

# TRANSPORTE DE GANADO BOVINO, BIENESTAR ANIMAL Y CALIDAD DE LA CARNE

Gustavo María Levrino\*. 2005. El Camino de la Trazabilidad N° 52.

Proyecto Europeo CATRA.

\*Grupo de Bienestar Animal y Calidad. Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza.

[www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)

Volver a: [Bienestar bovinos](#)

## INTRODUCCIÓN

La cadena de producción de carne bovina incluye el transporte y posterior sacrificio de los animales en el matadero. Este punto crítico del sistema de producción puede poner en riesgo en unas pocas horas el buen trabajo realizado durante meses por los ganaderos. Es muy conveniente que el sector ponga especial atención en realizar correctamente este proceso, ofreciendo una buena imagen al público en general y asegurando los beneficios potenciales de los sectores implicados.

Uno de los primeros objetivos de la industria bovina es proporcionar productos cárnicos de calidad a los consumidores. Los temas referidos a bienestar de los animales transportados para su sacrificio, siendo muy importantes, no constituyen un objetivo primordial. Bajo estas condiciones, las mejoras en las condiciones de bienestar de los animales deberán lograrse en el marco de las fuerzas que rigen el libre mercado que la sociedad occidental se ha marcado (Webster, 2000). Apartarnos de estas condiciones dificultarán los cambios en los sistemas de transporte y sacrificio de los animales, requiriendo de una legislación apropiada que ayude a introducir cambios desde dentro de la propia industria cárnica y, a largo plazo, motivar y hacer comprender la necesidad de tales cambios a los propios consumidores. Estos objetivos podrían ser alcanzados más eficientemente si logramos conectar ambos conceptos, calidad del producto y bienestar animal, como una relación causa efecto. Afortunadamente, en los temas relacionados con la producción de carne, existen evidencias que apuntan en esa dirección. Una mejora en el bienestar de los animales durante el transporte para su sacrificio repercutiría positivamente sobre la calidad final de la carne obtenida. Sin embargo, los resultados no son concluyentes y en muchos casos contradictorios, ya que se requieren condiciones adversas de transporte para poder superar el umbral de estrés que afecte significativamente los parámetros de calidad de la carne.

De acuerdo con la Comisión Europea, el mayor problema concerniente al bienestar animal durante el transporte es la efectiva aplicación de las normativas vigentes. La legislación sobre transporte de animales ha estado disponible por décadas, pero ha sido dificultosa su aplicación. Además de esto, la mayor parte de la legislación vigente ha estado basada en resultados científicos y demandas sociales de la Europa del Norte. Existe muy poca información disponible referida a los problemas de transporte en los países del área mediterránea. Los consumidores del sur están generalmente menos informados y, en consecuencia, menos preocupados por los aspectos referidos al bienestar de los animales de granja (María et al 1999). En consecuencia, los intentos de imponer cambios rápidos en regulaciones a nivel local pueden chocar con la incomprensión de los sectores afectados, haciendo complicada la aplicación efectiva de las normas. La solución a este dilema puede venir de la mano de la educación y la investigación. Educar a las personas involucradas en el manejo y transporte de los animales desde la granja al matadero, e investigar los puntos críticos asociados al proceso de transporte, aportará datos objetivos que permitan informar mejor a los legisladores y a la población en general. En esta línea, se ha realizado un estudio que, bajo las condiciones de transporte comercial en Aragón, pretende aclarar el efecto del transporte sobre el bienestar de los animales y la calidad final de su carne. El estudio es parte de un proyecto Europeo en el que participan ocho países y cuyo objetivo final es desarrollar un sistema de control logístico y ambiental del transporte de bovinos en Europa. La primera parte del proyecto se centró en detectar los puntos críticos en el transporte de bovinos para sacrificio en España, cuyos resultados están publicados en Villarroel et al., 2001 (ver número 305 de marzo del 2001 de Nuestra Cabaña). En este número presentamos una síntesis divulgativa general de los resultados correspondientes al efecto del transporte sobre el bienestar de los animales y la calidad de la carne, especialmente orientada a comunicar al sector y al público en general las conclusiones generales del proyecto.

## ESTRÉS Y TRANSPORTE

Según Broom (1983), el bienestar de un individuo es un estado fisiológico que le permite adaptarse con éxito en un ambiente dado. La respuesta de estrés es el mecanismo fundamental que permite a los animales adaptarse a un cambio en su ambiente (Selye, 1936). Estos cambios ambientales constituyen estímulos estresores (en nuestro

caso el transporte) que actúan sobre del sistema nervioso provocando una respuesta inmediata por vía nerviosa en la que el animal reacciona rápidamente iniciando su adaptación. Durante esta fase se producen cambios de comportamiento y de ritmo cardíaco, además de alteraciones metabólicas importantes. Para restablecer el equilibrio metabólico es necesaria una segunda respuesta, en este caso por vía sanguínea, consistente en la secreción de una hormona (ACTH) que actúa sobre la glándula suprarrenal. Esta glándula descarga sustancias a la circulación sanguínea como el cortisol que contribuye a la adaptación definitiva. Esta segunda fase es mas lenta y el cortisol tarda en elevarse aproximadamente a los 15 minutos tras la acción del agente estresor. Es por tanto esta respuesta un mecanismo esencial y favorable para que los animales se adapten a los cambios ambientales. El problema surge cuando los estímulos son muy intensos o muy repetidos en el tiempo, el mecanismo adaptativo no funciona correctamente y el animal no logra adecuar su metabolismo a la nueva situación con la consiguiente pérdida de bienestar. Este fracaso adaptativo conlleva mayores gastos energéticos por parte de los animales (pérdida de eficiencia), un mayor riesgo de enfermedades (defensas bajas) y una carne de baja calidad (pH altos). Esto último es consecuencia del excesivo gasto energético que tiene el animal derivado de una situación de estrés intenso. Las reservas de glucógeno muscular están agotadas en el momento del sacrificio lo que impide que el pH muscular caiga hasta los niveles deseados (5.50-5.60), lo que se traduce en un pH elevado (> 5.80) de la carne. Ello puede dar aparición a las denominadas carnes "DFD" (dark, firm and dry), que se caracterizan por ser más oscuras, más firmes, más secas y de peor conservación.

Es posible pues, valorar objetivamente en qué medida un animal esta utilizando este mecanismo de adaptación y en consecuencia su bienestar. Para ello se pueden valorar aquellos metabolitos asociados a la función de la glándula suprarrenal (i.e. cortisol) y al metabolismo energético (i.e. glucosa o lactato), al daño muscular (i.e. enzima CK), las constantes fisiológicas del animal (ritmo cardíaco o temperatura corporal), el comportamiento observado y, obviamente, la calidad de la carne, en especial su pH a las 24 horas post-mortem.

Somos conscientes de que es inevitable que los animales estén sometidos a la acción de estresores como el manejo, la carga, el transporte o la descarga. No obstante, lo que esta en nuestras manos es minimizar su efecto asegurando un buen manejo de los animales. En este estudio demostramos que cuando las condiciones de transporte son buenas (en condiciones comerciales) el efecto del transporte como estresor es bajo y afecta a la calidad final de la carne.

## EL ESTUDIO

Basados en una experiencia previa mas amplia con 40 viajes analizados y 320 animales transportados, se diseñó un estudio controlado que incluyó un total de 48 Añojos, que fueron transportados en grupos de 8 (2x4) por 30 minutos, 3 horas y 6 horas, en dos repeticiones. Los primeros 3 viajes se realizaron en tres semanas consecutivas en invierno (Enero-Febrero de 2001) y los 3 restantes en verano (Junio-Julio de 2001). Todos los animales provenían de una misma granja comercial colaboradora distante 10 km. del matadero Mercazaragoza. La granja tiene una producción media anual de 1300 añojos con un sistema de producción basado en pasteros provenientes de cruces de razas de aptitud carnífera de Irlanda, Francia y España. Los animales del estudio pertenecían a cruces Irlandeses de aptitud cárnica con un peso vivo medio al sacrificio de aproximadamente 530 kg y 16-18 meses de edad.

El camión utilizado correspondió al modelo más frecuente empleado en España, con dos ejes, un solo piso y una caja de 12 m<sup>2</sup> para 8 añojos, conducido por su propio dueño, con una dilatada experiencia en el transporte de bovinos. La densidad de carga fue de 1.6 m<sup>2</sup> por animal. Todos los viajes se efectuaron en la misma carretera asfaltada, combinando carreteras convencionales y autovías. El matadero fue Mercazaragoza, con Licencia de la UE. La espera fue de 12 horas. Se obtuvieron muestras de sangre antes y después del transporte. Se realizó una hematología completa y se valoraron los niveles plasmáticos de cortisol, glucosa, lactato y enzima CK. Se obtuvieron muestras de carne del músculo Longissimus dorsi entre las costillas 6 y 11, 24 horas después del sacrificio, una vez tomado el pH a 24 horas. De esta muestra se separaron 6 filetes para evaluar la calidad instrumental y sensorial de la carne.

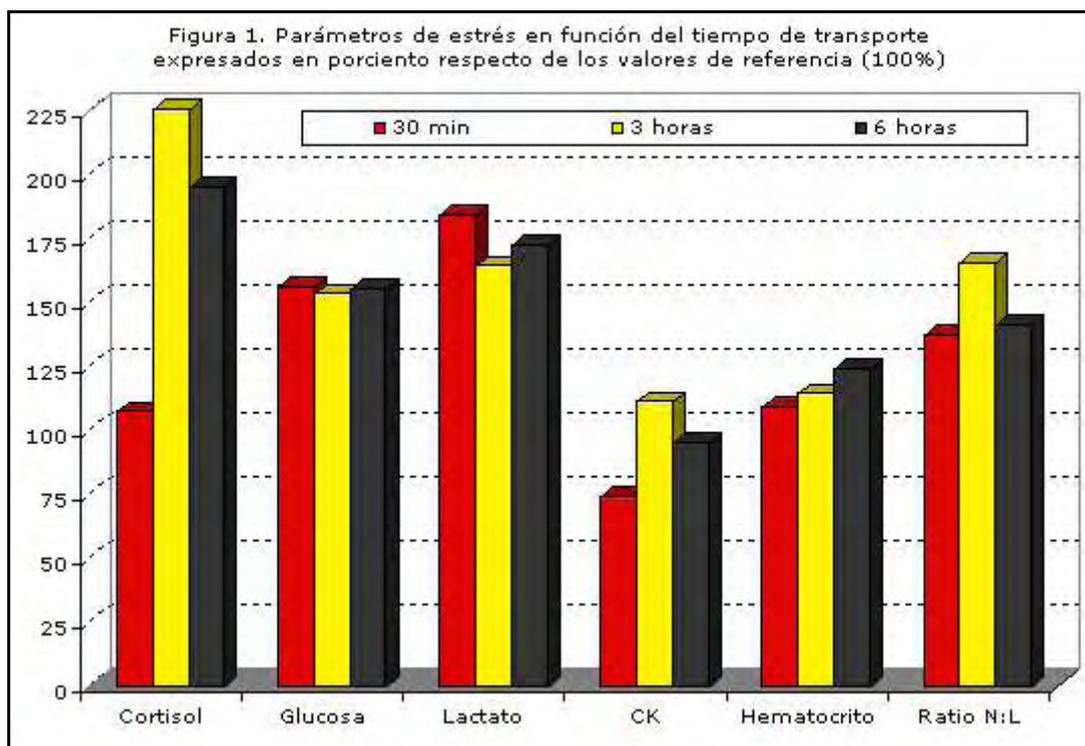
## LOS RESULTADOS

Con el fin de simplificar la presentación y comprensión, hemos expresados los resultados en porcentaje respecto de los valores de referencia que se presentan en el Cuadro 1. Los valores de referencia representan el 100% en el eje de las gráficas.

## BIENESTAR ANIMAL

En la Figura 1 presentamos los resultados relativos para los parámetros de estrés analizados. En general los resultados del estudio indican una ligera influencia del transporte sobre estos parámetros. Resulta obvio que el transporte supone un estrés adicional para los animales (Grigor et al., 2001). Sin embargo, los niveles observados, si se los compara con otros estudios encontrados en la literatura, no suponen un serio compromiso sobre el

bienestar de los animales. Se puede afirmar que, si las condiciones de transporte son adecuadas, los niveles de estrés que se observan no indican un riesgo superior al derivado de un manejo normal en la granja durante el período de cebo (Grandin, 2000).



Los valores basales de cortisol variaron entre 16 ng/ml en viajes cortos y 35 ng/ml en viajes largos. Ambos valores pueden considerarse normales para un bovino en condiciones de tranquilidad y en ausencia de estresores agudos (García Belenguer y Mormede, 1993). En los viajes de corta duración, tanto en invierno como en verano los niveles de cortisol no fueron significativamente distintos que los controles. No ocurrió lo mismo en los viajes medios o largos de invierno que demostraron niveles de cortisol significativamente más elevados que los controles y que los viajes cortos.

Los niveles de glucosa se asocian indirectamente al estrés como una consecuencia de la acción de catecolaminas y glucocorticoides. Los niveles de glucosa también se vieron afectados ligeramente por el transporte. No se observaron diferencias importantes entre los tipos de viajes. Los incrementos observados en glucosa pudieron deberse a la glucogenolisis estimulada por las catecolaminas, lo que también puede explicar el incremento de ácidos grasos libres (Warriss 2000). La degradación del glucógeno muscular como consecuencia del ejercicio durante el transporte puede conducir a la producción de elevados niveles de ácido láctico, el cual es liberado al torrente sanguíneo. Así, se acepta que un ejercicio muy intenso puede estar asociado a niveles elevados de lactato. Adicionalmente, una liberación de catecolaminas, resultantes de una situación de miedo pueden también conducir a un aumento de la glucosa y colaborar a un incremento del lactato libre en sangre. Así, tenemos que un proceso como el de transporte, que aúna un intenso ejercicio físico con una situación de miedo para el animal, puede asociarse con una elevación del lactato sanguíneo. En nuestro caso, aunque no dramáticamente, el transporte afectó significativamente los niveles de lactato de los animales. Mientras que los niveles basales oscilaron entre 23 y 25 U/l, cuando los animales fueron transportados se incrementaron significativamente. En la literatura son abundantes las referencias que indican un efecto del transporte sobre los niveles de lactato plasmático en bovinos (Warriss, 2000).

La enzima Creatina Kinasa (CK) es liberada al torrente sanguíneo cuando existe daño muscular, como puede ser el derivado de un ejercicio violento (i.e. montas) como es el caso del transporte. Es claro que si bien no es una medida directa de estrés, es una consecuencia que indirectamente puede asociarse a situaciones de estrés o pérdida de bienestar (Grandin, 2000). En nuestro estudio este parámetro no se vio afectado por el efecto del transporte en ambas estaciones. Ello indica que, si bien el proceso ha supuesto un ejercicio importante para los animales (glucosa y lactato elevados) y un consiguiente estrés (cortisol elevado), no supuso daño muscular apreciable. Esta situación es indicativa de un buen manejo realizado por un experto y las escasas montas observadas, lo que ha quedado reflejado en las buenas notas de carga y descarga obtenidas (María et al, 2001). A este aspecto favorable colaboró en gran medida el hecho de que no se realizaron mezclas de lotes durante el proceso. Esta situación es la más frecuente en Aragón (Villarroel et al., 2001), donde el tamaño y la elevada profesionalización del sector permite efectuar el proceso de transporte en las mejores condiciones (no mezcla de lotes y respeto a la densidad

ideal de 1,6 m<sup>2</sup> por animal). Esta no es, por cierto, la situación de los países del norte de Europa, donde las granjas son familiares y se ven obligados a la mezcla de lotes y realizar numerosas paradas para completar una carga de animales (Honkavaara, comunicación personal). No obstante, son numerosos los trabajos que demuestran que la CK ve incrementados sus niveles como consecuencia del transporte en malas condiciones (Honkavaara et al. 1999).

El valor hematocrito se vio afectado por el tiempo de transporte, presentando valores significativamente más altos los animales sometidos a viajes largos que los controles o los sometidos a viajes cortos o medios. Sin embargo, este valor varió entre 36 y 41%, lo que se encuentra dentro de los valores normales para la especie (Grigor et al. 2001). La elevación del hematocrito cuando se somete a un estresor agudo a un animal es una consecuencia de la contracción esplénica provocada por la liberación de catecolaminas.

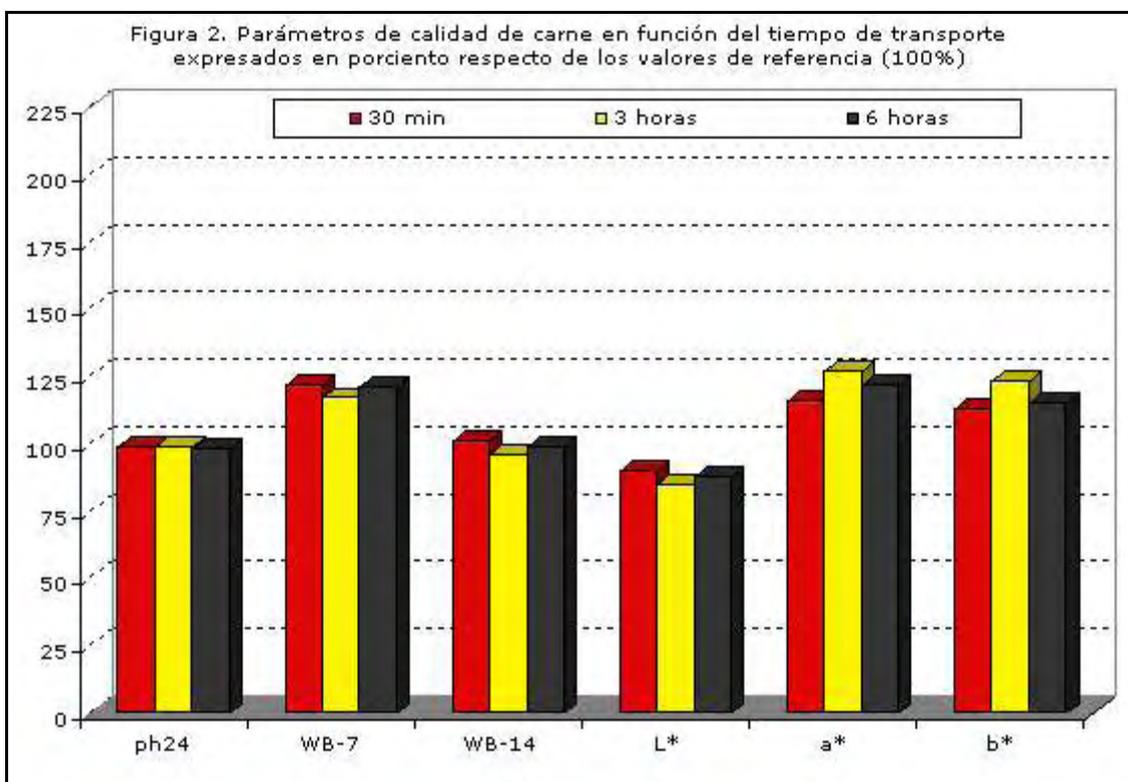
Por otro lado, se considera a la relación neutrófilo:linfocitos (N:L) un buen indicador de estrés crónico (Lawrence y Rushen, 1993). En el caso del bovino una relación 40:60 en porcentaje, puede ser considerada como normal. En nuestro estudio, los valores controles estuvieron dentro de este rango de normalidad. Los resultados hallados en la literatura indican que el estrés por transporte puede tener un efecto inmunodepresor en los animales (Tarrant et al. 1992). Este hecho en animales transportados para sacrificio reviste poca importancia, aunque si debería ser tenido en consideración en animales que son transportados para vida.

En las condiciones de este estudio y a modo de conclusión del apartado referido a bienestar animal, podemos afirmar que el tiempo de transporte afecta a algunos parámetros relacionados con la respuesta de estrés, aunque a un nivel que no comprometería seriamente el bienestar de los animales.

### CALIDAD DE LA CARNE

Un incremento en el tiempo de transporte de la granja al matadero puede tener efectos negativos en la calidad instrumental de la carne (Warriss, 2000). La opinión mas generalizada es que transportes breves de hasta 4 horas tienen un escaso efecto sobre la calidad valorada a través de su pH a 24 h post mortem, siempre y cuando el proceso se haga bien y no existan traumas innecesarios (Grandin, 2000).

En la Figura 2 presentamos los valores relativos para calidad de carne en función de los valores de referencia. Con el fin de situarnos en que tipo de canales estamos testando en nuestro estudio, la composición de la sexta costilla presentó un 69 % de músculo, un 14 % de grasa y un 15% de hueso. Los niveles de pH a 24 post mortem observados no indicaron en ningún caso la aparición de carnes DFD. Los valores registrados variaron desde 5.52 y 5.78, no entrando en ningún momento en la banda de pH correspondientes a carnes con tendencia DFD (> 5.79).



La valoración instrumental de la textura fue evaluada aplicando una fuerza de corte mediante una máquina Instron dotada de los elementos apropiados para tal fin mediante la cizalla de Warner-Bratzler. Los valores observados indicaron una ternura más que aceptable en todos los casos. No se observó una influencia significativa

del tiempo de transporte sobre ninguna de las variables analizadas. Los valores de carga máxima a 7 días variaron entre 4.63 y 5.59 kg. Estos mismos valores, con un tiempo de maduración de 14 días, fueron significativamente más bajos que los observados a 7 días. Se observaron diferencias significativas entre tiempos de maduración, siendo globalmente más altos los valores observados a 7 días (5.2) que a 14 días (4.3).

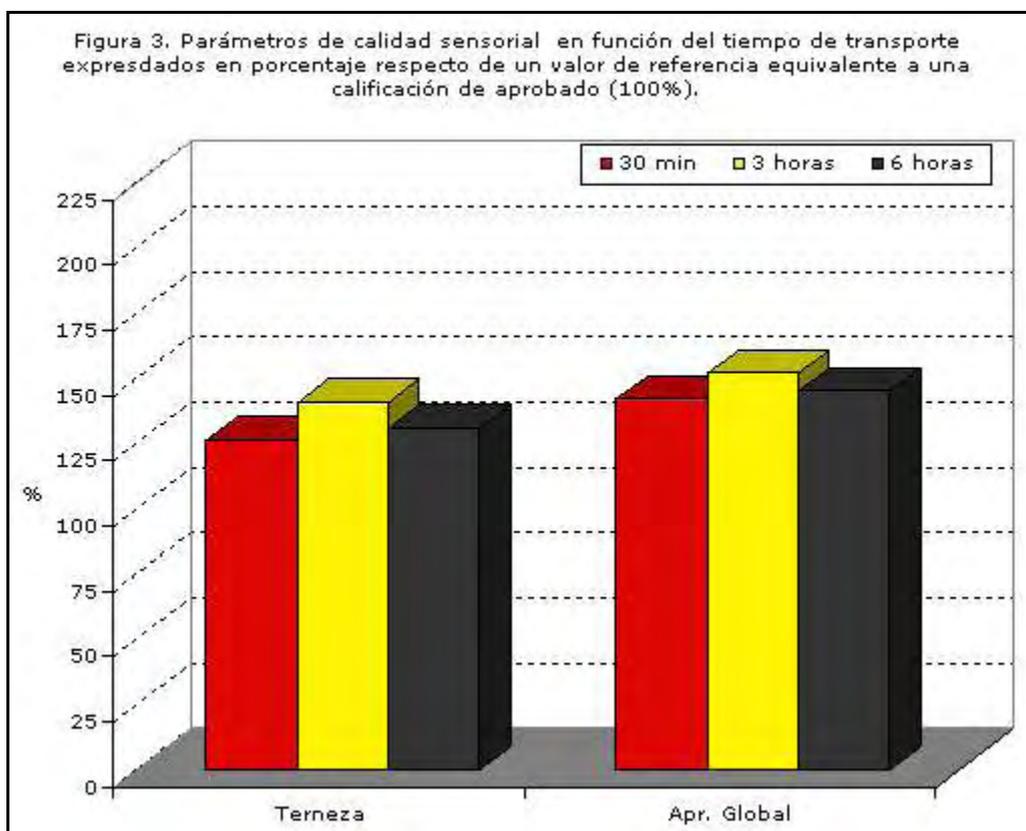
En general, de acuerdo con nuestros resultados, podemos decir que las pequeñas diferencias observadas en las medidas instrumentales de terneza por Warner-Bratzler demuestran un escaso efecto del tiempo de transporte sobre este parámetro. Asimismo, consideramos que estas diferencias pudieron ser una consecuencia de pequeñas variaciones de pH 24 y probablemente de la capacidad de retención de agua. No obstante la significación estadística al comparar tratamientos no permite realizar especulaciones rotundas en este aspecto.

## COLOR

La apariencia visual de la carne determina la respuesta del consumidor en su decisión de compra. El color es probablemente el principal factor que determina esta decisión (Kropf, 1980). Este carácter se asocia con el pH 24 y con el tiempo de maduración (Wulf y Wise, 1999). Por su parte, el estrés antemortem puede producir alteraciones en el pH final de la carne y, en consecuencia, afectar a su color. Es razonable pues pensar que un estrés por transporte puede afectar esta importante característica del producto y su aceptabilidad. De hecho, el término DFD hacen referencia en primer término el tono oscuro (Dark) de la carne. El color evaluado en el espacio  $L^*a^*b^*$  (CIELAB color space) permite tener una valoración objetiva y certera del color de la carne. El tiempo de transporte sólo influyó significativamente sobre el índice de rojo ( $a^*$ ). Los valores de luminosidad  $L^*$  se situaron en 37.80 y 31.28. Los valores de rojo ( $a^*$ ) a 24 horas variaron entre 20.5 y 23.12. En general los valores observados concuerdan con los hallados en la literatura (Wulf y Wise 1999). De estos trabajos se puede derivar el razonamiento de que si el transporte produce estrés en los animales y ello repercute en su pH final, es razonable que también afecte el color final. Este no ha sido nuestro caso.

## CALIDAD SENSORIAL

Muy poco se conoce con relación a los cambios en la calidad sensorial derivados del tiempo de transporte. Tampoco hay mucha información acerca de la distancia que deben los animales recorrer antes de alcanzar el matadero para que se vean afectados estos parámetros. A pesar de que este tiempo es insignificante, si se lo compara con el tiempo de engorde de un animal, un tratamiento inapropiado durante el transporte puede poner en riesgo los beneficios del ganadero con importantes pérdidas económicas para el sector.



La única variación significativa, en relación con el tiempo de transporte sobre los caracteres de calidad sensorial, se observó para terneza y apreciación global (Figura 3). Aún cuando el estudio que hemos realizado se

mueve en un rango de transporte relativamente corto (30 minutos a 6 horas), hemos encontrado una ligera influencia del tiempo de transporte sobre la terneza de la carne. Sin embargo, su valoración por parte de los panelistas, superó siempre una nota aceptable, valorando siempre por encima de 50 puntos en una escala de 100. Es posible que pequeñas diferencias en pH 24 puedan explicar en parte las diferencias observadas en terneza.

La nota asignada por los catadores para apreciación global de la carne fue significativamente diferente entre viajes y siguió muy estrechamente la tendencia observada para terneza. Las puntuaciones medias observadas fueron siempre satisfactorias, demostrando una buena calidad sensorial de la carne consumida. En general y para todos los criterios de calidad sensorial analizados, se observó una ligera preferencia de los catadores por las carnes provenientes de viajes intermedios, penalizando ligeramente aquellas de los viajes cortos o largos.

Como implicaciones globales de esta parte del estudio, es posible afirmar que el tiempo de transporte afecta ligeramente las características sensoriales de la carne, en términos de terneza y apreciación global. Sin embargo, tal como ocurre en otros estudios, el efecto ha sido muy leve y probablemente no suficiente como para convencer a los productores e industria en general, de que un transporte inapropiado podría llegar a reducir sus ingresos debido a una menor calidad de la carne comercializada. Este hecho nos conduce a enfrentarnos con un problema más relacionado con la calidad ética que con la calidad sensorial del producto.

## SÍNTESIS E IMPLICACIONES

1. El tiempo de transporte afecta ligeramente algunos parámetros relacionados con el estrés. Sin embargo, ello no supone un serio compromiso sobre el bienestar de los animales. Se puede afirmar que, si las condiciones de transporte son adecuadas, la respuesta de estrés que se observa no indica un riesgo superior para el bienestar animal al derivado de un manejo normal en la granja.
2. El tiempo de transporte no afectó significativamente el pH a 24 horas post mortem de la carne. Las pequeñas diferencias observadas en las medidas instrumentales de terneza evaluada por la cizalla de Warner-Bratzler, demuestran un escaso efecto del tiempo de transporte sobre este parámetro de calidad. Estas diferencias pudieron ser una consecuencia de las variaciones del pH 24 y probablemente de la CRA. No obstante, la significación estadística al comparar tratamientos no permite realizar afirmaciones que vayan más allá de confirmar que, si el transporte se realiza en condiciones adecuadas y hasta seis horas de duración, el efecto sobre la calidad instrumental de la carne es mínimo, siendo previsible que no afecte su precio final.
3. El tiempo de transporte puede afectar ligeramente las características sensoriales de la carne, especialmente en términos de terneza y apreciación global. Sin embargo la levedad de este efecto no permite afirmar que sea suficiente como para convencer a los productores e industria en general, de que el transporte podría llegar a reducir sus ingresos debido a una menor calidad de la carne comercializada.

Estas conclusiones sugieren que nos enfrentamos a un problema que se relaciona más con el concepto de calidad ética que con el de calidad intrínseca del producto comercializado. Es decir que se trata de un asunto de bienestar animal poco ligado a los beneficios económicos del sector. Sin embargo, y como por el momento en España la calidad ética no se valora económicamente, creemos que se requerirá de un gran esfuerzo para convencer a los sectores implicados de que inviertan en formación y medios que permitan mejorar las condiciones de transporte del ganado. Es por tanto razonable pensar que serán las administraciones públicas las que deban proveer fondos con este fin. Es necesario adoptar mecanismos de control que velen por el estricto cumplimiento de la legislación vigente. Investigar, educar y controlar es la secuencia lógica para abordar una problemática que deberá contar con un enfoque necesariamente multidisciplinar y sobre la que hay, todavía, mucho que hacer.

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

- BROOM D.M., 1983. Stereotypes as animal welfare indicators. In : Indicators Relevant to farm Animal Welfare. ed. D.Smidt, Curr Top.Vet.Med.Sci, 81-87. The Hague: Martinus Nijhoff.
- GRANDIN T., 2000. Livestock handling and transport. Editorial CABI Publishing. UK
- GARCIA-BELENQUER S., MORMEDE P., 1993. Nuevo concepto de estrés en ganadería. Psicobiología y neurobiología de la adaptación. Investigación agraria. Producción y Sanidad Animales, 8 (2), 87-110.
- GRIGOR P.N., COCKRAM M.S., STEELE W.B., LESUEUR J.C., FORSYTH R.E., GUTHERIE J.A., JOHNSON A.K., SANDILANDS V., REID H.W., SINCLAIR C., BROWN H.K., 2001. Effects of space allowance during transport and duration of mid-journey lairage period on the physiological, behavioural and immunological responses of young calves during and after transport. Animal science, 73, 341-360.
- HONKAVAARA M., LEPPÄVUORI A., RINTASALO E., ELORANTA E., YLÖNEN J., 1999. Evaluation of animal Stress and welfare during long distance transport of cattle in Finland. 45th International congress of meat science and technology, Yokohama Japan 1999, paper 2-P2, pp. 62- 63.
- KROPF D.H., 1980. Effects of retail display conditions on meat color. Proc. Recip. Meat Conf, 33, 15-32.
- LAWRENCE A.B., RUSHEN J., 1993. Stereotypic animal behaviour: Fundamental and application to Welfare. Edited CAB International.UK.

- MARIA G., OLLETA J.L., MOCÉ M.L., 1999. Perception of farm animal treatment of various Livestock in Zaragoza (Spain). Farm animal welfare: who writes the rules? British Society of Animal Science(Eds.) Occasional Publication No 23, 101-103.
- MARIA G., VILLARROEL M., SLIMENE A. 2001. Score para evaluar la carga y descarga de bovinos para sacrificio. ITEA, Vol 22(II):502-504.
- PURCHAS R.W., AUNGSUPAKORN R., 1993. Further investigations into the relationship between ultimate pH and tenderness for beef Samples from bulls and steers. Meat science, 34, 163-178.
- SELYE H., 1936. A syndrome Produced by Diverse nicious agents. Nature, 138, 32-33.
- 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.
- VILLARROEL M., MARIA G., SIERRA I., SAÑUDO C., GARCIA-BELENGUER S., GEBRESENBET G., 2001. Critical points in the transport of cattle to slaughter in Spain that may compromise the animals' welfare. The Veterinary Record, 149, 173-176.
- WARRISS P.D., 2000. Meat Science. Oxford: CABI Publishing.
- WEBSTER A.J.F., 2000. Farm animal welfare: the five freedoms and the free market. The Veterinary Journal. 161, 229-237.
- WULF M.D., WISE J.W., 1999. Measuring muscle color on beef carcasses using the L\* a\* b\* color space. Journal of Animal Science, 77, 2418-2427.
- SAVELL J.W., BRANSON R.E., CROSS H.R., STIFFLER D.M., WISE J.W., GRIFFIN D.B., SMITH G.C., 1987. National consumer retail beef study: Palatability evaluation of beef loin steaks that differed in marbling. Journal of Food Science, 52, 517.

Volver a: [Bienestar bovinos](#)