cruza cuando estaban en corrales en condiciones pobres de higiene (0,114 y 0,264, respectivamente). Es posible que los animales que esperaban en estos corrales presentaran dificultades para moverse por el exceso de estiércol, lo que, en conjunto con el ayuno, pudo causar altos niveles de estrés lo que conllevó a pérdidas del glucógeno de reserva pre sacrificio y por ende a mayores riesgos de pH altos, tal como lo plantea Zimmerman, (2008).

La interacción raza x condiciones de higiene de los corrales de espera resultó significativa ( $p < 0,05$ ). Este resultado no es acorde con los reportados por Zea *et al.* (2007), que en un ensayo factorial  $2 \times 3 \times 3$  (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 encontró una alta proporción de animales (0,367) que presentaron problemas de pH en su carne; los animales en 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 puede estar asociada a la escala del frigorífico y a las posibilidades de estrés en el animal, conforme recorre un camino en un ambiente que le es desconocido con mayores probabilidades 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, traduciéndose en canales con pH alto.

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 de animales con problemas de pH 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 faenados 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  $\text{pH} \geq 5,8$

de 0,117. Los novillos de 3 o más años (categoría 2) sufrieron más la falta de agua en el embarque, resultando aquella proporción de 0,266 (nodo 15).

El nodo 16 (no es nodo terminal) correspondió a novillos de 2 a 3 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 3 años, seguida de novillitos y por último vacas, resulta concordante con los resultados de Barros (1996), que encontró 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 del número de paradas durante el mismo. Los novillos de 2 a 3 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 4 h) 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 6 h de duración. Los resultados encontrados en este nodo son también consistentes con lo planteado por Carduz (1996), quien reporta efecto del tiempo de transporte y la distancia recorrida. 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 h de espera para que los animales se recuperaran. Lizondo (2000), no encontró diferencias significativas en el pH de la carne de novillos faenados con 3, 6, 12 y 24 h de ayuno ya sea considerando

cuando fueron conducidos un tiempo corto de transporte o cuando el tiempo de transporte fue largo. 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 - 14 h, 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).

### C. SENSIBILIDAD Y ESPECIFICIDAD EN LA CLASIFICACIÓN

El porcentaje de aciertos en la clasificación asociado a la herramienta de análisis utilizada en este trabajo se presenta en el Cuadro 12. Para su cálculo, se consideraron varios escenarios, desde igualdad de costos en la clasificación de positivos y negativos hasta el escenario en que es 5 veces más grave el costo de un falso negativo respecto a un falso positivo.

**Cuadro 12.** Sensibilidad (Sen) y Especificidad (Esp) asociadas a 6 costos relativos de mala clasificación utilizando el árbol pH36c ajustado.

			Observados			Total	Sen	Esp
Costos			pH<5,8	pH≥5,8				
Igual	Predichos	pH<5,8	1550	250	1800	0	1	
		pH≥5,8	0	0	0			
		Total	1550	250	1800			
Doble	Predichos	pH<5,8	1511	227	1738	0,092	0,975	
		pH≥5,8	39	23	62			
		Total	1550	250	1800			
Triple	Predichos	pH<5,8	1152	98	1250	0,608	0,743	
		pH≥5,8	398	152	550			
		Total	1550	250	1800			
Cuádruple	Predichos	pH<5,8	1152	98	1250	0,608	0,743	
		pH≥5,8	398	152	550			
		Total	1550	250	1800			
Quíntuple	Predichos	pH<5,8	1111	89	1200	0,644	0,717	
		pH≥5,8	439	161	600			
		Total	1550	250	1800			

El árbol de decisiones ajustado tiene una utilidad relativa como herramienta para predecir. Es relativa al mercado con el cual se pacte el negocio; considerando aquellos mercados que no son exigentes respecto al pH, se ponderó como igualmente grave los falsos negativos y positivos, en ese caso el árbol clasificó muy bien a las canales sin

problemas de pH lo que se refleja en una especificidad igual a 1, mientras que no clasifica bien a las canales con pH igual o mayor que 5,8 por lo que la sensibilidad es 0. El comportamiento de la clasificación depende de donde se ponga el punto de corte debido a la existencia del solapamiento de las funciones de densidad de probabilidad de la variable, tal como se mencionó en el capítulo de Materiales y Métodos.

A medida que se aumentó la ponderación en la gravedad de los falsos negativos el árbol tuvo una Sen que va en aumento aunque no llega al valor 1. Por lo tanto la regla de clasificación que provee el árbol es útil como herramienta de inferencia en la medida que el destino sea exportación a mercados muy exigentes respecto a este atributo.

## V. CONCLUSIONES E IMPLICANCIAS PRÁCTICAS

El miedo de los animales provocado por malas condiciones durante el embarque hizo que sufrieran estrés y utilizaran sus reservas de glucógeno; esto provocó en esos animales muy alta probabilidad de tener pH final de 5,8 o mayor.

Si los animales durante el embarque sufrieron privación de agua y fueron arreados con métodos que les generaron miedo y además el desembarcadero en el frigorífico estaba en malas condiciones, tuvieron muy altos porcentajes de problemas de pH final alto.

La falta de agua en esta etapa no afectó a todos los animales por igual, los novillos sufrieron más que las vacas y por ende la frecuencia del problema de pH alto fue mayor. No se descarta, en este caso, un efecto indirecto del usual mejor grado de terminación de las hembras lo que permite, en cierta forma, atenuar los efectos negativos sobre el pH final de la carne.

Buenas condiciones de higiene de los corrales de espera en el frigorífico conjuntamente con menor distancia desde estos corrales al cajón de noqueo disminuyeron la probabilidad de problemas de pH final de la carne. La falta de higiene en los corrales de espera afectó más a animales de razas británicas puras que animales cruza. Es probable, que - de nuevo - el mejor grado de terminación de las cruza frente a las razas británicas puras, esté incidiendo sobre estos resultados.

Cuando la distancia entre los corrales de espera y el cajón de noqueo fue mayor, se observaron altas frecuencias de pH final elevado.

Viajes largos, causan estrés en los animales y por tanto problemas de pH final en carne.

Es inevitable que los estímulos a que son sometidos los animales en las etapas de embarque, transporte, descarga y manejo pre-sacrificio en planta les generen miedo y por lo tanto estrés.

En el presente trabajo, se han puesto de manifiesto algunos efectos de ciertos factores, así como algunas 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.

Algunos factores que tienen gran efecto sobre el pH de la carne, tienen que ver con características del frigorífico y el transporte; estos factores están 'de las porteras hacia fuera' del establecimiento y su control no está en manos del productor, mientras que otros factores que también tienen efecto sobre el pH, están en la órbita del productor, tales como condiciones durante el embarque (estado del embarcadero, manejo de los animales, agua, sombra), raza y categoría.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

- Agresti, A. 2002. An introduction to categorical data analysis. New York, Wiley and Sons. 710 p.
- Amtmann V.A.; Gallo C.; G Van Schaik G.; N Tadich N. 2006. Relaciones entre el manejo antemortem, variables sanguíneas indicadoras de estrés y pH de la canal en novillos. Valdivia, Chile. Arch. Med. Vet. 38 (3): 259-264.
- Asencios Gómez, R. 2004. Variación del pH en la carne de cerdos beneficiados con aturdimiento eléctrico y sin aturdimiento Cybertesis. (en línea). Perú, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Programa Cybertesis PERÚ. Consultado 11 nov. 2008. Disponible en [http://www.cybertesis.edu.pe/sisbib/2004/asencios\\_gr/html/index-frames.html](http://www.cybertesis.edu.pe/sisbib/2004/asencios_gr/html/index-frames.html)
- Barros A. 1996. Carnes de Calidad, pH controlado. Instituto Nacional de Carnes del Uruguay. Centro de documentación de INAC. 188 p. Bianchi, G. y Garibotto, G. 2004. Bienestar Animal: La situación en Uruguay. INAC. Serie Técnica N° 37. Diciembre 2004. 40 p.
- Bianchi, G.; Garibotto, G.; Feed, O.; Bentancur, O.; Franco, J.; Peculio, A. 2004. Effect of sex and slaughter weight on sensory meat quality of Corriedale, Southdown x Corriedale and Hampshire Down x Corriedale lambs. En: Congreso Argentino de Producción Animal de la AAP (27°, 2004, Tandil, Buenos Aires). Trabajos presentados. Lugar de publicación, AAPA. 1 disco compacto, 8 mm.

- 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, España. Universidad de Zaragoza. Facultad de Veterinaria. 99 p.
- Bianchi, G.; Garibotto, G.; Franco, J.; Ballesteros, F.; Feed, O.; Bentancur, O. 2008. Calidad de carne ovina: impacto de decisiones tomadas a lo largo de la cadena. En: Gustavo Garibotto Carton y Gianni Bianchi Olascoaga (Ed.). Seminario Técnico Internacional. Enfoques sobre la calidad de carne y grasa en rumiantes: el consumidor como prioridad. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. pp 20-48.
- 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. Y Méndez C. 2010. Producción de carne en el mundo y la inserción de Uruguay en el comercio exterior. Introducción a la Ciencia de la Carne. Capítulo 1. En: Gianni Bianchi y Oscar Feed (Coordinadores). Editorial Hemisferio Sur. Montevideo. Uruguay. pp: 17 - 49.
- Carduz A. I. 1996. Análisis de factores que afectan el pH de la carne en condiciones comerciales. Tesis de Grado. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 78 p.
- 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. Ministerio de Ciencia y Tecnología-INIA. Madrid, España. pp: 17 - 45.

- Dikerman, M. E.. 1990. Genetic effect on de quality of meat from cattle. *In* World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. (5<sup>th</sup>., 1994, Guelph). Proceeding. 19:437-438.
- Franco, J. 2010. Importancia de los factores productivos, tecnológicos y de manejo en la calidad de la canal y de la carne vacuna. Introducción a la Ciencia de la Carne. Capítulo 10. En: Gianni Bianchi y Oscar Feed (Coordinadores). Editorial Hemisferio Sur. Montevideo. Uruguay. pp: 455 - 494.
- Gallo, C. 2010. Bienestar Animal y Buenas prácticas de manejo animal relacionadas con la calidad de la carne. Introducción a la Ciencia de la Carne. Capítulo 13. En: Gianni Bianchi y Oscar Feed (Coordinadores). Editorial Hemisferio Sur. Montevideo. Uruguay pp: 455 - 494.
- Grandin, T. 1997. Assessment of stress during handling and transport. *Journal Animal Science*. 75: 249-257.
- Grandin, T. 2000. *Livestock handling and transport*. Ed. CABI Publishing.UK. 464 p.
- Hargreaves, A.; Barrales, L.; Peña, I.; Larraín, R. Y Zamorano, L. 2004. Factores que influyen en el pH último e incidencia de corte oscuro en canales de bovinos. *Cien. Inv. Agr*. 31(3):155-166.
- Lizondo, G. 2000. Efectos de diferentes tiempos de transporte y ayuno sobre las pérdidas de peso y características de la canal en novillos: II primavera-verano. Tesis. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Austral de Chile. Consultado 10 nov. 2008. Disponible en <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2000/fv1789e/doc/fv1789e.pdf>

- María, G. 2005. El camino de la trazabilidad N° 52. Proyecto Europeo CATRA. Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza. Consultado el 13 de nov. 2008. Disponible en [www.produccionbovina.com/etologia\\_y\\_bienestar/bienestar\\_en\\_bovinos](http://www.produccionbovina.com/etologia_y_bienestar/bienestar_en_bovinos).
- 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. 56 p.
- Navajas, E. A.; Burgueño, J. A.; Aldrovandi, A.; González, G. E. 1996. Variación en pH postmortem en novillos y vacas Hereford: Resultados preliminares. En: Primer Congreso Uruguayo de producción animal. Memorias. Montevideo-Uruguay. 1996. pp: 42 – 45.
- Navajas, E. 2002. Applying a novel method for the analysis of beef ultimate pH in the detection of Quantitative trait loci. Tesis de Maestría. Ciudad, Massey. University Palmerston North, New Zealand. 97 p.
- 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. SIA, Zaragoza, España. 117 p.
- Sañudo, C. 2006. Conferencia: Calidad de la canal y de la carne en los ovinos: factores que la determinan. Revista Argentina de Producción Animal. Vol. 26 n° 2:155-167.

- Schreurs, F. J. G. 2000. Post-mortem changes in chicken muscle. *World's Poultry Science Journal* 56: 319-346.
- Soria L. A.; Corva, P. M. 2004. Factores genéticos y ambientales que determinan la ternera de la carne bovina. Buenos Aires. Argentina. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 12(2): 73 – 88.
- Tarrant P. V.; Kenny F. J.; Harrington D.; MurpHy M. 1992. Long distance transportation of steers to slaughter, effect of stocking density on pHysiology, behavior and carcass quality. *Livestock Production Science*, 30: 223-238.
- Uruguay. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección De Investigaciones Económicas Agropecuarias (DIEA). 2008. Anuario estadístico agropecuario 2008. (en línea). Montevideo. Consultado 20 noviembre 2008. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/Diea/Anuario2008>.
- Uruguay. Instituto Nacional de la Carne (INAC)/Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA). 2003 a. Auditoría de calidad de la carne vacuna. Montevideo, Instituto Nacional de la Carne. 23 p.
- Uruguay. Instituto Nacional de la Carne (INAC). 2008. Segunda Auditoría de Calidad de la Cadena cárnica vacuna del Uruguay 2007-2008. Montevideo, Uruguay. Auditoría bovina 2009 web.pdf
- Uruguay. Instituto Nacional de la Carne (INAC). 2008. Fratti, A. Desempeño de la cadena cárnica (enero-noviembre 2008), e impacto de la crisis internacional en el sector. OPP. Consultado 10 diciembre 2008. Disponible en <http://www.inac.gub.uy>

Uruguay. Instituto Nacional de la Carne (INAC). 2009. Boletín Semanal digital. Faena, Precios, Exportación. Montevideo, Uruguay. Consultado el 30 de octubre de 2009. Disponible en [http://www.inac.gub.uy/innovanet/macros/Home\\_2\\_4P.jsp?contentid=146&version=1&channelid=1](http://www.inac.gub.uy/innovanet/macros/Home_2_4P.jsp?contentid=146&version=1&channelid=1)

Warris, P.D., 1990. The handling of cattle pre-slaughter and its effects on carcass and meat quality. *Applied Animal Behaviour Science* 28: 171-186.

Warris, P. D. 2003. Meat science: an introductory text. 2<sup>nd</sup> edition. Oxford: CABI Publishing. 234 p. ISBN 978-1-84593-593-1

Zea, J.; Díaz, M. D.; Carballo, J. A. 2007. Efecto de la raza, sexo y alimentación en la calidad de la carne de vacuno. *Arch. Zootec.* 56(1): 737 - 743.

Zimerman, M. 2008. pH de la carne y factores que lo afectan. En: Aspectos estratégicos para obtener carne ovina de calidad en el cono sur americano. Sañudo Astiz, Carlos; González, Carlos. Tandil, Universidad Nacional del Centro de la prov. De Buenos Aires. p.141-153- ISBN: 978-950-658-206-7

## VII. ANEXOS

### A. FORMULARIOS DE ENCUESTAS

Fecha del embarque://

#### ENCUESTA AL CAMIONERO

##### SOBRE LA EMPRESA AGROPECUARIA

Razón Social

Ubicación

Departamento:

Localidad:

Seccional Policial:

Teléfono:

El estado del embarcadero es: Muy bueno  Bueno  Regular  Malo

##### SOBRE LOS ANIMALES

Animales embarcados N° cabezas:

Raza: Hereford          A. Angus          Cruza

Si es cruza especificar raza del padre y de la madre:

Categoría:

Sexo:

Peso de la tropa:

Porcentaje de animales astados:          %

¿Hubo mezcla de animales para llenar el camión?

Sí

No

¿Cuántas horas hace que se juntaron los animales para ser embarcados?

¿Tuvieron acceso al agua durante la espera?

Sí

No

¿Tuvieron acceso a la sombra durante la espera?

Sí

No

¿Se utilizaron perros o picanas o algún otro elemento punzante para guiar los animales durante el embarque?

Sí

No

¿Exisitó alguna dificultad durante el embarque?

Sí

No

#### SOBRE EL VIAJE

A qué hora partió del establecimiento:        horas y        minutos

A qué hora llegó a frigorífico:        horas y        minutos

Cuántas paradas hizo en el camino:

Cuántos kilómetros recorrió:

Qué porcentaje del viaje fue en:

Carretera

Camino de tierra

El camino de tierra estaba:

Muy bueno  Bueno  Regular  Malo  Muy malo

Anote las observaciones que le parezca importante mencionar

Observaciones.....  
.....  
.....

### SOBRE EL CLIMA

A la salida del establecimiento el clima fue:

Muy caluroso  Con viento  Lluvia  Muy frío

Durante el viaje:

Muy caluroso  Con viento  Lluvia  Muy frío

Al llegar al frigorífico:

Muy caluroso  Con viento  Lluvia  Muy frío

### SOBRE EL CAMIÓN:

Largo de la jaula (metros)                      Ancho de jaula (metros)

Estado del Piso:

Bueno  Regular  Malo

Puertas de guillotina

Usó Separadores en este embarque:

Sí  No

**SOBRE LA DESCARGA EN EL FRIGORÍFICO:**

¿Hubieron dificultades durante la descarga?

Sí                       No

Si hubieron dificultades indique cuales fueron:

.....  
.....  
.....

Tiempo que demoró la descarga:

¿Se utilizó algún elemento punzante para guiar los animales durante la descarga?

Sí                       No

Cuánto tiempo transcurrió desde que arribó el camión al frigorífico hasta que se descargaron los animales:

Fecha://

**ENCUESTA AL FRIGORÍFICO**

Cuántos animales, en promedio, faena por día:

Cuántos turnos trabaja:

Características de los corrales de espera

Condiciones del Piso:

Buenas                       Regular                       Malas

Condiciones de Higiene

Buenas  Regular  Malas

Condiciones de Paredes

Buenas  Regular  Malas

El techo de los corrales:

Es total  Parcial  No tienen techo

¿Qué métodos se utilizan en esta planta para trasladar los animales hasta el sacrificio?

.....  
.....

El diseño de los corrales es:

Tipo Grandin  Otro  indique cuál.....

El diseño de las mangas es:

Tipo Grandin  Otro  indique cuál.....

Tipo de insensibilización:

Forma:

Tiempo:

Características del cajón de noqueo:

.....  
.....

Utiliza estimulación eléctrica:

Sí  No

Fecha://

## ENCUESTA AL PRODUCTOR

### SOBRE LA EMPRESA AGROPECUARIA

Razón Social

Ubicación

Departamento:

Localidad:

Seccional Policial:

Teléfono:

El estado del embarcadero es:

Muy bueno  Bueno  Regular  Malo

### SOBRE LOS ANIMALES

Animales embarcados

Nº cabezas:

Raza: Hereford  A. Angus  Cruza

Categoría:

Sexo:

Peso de la tropa:

Porcentaje de animales astados: %

¿Hubo mezcla de animales para llenar el camión?

Sí  No

¿Cuántas horas hace que se juntaron los animales para ser embarcados?

¿Tuvieron acceso al agua durante la espera?

Sí  No

¿Tuvieron acceso a la sombra durante la espera?

Sí  No

Condiciones de alimentación:

Durante los 60 días previo al embarque los animales:

fueron suplementados Sí  No

base forrajera

manejo: en franjas  continuo

Rendimiento de la tropa:

## B. VARIABLES RELEVADAS Y CÓDIGOS UTILIZADOS

FRIGORÍFICO	VARIABLE	CÓDIGO
Identificación	Frigorífico	Frig
	Fecha	fech
	Faena diaria en invierno	Fdia
	Capacidad faena	Cfae
Estado corrales espera	Piso	Piso
	Paredes	pare
	Higiene	higi
	Techo	Tech
	Modo arreo	Marr
	Corrales	Corr
Insensibilización	Método de insensibilización	mins
	Tiempo de insensibilización	tins
	Dist CE y Caj Noq	dccn
Cajón noqueo	Sujeción	suje
	Piso antideslizante	pan1
	Luz adelante	luza
	Estación eléctrica	este
Desembarcadero	Piso antideslizante	pan2
	Paredes	par2
Faena	Tiempo de espera a faena	tefa
	Nº de tropa	ntro

## EMBARQUE

VARIABLE	CÓDIGO
Estado del embarcadero	eemb
Total animales embarcados	aemb
Raza 1	raz1
Nº animales de raza 1	ara1
Raza 2	raz2
Nº animales de raza 2	ara2
Raza 3	raz3
Nº animales de raza 3	ara3
Categoría	cate
% Astados	past
Mezcla de animales	mezc
Tiempo encierro	tenc
Agua	agua
Sombra	somb
Modo de arreo	Mar
Dificultad en embarque	demb

## CAMIONERO Y CAMIÓN

	VARIABLE	CÓDIGO
Camionero	Años de trabajo	años
	Conocimientos Bien. animal	bian
Camión	Marca del camión	marc
	Tipo de camión	tipo
	Estado del camión	ecam
	Largo de jaula	ljau
	Ancho de jaula	ajau
	Estado del piso	epis
	Piso con rejilla	reji
	Puerta	tpue
	Ubicación de la puerta	upue
	Estado de la puerta	epue
	Uso de separadores	sepa
	Dificultades en descarga	ddes
	Tiempo descarga	tdes
	Elemento para la descarga	edes
	Tiempo arribo a descarga	tard

## VIAJE

VARIABLE	CÓDIGO
Duración del viaje (min)	dvia
Nº paradas	npar
Km recorridos	ktot
Km carretera	kcar
Km camino tierra	ktie
Estado camino	ecti
Clima	clim

## DATOS PRODUCTOR

---

VARIABLE	CÓDIGO
Razón social	rsoc
Departamento	dpto
Paraje	para
Seccional policial	secp
Consignatario	cons
Estado del embarcadero	eepr
Min. Encierro previo	tepr
Agua	dagu
Sombra	dsom
Modo de arreo	marp
Dificultad en embarque	demp
Suplementados	supl
Base forrajera	bfor
Manejo	mane

---

### C. CONFORMACIÓN DE GRUPOS A PARTIR DE LAS VARIABLES ORIGINALES

**Cuadro 1.** Características de frigorífico

piso	pare	higi	techo	corr	mang	mins	tins	dcn	suje	pan1	luza	este	pan2	par2	tefa	Código
1	2	2	PAR	2	2	ELE	15	40	1	0	0	0	0	CERRADAS	14	122P22E154010000C14
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

Ver referencias en página siguiente

Piso: piso en los corrales, 1: malo; 2: bueno.  
Pan2: piso antideslizante en desembarcadero, 0: no tiene; 1: tiene

Pare: paredes en los corrales, 1: malo; 2: bueno.  
Par2: tipo de paredes en desembarcadero  
tefa: horas desde que el animal

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

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.

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

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

**Cuadro 2.** Tasa de faena (tfae), categorización (tfaenac)

Tasa de faena (tfae)	tfaenac	
hasta 0,40	1	Baja
0,50 – 0,57	2	Media
0,60 – 0,67	2	Media
0,90 – 0,92	3	Alta
1,00	3	Alta

Proceso Desembarque en frigorífico:

**Cuadro 3.** Dificultades en el desembarque y estado del desembarcadero (desemb 1)

d-des	edes
0	1
0	2
1	1
1	2

Ddes: dificultades en el desembarque, 0: no; 1: sí. Edes: estado del desembarcadero, 1: malo; 2: bueno

**Cuadro 4.** Disponibilidad de agua y sombra (desemb2)

dagu	dsom
0	1
0	2
1	1
1	2

Dagu: disponibilidad de agua, 0: no; 1: sí

Dsom: disponibilidad de sombra, 1: malo; 2: bueno

Características relacionadas al Viaje

**Cuadro 5.** Estado del camión (ecamion)

Estado del camión (ecam)	Estado del piso (epis)	Estado de la puerta (epue)	Estado general del camión (ecamion)
1	1	1	3
1	1	0	2
1	0	1	2
1	0	0	1
0	1	1	2
0	1	0	1
0	0	1	1

Ecam, epis, epue, 0: malo; 1: bueno

Ecamion, 1: una de las tres variables en buen estado, 2: dos variables bien, 3: estado bueno en las tres variables

**Cuadro 6.** Proporción de variabilidad explicada por los componentes principales en la etapa ‘viaje’

	Eigenvalor	Diferencia	Proporción explicada	Proporción acumulada
1	3.1331502	2.00052268	0.6266	0.6266
2	1.13262753	0.52337212	0.2265	0.8532
3	0.60925541	0.48913756	0.1219	0.975
4	0.12011785	0.11526884	0.024	0.999
5	0.00484901	0.001	1	

**Cuadro 7.** Primeros 5 componentes principales en el proceso viaje

Componente	1	2	3	4	5
dvia	0.527713	0.197037	-0.058531	-0.82325	0.039096
npar	0.395557	-0.125998	0.895654	0.159224	-0.010481
ktot	0.543425	0.037128	-0.304414	0.345587	-0.700866
kcar	0.511855	-0.303871	-0.316011	0.309697	0.670739
ktiec	0.088016	0.922813	0.042977	0.285594	0.239286

Características de Embarque

**Cuadro 8.** Condiciones durante el embarque

eemb	agua	somb	mar2	demb
0	0	0	2	0
1	1	1	1	0
2	0	0	2	0
2	0	1	2	0
1	0	0	1	0
1	0	0	2	0
2	0	1	1	0
2	1	0	1	0
2	1	1	1	0
2	1	1	1	1
2	0	0	1	0
2	0	1	2	1
0	0	1	2	0
2	1	0	2	0
2	1	1	2	0
2	1	1	2	1
3	0	0	2	0
3	0	1	2	0
3	1	1	2	0

Eemb: estado del embarcadero, 0: malo;  
1: regular; 2: bueno; 3: muy bueno

Somb: disponibilidad de sobra, 0: no; 1:  
sí

Agua: disponibilidad de agua, 0: no; 1:  
sí

Mar2: modo de arreo durante el  
embarque, 1: banderas; 2: inadecuado  
(de otra forma)

Demb: dificultades en el embarque, 0: no; 1: sí

Características de los Animales

**Cuadro 9.** Categoría (cate)

Categoría	Código
Novillos 2 a 3 años	1
Novillos más de 3 años	2
Vaquillonas más de 2 años	3
Vacas	4
Novillitos 1 a 2 años	5

**Cuadro 10.** Raza (Razagral)

Raza	Código
Británicas	1
Cruzas (incluye todo lo que no está en clase 1 o 3)	2
Holando	3

**Cuadro 11.** Alimentación (alimento)

Suplementados (supl)	Base forrajera (bfor)	Manejo (mane)	Código
0	1	1	011
0	1	2	012
0	2	1	021
0	3	1	031
1	1	1	111
1	1	2	112
1	2	1	121
1	3	1	131
1	3	2	132

supl: 0: no; 1: sí

bfor: 1: pradera; 2: campo natural; 3: verdeo invierno

mane: 1: continuo; 2: en franjas

## D. INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES DE LA REVISTA AGROCIENCIA

### Remisión y categorías de los artículos

Los manuscritos puestos a consideración del Consejo editor de la Revista Agrociencia deben ser inéditos, y se enviarán como archivos electrónicos en MS-Word® a los Editores responsables: [agrociencia@fagro.edu.uy](mailto:agrociencia@fagro.edu.uy), junto a una carta donde se manifieste el interés de publicar el trabajo en esta revista, y se ceden los derechos de autor a la misma. El archivo se designará con el apellido y nombre del primer autor. Los trabajos pueden corresponder a las siguientes categorías:

- **Artículo de investigación:** presentan resultados de investigación originales; su estructura consta de cuatro partes. Los artículos de investigación pueden ir bajo la forma de Comunicación breve.
- **Revisión:** por lo general son solicitadas por el Consejo editor a especialistas, y en temas de interés. La revisión corresponde al análisis y sistematización de resultados de investigaciones sobre un campo en el que el o los autores tienen comprobada trayectoria.
- **Nota técnica:** incluye los resultados de investigación desde una perspectiva interpretativa y crítica sobre un tema específico, a partir de fuentes originales. Algunos ejemplos pueden ser la descripción de alguna región, una problemática socioeconómica rural o la situación de rubros de producción agropecuaria.

Los trabajos, que se enviarán en formato electrónico, se presentarán en tamaño carta, a doble espacio, con fuente Times New Roman de 12 puntos, con márgenes de 3 cm en la parte superior, 2 cm en la inferior y 2,5 cm en las márgenes laterales. Las hojas se numerarán en el margen inferior derecho, y los renglones en el margen izquierdo.

El Artículo de investigación no debe exceder las 6.500 palabras, ó 25 páginas, y la Comunicación breve y la Nota técnica las 3500 palabras, ó 15 páginas. La Revisión puede extenderse hasta 8.500 palabras ó 35 páginas.

### Cuadros y figuras

Los cuadros y figuras deben presentarse en formato MS-Excel®, en hojas independientes con numeración consecutiva (Cuadro 1, Cuadro n; Figura 1, Figura n, etc.). Figuras, tales como fotos y mapas, se presentarán en formato digital comprimido JPG (JPEG) o GIF con resolución mínima 300 dpi (preferentemente 600 x 600 dpi). Seguido irán los textos correspondientes a los encabezados de cuadro o pie de figura, por ej. Cuadro 1., Cuadro n, Figura 1., Figura n., etc., sin salto de página entre cada uno.

## Idiomas y unidades

Los idiomas de la revista son el español, portugués e inglés. Los manuscritos se deben ajustar a las normas gramaticales que establece el Diccionario de la Real Academia Española, o a sus equivalentes en otros idiomas. Se utilizará el Sistema Internacional de Unidades (SI) y sus abreviaturas, además de unidades derivadas de éste de uso frecuente en el área en cuestión. Entre la cifra y la abreviatura de la unidad va un espacio (Ej. 89 kg, 37° C). Entre los sitios de consulta sobre el SI referirse a: [www.cem.es](http://www.cem.es)

## Estructura del manuscrito

**Carátula.** Figurará el título del trabajo en el idioma original, el apellido y nombre del autor/es, (Ej. Rodríguez Alvaro<sup>1</sup>;...), el lugar de trabajo de cada uno (identificado con el superíndice) y la dirección postal y el correo electrónico del autor con el que se mantendrá la correspondencia relacionada al manuscrito. No deben figurar títulos académicos ni cargos laborales. Al pie de la carátula debe figurar un Título abreviado del artículo para el encabezamiento de las páginas.

**Resumen, *summary* y palabras clave, *key words*.** El resumen en español o portugués, y el *summary*, que será la correspondiente traducción al inglés, irán precedidos del título del trabajo en el idioma respectivo, y sucedido de no más de cinco palabras clave y *key words*, que no hayan sido usadas en el título. La extensión máxima es de 250 palabras.

**Estructura del artículo, citas en texto y títulos.** El texto del trabajo se organiza en las siguientes secciones: Introducción, Materiales y Métodos, Resultados, Discusión, Agradecimientos, Bibliografía, Cuadros y Figuras. Se podrán unificar Resultados y Discusión, e incorporar Conclusiones si se considera necesario.

Las citas bibliográficas en el texto se realizarán como [autor(es), año]. Cuando la cita tenga dos autores se usará “y” entre ambos (Ej. Böger, P. y Sandmann, G. 1999). Cuando sean más de dos autores se mencionará el primero seguido de la expresión *et al.*. En la sección Bibliografía, se reproducirá el título y autores según el idioma original del trabajo (Ej. Böger, P. and Sandmann, G. 1999). Las comunicaciones personales se citarán de igual forma, seguidas de com. pers.

Los títulos, deben ir en mayúscula y negrita, los subtítulos en minúscula y negrita, y si hubiera títulos de segundo orden en cursiva sin negrita. En el texto, se debe sugerir el lugar de ubicación de la tabla o figura como: intercalar Cuadro X o Figura X. Cuando el archivo sea mayor a de 500 Kb deberá comprimirse (Winzip).

**Agradecimientos.** En caso necesario, se agradecerá a especialista/s por las contribuciones al trabajo, colaboradores de campo o laboratorio, a organismos financiadores, entidades oficiales o privadas, etc.

**Bibliografía.** Las referencias bibliográficas se deben incluir al final del artículo. Los autores se ordenarán por el orden alfabético de sus apellidos, y cuando se cita más de una publicación del mismo autor se ordenarán cronológicamente. Los nombres de las revistas deben ir abreviados según el código internacional para las mismas. En caso de no tenerlo, use su nombre completo. A continuación se detalla la forma de citar distintas fuentes.

**Artículos de revistas:** Autor (es), año. Título del artículo, nombre de la revista, número, página-página. Ejemplo: Zhang, C., Laurent, S., Sakr, S., Peng, L. and Bédu, S. 2006. Heterocyst differentiation and pattern formation in cyanobacteria: a chorus of signals. *Mol. Microbiol.* 59: 367-375.

**Capítulos de libros:** Autor (es), año. Título del capítulo. En: título del libro, apellido de los compiladores o editores (Ed/s.), casa editora, páginas consultadas (pp). Ejemplo: Barbulova, A. & Chiurazzi, M. 2005. A procedure for *in vitro* nodulation studies. En: *Lotus japonicus* Handbook. Ed. Márquez A. Springer, Netherland. pp. 83-86.

**Internet.** Actualmente no hay una norma universal reconocida en el ámbito científico sobre las citas desde medios electrónicos, pero hay consenso sobre formas en que pueden realizarse, la recomendada es: Autor (es), año. Título del artículo. En: Nombres de la publicación electrónica, del *website*, portal o página y su URL, páginas consultadas (pp. #) o páginas totales (# p.); fecha de consulta. Ejemplo (Revista Colombiana de Horticultura): Gutiérrez, M. 2007. Siembra de olivos en el desierto palestino. En: *Agricultura Tropical*, <http://agrotropical.edunet.es>. 25 p.; consulta: noviembre 2006.

#### **Corrección para la publicación**

Las pruebas de imprenta se enviarán por vía electrónica a los autores para su corrección, y deberán ser devueltas dentro del plazo que se indique.

E. ARTÍCULO A PRESENTAR EN REVISTA AGROCIENCIA

Identificación y jerarquización de factores y decisiones en distintos segmentos de la cadena cárnica para modelar el comportamiento del pH de la carne vacuna

Priore, Estela<sup>1</sup> y Bianchi, Gianni.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad de la República. Facultad de Agronomía. Departamento de Biometría, Estadística y Cómputo. Garzón 780. Montevideo, Uruguay. E-mail: [epriore@fagro.edu.uy](mailto:epriore@fagro.edu.uy)

<sup>2</sup> Universidad de la República. Facultad de Agronomía. Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (EEMAC). Departamento de Producción Animal y Pasturas. Ruta 3. Km 363,500. Paysandú, Uruguay.

Jerarquización de factores para modelar el pH de carne vacuna

# Identificación y jerarquización de factores y decisiones en distintos segmentos de la cadena cárnica para modelar el comportamiento del pH de la carne vacuna

## Resumen

Mucha literatura trata factores que tienen efecto sobre 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 e interacciones complejas entre ellos. Se utilizó una base de datos con 1800 registros completos de animales sacrificados en 7 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 contaba con 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 duración de viaje mayor 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, proceso transporte, canales vacunas.

Factors and decisions hierarchy in the different stages of meat production process, to model pH behavior in beef meat

## **Summary**

Most bibliography quotes factors related to pH effect on beef meat; generally principal effects or some interactions between them are studied. This research tried to identify, those factors with main effects on beef meat's pH, measured at 36 h, and all complex interactions between them. A data base of 1800 complete registers from animals, out 7 slaughter plants- which altogether-, explain 50% of Uruguay's slaughter. 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 had good hygiene conditions, in the holding pens, and also, the distance between them and the stunning box, was short, the incidence of  $\text{pH} \geq 5.8$  in meat was low, even without electric stimulation. Pure British breeds (Hereford and Aberdeen Angus), were more sensible to lack of hygiene in holding pens than the cross breeds. Lack of water during the trip had a stronger effect on steers than in cows. An inappropriate way of mustering animals, bad lairage conditions and trips of more than 250, yield high percentages of animals with  $\text{pH} \geq 5.8$ . Plants features, animals' own characteristics, mustering and yarding, both at the farm gate and the plant gate, and associated with transport, had effects that interacting affected beef meat pH measured at 36 h after slaughter.

Key words: ultimate pH, dark meat, transport.

## Introducción

El 27,7 % de la carne que se consume en el mundo es bovina, sugiriendo la importancia de este alimento; en América del Sur el porcentaje es cercano al doble, 51,5 % (Asencios Gómez, 2004).

En el caso de Uruguay, la producción, procesamiento y exportación de carne vacuna representa una importante fuente de ingreso económico. En el quinquenio 2004-2008 se produjeron 556 mil toneladas de carne bovina (Caputi y Méndez, 2010). La Dirección de Investigación y Estadísticas Agropecuarias (DIEA, 2008), reporta que en el ámbito nacional, el sector agroindustrial aporta el 15 % del PBI y de ese porcentaje más del 65 % lo aporta el sector agropecuario. Aún más, el 58 % del Valor de la Producción Bruta de la actividad agropecuaria en el 2006 corresponde a la ganadería bovina.

En promedio, en el período 2004-2008 se faenaron 2 380 000 bovinos, exportándose entre el 70 y 75 % (Caputi y Méndez, 2010); en 2008, Uruguay exportó carne bovina por un monto de 764 millones de dólares (INAC, 2009).

El volumen es de gran importancia, pero la calidad no lo es menos y desde hace unos años se ha tomado conciencia de la necesidad de diferenciar y aportar valor a los productos cárnicos (Bianchi *et al.*, 2008).

El pH final es un atributo clave en la calidad de la carne dada su asociación con varios atributos relevantes al valor económico del producto como el color; éste determina la aceptación y decisión de compra por parte del consumidor (Bianchi *et al.*, 2008).

Los mercados más exigentes no admiten carne vacuna con valores de  $\text{pH} \geq 5,8$  ya que el virus de la Aftosa se inactiva a pH menores a 6. Esto tiene una gran importancia en países exportadores como es el caso de Uruguay que tiene la categoría de Libre con Vacunación. Como forma de asegurarse el descenso del pH por debajo de ese nivel, países como Estados Unidos exigen 36 h de maduración.

En Uruguay, en el año 2009, se publicaron los resultados de la Segunda Auditoría de Calidad de Carne Vacuna. En dicho trabajo se encontró que el 15 % de las canales muestreadas fueron rechazadas ( $\text{pH} \geq 5,8$ ). Si bien este valor es inferior al encontrado en la primera auditoría realizada 5 años antes (22,7 %; INIA, INAC, CSU, 2003), se considera que el pH elevado y el color oscuro de la carne, son características que permanecen como problemas importantes a resolver por toda la cadena cárnica.

Cuando el animal está vivo el pH en los músculos está entre 7 y 7,3. Con el desangrado y muerte se interrumpe la circulación de la sangre por lo que no llega oxígeno a los músculos, lo que determina condiciones de anaerobiosis y el ácido láctico que se genera, como consecuencia del metabolismo anaeróbico (glucólisis anaeróbica), no puede ser transportado al hígado para ser utilizado en la síntesis de glucosa y glucógeno. Esta situación determina que se acumule ácido láctico, lo que provoca el descenso del pH; este descenso es necesario para un adecuado proceso de transformación del músculo en carne (Schreurs, 2000). Cuando la cantidad de glucógeno es la adecuada, la degradación a ácido láctico también lo es, el proceso de acidificación se realiza sin problemas y el pH final es menor al crítico. Sin embargo, si el animal está en condiciones de estrés físico o fisiológico en el momento de su sacrificio, gasta más energía bajo la forma de ATP, las reservas de glucógeno se metabolizan quedando un sustrato pobre para el proceso de acidificación post-mórtem (Zimmerman, 2008).

Con pH de 5,8 o mayores, hay una mayor probabilidad de que la carne sea oscura, con alta capacidad de retención de agua, de aspecto seco en superficie y consistencia firme (carnes DFD). A su vez, esta carne es más susceptible a la contaminación microbiana (Grandin, 2000), más difícil de conservar y por supuesto de comercializar (Zimmerman, 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, 1990), pasando por los que tienen que ver con el sistema de producción, como alimentación (Carduz, 1996; Bianchi, 2005; Amtman, 2006) y

manejo (Grandin, 1997), también con manejos pre-sacrificio estresantes, como viajes largos (Brown, 1990; Carduz, 1996; Hargreaves *et al.*, 2004; María, 2005), excesivo ayuno (Sañudo, 1992; Lizondo, 2000), prolongados tiempos de espera en frigorífico (Hargreaves *et al.*, 2004; Amtman, 2006), llegando hasta el manejo post-sacrificio como la estimulación eléctrica de la canal que produce la hidrólisis del ATP y una caída rápida del pH.

Aunque existe abundante literatura internacional sobre este tema, en el ámbito nacional se encontraron pocos antecedentes, mayoritariamente en vacunos (Carduz, 1996; Navajas *et al.*, 1996) y un sólo experimento en ovinos (Bianchi *et al.*, 2004), aunque esta especie sería menos sensible a este problema (Ciria y Asenjo, 2000) y en todos los casos, sin resultados concluyentes al respecto.

Se citan muchos factores con diferentes efectos sobre el pH de la carne, ya sea actuando en forma aislada o interactuando con otros. Conocer los factores y sus efectos permite tomar decisiones para la obtención de canales con un pH adecuado; un árbol de decisiones puede ser 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 manejo 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 h 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 7 establecimientos habilitados para faena de vacunos que - en conjunto - explicaban más del 50% de las haciendas sacrificadas en el país

(INAC, 2008). En cada frigorífico se relevó información por lo menos de 10 camiones. 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 dispone de 1800 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 a las 36 h tomando el promedio de ambas canales de cada animal (pH36p). Se categorizó como 0 a todas las canales que presentaban  $\text{pH} < 5,8$  y 1 a todas las canales que no cumplían con dicho requisito (pH36c).

Se agruparon variables relacionadas en cada una de las etapas por las que pasó el animal con destino a sacrificio; buscando disminuir la dimensionalidad se conformaron grupos que representaran variaciones en las características consideradas. Los grupos se confeccionaron de acuerdo a la disponibilidad de información suficiente de forma que en cada grupo había un número de animales representativo. Como cada frigorífico fue relevado en un sólo mes, no fue posible separar su efecto 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.

**Cuadro 1.** Características de frigorífico

piso	pare	higi	techo	corr	mang	mins	tins	dcn	suje	pan1	luza	este	pan2	par2	tefa	Código
1	2	2	PAR	2	2	ELE	15	40	1	0	0	0	0	CERRADAS	14	122P22E154010000C14
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

Ver referencias en página siguiente

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.

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

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

En el Cuadro 2 se presentan las variables independientes con las que se trabajó.

**Cuadro 2.** Variables utilizadas en el análisis.

Tipo de variable	Variable
Continuas	Tasa de faena: Animales faenados sobre capacidad de faena del frigorífico (tfae)
	Porcentaje de animales astados en el camión (past)
	Tiempo: tiempo de descarga en frigorífico (tdes) + tiempo desde arribo a descarga (tard)
	Tiempo de encierro (tenc)
	Componente principal 1: (Viaje 1)
	Componente principal 2: (Viaje 2)
	Densidad de animales/ metro cuadrado de jaula (dens)
Discretas	Tasa de faena categorizada (tfaena)
	Categoría (cate)
	Mezcla de animales (mezc)
	Características de Frigorífico (frigo)
	Embarque (embarque)
	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)	

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).

Respecto a las variables vinculadas al transporte de los animales (etapa viaje), se realizó una ponderación para km recorridos en camino de tierra (ktiec) considerando que si el camino estaba en buenas condiciones era como viajar en carretera, en ese caso el ponderador fue 1, mientras que si era muy malo, se asignó el ponderador 2; si era muy bueno se asignó el ponderador 0,66.

Se calculó la correlación entre las variables que estaban asociadas al transporte, su duración en minutos (dvia), km recorridos (ktot), km de carretera (kcar), km 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).

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-mórtem (pH36p) se presenta en la Figura 1.

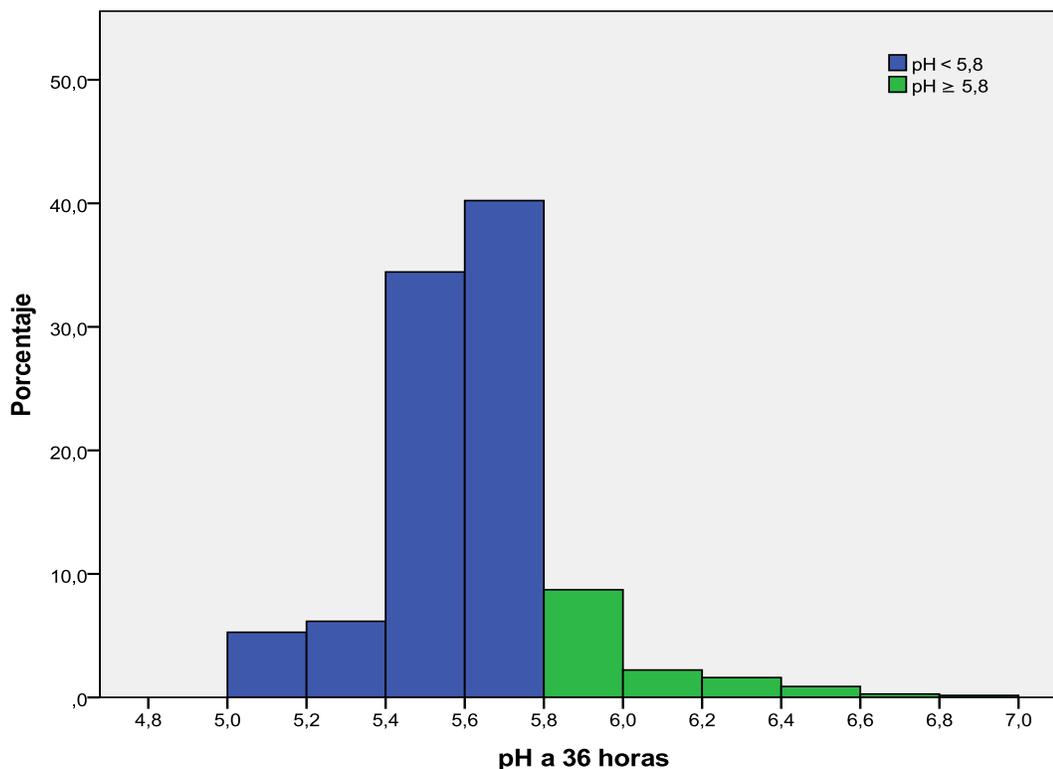


Figura 1. Distribución del pH a las 36 horas (pH36p).

La media de pH fue de 5,61, valor semejante al reportado por Navajas (2002) y 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 mayor desvío estándar que Navajas (2002): 0,25 y 0,16, respectivamente; 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), ambos citados por Navajas (2002).

El promedio de pH36p de las canales que tuvieron un valor de pH aceptable (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 el porcentaje 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)

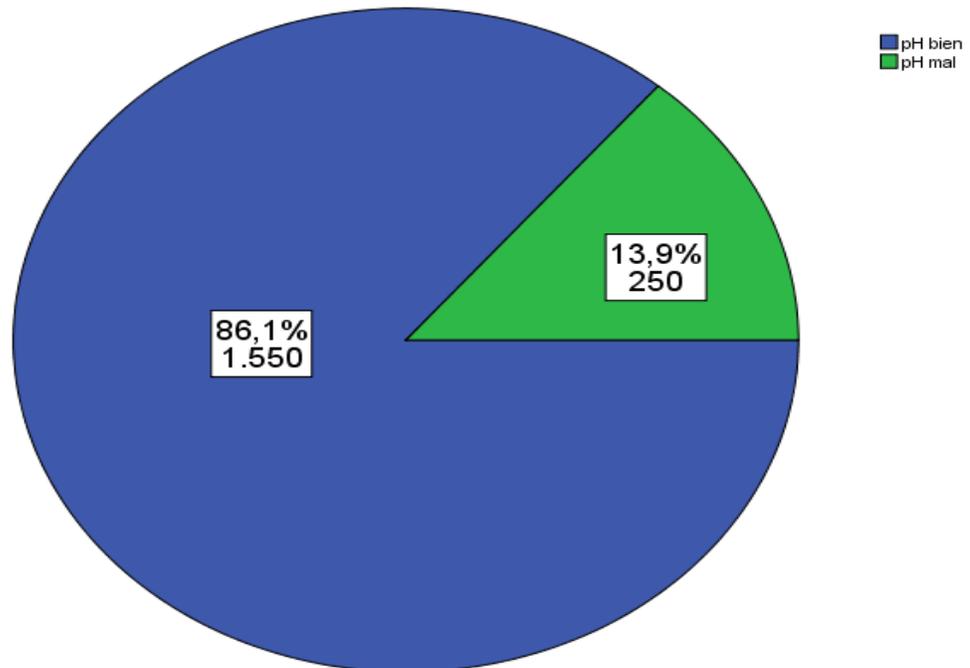


Figura 2. Porcentajes de canales según nivel de pH.

El 13,9 % de canales con  $\text{pH} \geq 5,8$  fue casi el doble del valor reportado por Brown *et al.*, (1990), que era de 7,1 % y 4 veces mayor a los valores citados por Navajas (2002). 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-INIA, 2007-2008) 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 2 se presenta el grado de asociación entre las diferentes variables vinculadas al transporte.

**Cuadro 2.** Correlaciones entre las variables vinculadas al transporte de los animales.

	Duración del viaje (dvia) (Horas)	npar	ktot	kcar
Número de paradas (npar)	0.5782			
Km totales (ktot)	0.8833	0.5087		
Km carretera (kcar)	0.7593	0.5112	0.9279	
Km camino de tierra (ktiec)	0.3217	0.0063	0.1917	-0.1733

Se registró una alta asociación entre la duración del viaje, tanto con los kilómetros totales recorridos como con los kilómetros de carretera: cuando se recorrió mayor distancia sobre carretera, el viaje tuvo mayor duración.

El análisis de componentes principales fue realizado para construir una o más variables que resumieran la información del viaje de los animales desde el establecimiento al frigorífico y así disminuir la dimensionalidad del problema y evitar problemas de colinealidad en el modelo. El primero 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 km de camino de tierra que se recorrieron durante el transporte de los animales a planta, tal como se presenta en el Cuadro 3.

**Cuadro 3.** Coeficientes de las nuevas dimensiones.

	Componentes	
	1	2
Variables	63 %	22 %
dvia	0.528	0.197
npar	0.396	-0.126
ktot	0.543	0.037
kcar	0.512	-0.304
ktiec	0.088	0.923

### **Construcción del árbol de decisiones**

Se corrió el algoritmo para obtener un árbol de decisiones de pH36c con las especificaciones planteadas en la sección de materiales y métodos. Las variables que se ingresaron se presentaron en el Cuadro 1.

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 de éstos se presentan en el Cuadro 4.

**Cuadro 4.** Características de los nodos terminales del árbol ajustado para pH36c.

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

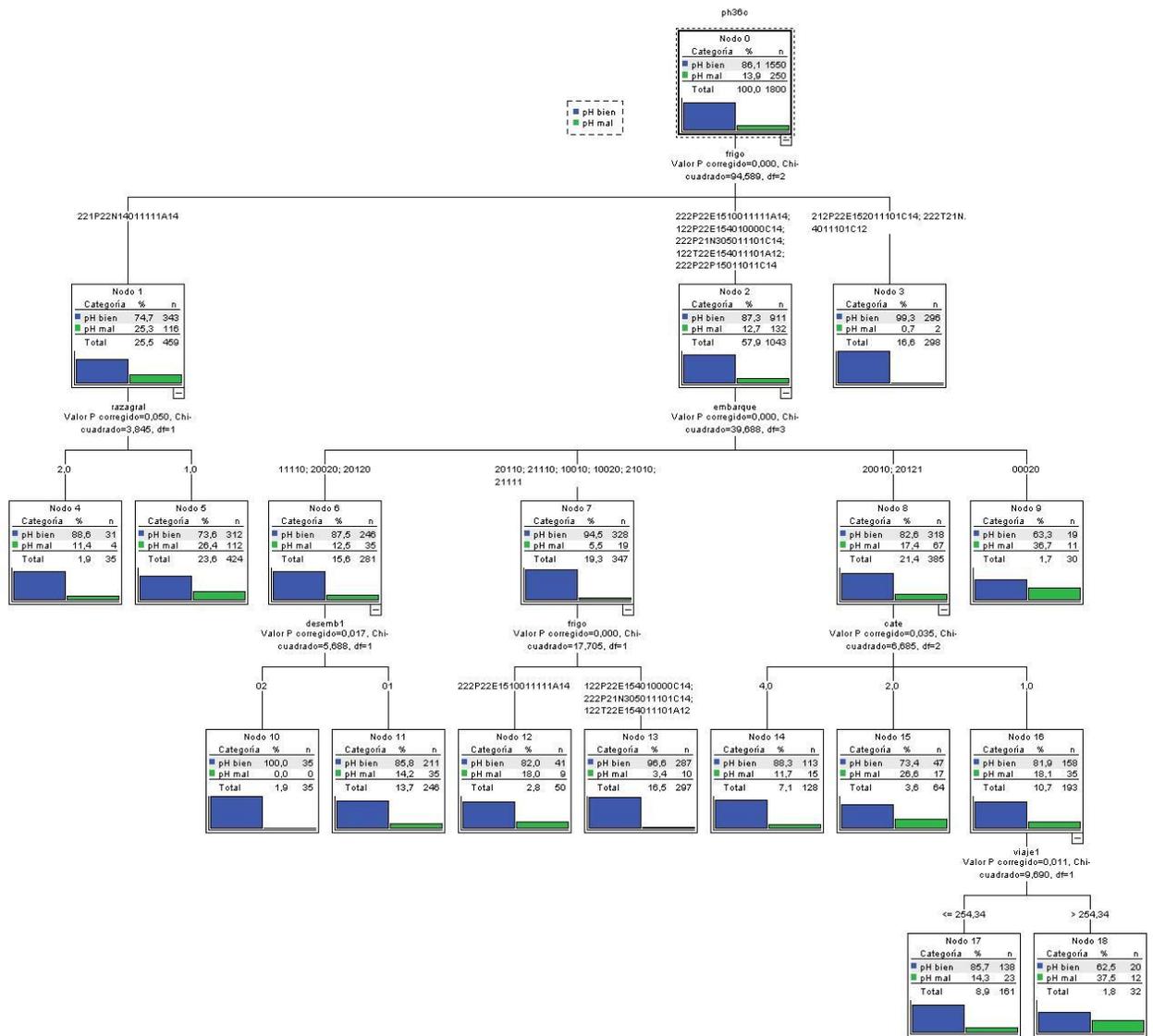


Figura 3. Árbol de decisiones para pH36c.

Seguindo 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). Es posible que los animales que esperaban en estos corrales presentaran dificultades para moverse por el exceso de lodo, lo que generó alto gasto energético que, en conjunto con el ayuno, pudo causar altos niveles de estrés lo que conllevó a pérdidas del glucógeno de reserva pre sacrificio y por ende a mayores riesgos de pH altos, tal como lo plantea Zimerman, (2008).

La interacción raza x condiciones de higiene de los corrales de espera resultó significativa ( $p < 0,05$ ). Este resultado no es acorde con los reportados por Zea *et al.* (2007), que en un ensayo factorial  $2 \times 3 \times 3$  (sexo, raza y alimentación), no encontraron diferencias significativas entre las razas Rubia Gallega, Holstein-Friesian y cruce 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 cruzas Hereford\*Angus tuvieron un nivel de cortisol más bajo que cruces entre cualquiera de esas dos razas y Brahman. Es probable que los animales cruce

del presente trabajo tuvieron 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 encontró una alta proporción de animales (0,367) que presentaron problemas de pH en su carne; los animales en 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.

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 de animales con problemas de pH 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 faenados 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  $\text{pH} \geq 5,8$

de 0,117. Los novillos de 3 o más años (categoría 2) sufrieron más la falta de agua en el embarque, resultando aquella proporción de 0,266 (nodo 15).

El nodo 16 (no es nodo terminal) correspondió a novillos de 2 a 3 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 3 años, seguida de novillitos y por último vacas, resulta concordante con los resultados de Barros (1996), que encontró 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 del número de paradas durante el mismo. Los novillos de 2 a 3 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 4 h) 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 6 h de duración. Los resultados encontrados en este nodo son también consistentes con lo planteado por Carduz (1996), quien reporta efecto del tiempo de transporte y la distancia recorrida. 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 h de espera para que los animales se recuperaran. Lizondo (2000), no encontró diferencias significativas en el pH de la carne de novillos faenados con 3, 6, 12 y 24 h de ayuno ya sea considerando

cuando fueron conducidos un tiempo corto de transporte o cuando el tiempo de transporte fue largo. 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 - 14 h, representativo de lo que normalmente ocurre en el Uruguay (Bianchi *et al.*, 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**

El miedo de los animales provocado por malas condiciones durante el embarque hizo que sufrieran estrés y utilizaran sus reservas de glucógeno; esto provocó en esos animales muy alta probabilidad de tener pH final de 5,8 o mayor.

Si los animales durante el embarque sufrieron privación de agua y fueron arreados con métodos que les generaron miedo y además el desembarcadero en el frigorífico estaba en malas condiciones, tuvieron muy altos porcentajes de problemas de pH final alto.

La falta de agua en esta etapa no afectó a todos los animales por igual, los novillos sufrieron más que las vacas y por ende la frecuencia del problema de pH alto fue mayor. No se descarta, en este caso, un efecto indirecto del usual mejor grado de terminación de las hembras lo que permite, en cierta forma, atenuar los efectos negativos sobre el pH final de la carne.

Buenas condiciones de higiene de los corrales de espera en el frigorífico conjuntamente con menor distancia desde estos corrales al cajón de noqueo disminuyeron la probabilidad de problemas de pH final de la carne. La falta de higiene en los corrales de espera afectó más a animales de razas británicas puras que animales cruza. Es probable, que - de nuevo - el mejor grado de terminación de las cruza frente a las razas británicas puras, esté incidiendo sobre estos resultados.

Si la distancia entre los corrales de espera y el cajón de noqueo fue mayor a 50 metros se observaron altas frecuencias de pH final elevado.

Viajes largos causan estrés en los animales y por tanto problemas de pH final en carne.

## **Bibliografía**

Amtmann V.A.; Gallo C.; G Van Schaik G.; N Tadich N. 2006. Relaciones entre el manejo antemortem, variables sanguíneas indicadoras de estrés y pH de la canal en novillos. Valdivia, Chile. Arch. Med. Vet. 38 (3): 259-264.

Asencios Gómez, R. 2004. Variación del pH en la carne de cerdos beneficiados con aturdimiento eléctrico y sin aturdimiento. En: Cybertesis. (en línea). Perú, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Programa Cybertesis PERÚ. Consultado 11 nov. 2008. Disponible en [http://www.cybertesis.edu.pe/sisbib/2004/asencios\\_gr/html/index-frames.html](http://www.cybertesis.edu.pe/sisbib/2004/asencios_gr/html/index-frames.html)

Barros A. 1996. Carnes de Calidad, pH controlado. Instituto Nacional de Carnes del Uruguay. Centro de documentación de INAC. 188 p. Bianchi, G. y Garibotto, G. 2004. Bienestar Animal: La situación en Uruguay. INAC. Serie Técnica N° 37. Diciembre 2004. 40 p.

Bianchi, G.; Garibotto, G.; Feed, O.; Bentancur, O.; Franco, J.; Peculio, A. 2004. Effect of de sex and slaughter weight on sensory meat quality of Corriedale, Southdown x Corriedale and Hampshire Down x Corriedale lambs. En: Congreso Argentino de Producción Animal de la AAP (27°, 2004, Tandil, Buenos Aires). Trabajos presentados. Lugar de publicación, AAPA. 1 disco compacto, 8 mm.

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, España. Universidad de Zaragoza. Facultad de Veterinaria. 99 p.

Bianchi, G.; Garibotto, G.; Franco, J.; Ballesteros, F.; Feed, O.; Bentancur, O. 2008. Calidad de carne ovina: impacto de decisiones tomadas a lo largo de la cadena. En: Gustavo Garibotto Carton y Gianni Bianchi Olascoaga (Ed.). Seminario Técnico Internacional. Enfoques sobre la calidad de carne y grasa en rumiantes: el consumidor como prioridad. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. pp 20-48.

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. y Méndez C. 2010. Producción de carne en el mundo y la inserción de Uruguay en el comercio exterior. Introducción a la Ciencia de la Carne. Capítulo 1. En: Gianni Bianchi y Oscar Feed (Coordinadores). Editorial Hemisferio Sur. Montevideo. Uruguay. pp: 17 - 49.

Carduz A. I. 1996. Análisis de factores que afectan el pH de la carne en condiciones comerciales. Tesis de Grado. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 78 p.

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. Ministerio de Ciencia y Tecnología-INIA. Madrid, España. pp: 17 - 45.

Dirección de Estadísticas Agropecuarias (DIEA). 2008. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Anuario estadístico agropecuario 2008. (en línea). Montevideo, Uruguay. Consultado 20 noviembre 2008. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/Diea/Anuario2008>.

Franco, J. 2010. Importancia de los factores productivos, tecnológicos y de manejo en la calidad de la canal y de la carne vacuna. Introducción a la Ciencia de la Carne. Capítulo 10. En: Gianni Bianchi y Oscar Feed (Coordinadores). Editorial Hemisferio Sur. Montevideo. Uruguay. pp: 455 - 494.

Gallo, C. 2010. Bienestar Animal y Buenas prácticas de manejo animal relacionadas con la calidad de la carne. Introducción a la Ciencia de la Carne. Capítulo 13. En: Gianni Bianchi y Oscar Feed (Coordinadores). Editorial Hemisferio Sur. Montevideo. Uruguay pp: 455 - 494.

Grandin, T. 1997. Assessment of stress during handling and transport. *Journal Animal Science*. 75: 249-257.

Grandin, T. 2000. *Livestock handling and transport*. Ed. CABI Publishing.UK. 464 p.

Hargreaves, A.; Barrales, L.; Peña, I.; Larraín, R. y Zamorano, L. 2004. Factores que influyen en el pH último e incidencia de corte oscuro en canales de bovinos. *Cien. Inv. Agr.* 31(3):155-166.

Instituto Nacional de la Carne (INAC)/Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA). 2003 a. Auditoría de calidad de la carne vacuna. Montevideo, Uruguay. Instituto Nacional de la Carne. 23 p.

Instituto Nacional de la Carne (INAC). 2008. Segunda Auditoría de Calidad de la Cadena cárnica vacuna del Uruguay 2007-2008. Montevideo, Uruguay. Auditoría bovina 2009 web.pdf

Instituto Nacional de la Carne (INAC). 2008. Fratti, A. Desempeño de la cadena cárnica (enero-noviembre 2008), e impacto de la crisis internacional en el sector. OPP. Consultado 10 diciembre 2008. Disponible en <http://www.inac.gub.uy>

Instituto Nacional de la Carne (INAC). 2009. Boletín Semanal digital. Faena, Precios, Exportación. Montevideo, Uruguay. Consultado el 30 de octubre de 2009. Disponible en [http://www.inac.gub.uy/innovanet/macros/Home\\_2\\_4P.jsp?contentid=146&version=1&channelid=1](http://www.inac.gub.uy/innovanet/macros/Home_2_4P.jsp?contentid=146&version=1&channelid=1)

Lizondo, G. 2000. Efectos de diferentes tiempos de transporte y ayuno sobre las pérdidas de peso y características de la canal en novillos: II primavera-verano. Tesis. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Austral de Chile. Consultado 10 nov. 2008. Disponible en <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2000/fv1789e/doc/fv1789e.pdf>

María, G. 2005. El camino de la trazabilidad N° 52. Proyecto Europeo CATRA. Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza. Disponible en [www.produccionbovina.com/etologia\\_y\\_bienestar/bienestar\\_en\\_bovinos](http://www.produccionbovina.com/etologia_y_bienestar/bienestar_en_bovinos). 7 p. Consultado el 13 de nov. 2008.

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. 56 p.

Navajas, E. A.; Burgueño, J. A.; Aldrovandi, A.; González, G. E. 1996. Variación en pH postmortem en novillos y vacas Hereford: Resultados preliminares. En: Primer Congreso Uruguayo de producción animal. Memorias. Montevideo-Uruguay. 1996. pp: 42 – 45.

Navajas, E. 2002. Applying a novel method for the analysis of beef ultimate pH in the detection of Quantitative trait loci. Tesis de Maestría. Ciudad, Massey. University Palmerston North, New Zealand. 97 p.

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. SIA, Zaragoza, España. 117 p.

Sañudo, C. 2006. Conferencia: Calidad de la canal y de la carne en los ovinos: factores que la determinan. Revista Argentina de Producción Animal. Vol. 26 n° 2:155-167.

Schreurs, F. J. G. 2000. Post-mortem changes in chicken muscle. World's Poultry Science Journal 56: 319-346.

Soria L. A.; Corva, P. M. 2004. Factores genéticos y ambientales que determinan la terneza de la carne bovina. Buenos Aires. Argentina. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 12(2): 73 – 88.

Zea, J.; Díaz, M. D.; Carballo, J. A. 2007. Efecto de la raza, sexo y alimentación en la calidad de la carne de vacuno. Arch. Zootec. 56(1): 737 - 743.

Zimerman, M. 2008. pH de la carne y factores que lo afectan. En: Aspectos estratégicos para obtener carne ovina de calidad en el cono sur americano. Sañudo Astiz, Carlos; González, Carlos. Tandil, Universidad Nacional del Centro de la prov. De Buenos Aires. p.141-153- ISBN: 978-950-658-206-7.