



Transporte y logística pre-sacrificio: principios y tendencias en bienestar animal y su relación con la calidad de la carne

Transport and pre-slaughter logistics: definitions and current tendencies in animal welfare and meat quality

Genaro C. Miranda-de la Lama*

Abstract

Logistics and transport are of strategic importance in animal welfare, the quality of the product and production efficiency. In essence, pre-slaughter logistics comprises all of the stages involved in transporting and handling animals on their journey from the farm to the slaughterhouse. This review gives an up-to-date analysis of pre-slaughter transport and logistics as a whole. Taking into account the current trends towards increased transport times, logistics of scale and mixed modes of transport, there is a need to develop systems of evaluation and decision-making that provide tools and protocols capable of minimizing the biological cost associated with animals adapting to pre-slaughter logistics. Possibly, in the past, the impact of pre-slaughter stress has been underestimated, but there is evidence that would suggest the importance of investing in operational changes at the present time.

Key words: TRANSPORT, PRE-SLAUGHTER LOGISTICS, ANIMAL WELFARE, MEAT QUALITY.

Resumen

La logística y el transporte de los animales tienen una importancia vital para el bienestar animal, la calidad de los productos y la eficiencia productiva. La logística pre-sacrificio constituye, en esencia, todos aquellos eslabones que implican transportar, manejar y gestionar el trayecto de un animal desde la granja hasta la planta de sacrificio. La presente revisión hace un análisis actualizado del transporte y la logística pre-sacrificio con una visión de conjunto. Si se toma en cuenta que la tendencia actual es aumentar el tiempo del transporte, las escalas logísticas y los transportes mixtos, es necesario desarrollar sistemas de evaluación y toma de decisiones con herramientas y protocolos que minimicen el coste biológico de la adaptación de los animales a esta logística. Es posible que el impacto del estrés pre-sacrificio haya sido subestimado en el pasado. Sin embargo, existen evidencias que indican la importancia de invertir en cambios operativos en el presente.

Palabras clave: TRANSPORTE, LOGÍSTICA PRE-SACRIFICIO, BIENESTAR ANIMAL, CALIDAD DE LA CARNE.

Recibido el 30 de enero del 2012 y aceptado el 7 de agosto de 2012.

* Área de Bienestar Animal y Ganadería Sostenible, Departamento de Ciencias de la Alimentación, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana, UAM-Lerma, Av. Hidalgo Poniente 46, 52006, Lerma de Villada, Estado de México, teléfono: +51 (728) 282-7002 ext. 2014, correo electrónico: g.miranda@correo.ler.uam.mx

Introduction

One of the main objectives of livestock industry is to ensure meat safety and quality at the consumer level. However, for them, the quality of a product goes beyond safety, organoleptic or nutritional quality, evaluating also aspects related with production conditions and the impact of activity on the environment.¹ Recently, animal welfare has become a social concern² and an attribute within a wide concept of food quality, mainly in developed and emerging countries.³ World trade associated with a growing demand of animal origin proteins, have given place to a considerable increase in the number of raised, transported and slaughtered animals around the world, which has sharpened welfare problems at various points in the supply chain.

A logistics chain is part of the supply chain management that schedules, implements and controls the flow of a given product from point of origin to consumption point, with the aim to satisfy the requirements of the final consumer.⁴ A key element within a logistics chain is the transportation system, because it is an essential component and a strategic activity for livestock industry, besides occupying a third of logistics costs.⁵ Currently, animal welfare during transport is an issue of concern for governments, farmers, haulers, social organizations, legislators and consumers worldwide.⁶ These concerns include: handling, fasting, densities, vibrations, vehicle design, length of journey, mortality and climatic conditions, among others.⁷ Aspects dealt with in a considerable amount of studies, where transport is defined as a stress procedure that may compromise animal welfare,⁸ affect meat quality⁹ and even cause an increase in mortality rate.¹⁰ However, transport has not been traditionally considered by the livestock and professional sector as part of the supply chain. This lack of overview has caused that stress impact and economical losses go unnoticed or taken on board as unavoidable by different actors in the chain.

Logistics and transport are of vital interest not only in animal welfare and product quality perspective, but also in food safety.¹¹ In this context, pre-slaughter logistics constitutes, in essence, all those links that involve transport, operating and managing the route of an animal from a farm to a slaughter plant, for which transport should be considered as a strategic mean. Efficient logistics management in animal transport requires control of several critical stages that include: farms, haulers, intermediate points (auction markets, storage centers, classification of logistics centers, health checkpoints, key stopovers and resting points) and the slaughter plant.¹² The coordination of all of these operations is a complex undertaking that requires communication, synchrony and the efficacious

Introducción

Uno de los principales objetivos de la industria ganadera es proporcionar productos inocuos y de calidad a los consumidores. Sin embargo, para ellos la calidad de un producto va más allá de la inocuidad, calidad organoléptica o nutricional, valorando también aspectos relacionados con las condiciones de producción y el impacto de la actividad sobre el ambiente.¹ Recientemente, el bienestar de los animales se ha convertido en una preocupación social² y un atributo dentro de un amplio concepto de calidad de los alimentos, particularmente en países desarrollados y en los emergentes.³ La globalización del comercio en asociación con una creciente demanda de proteínas de origen animal, han dado lugar a un considerable aumento en el número de animales criados, transportados y sacrificados en todo el mundo, lo cual ha agudizado problemas de bienestar en los diversos puntos de la cadena de suministros.

Una cadena logística es parte de la gestión de una cadena de suministro que planifica, implementa y controla el flujo de un producto determinado desde el punto de origen al punto de consumo, con el objetivo de satisfacer los requerimientos del consumidor final.⁴ Un elemento clave en una cadena logística es el sistema de transporte, debido a que es un componente esencial y una actividad estratégica para la industria ganadera, además de ocupar un tercio de los costos destinados a la logística.⁵ Actualmente, el bienestar animal durante el transporte es un asunto de preocupación para los gobiernos, productores, transportistas, organizaciones sociales, legisladores y consumidores en todo el mundo.⁶ Estas preocupaciones incluyen el manejo, ayuno, densidades, vibraciones, diseño del vehículo, duración del viaje, mortalidad y las condiciones climáticas, entre otras.⁷ Aspectos que han sido tratados en una cantidad considerable de estudios, en los cuales se señala al transporte como un procedimiento estresante que puede comprometer el bienestar,⁸ afectar la calidad de la carne⁹ e incluso causar y elevar la mortandad.¹⁰ Sin embargo, el transporte no ha sido considerado tradicionalmente por el sector ganadero y profesional, como un componente más en una cadena de suministros. Esta falta de visión de conjunto ha ocasionado que el impacto del estrés y las pérdidas económicas que ocasiona pasen inadvertidas, o sean asumidas por los diversos actores de la cadena como inevitables.

La logística y el transporte tienen una importancia vital no solamente desde la perspectiva del bienestar animal y de la calidad de los productos, sino también de la inocuidad alimentaria.¹¹ En este contexto, la logística pre-sacrificio constituye, en esencia, todos aquellos eslabones que implican transportar, manejar y gestionar la trayectoria de un animal desde la granja

use of available sources by all concerned, in terms of time and frequency of delivery with the minimum cost and guaranteeing product quality.⁴ The efficient administration of pre-slaughter waiting time periods that has a central approach to animal welfare, will have a positive impact on the income of producers,¹³ distributors and retailers, because these activities affect, in great majority, animal cost, product quality and consumer's satisfaction.¹⁴ The present study updates a revision on transport and pre-slaughter logistics based on an overview. The issue in only one species or type of transport has not been addressed, but, in a cross-cutting matter, includes examples, cases and requirements, to give the reader a general vision of livestock transport and pre-slaughter logistics, besides placing special emphasis on animal welfare and product quality.

Pre-slaughter logistics chain operations

A supply chain is a union of a series of production links involved in processes and activities that give value to a product.¹⁵ The integration of a chain implies the global administration of the productive processes, configuring a system of two-way traceability process capable to identify critical points and establish protocols of chain participants. A chain in meat industry includes raising and fattening of livestock, transport and pre-slaughter logistics, transformation, distribution and retailing.¹⁶ Traditionally, sending an animal to the slaughter plant was an attribute of farmers and some intermediaries, with intermittent participation of haulers, butchers and wholesalers. The links of this simple chain were basically the farm, transport and slaughter plant.¹⁷ Recently, the system has been transformed and has turned logistically complex by including intermediate steps in the production chain. These logistics chains are integrated to the supply chain that is dynamic and demanding in its operation, as consequence of an increased demand of homogenous products, of differentiated quality and as competitive strategy in international markets.¹⁸ From this point of view, an approximation to pre-slaughter processes, covering four operative points: origin, transport, logistics stopovers and final destiny.

Operations at the point of origin

A point of origin is the start of this logistics chain; commonly, from a complete cycle of farm, although there is an increasing verticalization trend in almost all species.¹⁹ A farm has to manage weight control, number of animals suitable for travelling, coordinate the journey with the hauler, with the intermediate points and

hasta la planta de sacrificio, por lo cual el transporte debe ser considerado como un medio estratégico. Una gestión logística efectiva en el transporte de animales requiere del control de varias etapas críticas que incluye a las granjas, los transportistas, los puntos intermedios (mercados de subasta, los centros de acopio, centros logísticos de clasificación, los puntos de control sanitario, los puntos de parada y descanso) y la planta de sacrificio.¹² La coordinación de todas estas operaciones es una tarea compleja que requiere de la comunicación, sincronía y la utilización eficaz de los recursos disponibles por parte de todos los actores, en términos de tiempos y frecuencias de entrega con el mínimo costo y garantizando la calidad del producto.⁴ La gestión eficiente de una cadena logística pre-sacrificio que tenga al bienestar animal como eje, tendrá un impacto positivo en las ganancias de los productores,¹³ distribuidores y minoristas, debido a que estas actividades afectan en gran medida el precio de los animales, la calidad de los productos y la satisfacción de los consumidores.¹⁴ El presente trabajo hace una revisión actualizada del transporte y la logística pre-sacrificio basada en una visión de conjunto. No se aborda la problemática en una sola especie o tipo de transporte, sino que, de manera transversal, incorpora ejemplos, casos y requisitos, para dar al lector una visión general del transporte ganadero y la logística pre-sacrificio, además de hacer especial énfasis en su impacto en el bienestar animal y la calidad del producto.

Operación de la cadena logística pre-sacrificio

Una cadena de suministro es la unión de una serie de eslabones productivos involucrados en los procesos y actividades que dan valor a un producto.¹⁵ La integración de una cadena implica la gestión global de los procesos productivos, configurando un sistema de trazabilidad bidireccional capaz de identificar puntos críticos y estableciendo protocolos de actuación en los eslabones participantes. Una cadena en la industria cárnica implica a la cría y engorde, transporte y logística pre-sacrificio, transformación, distribución y venta al menudeo.¹⁶ Tradicionalmente, enviar un animal al rastro fue atribución de los ganaderos y algunos intermediarios, con la participación intermitente de transportistas, carniceros y mayoristas. Los eslabones de esta sencilla cadena eran básicamente la granja, el transporte y el rastro.¹⁷ Recientemente, el sistema se ha transformado y se ha tornado logísticamente complejo al incluir pasos intermedios en la cadena de producción. Estas cadenas logísticas se integran a una cadena de suministros que es dinámica y exigente en su operación, como consecuencia de una elevada demanda

slaughter plant.¹⁸ It is important to have preloading corrals with food and water, in order to separate the animals that will be transported at least one day before the journey.²⁰ This practice allows to examine the animals with the aim to separate those unsuitable for the journey or sick.²¹ Besides properly maintain loading and unloading facilities, it is important that concrete or metal ramps do not allow animals to see what is going on sideways and keep on moving.²² In this way, the hauler will be able to make more effective loading, handling and unloading times. These practices are especially important in routes covering many farms.

Transport operations

Even under favourable conditions, transport is very stressful to animals.²³ The intensity of this experience mainly depends on driving quality, length of journey, levels of vibration, fasting, weather conditions, vehicle design, load density and social mix.²⁴ These factors make transport a strategic activity that must ensure animal welfare. The most relevant aspects of transport as logistics activity will be revised below.

Types and characteristics of vehicles

Livestock trucks should be especially designed for animal transport in favourable micro environmental conditions and safeguarding its physical integrity. Overall, four types of specialized vehicles are available in the market: small truck (≤ 3 ton), single unit ($4\text{m} \times 13\text{m}$), semi-trailer tractor ($4\text{m} \times 18\text{m}$: one trailer) double semi-trailer tractor ($4\text{m} \times 20\text{m}$: two trailers). The use of a determined size truck will depend on the type of livestock to be transported, specific demand of the market, length of daily commuting and geographic regions where it operates. In the national inventory of livestock trucks of the United States of America and Canada, 30% are single units, 45% are semi-trailer tractors and the remaining 25% are double semi-trailer tractors.²⁵ In Europe, the most common trucks used are single and semi-trailer tractors.¹⁸ However, in Australia, double semi-trailer tractors are the mostly used, which, in some cases, they even have three trailers, because of long distances covered mainly in straight highways.²⁶

a) Floors, walls and divisions

Floors must have a non-slip surface to reduce fall risk, made of metal or wood;²⁷ some countries use grids of plastic for sheep and pigs; however, they tend to break more easily than the metallic and cause leg lesions.²⁸

de productos homogéneos, con distintivos de calidad diferenciada y como una estrategia competitiva en los mercados internacionales.¹⁸ Desde esta óptica, se hará una aproximación a los procesos pre-sacrificio, abarcando cuatro puntos operativos que son: origen, transporte, escalas logísticas y destino final.

Operaciones en el punto de origen

Un punto de origen es el inicio de esta cadena logística, normalmente desde una granja de ciclo completo, aunque hay una creciente tendencia de verticalización en casi todas las especies.¹⁹ Una granja debe gestionar el control del peso, número de animales que deben viajar, coordinar el viaje con el transportista, con los puntos intermedios y la planta de sacrificio.¹⁸ Es importante disponer de corrales de precarga con alimento y agua, para separar a los animales que serán transportados, por lo menos un día antes del viaje.²⁰ Esta práctica permite inspeccionar a los animales con el fin de separar a aquéllos que no sean aptos para viajar o estén enfermos.²¹ Además de mantener adecuadamente las facilidades de carga y descarga, es importante que las rampas de concreto o metal no permitan a los animales ver qué sucede hacia los lados, lo cual hará la progresión fluida.²² De esta manera, el transportista puede hacer más efectivos los tiempos de carga, maniobra y estibado. Estas prácticas son especialmente importantes en rutas con muchas granjas por recorrer.

Operaciones de transporte

El transporte ocasiona, en las mejores condiciones, un marcado estrés en los animales.²³ La intensidad de esta experiencia depende principalmente de la calidad de la conducción, la duración del viaje, los niveles de vibración, el ayuno, las condiciones atmosféricas, el diseño de los vehículos, la densidad de carga y la mezcla social.²⁴ Estos factores hacen del transporte una actividad estratégica, la cual debe ser especialmente dirigida a garantizar el bienestar animal. A continuación se revisarán los aspectos más relevantes del transporte como actividad logística.

Tipos y características de los vehículos

Los camiones de ganado deben ser diseñados especialmente para transportar animales en condiciones micro-ambientales aceptables y salvaguardando su integridad física. De manera general, existen en el mercado cuatro tipos de vehículos especializados: camión pequeño (≤ 3 ton), camión simple (4×13 m), camión con semirremolque (4×18 m: un remolque),

Straw or sawdust-covered floor is a common practice, albeit controversial, because animals may fall down due to less adherent floors, cleaning of the trailer will be difficult implying possible pathogen dissemination. Conversely, these floors may favour the absorption of livestock manure and maintenance of warm temperature in cold climates. Another important characteristic is that the floor should have a slight inclination to provide balance throughout the journey. The internal walls of the vehicle should have communication vents to the exterior. The internal compartments are essential for balancing the load, and it is important that their rounded edges be covered with padded plastic to prevent lesions and bruising.

b) Temperature, humidity and ventilation

The effective control of the microclimate inside the trailer can improve animal welfare.²⁹ During transport, many animals have large heat and fluid losses due to gasping and sweating. These losses are conditioned by macro and micro environmental temperatures during the journey.³⁰ High macro-environmental temperatures cause stress and dehydration; however, there are evidences of journeys in cold climates with similar dehydration levels or even more pronounced than in warm climates.¹² In cold weather, animals tend to produce heat to keep body temperature within its neutral thermic range; however, when they are hauled in high densities, heat loss is promoted; also, relative humidity and temperature inside the trailer increases, creating a microclimate that favours dehydration. One possible explanation is related with enthalpy, which is the thermic energy of the air that surrounds the animal and determines the degree of heat loss inside the trailer.³⁰ According to Kettlewell *et al.*,⁶ theoretical estimations indicate that a typical trailer (13 × 6m), with recommended densities, with approximate weights of 500 kg for bovines, 100 kg for pigs and 30 kg for sheep, heat produced inside would be 13 400, 11 500 and 8 000 watts, respectively. For which, a ventilation system is a vital operative need.¹⁸

There are two ventilation systems in the design of livestock trucks, passive (vents) and active ventilation (fans). The passive is given by the quantity of vents along the chassis, although in some models there are devices to block these vents.³² This system is variable and depends mainly on the exterior design and the average wind velocity.³³ Additionally, there is very little control on the ventilation regimen, except for closing and opening of the vents, which requires to stop the vehicle so the operator can be able to make the relevant configurations.³⁴ For instance, in winter, when the majority of vents are closed, the concentration of gas

y camión con acoplado (4 × 20 m: dos remolques). El uso de un camión de tamaño determinado dependerá del tipo de ganado que transportará, de la demanda específica del mercado, la duración de los trayectos habituales y las regiones geográficas donde operará. En el inventario nacional de camiones de ganado de Estados Unidos de América y Canadá, el 30% son camiones simples, 45% son camiones con semirremolque y el restante 25%, camiones con acoplado.²⁵ En Europa, los camiones mayormente usados son los camiones simples y los camiones con semirremolque.¹⁸ Sin embargo, en Australia los camiones suelen ser los acoplados, que, en algunos casos, incluso tienen tres remolques, debido a las grandes distancias que recorren en carreteras predominantemente rectas.²⁶

a) Pisos, paredes y divisiones

Los pisos deben ser antideslizantes para reducir el riesgo de caídas, pudiendo ser de metal o madera;²⁷ en algunos países se utilizan rejillas plásticas para ovinos y porcinos; sin embargo, suelen romperse con mayor facilidad que las metálicas y causar lesiones en las patas.²⁸ El recubrimiento de pisos con paja o aserrín es una práctica común, aunque controvertida, debido a que puede favorecer las caídas al hacer el piso menos adherente, dificulta la limpieza del remolque y por su posible implicación en la diseminación de agentes patógenos. Por otra parte, estos pisos pueden favorecer la absorción de las deyecciones y el mantenimiento de la temperatura cálida en climas fríos. Otra característica importante es que el piso tenga poca inclinación, para ayudar al equilibrio de los animales durante el viaje. Las paredes internas del vehículo deben tener orificios de comunicación con el exterior. Los compartimientos internos son esenciales para equilibrar la carga, y es importante que sus terminaciones en bordes romos sean recubiertas con acolchados plásticos para evitar lesiones y hematomas.

b) Temperatura, humedad y ventilación

El control efectivo del microclima en el interior del remolque puede mejorar el bienestar animal.²⁹ Durante el transporte, muchos animales tienen grandes pérdidas de calor y líquidos debido al jadeo y la sudoración. Estas pérdidas están condicionadas por la temperatura macro y micro ambiental durante el viaje.³⁰ Las temperaturas macro-ambientales altas causan estados de estrés y deshidratación;³¹ sin embargo, hay evidencia de viajes en climas fríos con niveles de deshidratación similares e incluso más pronunciados que en climas cálidos.¹² En climas fríos, los animales tienden a producir calor para mantener la temperatura corporal dentro

and humidity may represent a risk for the animals.⁶ In temperate climates or with marked winters and summers, trucks with grates and bars, or open truck, are commonly used, giving ample ventilation, although animals are exposed to the rain. The use of fans may ensure adequate ventilation for all animals during the journey. The natural internal air flow will be determined by the location of the entries and exits and the differential pressure between them. An ideal design will contemplate a series of extraction fans placed in low pressure regions of the trailer, to improve performance when the truck is moving, and air entries and exits in sites where air flows above the animals.⁶ These systems are commonly controlled by an automatic sensor and are found in cattle, pigs and sheep trucks.

c) Additional equipment

Although there is currently a series of standardized equipment included, there are many trucks with original design adaptations. In Europe, the majority of trucks have pneumatic suspension and have velocity limitation devices (up to 90 km/h).¹⁸ There is also an increasing trend to the use of Global Positioning System (GPS), above all for alternative routes during vial contingencies. The problem with GPS is that a great fleet of vehicles and rural highways do not appear, or are not updated. Likewise, it is indispensable that they have at least a communication system, such as radio or mobile telephone, with chain and emergency numbers. Finally, many trucks have factory equipped hydraulic ramps, which are allowed to be used as ramps or elevators. These elevator ramps are basically useful in sheep and pig trucks. There are also folding ramps that are less practical, but much more economic.

The hauler

There are three key elements in driving quality: ability, style and attitude. The ability is the capacity of a driver to control the vehicle, for instance, change of direction or engine brake. The style is the way the vehicle is driven and can be evaluated by lateral and longitudinal speed and velocity patterns. The age of the drivers have an influence on style driving: young drivers (18 – 33 years of age) are more imprudent and elder than 55 are more distracted due to chronic diseases associated with the profession. It seems that the ideal age of a driver is between 34 and 54 years of age, because there is a combination of experience and health.³⁵ A bad driver's attitude threatens efficiency of transport operations because negative behaviour attributed to frustration, fatigue and stress cause labor discontent and are associated with driving impairment.³⁶ These

de su rango térmico neutral; sin embargo, cuando son transportados en altas densidades se favorece la pérdida de calor; además, la humedad relativa y la temperatura en el remolque aumenta, creando un microclima que favorece la deshidratación. Una posible explicación está relacionada con la entalpía, que es la energía térmica del aire que rodea al animal y determina el grado de pérdida de calor en el remolque.³⁰ De acuerdo con Kettlewell *et al.*,⁶ estimaciones teóricas indican que en un remolque típico (13 × 6 m), con densidades recomendadas, con pesos aproximados de 500 kg para bovinos, 100 kg para porcinos y 30 kg para ovinos, el calor producido en el interior sería de 13 400, 11 500 y 8 000 watts, respectivamente. Por lo cual un sistema de ventilación es una necesidad operativa vital.¹⁸

Existen dos sistemas de ventilación en el diseño de camiones especializados para ganado, la ventilación pasiva (aberturas) y la activa (ventiladores). La pasiva está dada por la cantidad de aberturas a lo largo del chasis, aunque en algunos modelos hay dispositivos para bloquear estas aberturas.³² Este sistema es muy variable y depende principalmente del diseño exterior del vehículo y de la velocidad promedio del viento.³³ Además, hay poco control sobre el régimen de ventilación, que no sea la abertura y cierre de las ventanas de ventilación, lo que requiere que el vehículo se detenga para que el operador haga las configuraciones pertinentes.³⁴ Por ejemplo, en invierno, cuando la mayoría de las aberturas están cerradas, la concentración de gases y humedad pueden representar un riesgo para los animales.⁶ En climas templados o con inviernos y veranos poco marcados, se suelen utilizar camiones con rejillas o barrotes, o sin techo, lo cual da una amplia ventilación, aunque expone a los animales a la lluvia. El uso de ventiladores puede asegurar una ventilación adecuada para todos los animales durante el viaje. La naturaleza de flujo interno de viento estará determinada por la ubicación de las entradas, salidas y la presión diferencial entre ellas. Un diseño óptimo contemplará una serie de ventiladores de extracción colocados en las regiones de baja presión del remolque, para mejorar su rendimiento cuando el vehículo está en movimiento, y entradas y salidas de aire en los lugares donde la corriente de aire pase por encima de todos los animales.⁶ Estos sistemas suelen ser controlados por un sensor automático y suelen encontrarse en camiones para ganado bovino, porcino y ovino.

c) Equipos adicionales

Aunque en la actualidad hay una serie de equipos incluidos de manera estandarizada, aún existen muchos camiones con adaptaciones del diseño original. En Europa, la mayoría de los camiones tienen una suspensión neumática y cuentan con dispositivos de

elements are clear factors that can cause road traffic crashes,³⁷ besides affecting animal welfare because they impede an adequate rest of the animals during the journey, increase their excitability, reactivity and lesions.³⁸ The permanent capacitation and updating of drivers should be a priority in the logistics chain. The capacitation should cover notions of behavior and animal welfare, besides including adequate braking and acceleration techniques, to avoid imbalance of the animals, sudden acceleration and change of direction,³⁹ and propitiate compliance of speed limit, reduction speed while going through a curve, driving on unpaved roads,⁴⁰ attitude strategies in case of accident and assistance of injured animals.³⁶ A driver with an appropriate training and a positive attitude towards animal welfare will have an effective repercussion in the logistics chain and product quality.¹⁸ Several aspects of the training program should be noted, such as: frequent checkup of the animals during the journey in order to attend those who have fallen down and are unable to get up. Besides ensuring the truck's mechanical and technical conditions, to notified the company before starting a new journey.³⁹

Load density

The load density during transport is one of the factors that mostly influence welfare and comfort of animals during the journey. From an economical point of view, densities can increase or reduce unit costs of operation.⁴¹ High densities do not allow animals to travel comfortably, due to limited space that prevents to position themselves in a convenient area and keep their balance, which is more difficult in long journeys.⁴² When densities are low, the individuals can lay down and move; however, in case of bad driver techniques and poor road conditions, it is probable that the driver might lose vehicle balance.⁴³ Low and high densities have impact on high incidence of bruising and other lesions, for which the average densities are the most reflected in each country's guidelines. The required space per animal to be transported can be defined in three ways: as the surface square meters per animal given weight ($\text{m}^2/100 \text{ kg}$), as live weight (kg) per m^2 of flooring (kg/m^2) and the allowed surface per animal (m^2/animal), although this is unacceptable for not taking into account individual weight variance,⁴⁴ the minimal area that an animal occupies in weight function can be calculated. For animals of similar dimension and given weight (P), linear measures will be proportional to the cube root of body weight ($P^{1/3}$). The animal surface area will be equal to the linear mean square ($P^{2/3}$), which is equal to $P^{0.66}$, value use in the equation suggested by Petherick and Phillips:⁴⁵ $A = 0.020W^{0.67}$ (where A = is the availability of space

limitación de la velocidad (hasta 90 km/h).¹⁸ También hay una creciente tendencia al uso de Global Position System (GPS), sobre todo en vías alternativas durante contingencias viales. El problema del GPS es que una gran cantidad de caminos y carreteras rurales no aparecen, o no están actualizadas. Asimismo, es indispensable que tengan al menos un equipo de comunicación, como radio o telefonía móvil, con números de la cadena y de emergencia. Finalmente, muchos camiones cuentan con rampas hidráulicas de fábrica, las cuales permiten ser usadas como rampas o como elevadores. Estas rampas-elevadores son especialmente útiles en camiones de ovinos y porcinos. También hay camiones con rampas plegables que son menos prácticas, pero mucho más económicas.

El transportista

Existen tres elementos clave en la calidad de la conducción: la habilidad, el estilo y las actitudes. La habilidad es la capacidad de un conductor para controlar el vehículo, por ejemplo, durante el cambio de dirección o al frenar con motor. El estilo es el modo en que el vehículo es conducido y se puede evaluar mediante los patrones de aceleración lateral, longitudinal y la velocidad. La edad de los conductores influye en los estilos de conducción: los jóvenes (18-33 años) suelen ser más imprudentes, y los mayores de 55 son más distraídos debido a enfermedades crónicas relacionadas con el oficio. Pareciera que la franja de edad donde un conductor está en condiciones ideales para ejercer su trabajo, es de 34 a 54 años, porque hay una combinación de experiencia y salud.³⁵ La mala actitud de un conductor pone en riesgo la eficiencia de las operaciones de transporte debido a que comportamientos negativos atribuidos a la frustración, cansancio y estrés provocan descontento laboral y se asocian con una peor calidad en la conducción.³⁶ Estos elementos son factores claros que pueden causar accidentes viales,³⁷ además de afectar el bienestar de los animales debido a que impiden el descanso durante el viaje, aumentan su excitabilidad, reactividad y lesiones.³⁸ La capacitación y actualización permanente de los conductores debe ser una prioridad en la cadena logística. La capacitación debiera abarcar nociones de comportamiento y bienestar animal, además de incluir técnicas adecuadas de frenado y arranque, para evitar la pérdida de balance en los animales, aceleración repentina y cambio de dirección,³⁹ y propiciar el cumplimiento de los límites de velocidad, reducción de la velocidad en curvas, conducción en áreas no asfaltadas,⁴⁰ medidas de actuación en caso de accidente y asistencia a animales lesionados.³⁶ Un conductor con una formación adecuada y una actitud positiva hacia el bienestar animal tendrá una repercusión efectiva en la cadena logística y calidad del producto.¹⁸ Hay una serie de aspectos que

and W = live weight (kg) raised to a power of 0.67, that is, the metabolic weight is used). This formula is based on the concept that the quantity of space occupied by an animal is proportional to its surface. For which a 400 kg bovine should be transported at a density of 1.16 m²; a 100 kg pig at 0.46 m² and a 50 kg sheep at 0.26 m². However, these spaces should be increased, for all species, on road journeys longer than 5 hours.⁴²

Route planning and optimization

Livestock transport from one or several farms to a slaughter plant is a typical logistics issue, because a determined number of vehicles with limited capacity have to load animals in several farms, in order to proportionate a constant flow.⁴⁶ Alongside the increased trend to reduce the number of slaughter plants due to their specialization and high operational costs that represents a plant of this magnitude, the effective cost of transport increases and affects route planning. Truck and route optimization may improve the efficiency of the logistics chain. Gebresenbet and Ljungberg⁴⁷ studied the optimization of 15 routes of farm animal loading and their transport to slaughter, using LogiX software. They compared previous journeys and optimized them, finding that travel distance could be reduced in 18% and travel time saving in 22%. In other study,⁴⁸ using the same software, 500 farms were organized creating 30 routes and obtaining a travel distance reduction of 42%, with a travel saving of 37%.

An important factor to be considered in route planning is the overall condition of the chosen roads. During transport, animals are exposed to vertical, lateral and horizontal vibrations. The unpaved roads, in poor condition or paved but winding, have greater transmission gradient of vibrations towards the animals,⁴⁹ which causes discomfort, shifts of the animal's center of gravity and loss of equilibrium.⁵⁰ These shifts through curves or pronounced deviations can cause rollovers, mainly in trucks transporting pigs.³⁶ In bovines, long journeys are physically demanding, because animals have to remain standing and keeping balance all the time.⁴⁹

Length of journey

The length of journey is one of the most commonly discussed issues in terms of animal welfare, because it is assumed that long distances affect the physiological and behavioural animal status, reason why the European Community⁵¹ has regulated the length of journey: recently weaned animals, 9-hour journey, followed by one hour for resting and watering, followed by 9-hour journey; pigs, 24-hour journey only if animals have

deben remarcarse en la capacitación, como la revisión de los animales con cierta frecuencia durante el viaje, para atender a aquéllos que hayan caído y no puedan levantarse. Además de cerciorarse sobre las condiciones mecánicas y técnicas del camión, para informarlas a la empresa antes de iniciar un nuevo recorrido.³⁹

Densidades de carga

La densidad de carga durante el transporte es uno de los factores que más influyen en el bienestar y confort de los animales durante el viaje. Desde el punto de vista económico, las densidades pueden incrementar o disminuir los costos unitarios de operación.⁴¹ Las altas densidades no permiten a los animales viajar cómodamente, debido al escaso espacio que les impide situarse en alguna área cómoda y mantener el balance, lo cual es más grave en viajes largos.⁴² Cuando las densidades son bajas, los individuos pueden recostarse y moverse; sin embargo, si las técnicas de conducción y la carretera son malas, es probable que el conductor pierda el balance del vehículo.⁴³ Las densidades altas y bajas repercuten en una alta incidencia de hematomas y otras lesiones, por lo que las densidades promedio suelen ser las que están reflejadas en los reglamentos de cada país. El espacio necesario por animal para ser transportado se puede definir de tres maneras: como los m² de superficie por animal de un peso determinado (m²/100 kg), como kg de peso vivo por m² de piso (kg/m²) y la indicación de la superficie por animal (m²/animal), aunque ésta es poco aceptable por no tener en cuenta la variación de peso del individuo,⁴⁴ se puede calcular el área mínima que ocupa un animal en función de su peso. Para animales de dimensiones semejantes y un peso determinado (P), las medidas lineales serán proporcionales a la raíz cúbica del peso ($P^{1/3}$). El área de la superficie del animal será igual al cuadrado de la medida lineal ($P^{2/3}$), que es igual a $P^{0.66}$, valor que se utiliza en la ecuación sugerida por Petherick y Phillips:⁴⁵ $A = 0.020W^{0.67}$ (donde A = es la disponibilidad de espacio y W = el peso vivo en kg elevado a 0.67, es decir, se utiliza el peso metabólico). Esta fórmula se basa en el concepto de que la cantidad de espacio ocupado por un animal es proporcional a su superficie. Por lo cual un bovino de 400 kg debiera ser transportado a una densidad de 1.16 m²; un cerdo de 100 kg a 0.46 m² y una oveja de 50 kg a 0.26 m². Sin embargo, estos espacios deberían aumentarse cuando los viajes sean mayores a 5 horas en todas las especies.⁴²

Planeación de rutas y su optimización

El transporte del ganado de una o varias granjas a una planta de sacrificio es un problema logístico típico, debido a que un determinado número de vehículos

permanent access to fresh drinking water; horses, 24-hour journey with access to clean water every 8 hours; bovines, ovine and caprine, 14-hour journey, followed by one hour for resting and watering, followed by 14-hour journey. The mentioned sequences may be repeated every time animals are unloaded, fed, watered and allowed to rest for at least 24 hours at a control authorized stop. However, several studies have demonstrated that the impact of long lasting journeys may be diminished with a waiting time of 3 to 8 hours pre-slaughter.⁵² Also, many authors have suggested that short journeys can be even more stressful than long journeys in porcines³¹ and equines.⁵³ However, this impact mainly depends on the conditions of the journey, such as: route, road quality, driving style and density.²³

In operative terms, transport time begins with the origin of the load and ends up when the last unloaded animal has reached its destiny. This time must be rigorously optimized, because truck confinement without movement can be more stressful than the journey itself, most of all in short and medium-length journeys.⁵⁴ For which it is important that in long journeys two drivers take turns and reduce unnecessary stops. A pre-slaughter logistics chain must provide these situations, including the unexpected for unloading at the slaughter plant, which should be reduced to a minimum, by scheduled arrivals, additional waiting or emergency corrals, and use of implements to make it more efficiently. For instance, the use of animals for stock handling or the use of noises made by rattles (cans filled with stones). It is recommended to use flags for individual handling, using the principle of the leakage distance.

Mixed transport: terrestrial or marine

The increasing trend of international trade flows and great quantity of means of transport currently available has generated complex routes, with truck-ship-truck trajectories. In some cases the truck is transported by a ferry, and in other, animals are unloaded from the truck and loaded on to mother ships. The majority of these journeys have the aim to finish fattening in a country other than their place of birth. For instance, Earley *et al.*¹⁰ have studied the effect of mixed journeys on bulls born and raised in Ireland, which are transported by road to be shipped to Spain and Italy. This trade route can be credited mainly to the scarcity of animals for fattening in Southern Europe, cost maximization and sensory preference of southern Europe consumers for meat from animals fattened with cereals.⁵⁵ With salmons, journeys are still more complex, using truck transport, previous to fattening, from the incubator to centres, and from there to open sea cages, using boats or helicopters.⁵⁶

con capacidad limitada debe recolectar animales en diversas granjas, para proporcionar un flujo constante al rastro.⁴⁶ Aunado a la creciente tendencia a reducir el número de plantas de sacrificio debido a su especialización y al alto costo económico que representa operar una planta de estas magnitudes,²⁰ lo que aumenta el costo efectivo del transporte y afecta la planificación de las rutas. La optimización del uso del camión y de la ruta puede mejorar la eficiencia de la cadena logística. Gebresenbet y Ljungberg⁴⁷ estudiaron la optimización de 15 rutas de recolección de animales en granja y su transportación al rastro, usando el software LogiX. Compararon los viajes previos y los optimizados, encontrando que se podía reducir la distancia recorrida en 18% y ahorrar el tiempo de viaje en 22%. En otro estudio,⁴⁸ usando el mismo software, se organizaron 500 granjas, para crear 30 rutas y obtener una reducción de la distancia de viaje de 42%, con un ahorro de tiempo de 37%.

Un punto importante a considerar en la planeación de una ruta es el estado general de las carreteras elegidas. Durante el transporte, los animales están expuestos a vibraciones verticales, laterales y horizontales. Las carreteras no asfaltadas, en mal estado o asfaltadas pero sinuosas, tienen un mayor gradiente de transmisión de vibraciones hacia los animales,⁴⁹ lo cual crea incomodidad, desplazamientos del centro de gravedad de los animales y pérdida del equilibrio.⁵⁰ Estos desplazamientos en curvas o desviaciones pronunciadas pueden provocar volcaduras, especialmente en los camiones que transportan porcinos.³⁶ En bovinos, los viajes largos son físicamente más exigentes, debido a que los animales deben estar de pie permanentemente y mantener el equilibrio en todo momento.⁴⁹

Duración del viaje

La duración del viaje es uno de los tópicos más discutidos en términos de bienestar animal, debido a que se asume que las largas distancias afectan el estatus fisiológico y conductual de los animales, razón por la cual la Comunidad Europea⁵¹ ha reglamentado la duración del viaje: animales recién destetados, 9 horas de trayecto, seguidas de una hora de descanso para abreviar, seguida de 9 horas de trayecto; cerdos, 24 horas de trayecto siempre que exista la posibilidad permanente de abreviar; caballos, 24 horas de trayecto con la posibilidad de abreviar cada 8 horas; bovinos, ovinos y caprinos, 14 horas de trayecto, seguidas de una hora de descanso para abreviar, seguida de 14 horas de trayecto. Las secuencias mencionadas pueden repetirse siempre que se descargue a los animales, se les alimente, se les permita abreviar y se les deje descansar durante al menos 24 horas en un puesto de control autorizado. Sin

There are also mixed transports of stock directly to slaughter, as the case of countries in the Middle East and especially of the Arabian Peninsula, which are the largest importers of ovine, caprine, bovine and camels from Australia, New Zealand, Uruguay, Argentina and China.⁵⁷ In these journeys, the animals are unloaded and loaded on to mother ships, where they are stabled.⁵⁸ In Chile, where mixed transport is a necessity because of territorial characteristics that do not allow road trajectories in certain zones, sheep are transported by truck between 10 to 12 hours; afterwards, the truck is shipped on a ferry, to continue a 10-hour road journey to the slaughterplant.⁵⁹ In Europe there are common journeys of pigs from Scotland, crossing the English Channel by ferry to France and transported in the same truck to the south of Spain to be slaughtered.³⁰ Other similar case is the transport of calves from the United Kingdom to Italy.⁵⁸

Morbidity and mortality during transport

The most common losses can be divided in three categories: injured animals, sick animals and dead animals during the journey.⁶⁰ In the first two categories, those that are able to walk and be isolated in quarantine corrals at the slaughter plant should be distinguish from the ones that must be urgently slaughter as soon as they are unloaded. The most common lesions during transport are bruising, lameness, dislocations and fractures.⁶¹ These lesions are associated with mishandling during loading and unloading, trailers, ramps and alleys in poor condition or badly designed.⁶² Fractures are not common in bovine, ovine, caprine, porcine and equine, but frequent in birds.⁶³ Several studies indicate that a combination of different stress factors during the journey may have repercussions in the health status of the animals. In no more than 3-hour trajectories, with severe vibrations on unpaved roads, an increase on neutrophil/lymphocyte ratio (N/L) of 52% has been observed, which suggests immunodepression, in contrast with lambs transported on paved roads.⁵⁰ Another example are recently weaned calves before the journey that are vulnerable to diseases, in contrast with previously weaned animals, due to lack of maternal care, lack of suckling and stress factors associated with the journey.⁶⁴ For which, calves younger than 4 weeks should not be transported.⁶⁵ A solution for this could be preconditioning of animals before being transported, in order to prevent morbidity and mortality caused by bovine respiratory disease. During this process, animals are weaned, vaccinated, castrated, dehorned and gently handled during loading and unloading.⁶⁶ In adult animals, viral infections that may be subclinical, generate susceptibility to second-

embargo, diversos estudios han demostrado que el impacto de viajes de larga duración puede atenuarse con una espera de 3 a 8 horas pre-sacrificio.⁵² Incluso algunos autores han sugerido que los viajes cortos pueden ser incluso más estresantes que los viajes largos en porcinos³¹ y equinos.⁵³ Sin embargo, este impacto depende esencialmente de las condiciones del viaje, como la ruta, la calidad de la carretera, el estilo de conducción y la densidad.²³

En términos operativos, el tiempo de un transporte inicia con la carga en el origen y termina cuando el último animal ha desembarcado en su destino. Este tiempo debe ser optimizado rigurosamente, debido a que el confinamiento en un camión sin movimiento puede ser incluso más estresante que el viaje, sobre todo en viajes de corta y mediana duración.⁵⁴ Por lo cual es importante que en viajes largos el camión tenga dos conductores que permitan reemplazarse y disminuir las paradas innecesarias. Una cadena logística pre-sacrificio debe prever estas situaciones, incluso las esperas para poder descargar en la planta de sacrificio, que deben ser reducidas al mínimo, mediante llegadas programadas, corrales de espera adicionales o de emergencia, y el uso de implementos para hacerla más eficiente. Por ejemplo, para el arreo social, utilizar animales guía para la descarga en los rumiantes, o el uso de ruidos producidos por sonajeros (envases con piedras en su interior). Para el arreo individual se recomienda el uso de banderas, utilizando el principio de la distancia de fuga.

Transportes mixtos: terrestres y marítimos

La creciente tendencia de ampliación de los flujos comerciales internacionales y la gran cantidad de medios de transporte disponibles en la actualidad, han generado rutas complejas, con trayectos en camión-barco-camión. En algunos casos el camión sube a un transbordador, y en otros, los animales son descargados del camión y cargados en buques nodriza. La gran mayoría de estos viajes tienen como objetivo llevar la finalización de la engorda a un país diferente al de nacimiento. Por ejemplo, Earley *et al.*¹⁰ han estudiado el efecto de los viajes mixtos de toros nacidos y criados en Irlanda, los cuales son transportados por carretera para ser embarcados hacia España e Italia. Esta ruta comercial obedece especialmente a la escasez de animales para engorde en el sur europeo, maximización de costos y a las preferencias sensoriales de los consumidores del sur de Europa por carnes de animales engordados con cereales.⁵⁵ Con salmones, los viajes son más complejos aún, utilizando transporte en camión desde la incubadora a centros previos al engorde, y de ahí a las jaulas de finalización en altamar, usando lanchas o helicópteros.⁵⁶

ary bacterial infections that can cause death during the journey.⁶⁷

Animals during transport may die for many reasons. For instance, in pigs, the main reason is hyperthermia, especially during summer; in birds, congestive cardiac failure; and in goats, asphyxia.¹⁴ In rabbit and bird transportation trucks, because there is no lateral protections, cages are stacked by level.⁶⁸ This system causes non-homogeneous wind flow, which increases mortality up to 76% in cold spots (lower part of the vehicle rear end) and 26% in warm spots (at the front top).⁶⁹ In mixed journeys (terrestrial and marine), mortality is an indicator of logistics operation, due to long journeys by mother ships that can cause chronic stress.⁷⁰ For instance, Norris *et al.*⁵⁸ observed a mortality rate of 0.24% in 4 million bovines transported from Australia to Middle East and south Asia. They also observed higher mortality in long journeys (Middle East, 0.52%) in contrast with short journeys (south Asia, 0.13%). The main causes of death were: heat exhaustion, traumatisms and respiratory diseases.

Livestock vehicle crashes

These accidents are multifactorial and cause financial injuries for the injured persons and animals. Due to its nature, they require immediate and efficacious attention, and high coordination level between policemen, firemen, haulers, owners and veterinary services.³⁶ Animals that survive are in a state of pain, anguish and fear, therefore, they are difficult to handle and even cause other accidents by running freely in the road.^{36,37} These accidents are associated with a series of factors concerning the driver, the vehicle and the road.⁷¹ The factors that affect the hauler are: age, alcohol consumption, fatigue, chronic health problems, imprudence³⁵ and lack of training in livestock transportation.³⁹ With regard to the vehicle, the most frequent factors are mechanical failures, problems with trailer-truck balance ratio,⁷² and weight and size of the vehicle.⁷³ Finally, climatic characteristics, topography and highway design also contribute to accident increase.⁷⁴

There are few research studies addressing the causality of these accidents in livestock trucks. In a study conducted in the United States of America and Canada, Woods and Grandin³⁷ found that the most affected species were: bovines (56%), porcines (27%), poultry (12%) and the remaining 6% was distributed between ovine, caprine and equine. The majority of these accidents were due to mistakes of the driver and adverse weather conditions, mainly in non-articulated trucks. In other study, Miranda-de la Lama *et al.*³⁶ observed that 58% of accidents recorded in Spain corresponded to porcine, 30% to bovine, 8% to poultry and 5% to ovine trucks. When porcine and bovine accidents were

También hay transportes mixtos para animales destinados directamente al sacrificio, como es el caso de países de Oriente Medio y especialmente de la península Arábiga, que son los mayores importadores de ovinos, caprinos, bovinos y camellos procedentes de Australia, Nueva Zelanda, Uruguay, Argentina y China.⁵⁷ En estos viajes, los animales son descargados e introducidos en barcos nodriza, donde son estabulados en corrales.⁵⁸ En Chile, donde el uso de transportes mixtos es una necesidad por las características territoriales que no permiten hacer trayectos por tierra en ciertas zonas, los corderos son transportados por camión entre 10 y 12 horas; posteriormente, el camión es embarcado en un transbordador, para seguir después un viaje de 10 horas más por carretera hasta la planta de sacrificio.⁵⁹ En Europa hay viajes comunes de cerdos desde Escocia, cruzando en transbordador por el canal de La Mancha, hasta Francia y de ahí transportados en el mismo camión hasta el sur de España para ser sacrificados.³⁰ Otro caso similar es el transporte de terneros desde el Reino Unido hasta Italia.⁵⁸

Morbilidad y mortandad durante el transporte

Las pérdidas más comunes pueden dividirse en tres categorías: animales heridos, animales enfermos y animales muertos en el viaje.⁶⁰ En las dos primeras categorías hay que distinguir entre aquéllos que pueden caminar y ser aislados en corrales de cuarentena en el rastro, o los que debieran ser sacrificados de emergencia al ser descargados. Las lesiones más comunes durante el transporte son hematomas, cojeras, dislocaciones y fracturas.⁶¹ Estas lesiones están relacionadas con malas prácticas de manejo durante la carga o descarga, remolques, rampas y pasillos en malas condiciones o mal diseñados.⁶² Las fracturas son poco comunes en bovinos, ovinos, caprinos, porcinos y equinos, pero frecuentes en aves.⁶³ Diversos estudios indican que una combinación de diferentes factores estresantes durante el transporte pueden tener repercusiones en el estado de salud de los animales. En trayectos de no más de 3 horas, con altas vibraciones en carreteras no asfaltadas, se ha observado un incremento de la ratio Neutrófilos/Linfocitos (N/L) de 52%, lo que sugiere una inmunodepresión, en comparación con corderos transportados en carreteras asfaltadas.⁵⁰ Otro ejemplo son los terneros recién destetados antes del viaje, que son vulnerables a enfermarse, en comparación con animales destetados con anterioridad, debido a la falta de cuidados maternos, ausencia de amamantamiento y factores estresantes asociados con el viaje,⁶⁴ por lo cual, los terneros menores de 4 semanas de edad no deberían ser transportados.⁶⁵ Una solución a ello puede ser el pre-acondicionamiento de los animales antes

analyzed for their high incidence, they found a positive relationship for bovine accidents in small trucks associated with frontal collisions, and of porcine in double semi-trailer tractor with regard to rollovers. Both studies coincide with the fact that one of the main accident causes is driver fatigue, which responds to multiple factors, such as: intense working hours, badly design routes, long journeys and high companies' demand.

The medical intervention and rescue in these accidents should be led by governmental emergency systems, which must prioritize relief given to persons and immediately afterwards to animals. Traffic safety in such an accident must be focused in diminishing vehicle speed around the accident and control of traffic volume, because it is common that presence of animals in the highway is cause of accidents. Subsequently, restraining or regrouping of survivor animals and quantification of primary damages should be started, in order to prioritize rescue, in function of unharmed and harmed animals. *In situ* or *ex situ* euthanasia should be considered according to public safety risk, degree of lesions in animals and proximity of abattoirs for slaughter emergency. Once these measures are performed, the number of dead animals, debris and corpses removal strategies should be quantified. It is important to point out that trucks should be basically equipped for this kind of incidents with the following: ropes, flashlights, blankets, reflective signalling cones, buckets, emergency telephone list, accident insurance at the hand and first-aid kit.

Operations on logistics stopovers and intermediate points

The logistics stopovers or logistics centres are physical points that allow livestock loading, weight homogeneity, production cost reduction and strategic commercialization schemes.¹⁸ There are points only for livestock loading, others for classification and finished animals with low commercial weight, and others for redistribution of animals to other farms. These stopovers may be critical for animal welfare because they include multiple loading and unloading operations, handling for classifying weight, gender, breed or commercial type, social mix and double transports in one day, one week or one month.⁷⁵ Some others last between 3 to 6 months for fattening and finishing. Other stopovers are the exportation stations, resting stations, livestock quarantine and markets and auctions.²⁶ For instance, in poultry and porcine, this specialization is assumed and the logistics planning is longstanding; however, this trend has extended to almost all productive species, including fish. An example of this is salmon in Australia, Sweden and Norway, where they are trans-

de su transporte, para prevenir la morbilidad y la mortalidad por enfermedad respiratoria bovina. Durante este proceso, los animales son destetados, vacunados, castrados, descornados, manejados gentilmente durante la carga y descarga.⁶⁶ En animales adultos, las infecciones virales que pueden ser subclínicas, provocan susceptibilidad a infecciones bacterianas secundarias, pudiendo causar la muerte durante el viaje.⁶⁷

Los animales durante el transporte pueden morir por varias razones. Por ejemplo, en los cerdos, la razón principal es la hipertermia, especialmente durante el verano; en aves, la insuficiencia cardíaca congestiva, y en ovinos, la asfixia.¹⁴ En los camiones de conejos y aves, debido a que no presentan protecciones laterales, se apilan jaulas por nivel.⁶⁸ Este sistema causa que el flujo de viento no sea homogéneo, lo que aumenta la mortalidad hasta 76% en puntos fríos (parte trasera inferior) y 26% en puntos calientes (parte delantera superior).⁶⁹ En viajes mixtos (terrestres y marítimos), la mortalidad es un indicador de operación logística, debido a los largos periodos de viaje en barcos nodriza, que pueden ocasionar estrés crónico.⁷⁰ Por ejemplo, Norris *et al.*⁵⁸ observaron una tasa de mortalidad de 0.24% en 4 millones de bovinos transportados desde Australia a Oriente Medio y al sur de Asia. También observaron una mayor mortalidad en los viajes largos (Oriente Medio; 0.52%) en comparación con viajes cortos (sur de Asia; 0.13%). Las principales causas de muerte fueron: golpes de calor, los traumatismos y enfermedades de las vías respiratorias.

Accidentes de vehículos de ganado

Estos accidentes son de carácter multifactorial y producen daños económicos en la integridad de las personas y los animales. Por su naturaleza, precisan de una atención rápida y eficaz, requiriendo, además, un alto nivel de coordinación entre policías, bomberos, transportistas, propietarios y servicios veterinarios.³⁶ Debido a que los animales que sobreviven presentan estados de dolor y miedo, su manejo se torna con mayor dificultad e incluso pueden ocasionar otros accidentes al correr libremente por la carretera.^{36,37} Estos accidentes están relacionados con una serie de factores vinculados con el conductor, el vehículo y la carretera.⁷¹ Los factores que afectan al conductor son: la edad, el consumo de alcohol, la fatiga, los problemas de salud crónicos, las imprudencias³⁵ y la falta de entrenamiento para transportar ganado.³⁹ En cuanto al vehículo, los factores más frecuentes son las fallas mecánicas, problemas en la relación de balance remolque-camión,⁷² el peso y el tamaño relativo del vehículo.⁷³ Finalmente, las características climáticas, topográficas y el diseño de la carretera también contribuyen al aumento de accidentes.⁷⁴

ported in tanker trucks, from freshwater farms to fattening finishing centres in the coast, with intermediate points of logistics classification and journeys to slaughter plants.^{56,76}

Livestock markets and auctions have several disadvantages, such as difficult instauration of a traceability system, they are sources of disease dissemination where animals get dirty, this increases the risk of carcass contamination, besides experiencing high lesion, stress and dehydration levels.⁷⁷ For these reasons, many companies buy directly from slaughter plants or have developed the concept of associated farms, which send animals of different weights to logistics classification centres, where they are homogenized according to specific criteria.^{17,18} Changes of truck are part of the common procedure in all stopovers, and they are performed by health reasons and logistics specialization. Trucks load animals at the farms and transport them to logistics centres; others transport them to slaughter plants.⁷⁸ Some studies have reported the effect of this stopovers on animal welfare indicators and calves, pigs and sheep meat quality.⁷⁹ It is commonly assumed that a stopover can be stressful; however, Miranda de la Lama *et al.*⁸¹ found that direct journeys from farm to slaughter plants (3 hour-journey) were more stressful and affected meat quality, in comparison with the ones that did logistics stopovers (3-journey hour and 1-stopover hour). These results seem to highlight the importance of having management system and logistics efficiency, because negative possible effects on a stopover may be attenuated if there is good planning, necessary infrastructure and trained personnel to insure chain operation welfare.

Point of destination and slaughter operations

At the slaughter plant there will be operations of unloading waiting turn, distribution of animals in pre-slaughter corrals, waiting time, mobilization towards the stunning and sticking area, for its incorporation to the slaughter line and chilling of the carcass. The unloading waiting turn is a minimized problem in plants with low slaughter volume; however, in saturated plants or with great installed capacity is a real problem, because delayed arrivals put the slaughter planning of that day and the subsequent at risk. The solution is logistics and has to do with arrival planning in function of communication with farms, intermediate points and minimum pre-slaughter waiting time, which will allow proper corral rotation, besides establishing an incentive system to motivate haulers for punctuality and low bruising rate.

Existen pocos trabajos de investigación que aborden la causalidad de estos accidentes en camiones de ganado. Woods y Grandin,³⁷ en un estudio realizado en Estados Unidos de América y en Canadá, registraron que las especies más accidentadas fueron: bovinos (56%), porcinos (27%), aves (12%) y el 6% restante distribuido entre ovinos, caprinos y equinos. La gran mayoría de estos accidentes se debieron a errores del conductor y condiciones climáticas adversas, especialmente en camiones no articulados. En otro estudio, Miranda-de la Lama *et al.*³⁶ observaron que del total de accidentes registrados en España, 58% correspondían a camiones de porcinos, 30% a bovinos, 8% a aves y 5% a ovinos. Al analizar los accidentes de porcinos y bovinos por su alta incidencia, encontraron una relación positiva para los accidentes de vacuno, en camiones pequeños ligados con colisiones frontales, y de porcinos en camiones articulados y rígidos relacionados con volcaduras. Ambos estudios coinciden en que una de las principales causas de accidentes es la fatiga de los conductores, la cual responde a múltiples factores tales como las intensas jornadas de trabajo, rutas mal diseñadas, viajes largos y los altos niveles de exigencia de las empresas.

La intervención y auxilio en estos accidentes deben estar liderados por los sistemas de emergencia gubernamentales, en cuyo apoyo es necesario priorizar la ayuda a las personas e inmediatamente después a los animales. El auxilio vial en un accidente de esta naturaleza, debe estar dirigido a disminuir la velocidad de los automotores en el tramo del accidente y controlar el volumen del tráfico vehicular, debido a que es común que la presencia de animales en la carretera cause otros accidentes. Posteriormente, se debe iniciar la contención o reagrupamiento de los animales sobrevivientes y la cuantificación de daños primarios para priorizar la ayuda, en función de animales ilesos y heridos. La decisión de eutanasia *in situ* o *ex situ* deberá tomarse de acuerdo con el riesgo para la seguridad pública, el grado de lesiones de los animales y la cercanía de rastros para un sacrificio de emergencia. Una vez que se realicen estas medidas, deberían cuantificarse el número de animales muertos y las estrategias de remoción de escombros y cadáveres. Es importante señalar que los camiones deberían tener como equipamiento básico para estos incidentes, cuerdas, lámparas, mantas, señalizaciones reflectantes, cubetas, una lista de teléfonos de emergencia, el seguro de accidentes a la mano y un botiquín de primeros auxilios.

Operaciones en escalas logísticas y puntos intermedios

Las escalas logísticas o centros logísticos son puntos físicos que permiten el acopio de ganado, homogeneiza-

a) Pre-slaughter waiting time

The pre-slaughter waiting time is the resting period after transport and before slaughter, where the animals are not fed, but have water *ad libitum*. This resting time allows animals to recover from the stress experienced during loading, transport and unloading.⁸² Helps to reduce dehydration and renovate muscle glycogen levels, favouring the most affected animals, and to counter possible deficiencies in meat quality.⁸⁴ From logistics point of view, this interval is vital for slaughter planning per lot of animals (by destiny and hours after admission), since it allows gastrointestinal emptying⁸⁵ and gives time for static and dynamic veterinary inspection.⁸⁶ An important point to be considered is the number of waiting corrals, which should allow its rotation and destiny organization (not mixing animals from different places), besides counting with small emergency corrals and others similar to normal use. Therefore, small corrals for injured individuals and large corrals for animal groups that have been taken for emergency slaughter could be used, for instance, animals injured on road traffic accidents.

Resting time is a permanent discussion issue. Several studies indicate that a resting time of 3 to 12 hours is necessary for stabilization of physiological variables and contributes to meat quality.⁵² Other studies show that duration of 3 to 24 hours is not a good practice, since there is too little recovery and it is not justified if negative effects on carcass, such as bruising, are considered.⁸⁷ However, there are evidences that indicate that pre-slaughter conditions quality is the key factor for deciding on the waiting time.⁸⁸ These conditions are achieved by controlling the microclimate, not mixing animals from different places, gentle handling of the animals, acoustic isolation, clean corrals, good quality animal bedding and water *ad libitum*. It is important to highlight that there are no general formulas and each case requires a performance protocol in certain conditions. For instance, in dry climates with extreme seasonal temperatures such as the northeast of Mexico, mainly in slaughter plants with outside corrals, should be lessened and not exceed 6 hours.⁶² However, in similar climates, but with controlled microclimate and a coordinated logistics chain, a waiting time of 6 to 12 hours is good for the animals and product quality.^{89,90}

b) Stunning

The final stage of the chain is slaughter, which includes restraining, stunning and the beginning of sticking. The handling previous to stunning is a delicate stage that causes fear-reactivity, balking and slow movement of the animals in the chute. This encourages the use

de los pesos, reducción de costos de producción y esquemas estratégicos de comercialización diversos.¹⁸ Existen puntos que sólo acopian, otros que clasifican y finalizan a los animales que les falta peso comercial, y otros más que redistribuyen animales a otras granjas. Estas escalas pueden ser críticas para el bienestar animal porque incluyen múltiples operaciones de carga y descarga, manejo para clasificar por peso, sexo, raza o tipo comercial, mezcla social y dobles transportes en un mismo día, en una semana o un mes.⁷⁵ Algunas más duran entre 3 y 6 meses para engorde y finalización. Otras escalas son las estaciones de exportación, estaciones de descanso, cuarentena y mercados ganaderos y subastas.²⁶ Por ejemplo, en aves y porcinos, esta especialización está asumida y la planificación logística es añeja; sin embargo, esta tendencia se ha extendido a prácticamente todas las especies productivas, incluidas las piscícolas. Un ejemplo de ello es el salmón en Australia, Suecia y Noruega, donde son transportados en camiones-tanque, de granjas de agua dulce a centros de engorde de finalización en la costa, con puntos intermedios de clasificación logística y viajes a plantas de sacrificio.^{56,76}

Los mercados y subastas ganaderos tienen varias desventajas, como la difícil instauración de un sistema de trazabilidad, son fuentes de diseminación de enfermedades, en donde los animales se ensucian, ello aumenta el riesgo de contaminación de las canales, además de experimentar altos niveles de lesiones, estrés y deshidratación.⁷⁷ Por estas razones, muchas empresas compran directamente en la planta de sacrificio o han desarrollado el concepto de granjas asociadas, las cuales envían animales de diferentes pesos a centros de clasificación logística, donde son homogeneizados de acuerdo con criterios específicos.^{17,18} Los cambios de camión son parte del procedimiento común en todas las escalas, y se realizan por razones sanitarias y de especialización logística. Los camiones recogen animales en las granjas y los llevan al centro logístico; otros los transportan de este centro al rastro.⁷⁸ Algunos estudios han reportado sobre el efecto de estas escalas en indicadores de bienestar animal y calidad de la carne de terneros,⁷⁹ cerdos⁸⁰ y corderos.¹⁷ Normalmente, se asume que una escala puede ser altamente estresante; sin embargo, Miranda de la Lama *et al.*⁸¹ encontraron que los viajes directos de la granja al rastro (3 horas de viaje) eran más estresantes y afectaban la calidad de la carne, en comparación con los que hacían una escala logística (3 horas de viaje y 1 hora de escala). Estos resultados parecen resaltar la importancia de tener un sistema de gestión y eficiencia logística, debido a que los posibles efectos negativos de una escala pueden atenuarse, si se cuenta con una buena planificación, infraestructura necesaria y personal capacitado para asegurar el bienestar en las operaciones de la cadena.

of electric prods, which cause states of fear and pain in the animals, a reaction that provokes immobility, which despairs the operators, who indiscriminately apply electric current to the animals, causing carcass bruising.⁶² For which it should only be used in specific circumstances, that is why it is vital to train personnel in order to make them aware about the economic effects of mistreating the animals. The operability of flags used for efficacy and rapid movement, applying the leakage principle has been demonstrated.⁹¹ The slaughter chain speed is determined by the volume of animals scheduled for slaughter and the installed capacity. Logistically, it is important to establish and respect stunning, hoisting and sticking time per animal, which will affect animal mobilization planning from pre-slaughter to the stunning area.

The aim of stunning is to proceed with sticking.⁹² The four stunning methods commercially used are: electric, captive bolt pistol: penetrative and non-penetrative, and gas.⁹³ The first one consists of passing an electric current through the brain, with a sufficiently high intensity, to cause central nervous system depolarization and disorganization of normal electrical activity.⁹⁴ It is commonly used in pigs, goats, sheep, cattle, turkey, ostrich, rabbits and salmons. Several studies show welfare and meat quality problems with this method. For instance, in bovines, their great limitation is the short duration effect (20 to 90 seconds), which would imply a possible return to consciousness during sticking.⁹³ In porcine it may stimulate high catecholamine release, causing behavioural reactivity and an increase in muscle activity, which increases the rate of *post mortem* muscle glycolysis, and increases the incidence of PSE meat.⁹⁵ Presence of connective tissue and muscle fascia bruising, besides fractures in the front limbs and backbone due to excessive muscular contraction.⁹⁶ In lambs, induction to unconsciousness is slow, if it is compared with slaughter.⁹³ In poultry this method is probably the most problematic, because animals do not show evident signs of clonic-tonic seizure,⁹⁷ besides triggering strong muscular contractions that may cause fractures and bruising with serious meat effects.⁹⁸

Mechanical methods, penetrative and non-penetrative, cause brain concussion and immediate loss of consciousness due to the strong blow. The first method is commonly used in bovines and alternatively in sheep, goats, pigs, horses, deer, camels and even salmons. The second one is only recommended in bovines. There are five criteria for evaluating the severity of the brain concussion; the immediate collapse of the animal, absence of corneal reflex, position of the eyes looking forward (do not rotate) and absence of normal rhythmic respiration.⁹² The main problems of welfare with these methods are of operational character, unsatis-

Operaciones en el punto de destino y sacrificio

En la planta de sacrificio se efectuarán las operaciones de espera de turno de descarga, distribución de los animales en los corrales pre-sacrificio, la espera, la movilización hacia el área de aturdimiento, aturdimiento y desangrado, para su incorporación a la cadena de despiece y enfriamiento de la canal. El turno de descarga es un problema minimizado en plantas con bajos volúmenes de sacrificio; sin embargo, en plantas saturadas o con gran capacidad instalada es un problema evidente, debido a que la impuntualidad en los arribos pone en riesgo la planificación del sacrificio de ese día, e incluso de los subsecuentes. La solución es logística y tiene que ver con la planificación de los arribos en función de la comunicación con las granjas, los puntos intermedios y el tiempo mínimo de espera pre-sacrificio que permitirá rotar adecuadamente los corrales, además de establecer un sistema de incentivos para los transportistas por puntualidad e índice de hematomas.

a) Espera pre-sacrificio

La espera pre-sacrificio es el periodo de descanso posterior al transporte y antes del sacrificio, donde los animales no son alimentados, pero tienen acceso libre al agua. Este descanso permite la recuperación del estrés experimentado en la carga, el transporte y la descarga de los animales.⁸² Ayuda a reducir la deshidratación y a la renovación de los niveles de glucógeno muscular, favoreciendo a los animales más afectados,⁸³ y a contrarrestar las posibles deficiencias en la calidad de la carne.⁸⁴ Desde el punto de vista logístico, este tiempo es vital para la planificación del sacrificio por lotes (por destino y horas de estancia), ya que permite el vaciamiento gastrointestinal⁸⁵ y da tiempo para que se realice la inspección veterinaria estática y dinámica.⁸⁶ Un punto importante de considerar es el número de corrales de espera, el cual deberá permitir su rotación y organización por destino (no mezclar animales de diferentes destinos), además de contar con corrales de emergencia pequeños y otros iguales a los de uso normal. Así se podrán usar los corrales pequeños para individuos heridos y los corrales grandes para grupos de animales que han sido llevados para sacrificio de emergencia, por ejemplo, animales provenientes de accidentes de tráfico.

El tiempo de descanso es un tema en discusión permanente. Diversos estudios indican que un descanso de entre 3 y 12 horas es necesario para la estabilización de las variables fisiológicas y contribuye a la calidad de la carne.⁵² Otros estudios señalan que la duración de 3

factory personnel training, lack of infrastructure and problems with the design of the stunning box.¹⁰⁰ The stun operator has to have a high quality training and his performance must be auditable and included in an incentive program.¹⁸ For proper stunning, a combination of technical skill and training is required, mostly in stunning boxes where the access to pistols and operator is from above.⁶² A solution for this are the stunning boxes with head restraining dispositive for performing frontal stunning, which gives the operator greater opportunity to assert.¹⁰¹ In commercial practice, in order to determine stunning efficacy, the percentage of animals that collapse at first shot (which the minimum acceptable is 95%) and the percentage of animals that show unconsciousness signs after they are shot (no more than 0.2% should show sensitivity signs) can be used.¹⁰⁰

Carbon dioxide is a gas that by exposure through inhalation of high concentrations causes unconsciousness by neuron function depression.¹⁰² It is commonly used in pigs, although it has been attempted in other species, but without success. In CO₂ stunning, animals are placed in cages and descended to the interior of a well with a CO₂ concentration higher than 70%. The greater the concentration of CO₂ in the system interior, more rapid is the induction to unconsciousness.¹⁰³ The advantage of this system is that it does not require animal restraint and allows group stunning, decreasing handling and gas behavioural reactivity.⁹⁵ This is a safe system for operators and reduces the incidence of PSE meat, and ham and loin bruising.¹⁰⁴ However, this method has some disadvantages, because there is no immediate unconsciousness and pigs show aversion signs during exposition,¹⁰³ besides causing hyperventilation and respiratory failure.¹⁰⁵ Currently, alternatives are being considered to reduce aversion to CO₂, especially combination of this with other gases. For instance, Lloch *et al.*¹⁰⁶ have use CO₂ with N₂ in different proportions. These authors found that unconsciousness is more efficient with the mixtures used, compared to pure CO₂; however these mixtures produce greater incidence of PSE meat and bruising. In salmons, different levels of CO₂, isoeugenol and nitrogen have been used, without good results in terms of animal welfare and product quality.¹⁰⁷

c) Sticking

There are two sticking techniques: one is the killing of the animal by cutting the carotid artery and jugular vein in the neck (neck stick) at the throat area behind the larynx; and the other is making a cut to the jugular furrow at the neck base, directing the knife towards the entrance of the thorax with the aim to sever the

hasta 24 horas no es una buena medida, ya que la recuperación lograda es escasa y no se justifica si se toman en cuenta los efectos negativos sobre la canal, como los hematomas.⁸⁷ Sin embargo, hay evidencias que indican que la calidad de las condiciones pre-sacrificio es el factor clave en la decisión del tiempo de espera.⁸⁸ Estas condiciones se logran controlando el microclima, no mezclando animales de diferente origen, el manejo calmo de los animales por los operarios, aislamiento acústico, limpieza de los corrales, buena calidad de la cama y las facilidades para beber. Es importante subrayar que no existen fórmulas generales y que cada caso requiere un protocolo de actuación en condiciones determinadas. Por ejemplo, en climas secos con temperaturas estacionales extremas como el noreste de México, especialmente en plantas con corrales externos, debería acortarse y no ser mayor de 6 horas.⁶² Sin embargo, en climas similares, pero con control microclimático y una cadena logística coordinada, una espera de entre 6 y 12 horas es benéfica para los animales y la calidad del producto.^{89,90}

b) Aturdimiento

La fase final de la cadena es el sacrificio, que comprende la sujeción, el aturdimiento y el inicio del desangrado. El manejo previo al aturdimiento es una fase delicada que produce estados de reactividad y miedo en los animales, causando disminución en la velocidad de progresión y detenciones en las mangas. Ello aliena el uso de bastones eléctricos, los cuales provocan estados de miedo y dolor en los animales, una reacción que suele causar inmovilidad, lo cual desesperará a los operarios, quienes administran electricidad indiscriminadamente a los animales, causando hematomas en la canal.⁶² Por lo que su uso debería ser únicamente en casos puntuales, por ello es vital capacitar al personal para concientizarlo sobre los efectos económicos del maltrato de los animales. Se ha demostrado la operatividad del uso de banderas para la movilización eficaz y rápida, aplicando el principio de la zona de fuga.⁹¹ La velocidad de la cadena de sacrificio está determinada por el volumen de animales programados para el sacrificio y la capacidad instalada. Logísticamente es importante establecer y respetar los tiempos de aturdimiento, izado y desangrado por animal, lo cual repercutirá en la planificación de la movilización de los animales del área de pre-sacrificio a la de aturdimiento.

El objetivo del aturdimiento es la pérdida del conocimiento para proceder al desangrado.⁹² Los cuatro métodos de aturdimiento utilizados comercialmente son: eléctrico, mecánico penetrante, mecánico no penetrante y gas.⁹³ El primero consiste en el paso de una corriente eléctrica a través del cerebro, con una

brachiocephalic trunk and anterior vena cava.¹⁰⁸ Sticking should be practiced only in stunned animals with less than 30 seconds interval between shooting and cutting, this procedure prevents the return of sensitivity, makes the sticking process more efficient and operational safety is guaranteed.¹⁰⁹ Imprecise cutting may stimulate prolonged muscle contractions causing bruising or body splash.⁹⁹

Animal welfare and product quality

First or most sensitive level criteria for animal welfare quantification are the physiological constants associated with emotional reactivity, that is, heart rate and respiratory frequency, followed by behavioural changes. The next sensitivity level corresponds to stress impact on physiological values related with hypothalamus-pituitary-adrenal (HPA) axis. Finally, if stress response is powerful, meat quality will be affected. The presence of negative effects on meat quality shows that animal welfare has been comprised. Although the absence of effects on meat quality do not indicate absence of suffering,¹⁴ the argument of the greatest weight for regulating animal welfare during transport and pre-slaughter logistics chain, continuous to be the impact on product quality. The welfare indicators that have to do with product quality are: live weight loss, bruising, morbidity, mortality, and carcass and meat quality.¹²

Live weight and carcass alterations

One of the main effects of transport is body weight loss. The age and duration of the journey are important factors for weight loss. For instance, in 35-40 day-old recently weaned lambs (commercial category: milk lambs), subjected to 30 minute and 5 hour journey, there was no weight loss.⁴¹ In lambs older than 100 days, in 3 hour journey and even with two journeys in one day (4-5 hours), there was also no weight loss.¹² However, in 6, 12 and 24 month old animals, in 8 hour journey, there was increasing weight loss according to age, 7.18%, 9.04% and 9.57%, respectively.¹¹⁰ Finally, in 4-5 year-old goats, in 12, 30 and 48 hour journey, there is gradual live weight loss of 4.9%, 9.8% and 12.1%, respectively.¹¹¹ These results show that younger animals are able to face a journey without evident weight loss; however, this ability or physical condition is lost with age.

Bruising is the main abnormality that can affect carcass quality and penalize its price, besides being an indicator of welfare and a reference point in an audit.¹⁰⁰ They are tissue lesions with vascular rupture which collect blood and serum, developed after application of force with an object.¹¹² They are sensitive indicators for

intensidad lo suficientemente alta para provocar una despolarización del sistema nervioso central y una desorganización de la actividad eléctrica normal.⁹⁴ Se utiliza ampliamente en porcinos, ovinos, caprinos, bovinos, pavos, avestruces, conejos y salmones. Diversos estudios indican problemas de bienestar y calidad de la carne con este método. Por ejemplo, en bovinos, su mayor limitación es la corta duración del efecto (20 a 90 segundos), lo que implicaría un posible retorno a la conciencia durante el desangrado.⁹³ En porcinos puede llegar a estimular una alta liberación de catecolaminas, produciendo reactividad conductual y un aumento de la actividad muscular, lo que incrementa la tasa de glucólisis muscular *post mortem*, y aumenta la incidencia de carne PSE.⁹⁵ También se ha descrito presentación de hemorragias petequiales en el tejido conectivo y la fascia muscular, además de fracturas en las patas delanteras y columna vertebral por la excesiva contracción muscular.⁹⁶ En corderos, la inducción a la inconsciencia es más lenta, si se le compara con el degüello.⁹³ En aves este método es quizás el más problemático, debido a que no muestra evidentes signos de convulsión clónico-tónica,⁹⁷ además de desencadenar fuertes contracciones musculares que pueden causar fracturas óseas y hemorragias petequiales musculares con graves efectos en la carne.⁹⁸

Los métodos mecánicos, el penetrante y el no penetrante, administran un golpe que causa una conmoción cerebral y una pérdida inmediata del conocimiento.⁹⁹ El primer método se utiliza comúnmente en bovinos y alternativamente en ovinos, caprinos, cerdos, equinos, ciervos, camellos e incluso salmones. El segundo sólo se recomienda en bovinos. Hay cinco criterios para evaluar la profundidad de la conmoción cerebral: el colapso inmediato del animal, la ausencia de reflejo corneal, la posición de los ojos mirando hacia adelante (no giran) y la ausencia de la respiración rítmica normal.⁹² Los principales problemas de bienestar con estos métodos son de carácter operativo, deficiencias en la capacitación del personal, falta de infraestructura y problemas con el diseño del cajón de aturdimiento.¹⁰⁰ El operario que aturde debe tener una capacitación rigurosa y su desempeño debe ser auditable e incluido en un programa de incentivos.¹⁸ Para aturdir correctamente se requiere una combinación de destreza y entrenamiento, sobre todo en cajones de noqueo donde el acceso de la pistola y el operario es por arriba.⁶² Una solución a ello son los cajones de aturdimiento con dispositivo de sujeción de cabeza para realizar el aturdimiento frontalmente, lo cual le da al operador mayor oportunidad para acertar.¹⁰¹ En la práctica comercial, para determinar la eficacia del aturdimiento se pueden utilizar el porcentaje de animales que cae al primer tiro (cuyo mínimo aceptable se considera en 95%) y el porcentaje de animales que muestra signos

detecting logistics chain failures, because they help to identify the source of these bruising, such as electric prod usage, abusive stockmanship, animal social mix, edges or drop gates.⁶² There are predisposing factors related with the animal, such as: gender, age, breed and temperament. Especially in bovines, males have greater predisposition and young animals show lower percentage of lesions compared to adults.¹¹³ It has been reported that transport in poor road conditions and long journeys, causes higher prevalence of bruising, due to falls and impact injuries among animals because of vibration. Likewise, an increase in pre-slaughter waiting time is associated with bruising of cattle,¹¹⁴ goats,¹¹⁵ pigs,¹¹⁶ rabbits,⁸⁹ and deer.¹¹⁷ However, social mix, violent handling and waiting quality pre-slaughter are overlooked factors in these type of lesions.¹⁷ In porcine, a direct relationship between skin lesions and the increase in cortisol and creatinine phosphokinase concentrations has been identified.¹¹⁸ Although this relation would not be extrapolated to other species, susceptibility to emotional reactivity or a certain temperament, may be a factor that should be considered.

Alterations of instrumental and sensory meat quality

The pH of the meat is the instrumental indicator most used in studies that evaluate pre-slaughter and during transport handling, because it is a balance estimator between metabolic routes and muscle energy stores.¹⁴ After slaughter, the glycogen found in muscle is converted to lactate, which reduces the pH.⁴⁴ When muscle glycogen concentration is adequate, a perfect meat acidification is produced, from an initial pH near to neutrality (7.0) to an acid pH after 24 hours (final pH) of slaughter of approximately 5.5. Good quality meat has a final pH close to 5.5.¹¹⁹ Although there are evidences that transports can reduce live weight and glycogen stores, it is not always reflected in the final pH (normally at 24 hours *post mortem*). The lack of effect on the final pH may occur when transport is a mild stressor and animals are in good health condition.⁹ The relationship between the initial content of muscle glycogen and the final pH is linear only with very low glycogen levels. For which glycogen levels do not decrease enough for obtaining a substantial effect on the final pH, especially when animals are able to recover during the pre-slaughter waiting period.^{14,89,90}

The colour and appearance of meat are important indicators of quality, which the consumer takes into consideration for acceptance or rejection when purchasing the product.⁹ In this context, there are two phenomena that affect meat quality: dark, firm and dry meat (DFD) and pale, soft and exudative meat

de consciencia después del disparo (no más de 0.2% debería mostrar signos de sensibilidad).¹⁰⁰

El dióxido de carbono es un gas que al ser inhalado a altas concentraciones produce pérdida de la consciencia por depresión de la función neuronal.¹⁰² Se usa especialmente en cerdos, aunque se ha intentado establecer en otras especies, pero sin éxito. En el aturdimiento por CO₂, los animales son introducidos en una jaula y descendidos al interior de un pozo con una concentración de CO₂ superior a 70%. Cuanto mayor es la concentración de CO₂ en el interior del sistema, más rápida es la inducción a la inconsciencia.¹⁰³ La ventaja de este sistema es que no requiere la sujeción de los animales y permite el aturdimiento en grupo, reduciendo el manejo y la reactividad conductual al gas.⁹⁵ Este sistema es seguro para los operarios y reduce la incidencia de carne PSE, equimosis en los jamones y lomo.¹⁰⁴ Sin embargo, este método tiene algunas desventajas, debido a que la inconsciencia no es inmediata y durante la exposición los cerdos muestran signos de aversión,¹⁰³ además de causar hiperventilación e insuficiencia respiratoria.¹⁰⁵ Actualmente se están buscando alternativas para reducir la aversión al CO₂, especialmente mezclas de éste con otros gases. Por ejemplo, Lloch *et al.*¹⁰⁶ han usado mezclas de CO₂ y N₂ en diferentes proporciones. Estos autores encontraron que la pérdida de conocimiento es más eficaz con las mezclas empleadas, comparadas con el CO₂ puro; sin embargo estas mezclas producen una mayor incidencia de carnes PSE y petequias musculares. En salmones, se ha experimentado con diferentes niveles de CO₂, isoeugenol y nitrógeno, sin buenos resultados en términos de bienestar animal y calidad del producto.¹⁰⁷

c) Desangrado

Existen dos técnicas de desangrado: una consiste en la sección bilateral de las arterias carótidas y las venas yugulares por medio de un corte en la región de la garganta por detrás de la laringe; la otra se realiza practicando una incisión en la gotera o surco yugular en la base del cuello, dirigiendo el cuchillo hacia la entrada del pecho a fin de cortar el tronco braquiocefálico y la vena cava anterior.¹⁰⁸ El desangrado debe practicarse sólo en animales aturdidos con un intervalo menor a 30 segundos entre el disparo y el corte, este procedimiento evita el retorno a la sensibilidad, eficiente el proceso de desangrado y garantiza la seguridad de los operarios.¹⁰⁹ Un corte poco certero puede estimular contracciones musculares prolongadas que causan hemorragias musculares o salpicaduras de sangre en la carne (*body splash*).⁹⁹

(PSE). Dark meat can be commonly observed in cattle and goats, and less frequently in pigs, turkey and rarely in rabbits.¹²⁰ PSE meat is present in pigs, chicken and turkey,¹²¹ although it has been recently suggested that both phenomena may be produced in all species.¹²² Overall, PSE and DFD meat have a short shelf life and are susceptible to bacterial contamination.¹²³

DFD meat is present when there are highly stressful and physically demanding transport conditions, mainly in climates with extreme temperatures,^{17,124} where there is a decrease in glycogen stores and acidification is limited, for which the pH at 24 hours will be higher than 6, giving as result a dark meat that retains water and has a firm texture.⁹⁹ DFD meat can be distinguished because its proteins have suffered several molecular changes with predominance of negative charges, determining greater degree of electrostatic rejection between actin and myosin filaments. This filament rejection generates presence of spaces that are rapidly occupied by water (greater water retention), and are obstacles for free oxygen transport from the surface to the centre of the muscle, with which the myoglobin would be transformed in metmyoglobin, giving a darker colour to the meat.^{14,99} These alterations begin to be observed from a pH 5.7, by colour changes and texture, which become stronger as pH increases until surpassing 6.¹⁷ Some studies have demonstrated that meat maturation may increase its softness and attenuate transport negative effects.^{125,126} The problem with presence of DFD meat lies in its commercialization difficulty, since the consumer associates its dark colour with poor store condition or old animals,¹²⁰ besides having a depreciation of about 10%.¹²⁷

The PSE phenomenon is caused by genetic factors (positive halothane pigs) and stressful conditions near slaughter (animal social behaviour and electric prod usage), using muscle glycogen to obtain energy and produce lactate.¹²⁸ However, as slaughter is immediate, there is not enough time for the muscle to clear lactate, giving as result a rapid decrease in muscular pH after slaughter, with temperatures still very high in carcass.¹²² This combination leads to denaturalization of sarcoplasmic and myofibrillar proteins, to a major electrostatic attraction by charge difference between actin and myosin filaments, which gives meat a softer texture due to its loss of firmness, greater exudate due to decrease of water retention capacity and greater light reflexion due to less myoglobin quantity.¹²⁹ Hams elaborated with PSE meat are more susceptible to bad odour, greater water loss for drip and cooking, besides causing 50% economic losses in comparison with hams made with normal meat.¹³⁰

The alterations of instrumental quality meat (pH, colour, water retention and texture), have an influence on organoleptic properties of meat.¹³¹ There are

Bienestar animal y calidad del producto

Los criterios de primer nivel o más sensibles para cuantificar el bienestar animal son las constantes fisiológicas asociadas con la reactividad emocional, es decir, la tasa cardíaca y la frecuencia respiratoria, seguidas por cambios en el comportamiento. El siguiente nivel de sensibilidad corresponde al impacto del estrés en los valores fisiológicos asociados con la actividad del eje hipotálamo-pituitario-adrenal (HPA). Finalmente, si la respuesta por estrés es potente, la calidad de la carne se verá afectada. La presencia de efectos negativos en la calidad de la carne indican que el bienestar animal se ha visto comprometido. Aunque la ausencia de efectos sobre la calidad de la carne no indica ausencia de sufrimiento,¹⁴ el argumento de mayor peso para regular el bienestar animal en el transporte y la cadena logística pre-sacrificio, sigue siendo el impacto en la calidad del producto. Los indicadores de bienestar que tienen que ver directamente con la calidad del producto son: pérdida de peso vivo, hematomas, morbilidad, mortalidad, calidad de la canal y la carne.¹²

Alteraciones en el peso vivo y en la calidad de la canal

Uno de los efectos característicos del transporte es la pérdida de peso corporal. La edad y la duración del viaje son factores importantes en la pérdida de peso. Por ejemplo, en corderos recién destetados, de 35-40 días de edad (categoría comercial "lechal"), sometidos a viajes de 30 minutos y 5 horas, no se observaron pérdidas de peso.⁴¹ En corderos con más de 100 días de edad, en viajes de 3 horas e incluso con dos viajes en un mismo día (4-5 horas) tampoco se observaron pérdidas.¹² Sin embargo, en animales jóvenes de 6, 12 y 24 meses de edad, en viajes de 8 horas, se observaron pérdidas de peso crecientes de acuerdo con la edad, de 7.18%, 9.04% y 9.57%.¹¹⁰ Finalmente, en ovejas de 4-5 años de edad en viajes de 12, 30 y 48 horas, hay pérdida paulatina de peso vivo del orden de 4.9%, 9.8% y 12.1%.¹¹¹ Estos resultados indican que los animales más jóvenes pueden hacer frente a un viaje sin pérdidas evidentes de peso; sin embargo, esta habilidad o condición física se pierde con la edad.

Los hematomas constituyen una de las principales anomalías que afectan la calidad de la canal y penalizan su precio, además de ser un indicador de bienestar y un punto referencial en una auditoría.¹⁰⁰ Son lesiones tisulares con ruptura vascular que acumula sangre y suero, desarrollada después de la aplicación de fuerza con un objeto.¹¹² Pueden ser indicadores sensibles para detectar fallas en la cadena logística, porque ayudan a identificar la fuente de estos hema-

two testing types for evaluating organoleptic quality: one directed towards the product and the other to the consumer. In product-oriented testing, small panels trained as measuring instruments of taste, texture and juiciness, among others, are used. In cattle, Villarroel *et al.*¹²⁶ found that transport time affects sensory quality, comparing animals transported during 30 minutes, 3 and 6 hours. The panellists gave better rating to the descriptors of softness and global appreciation of meat from animals with 3 hour journeys. In goats, Miranda-de la Lama *et al.*¹³¹ evaluated the pre-slaughter logistics chain operations with two journeys in one day, two in seven days and two in 28 days, and found that animal meat in winter was firmer and had a stronger taste of lamb; however, in summer, the meat had greater taste of blood and metal, which are perceived as disagreeable by the panellists. In rabbits, Maria *et al.*¹³² observed that in 1 and 7 hour journey, the panellists gave higher rating to softness and global appreciation of meat from animals with 1 hour journey. Finally, in sausages elaborated with different proportions of pork meat, the panellists gave worse ratings to those that had 50 to 100% PSE meat.¹³³ In the case of consumer testing, information of their preferences is obtain. Jeremiah *et al.*¹³⁴ found that less stressed cattle (short journey and 4 hour pre-slaughter waiting time) was better rated by the consumers on softness, taste and texture, compared with stressed animals (160 km journey and 24 hour waiting time). However, not all sensory changes are so evident for the consumers; for instance, in testing using normal beef and DFD, only women were able to detect differences between both types of meat, giving better acceptance rating to normal beef taste.¹³⁵

Conclusions

Considering that the current trend is the increase of transport time, logistics stopovers and mix transport, it is necessary to develop tools and protocols that minimize biological cost of animal adaptation to pre-slaughter logistics and transport. It is possible that pre-slaughter impact has been underestimated. However, it is necessary to invest in improvements, for the sake of animal welfare and improve profits of the industry. These improvements should be aimed at establishing logistics programmes having priority for animal welfare, besides the existence of a legislation that must be based on scientific evidences. At the same time, it will be necessary to inform consumers and signal to the meat industry that the ethic value of a product is an element of growing economic importance and an increasing business opportunity.

tomas, como el uso y abuso del bastón eléctrico, golpes de operarios, mezcla social, salientes o puertas de guillotina.⁶² Hay factores predisponentes relacionados con el animal, como el sexo, edad, raza y temperamento. Especialmente en bovinos, los machos tienen mayor predisposición y los animales jóvenes presentan un porcentaje menor de lesiones en comparación con los adultos.¹¹³ Se ha informado que el transporte en camiones en mal estado y transportes largos, originan una mayor prevalencia de hematomas, debido a caídas y golpes entre los animales por la vibración.⁵⁰ Asimismo, el incremento en el tiempo de espera pre-sacrificio está asociado con los hematomas en bovinos,¹¹⁴ ovinos,¹¹⁵ porcinos,¹¹⁶ conejos⁸⁹ y ciervos.¹¹⁷ Sin embargo, la mezcla social, el manejo violento de operarios y la calidad de la espera pre-sacrificio son los factores enmascarados en este tipo de lesiones.¹⁷ En porcinos, se ha identificado relación directa entre las lesiones en la piel y el aumento de las concentraciones de cortisol y creatinina fosfoquinasa.¹¹⁸ Aunque esta relación no sería directamente extrapolable a otras especies, la susceptibilidad a la reactividad emocional o un temperamento en particular, puede ser un factor que debe tomarse en cuenta.

Alteraciones en la calidad instrumental y sensorial de la carne

El pH de la carne es el indicador instrumental más usado en estudios que evalúan el efecto del manejo pre-sacrificio y durante el transporte, debido a que es un estimador del equilibrio entre las vías metabólicas y el nivel de reserva energética del músculo.¹⁴ Después del sacrificio, el glucógeno que se encuentra en el músculo es convertido en ácido láctico, que reduce el pH.⁴⁴ Cuando la concentración de glucógeno muscular es adecuada, se produce una perfecta acidificación de la carne, desde un pH inicial próximo a la neutralidad (7.0) a un pH ácido a las 24 horas (pH último) del sacrificio de 5.5 aproximadamente. La carne de buena calidad tiene un pH último cercano al 5.5.¹¹⁹ Aunque hay evidencias de que los transportes pueden reducir el peso vivo y las reservas de glucógeno, no siempre se ve reflejado en el pH último (normalmente a las 24 horas *post mortem*). La falta de efecto sobre el pH último puede ocurrir cuando el transporte es un estresor ligero y los animales están en buenas condiciones de salud.⁹ La relación entre el contenido inicial en glucógeno del músculo y el pH último es lineal sólo con niveles de glucógeno muy bajos. Por lo cual los niveles de glucógeno no bajan lo suficiente para tener un efecto sustancial en el pH último, especialmente cuando los animales son capaces de recobrase durante el periodo de espera pre-sacrificio.^{14,89,90}

El color y la apariencia de la carne son indicadores

Acknowledgements

Genaro C. Miranda-de la Lama is member of the Sistema Nacional de Investigadores of the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (SNI-CONACyT), level 1. In memoriam to Marcelino Becerril-Herrera, pioneer in the study of pig transport in Mexico.

Referencias

1. SEPULVEDA W, MAZA MT, MANTECON AR. Factors that affect and motivate the purchase of quality-labelled beef in Spain. *Meat Sci* 2008; 80: 1282-1289.
2. SANTURTÚN E, TAPIA G.P., GONZÁLEZ-REBELES C, GALINDO F. Actitudes y percepciones de consumidores en la Ciudad de México, hacia atributos de la producción sustentable de alimentos de origen animal. *Vet Méx* 2012; 43: 87-101.
3. MARIA G.A. Public perception of farm animal welfare in Spain. *Livest Sci* 2006; 103: 250-256.
4. LJUNGBERG D, GEBRESENBET G, ARADOM S. Logistics chain of animal transport and abattoir operations. *Biosystems Eng* 2007; 96: 267-277.
5. TSENG YY, YUE WL, TAYLOR MAP. The role of transportation in logistics chain. *Proc East Asia Soc Transportation Stud* 2005; 5: 1657-1672.
6. KETTLEWELL PJ, HOXEY RP, HAMPSON CJ, GREEN NR, VEALE BM, MITCHELL MA. Design and operation of a prototype mechanical ventilation system for livestock transport vehicles. *J Agric Eng Res* 2001; 79: 429-439.
7. EDGE MK, BARNETT JL. Development of animal welfare standards for the livestock transport industry: process, challenges, and implementation. *J Vet Behav Clin Appl Res* 2009; 4: 187-192.
8. TARRANT PV. Transport of cattle by road. *Appl Anim Behav Sci* 1990; 28: 153-170.
9. MARIA GA, VILLARROEL M, SAÑUDO C, OLLETA JL, GEBRESENBET G. Effect of transport time and ageing on aspects of beef quality. *Meat Sci* 2003; 5: 1335-1340.
10. EARLEY B, MURRAY M, PRENDIVILLE DJ, PINTADO B, BORQUE C, CANALI E. The effect of transport by road and sea on physiology, immunity and behaviour of beef cattle. *Res Vet Sci* 2012; 92: 531-541.
11. BLOKHUIS HJ, KEELING IJ, GAVINELLI A, SERRATOSA J. Animal welfare's impact on the food chain. *Trends Food Sci Tech* 2008; 19: S79-S87.
12. MIRANDA-DE LA LAMA GC, RIVERO L, CHACON G, GARCIA-BELEGUER S, VILLARROEL M, MARIA GA. Effect of the pre-slaughter logistic chain on some indicators of welfare in lambs. *Livest Sci* 2010; 128: 52-59.
13. DE ALUJA A. Bienestar animal en la enseñanza de Medicina Veterinaria y Zootecnia. ¿Por qué y para qué? *Vet Méx* 2011; 42: 137-147.
14. MARIA GA. Meat quality. In: APPLEBY MC, CUSSEN V, GARCES L, LAMBERT L, TURNER J, editors. Long distance transport and welfare of farm animals. Wallingford, UK: CABI Publishing, 2008.

de importancia en la calidad, que el consumidor toma en cuenta para la aceptación o el rechazo al comprar.⁹ En este contexto, existen dos fenómenos que afectan la calidad de la carne: las carnes oscuras, firmes y secas (DFD) y las carnes pálidas, suaves y exudativas (PSE por sus siglas en inglés). Las carnes oscuras pueden observarse comúnmente en bovinos, ovinos, y con menor frecuencia en porcinos, pavos y raramente en conejos.¹²⁰ Las carnes PSE se presentan en cerdos, pollos y pavos,¹²¹ aunque recientemente se ha sugerido que ambos fenómenos se pueden producir en todas las especies.¹²² En general, las carnes PSE y DFD se conservan peor en anaquel y son más sensibles a la contaminación bacteriana.¹²³

Las carnes DFD se presentan en condiciones de transporte altamente estresantes y físicamente demandantes, especialmente en climas con temperaturas extremas,^{17,124} donde las reservas de glucógeno disminuyen y la acidificación es limitada, por lo cual el pH a las 24 horas será mayor a 6, dando como resultado una carne oscura, que retiene agua y de textura dura.⁹⁹ Las carnes DFD se distinguen porque sus proteínas han sufrido una serie de cambios moleculares con un predominio de cargas negativas, determinando un mayor grado de repulsión electrostática entre los filamentos de actina y miosina. Esta repulsión de los filamentos provoca la presencia de espacios que son rápidamente ocupados por agua (mayor retención de agua), y son un impedimento al libre trasiego de oxígeno desde la superficie hasta el centro muscular, con lo que la mioglobina se transformaría en metamioglobina, dando un color más oscuro a la carne.^{14,99} Estas alteraciones pueden empezar a observarse a partir de un pH 5.7, mediante cambios en el color y la textura, que se acentúan conforme va aumentando el pH hasta sobrepasar el 6.¹⁷ Algunos estudios han demostrado que la maduración de la carne puede aumentar su ternura y atenuar los efectos negativos del transporte.^{125,126} El problema de la presencia de carne DFD radica en su dificultad de comercialización, ya que el consumidor asocia su color oscuro con carne almacenada en malas condiciones o de animales viejos,¹²⁰ además de sufrir una depreciación que ronda el 10%.¹²⁷

El fenómeno PSE es causado por factores genéticos (cerdos halotano positivos) y condiciones estresantes cercanas al sacrificio (la mezcla social y el arreo con bastón eléctrico), utilizando el glucógeno muscular para obtener la energía y producir ácido láctico.¹²⁸ Sin embargo, como el sacrificio es inmediato, no hay tiempo suficiente para que el músculo elimine el ácido láctico, dando como resultado un descenso rápido del pH muscular tras el sacrificio, con temperaturas aún muy elevadas en la canal.¹²² Esta combinación conduce hacia la desnaturalización de las proteínas sarcoplasmáticas y miofibrilares, a una mayor atracción electrostática por diferencia de cargas entre los fila-

15. CHRISTOPHER M. Logistics and supply chain management. Strategies for reducing cost and improving service. London, UK; Prentice Hall, 1998.
16. DELGADO EJ, RUBIO MS, ITURBE FA, MENDEZ RD, L. CASSIS L, ROSILES R. Composition and quality of Mexican and imported retail beef in Mexico. *Meat Sci* 2005; 69: 465-471.
17. MIRANDA-DE LA LAMA GC, VILLARROEL M, OLLETA JL, ALIERTA S, SAÑUDO C, MARIA GA. Effect of the pre-slaughter logistic chain on meat quality of lambs. *Meat Sci* 2009; 83: 604-609.
18. MIRANDA-DE LA LAMA GC, VILLARROEL M, LISTE G, ESCOS J, MARIA GA. Critical points in the pre-slaughter logistic chain of lambs in Spain that may compromise the animal's welfare. *Small Rumin Res* 2010; 90: 174-178.
19. BUIL T, MARIA GA, VILLARROEL M, LISTE G, LOPEZ M. Critical points in the transport of commercial rabbits to slaughter in Spain that could compromise animals' welfare. *World Rabbit Sci* 2004; 12: 269-279.
20. VILLARROEL M, MARIA GA, SIERRA I, SAÑUDO C, GARCIA-BELENQUER S, GEBRESENBET G. Critical points in the transport of cattle to slaughter in Spain that may compromise the animals' welfare. *Vet Rec* 2001; 149: 173-176.
21. BECERRIL-HERRERA M, MOTA-ROJAS D, GUERRERO LEGARRETA I, SCHUNEMANN DE ALUJA A, LEMUS-FLORES C, GONZÁLEZ-LOZANO M, RAMÍREZ-NECOECHEAR, ALONSO-SPILSBURY M. Aspectos relevantes del bienestar del cerdo en tránsito. *Vet Méx* 2009; 40: 315-329.
22. MARIA GA, VILLARROEL M, CHACON G, GEBRESENBET G. Scoring system for evaluating the stress to cattle of commercial loading and unloading. *Vet Rec* 2004; 154: 818-821.
23. BAK T, WAJDA S. Effect of different ways of watering porkers transported for 50 or 100 km before slaughter. *Acta Acad Agric Technol Olst Zoot* 1997; 6: 63-73.
24. LEWIS NJ. Transport of early weaned piglets. *Appl Anim Behav Sci* 2008; 110: 128-135.
25. FHA. Truck characteristics analysis. Washington DC, USA: Federal Highway Administration. 1999.
26. FISHER AD, COLDITZ IG, LEE C, FERGUSON DM. The influence of land transport on animal welfare in extensive farming systems. *J Vet Behav Clin Appl Res* 2009; 4: 157-162.
27. LAPWORTH JW. Engineering and design of vehicles for long distance road transport of livestock: the example of cattle transport of Northern Australia. *Vet Ital* 2008; 44: 215-222.
28. MCGREEVY PD, GEORGE S, THOMSON PC. A note on the effect of changes in flooring on the behaviour of housed rams. *Appl Anim Behav Sci* 2007; 107: 355-360.
29. KADIM IT, MAHGOUB O, AL-KINDI A, AL-MARZOOQI W, AL-SAQRI NM. Effects of transportation at high ambient temperatures on physiological responses, carcass and meat quality characteristics of three breeds of Omani goats. *Meat Sci* 2006; 73: 626-634.

mentos de actina y miosina, que da a la carne una textura más blanda debido a su pérdida de firmeza, una mayor exudación por disminución de la capacidad de retención de agua y una mayor reflexión de la luz por su menor cantidad de mioglobina.¹²⁹ Los jamones elaborados con carnes PSE son más susceptibles a tener olores desagradables, mayores pérdidas de agua por goteo y cocinado, además de causar pérdidas económicas del 50% en comparación con los jamones hechos con carne normal.¹³⁰

Las alteraciones en la calidad instrumental de la carne (pH, color, retención de agua y textura), suelen influir en las propiedades organolépticas de la carne.¹³¹ Existen dos tipos de pruebas para valorar la calidad organoléptica: una dirigida hacia al producto y la otra al consumidor. En las pruebas orientadas hacia el producto, se emplean pequeños paneles entrenados como instrumentos de medición del sabor, textura y jugosidad, entre otras. En bovino, Villarroel *et al.*¹²⁶ encontraron que el tiempo de transporte afecta la calidad sensorial, comparando animales transportados durante 30 minutos, 3 y 6 horas. Los panelistas puntuaron mejor en los descriptores de terneza y apreciación global a carnes de animales con viajes de 3 horas. En ovinos, Miranda-de la Lama *et al.*¹³¹ evaluaron las operaciones de una cadena logística pre-sacrificio con dos viajes en un día, dos en 7 días y dos en 28 días, y encontraron que la carne de los animales en invierno era más dura y con acentuado sabor a cordero; sin embargo, la carne en verano tenía mayor sabor a sangre y metálico, que suelen ser percibidos como desagradables por los panelistas. En conejos, Maria *et al.*¹³² observaron que en viajes de 1 y 7 horas, los panelistas puntuaron mayormente la terneza y la apreciación global a la carne de animales con una hora de viaje. Finalmente, en salchichas elaboradas con diferentes proporciones de carne de cerdo, los panelistas calificaron peor a aquellas que tenían de 50 a 100% de carne PSE.¹³³ En el caso de las pruebas de consumidores se obtiene información sobre sus preferencias. Jeremíah *et al.*¹³⁴ encontraron que el ganado menos estresado (transporte corto y espera pre-sacrificio de 4 horas) fue mejor calificado por los consumidores en terneza, sabor y textura, en comparación con animales más estresados (viaje de 160 km y con una espera de 24 horas). Sin embargo, no todos los cambios sensoriales son tan evidentes para todos los consumidores; por ejemplo, en pruebas con carne bovina normal y DFD, solamente las mujeres fueron capaces de detectar las diferencias entre los dos tipos de carne, puntuando con mejor sabor a la carne normal.¹³⁵

Conclusiones

Teniendo en cuenta que la tendencia actual es al aumento del tiempo del transporte, escalas logísticas y transportes mixtos, es necesario desarrollar herramien-

30. VILLARROEL M, BARREIRO P, KETTLEWELL P, FARISH M, MITCHELL M. Time derivatives in air temperature and enthalpy as non-invasive welfare indicators during long distance animal transport. *Biosystems Eng* 2011; 110: 253-260.
31. MOTA-ROJAS D, BECERRIL M, LEMUS C, SANCHEZ P, GONZALEZ M, OLMOS RAMIREZ SA *et al.* Effects of mid-summer transport duration on pre- and post-slaughter performance and pork quality in Mexico. *Meat Sci* 2006; 73: 404-412.
32. DALLEY SJ, BAKER CJ, YANG X, KETTLEWELL PJ, HOXEY RP. An investigation of the aerodynamic and ventilation characteristics of poultry transport vehicles. Part III: Internal flow field calculations. *J Agric Eng Res* 1996; 65:115-127.
33. BAKER CJ, DALLEY SJ, YANG X, KETTLEWELL PJ, HOXEY RP. An investigation of the aerodynamic and ventilation characteristics of poultry transport vehicles. Part II: Wind tunnel experiments. *J Agric Eng Res* 1995; 65: 97-113.
34. HOXEY RP, KETTLEWELL PJ, MEEHAN AM, BAKER CJ, YANG X. An investigation of the aerodynamic and ventilation characteristics of poultry transport vehicles. Part I: Full scale measurements. *J Agric Eng Res* 1996; 65: 77-83.
35. HÄKKÄNEN H, SUMMALA H. Fatal traffic accidents among trailer truck drivers and accident causes as viewed by other truck drivers. *Accid Anal Prev* 2001; 33: 187-196.
36. MIRANDA-DE LA LAMA GC, SEPULVEDA WS, VILLARROEL M, MARIA GA. Livestock vehicle accidents in Spain: causes, consequences, and effects on animal welfare. *J Appl Anim Welf Sci* 2011; 14: 109-123.
37. WOODS J, GRANDIN T. Fatigue: a major cause of commercial livestock truck accidents. *Vet Italian* 2008; 44: 259-262.
38. COCKRAM MS, BAXTER EM, SMITH LA, BELL S, HOWARD CM, PRESCOTT RJ *et al.* Effect of driver behaviour, driving events and road type on the stability and resting behaviour of sheep in transit. *Anim Sci* 2004; 79: 165-176.
39. SCHWARTZKOPF-GENSWEIN KS, HALEY DB, CHURCH S, WOODS J, O'BYRNE T. An education and training programme for livestock transporters in Canada. *Vet Ital* 2008; 44: 273-283.
40. WINKER I, GEBRESENBET G, TOLO E. Dynamic performances of cattle transporting vehicle on Scandinavian roads and behavioural responses of animals. *Deut Tier Wochen* 2003; 110: 114-120.
41. DE LA FUENTE J, SANCHEZ M, PEREZ C, LAUZURICA S, VIEIRA C, GONZALEZ DE CHAVARRI E *et al.* Physiological response and carcass and meat quality of suckling lambs in relation to transport time and stocking density during transport by road. *Animal* 2010; 4: 250-258.
42. GALLO C, WARRISS PD, KNOWLES T, NEGRON R, VALDES A, MENCARINI I. Densidades de carga utilizadas para el transporte de bovinos destinados a matadero en Chile. *Arch Med Vet* 2005; 37: 155-159.

tas y protocolos que minimicen el coste biológico de la adaptación de los animales a la logística pre-sacrificio y al transporte. Es posible que el impacto del estrés pre-sacrificio haya sido subestimado en el pasado. Sin embargo, es imprescindible invertir en mejoras en el presente, para procurar el bienestar de los animales y mejorar las ganancias de la industria. Estas mejoras deberían dirigirse al establecimiento de programas logísticos que tengan al bienestar animal como una prioridad, además de la existencia de una legislación que deberá estar basada en evidencias científicas. Al mismo tiempo, será necesario informar a los consumidores y advertir a la industria de la carne que el valor ético de un producto es un elemento de creciente importancia económica y una oportunidad de negocio que va en aumento.

Agradecimientos

Genaro C. Miranda-de la Lama es miembro del Sistema Nacional de Investigadores del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (SNI-CONACyT), nivel I, en el apartado para investigadores mexicanos en el extranjero. Este artículo está dedicado a la memoria de Marcelino Becerril-Herrera, pionero en la investigación en transporte porcino en México.

43. ELDRIDGE GA, WINFIELD CG. The behaviour and bruising of cattle during transport at different space allowances. *Aust J Expt Agric* 1988; 28: 695-698.
44. DE LA FUENTE J. Bienestar animal en el transporte de conejos a matadero (tesis doctoral). Madrid. España: Universidad Complutense de Madrid, 2003.
45. PETHERICK CJ, PHILLIPS JC. Space allowances for confined livestock and their determination from allometric principles. *Appl Anim Behav Sci* 2009; 117: 1-12.
46. GRIBKOVSKAIA I, GULLBERG BO, HOVDEN KJ, WALLACE SW. Optimization model for a livestock collection problem. *Int J Phys Distrib Logist Manage* 2006; 36: 136-152.
47. GEBRESENBET G, LJUNGBERG D. Coordination of route optimization of agricultural goods and transport to attenuate environmental impact. *J Agric Eng Res* 2001; 80: 329-342.
48. GEBRESENBET G, BOSONA TG, LJUNGBERG D, ARADOM S. Optimization analysis of large and small-scale abattoirs in relation to animal transport and meat distribution. *Aust J Agr Eng* 2011; 2: 31-39.
49. GEBRESENBET G, ARADOM S, BULITTA FS, HJERPE E. Vibration levels and frequencies on vehicle and animals during transport. *Biosystems Eng* 2011; 110: 10-19.
50. MIRANDA-DE LA LAMA GC, MONGE P, VILLARROEL M, OLLETA JL, GARCIA-BELENQUER S, MARIA GA. Effects of road type during transport on lamb welfare and meat quality in dry hot climates. *Trop Anim Health Prod* 2011; 43: 915-922.

51. COMUNIDAD EUROPEA. Reglamento (CE) n° 1/2005 del Consejo, de 22 de diciembre de 2004, relativo a la protección de los animales durante el transporte y las operaciones conexas y por el que se modifican las Directivas 64/432/CEE y 93/119/CE y el Reglamento (CE) n° 1255/97. 2005.
52. KNOWLES TG, WARRISS PD, BROWN SN, KESTIN SC, EDWARDS JE, PERRY AM *et al.* Effects of feeding, watering and resting intervals on lambs transported by road and ferry to France. *Vet Rec* 1996; 139: 335-339.
53. TATEO A, PADALINO B, BOCCACCIO M, MAGGIOLINO A, CENTODUCATI P. Transport stress in horses: Effects of two different distances. *J Vet Behav Clin Appl Res* 2012; 7: 33-42.
54. KRAWCZEL PD, FRIEND T, CALDWELL DJ, ARCHER G, AMEISS K. Effects of continuous versus intermittent transport on plasma constituents and antibody response of lambs. *J Anim Sci* 2007; 85: 468-476.
55. OLIVER M, NUTE G, FONT I, FURNOLS M, SAN JULIAN R, CAMPO M *et al.* Eating quality for beef, from different production system, assessed by German, Spanish and British consumers. *Meat Sci* 2006; 74: 435-442.
56. TREASURER JM. Changes in pH during transport of juvenile cod *Gadus morhua* L. and stabilization using buffering agents. *Aquaculture* 2012; 330-333: 92-93.
57. NORRIS RT. Transport of animals by sea. *Rev Sci Tech* 2005; 24: 673-681.
58. NORRIS RT, RICHARDS RB, CREEPER JH, JUBB TF, MADIN B, KERR JW. Cattle deaths during sea transport from Australia. *Aust Vet J* 2003; 81: 156-161.
59. TADICH N, GALLO C, BRITO M, BROOM DM. Effects of weaning and 48 h transport by road and ferry on some blood indicators of welfare in lambs. *Livest Sci* 2009; 121, 132-136.
60. PILCHER CM, ELLIS M, ROJO-GOMEZ A, CURTIS SE, WOLTER BF, PETERSON CM *et al.* Effects of floor space during transport and journey time on indicators of stress and transport losses of market-weight pigs. *J Anim Sci* 2011; 89: 3809-3818.
61. MINKA NS, AYO JO. Effects of loading behaviour and road transport stress on traumatic injuries in cattle transported by road during the hot-dry season. *Livest Sci* 2007; 107: 91-95.
62. MIRANDA-DE LA LAMA GC, LEYVA IG, BARRERAS-SERRANO A, PEREZ-LINARES C, SANCHEZ-LOPEZ E, MARIA GA, FIGUEROA-SAAVEDRA F. Assessment of cattle welfare at a commercial slaughter plant in the northwest of Mexico. *Trop Anim Health Prod* 2012; 44: 21-27.
63. KNOWLES TG, BROOM DM. The handling and transport of broilers and spent hens. *Appl Anim Behav Sci* 1990; 28: 75-91.
64. BARNES MA, CARTER RE, LONGNECKER JV, RIESEN JW, WOODY CO. Age at transport and calf survival. *J Dairy Sci* 1975; 58: 1247.
65. KNOWLES TG. A review of post transport mortality among younger calves. *Vet Rec* 1995; 137: 406-407.
66. DUFF GC, GALYEAN ML. Recent advances in management of highly stressed, newly received feedlot cattle. *J Anim Sci* 2007; 85: 823-840.
67. BROGDEN KA, LEHMKUHL HD, CUTLIP RC. *Pasteurella haemolytica* complicated respiratory infections in sheep and goats. *Vet Res* 1998; 233-254.
68. DE LA FUENTE J, SALAZAR MI, IBAÑEZ M, GONZALEZ DE CHAVARRI E. Effects of season and stocking density during transport on live weight and biochemical measurements of stress, dehydration and injury of rabbits at time of slaughter. *Anim Sci* 2004; 78: 285-292.
69. MITCHELL MA, KETTLEWELL PJ. Physiological stress and welfare of broiler chickens in transit: solutions not problems! *Poultry Sci* 1998; 77: 1803-1814.
70. HIGGS ARB, NORRIS RT, RICHARDS RB. Season, age and adiposity influence death rates in sheep exported by sea. *Aust J Agric Res* 1991; 42: 205-214.
71. JOSHUA S C, GARBER N J. A causal analysis of large vehicle accidents through fault-tree analysis. *Risk Anal* 1992; 12: 173-187.
72. BRAVER E, ZADOR P, THUM D, MITTER E, HERBERT M, BAUM H *et al.* Tractor-trailer crashes in Indiana: A case-control study of the role of truck configuration. *Accid Anal Prev* 1997; 29: 79-96.
73. BJÖRNSTIG U, BJÖRNSTIG J, ERIKSSON A. Passenger car collision fatalities-with special emphasis on collisions with heavy vehicles. *Accid Anal Prev* 2008; 40: 158-166.
74. MIAOU S, LUM H. Modeling vehicle, accidents and highway geometric design relationships. *Accid Anal Prev* 1993; 25: 689-709.
75. MIRANDA-DE LA LAMA GC, VILLARROEL M, MARIA GA. Behavioural and physiological profiles following exposure to novel environment and social mixing in lambs. *Small Rumin Res* 2012; 103: 158-163.
76. KING HR. Fish transport in the aquaculture sector: An overview of the road transport of Atlantic salmon in Tasmania. *J Vet Behav Clin Appl Res* 2009; 4: 163-168.
77. OLIVEIRA J, GUITIAN FJ, YUSE E. Effect of introducing piglets from farrow-to-finish breeding farms into all-in all-out fattening batches in Spain on productive parameters and economic profit. *Prev Vet Med* 2007; 80: 243-256.
78. AVEROS X, MARTIN SM, RIU M, SERRATOSA J, GOSALVEZ LF. Stress response of extensively reared young bulls being transported to growing-finishing farms under Spanish summer commercial conditions. *Livest Sci* 2008; 119: 174-182.
79. AVEROS X, HERRANZ A, SANCHEZ R, GOSALVEZ, L.F. Effect of the duration of commercial journeys between rearing farms and growing-finishing farms on the physiological stress response of weaned piglets. *Livest Sci* 2009; 122: 339-344.
80. GREGORY NG. Animal welfare at markets and during transport and slaughter. *Meat Sci* 2008; 80: 2-11.
81. MIRANDA-DE LA LAMA GC, SALAZAR-SOTELO MI, PEREZ-LINARES C, FIGUEROA-SAAVEDRA F, VILLARROEL M, SAÑUDO C *et al.* Effects of two transport systems on lamb welfare and meat quality. *Meat Sci* 2012; 92: 554-561.
82. TOOHEY ES, HOPKINS DL. Effects of lairage time and electrical stimulation on sheep meat quality. *Aust J Exp Agric* 2006; 46: 863-867.

83. JACOB RH, PETHICK DW, CHAPMAN HM. Muscle glycogen concentrations in commercial consignments of Australian lamb measured on farm and post-slaughter after three different lairage periods. *Aust J Exp Agric* 2005; 45: 543-552.
84. PEARCE KL, JACOB RH, MASTERS DG, HOPKINS DL, PETHICK DW. The effects of sodium chloride and betaine on the hydration status of lambs at slaughter. *Aust J Exp Agric* 2008; 48: 1194-1200.
85. GALLO C, TADICH T. South America. In: APPLEBY MC, CUSSEN V, GARCÉS L, LAMBERT L, TURNER J, editors. Long distance transport and welfare of farm animals. Wallingford, UK: CABI Publishing, 2008.
86. VILLANUEVA MV, ALUJA AS. Estado actual de algunas plantas de sacrificio de animales para consumo humano en México. *Vet Méx* 1998;29:273-278.
87. TADICH N, GALLO C, BUSTAMANTE H, SCHWERTER M, VAN SCHAIK G. Effects of transport and lairage time on some blood constituents of Friesian-cross steers in Chile. *Livest Product Sci* 2005; 93: 223-233.
88. FERGUSON DM, WARNER RD. Have we underestimated the impact of pre-slaughter stress on meat quality in ruminants? *Meat Sci* 2008; 80: 12-19.
89. LISTE G, VILLARROEL M, CHACON G, SAÑUDO C, OLLETA JL, GARCIA-BELENQUER S *et al.* Effect of lairage duration on rabbit welfare and meat quality. *Meat Sci* 2009; 82: 71-76.
90. LISTE G, MIRANDA-DE LA LAMA GC, CAMPO MM, VILLARROEL M, MUELA E, MARIA GA. Effect of lairage on lamb welfare and meat quality. *Anim Prod Sci* 2011; 51: 952-958.
91. GRANDIN T. Effect of animal welfare audits of slaughter plants by a major fast food company on cattle handling and stunning practices. *J Am Vet Med Assoc* 2000; 216:848-851.
92. GREGORY NG, SHAW F. Penetrating captive bolt stunning and exsanguinations of cattle in abattoirs. *J Appl Anim Welf Sci* 2000; 3: 215-230.
93. ZIVOTOFISKY AZ, STROUS RD. A perspective on the electrical stunning of animals: Are there lessons to be learned from human electro-convulsive therapy (ECT)? *Meat Sci* 2012; 90: 956-961.
94. VELARDE A, GISPERT M, DIESTRE A, MANTECA X. Effect of electrical stunning on meat and carcass quality in lambs. *Meat Sci.* 2003; 63: 35-38.
95. VELARDE A, GISPERT M, FAUCITANOL, MANTECA X, DIESTRE A. The effect of stunning method on the incidence of PSE meat and haemorrhages in pork carcasses. *Meat Sci* 2000; 55:309-314.
96. WOTTON SB, ANIL MH, WHITTINGTON PE, MCKINSTRY JL. Pig slaughtering procedures: head-to-back stunning. *Meat Sci* 1992; 32: 245-255.
97. RAJ ABM. A critical appraisal of electrical stunning in chickens. *World Poult Sci J* 2003; 59:89-98.
98. LAMBOOIJ E, REIMERT H, VAN DE VIS JW, GERRITZEN MA. Head-to-cloaca electrical stunning of broilers. *Poult Sci* 2008; 87: 2160-2165.
99. GREGORY NG. Animal welfare & meat production. 2nd ed. Wallingford, UK: CABI Publishing, 2007.
100. GRANDIN T. Auditing animal welfare at slaughter plants. *Meat Sci* 2010; 86: 56-65.
101. GALLO C, TEUBER M, CARTES H, URIBE D, GRANDIN T. Mejoras en la insensibilización de bovinos con pistola neumática de proyectil retenido tras cambios de equipamiento y capacitación del personal. *Arch Med Vet* 2003; 35: 159-170.
102. RAJ ABM, GREGORY NG. Welfare implications of the gas stunning of pigs 1: Determination of aversion to the initial inhalation of carbon dioxide or argon. *Anim Welf* 1995; 4:273-280.
103. RAJ ABM, GREGORY NG. Welfare implications of gas stunning of pigs 2. Stress of induction of anaesthesia. *Anim Welf* 1996; 5: 71-78.
104. RODRIGUEZ P, DALMAU A, RUIZ-DE-LA-TORRE JL, MANTECA X, JENSEN EW, RODRIGUEZ B *et al.* Assessment of unconsciousness during carbon dioxide stunning in pigs. *Anim Welf* 2008; 17: 341-349.
105. BECERRIL-HERRERA M, ALONSO-SPILSBURY M, LEMUS-FLORES C, GUERRERO-LEGARRETA I, OLMOS-HERNÁNDEZ A, RAMÍREZ-NECOECHEA R *et al.* CO₂ stunning may compromise swine welfare compared with electrical stunning. *Meat Sci* 2009b; 81, 233-237.
106. LLONCH, P, RODRIGUEZ, P, GISPERT M, DALMAU A, MANTECA X, VELARDE A. Stunning pigs with nitrogen and carbon dioxide mixtures: effects on animal welfare and meat quality. *Animal* 2012; 6: 668-675.
107. ERIKSON U. Assessment of different stunning methods and recovery of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*): isoeugenol, nitrogen and three levels of carbon dioxide. *Anim Welf* 2011; 20: 365-375.
108. RÍOS-RINCÓN FG, ACOSTA SÁNCHEZ DC. Sacrificio humanitario de ganado bovino e inocuidad de la carne. *NACAMEH* 2008; 2: 106-123.
109. CARAVES M, GALLO C. Caracterización y evaluación de la eficacia de los sistemas de insensibilización utilizados en equinos en Chile. *Arch Med Vet* 2007; 39: 105-113.
110. ZHONG RZ, LIU HW, ZHOU DW, SUN HX, ZHAO CS. The effects of road transportation on physiological responses and meat quality in sheep differing in age. *J Anim Sci* 2011; 89: 3742-3751.
111. FISHER AD, NIEMEYER DO, LEA JM, LEE C, PAULL DR, REED MT *et al.* The effects of 12, 30, or 48 hours of road transport on the physiological and behavioral responses of sheep. *J Anim Sci* 2010; 88: 2144-2152.
112. STRAPPINI AC, METZ JHM, GALLO CB, KEMP B. Origin and assessment of bruises in beef cattle at slaughter. *Anim* 2009; 3: 728-736.
113. JARVISAM, SELKIRKL, COCKRAMMS. The influence of source, sex class and pre-slaughter handling on the bruising of cattle at two slaughterhouses. *Livest Prod Sci* 1995; 43: 215-224.
114. WARRISS PD. The handling of cattle pre-slaughter and its effects on carcass and meat quality. *Appl Anim Behav Sci* 1990; 28: 171-186.
115. COCKRAM MS, LEE RA. Some preslaughter factors affecting the occurrence of bruising in sheep. *Brit Vet J* 1991; 147: 120-125.

116. FRAQUEZA MJ, ROSEIRO LC, ALMEIDA J, MATIAS E, SANTOS C, RANDALL JM. Effects of lairage temperature and holding time on pig behaviour and on carcass and meat quality. *Appl Anim Behav Sci* 1998; 60: 317-330.
117. JAGO JG, HARGREAVES AL, HARCOURT RG, MATTHEWS LR. Risk factors associated with bruising in red deer at a commercial slaughter plant. *Meat Sci* 1996; 44: 181-191.
118. WARRISS PD, BROWN SN. The physiological responses to fighting in pigs and the consequences for meat quality. *J Sci Food Agric* 1985; 36: 87-92.
119. RUIZ RA, ALUJA AS, REYES GLLA. Efecto de la distancia recorrida durante el transporte del ganado bovino sobre su peso y el pH de la carne. *Vet Méx* 1990; 21: 3:241-245.
120. RODRIGUEZ-CALLEJA JM, GARCIA-LOPEZ MA, SANTOS JA, OTERO A. Development of the aerobic spoilage flora of chilled rabbit meat. *Meat Sci* 2005; 70: 389-394.
121. BARBUT S, SOSNICKI AA, LONERGAN SM, KNAPP T, CIOBANU DC, GATCLIFFE LJ *et al.* Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat. *Meat Sci* 2008; 79: 46-63.
122. ADZITEY F, NURUL H. Pale Soft Exudative (PSE) and Dark Firm Dry (DFD) Meats: causes and measures to reduce these incidences. *Int Food Res J* 2011; 18: 11-20.
123. EIKELENBOOM G, BOLINK AH, SYBESMA W. Effects of feed withdrawal before delivery on pork quality and carcass yield. *Meat Sci* 1990; 29: 25-30.
124. PEREZ-LINARES C, FIGUEROA-SAAVEDRA F, BARRERAS A. Relationship between management factors and the occurrence of DFD meat in cattle. *J Anim Vet Adv* 2006; 5: 578-581.
125. CAMPO MM, SANTOLARIA P, SAÑUDO C, LEPETIT J, OLLETA JL, PANEA B *et al.* Assessment of breed type and ageing time effects on beef quality using two different texture devices. *Meat Sci* 2000; 55: 371-378.
126. VILLARROEL M, MARIA GA, SAÑUDO C, OLLETA JL, GEBRESENBET G. Effect of transport time on sensorial aspects of beef meat quality. *Meat Sci* 2003; 63: 353-357.
127. PEREZ-LINARES C. Cambios en las prácticas de manejo antes y durante el sacrificio para disminuir la presencia de carne DFD en bovinos. *NACAMEH* 2011; 5: S59-S68.
128. ALARCON AD, DUARTE JO, RODRIGUEZ FA, JANACUA H. Incidencia de carne pálida-suave-exudativa (PSE) y oscura-firme-seca (DFD) en cerdos sacrificados en la región del Bajío en México. *Téc Pecu Méx* 2005; 43: 335-346.
129. FERNANDEZ X, FORSLIDA, TORNBERGE. The effect of high postmortem temperature on the development of pale, soft and exudative pork: interaction with ultimate pH. *Meat Sci* 1994; 37: 133-147.
130. O'NEILL DJ, LYNCH PB, TROY DJ, BUCKLEY DJ, KERRY JP. Effects of PSE on the quality of cooked ham. *Meat Sci* 2003; 64:113-118.
131. MIRANDA-DE LA LAMA GC, VILLARROEL M, CAMPO MM, OLLETA JL, SAÑUDO C, MARIA GA. Effects of double transport and season on sensorial aspects of lamb's meat quality in dry climates. *Trop Anim Health Pro* 2012; 44: 21-27.
132. MARIA GA, LISTE G, CAMPO MM, VILLARROEL M, SAÑUDO C, OLLETA JL *et al.* Influence of transport duration and season on sensory meat quality in rabbits. *World Rabbit Sci* 2008; 16:81-88.
133. KUO CC, CHU CY. Quality characteristics of Chinese sausages made from PSE pork. *Meat Sci* 2003; 64: 441-449.
134. JEREMIAH LE, NEWMAN JA, TONG AKW, GIBSON LL. The effects of castration preslaughter stress and zeranol implants on beef: Part I-The texture of loin steaks from bovine males. *Meat Sci* 1988; 22: 83-101.
135. VILJOEN HF, DE KOCK HL, WEBB EC. Consumer acceptability of dark, firm and dry (DFD) and normal pH beef steaks. *Meat Sci* 2002; 61: 181-185.