Aspectos relevantes del bienestar del cerdo en tránsito

Relevant aspects of swine welfare in transit

Marcelino Becerril-Herrera* Daniel Mota-Rojas** Isabel Guerrero Legarreta***
Aline Schunemann de Aluja† Clemente Lemus-Flores‡ Miguel González-Lozano**
Ramiro Ramírez-Necoechea** María Alonso-Spilsbury**

Abstract

Current globalization policies demand animal welfare standards on animal transportation. In spite of international tendencies to commercialize meat cuts while decreasing live animal transit, transport is still one of the major problems in terms of animal welfare, besides carcass and meat by-products´ quality. The present review analyzes, in general terms, the different definitions on animal welfare and factors affecting pig welfare in transit. Several case studies are referred to as examples, showing the animal response to stress during transport and its effects on both meat quality and the economic impact. In addition, legal requirements and Mexican regulations for pig transportation are also described. Information in regard to swine stress and welfare in transit, considers a number of factors that alter the animal metabolic homeostasis with subsequent negative effects on pork quality. It is conclude that knowledge on basic animal behavioral and physiological needs during transport, as well as a suitable training of personnel, are necessary for reducing animal welfare problems. Last but not least, some recommendations on handling practices are given in order to improve swine welfare during transit.

Key words: SWINE, TRANSPORT, ANIMAL WELFARE, MEXICAN LEGISLATION, LOAD DENSITY, MEAT QUALITY.

Resumen

En el marco actual de la globalización, hablar de transporte animal conlleva realizar prácticas que mejoren el bienestar animal, aunque existe la tendencia mundial de incrementar el mercado de la carne en cortes, así como disminuir el comercio de animales vivos, el transporte constituye uno de los factores más preocupantes en términos del bienestar animal, además del impacto en la calidad de la canal y los subproductos respectivos. En la presente revisión se analizan, en términos generales, las distintas definiciones de bienestar animal, así como los factores más importantes que alteran el bienestar de los cerdos durante el transporte; se describen los requisitos legales y la normatividad mexicana para el transporte de animales, así como varios estudios de la respuesta fisiológica del animal durante condiciones adversas del transporte, se señalan, además, las repercusiones sobre la calidad de la carne y su impacto económico. La información con respecto al estrés de los cerdos y su bienestar durante el transporte, considera numerosos factores que alteran el equilibrio homeostático animal y que propician efectos negativos sobre calidad de la carne. Se concluye que tanto el conocimiento de la biología de la especie, como un entrenamiento del personal, son necesarios para disminuir los problemas de bienestar. Finalmente, se recomiendan algunas prácticas derivadas de los hallazgos presentados, con el fin de que se mejore el bienestar de los cerdos en tránsito.

Palabras clave: CERDOS, TRANSPORTE, BIENESTAR ANIMAL, NORMATIVIDAD MEXICANA, DENSIDAD DE CARGA, CALIDAD DE LA CARNE

Recibido el 28 de marzo de 2008 y aceptado el 10 de febrero de 2009.
*Programa de Doctorado en Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa-Xochimilco, Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, 04960, México, D. F.
**Departamento de Producción Agrícola y Animal, Cuerpo Académico Etología, Producción Porcina y Fauna Silvestre, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, 04960, México, D. F.
***Laboratorio Bioquímica de Macromoléculas, Departamento de Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Av. San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, 09340, México, D. F.
†Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, D. F.
‡Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Nayarit, Carretera a Chapailla, Compostela, 63700, Nayarit, México.
Correspondencia: Daniel Mota-Rojas, correo electrónico: dmota40@yahoo.com.mx Tel/Fax: 5483-7535.
Nota: El trabajo es resultado de la tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas del primer autor.

Introduction

Nowadays, pork meat has a significant consumption emphasizing that the demand has grown in a direct form and for industrial use;[1] nevertheless, importance has not been granted to quality and welfare of animals as done in other countries. Transport, lesions caused in transit animals, handling of pigs during unloading and rest period before slaughter affect carcass characteristics.[2,3] The concept of animal welfare during transportation is another aspect that should be considered, since unnecessary suffering can be avoided during loading, unloading and in general production and sacrificing stages.[4] By identifying stress factors and animal physiological responses to counteract such alterations, possible solutions can be determined with the aim to improve swine welfare in transit, including the importance of trained personnel to handle animals from farm to slaughterhouse. Furthermore, good handling practices and following of standards during animal transit can avoid deaths and minimize weight losses and carcass damage, as well as abnormalities in meat quality.

Animal welfare and transport

The animal's life quality increases by widening the opportunity to express its natural behavior, which implies more than satisfying its physiological and behavioral needs, and goes further than the negative definition of welfare, like the one from Dawkins,[5] who considers animal welfare as the absence of suffering. This last represents a series of non pleasant emotional states which include fear, frustration and pain. Nevertheless, these emotions are difficult to quantify, hence they have been identified as subjective and other methods of measurement are preferred.

Hughes[6] defines welfare as a complete health, physical and mental state where the animal is in complete harmony with its environment. According to Broom,[7] animal welfare is the state of an individual in relation with its intents to cope with its environment. This definition takes into account not only how the animal can compete, but also its effort in the intent. According to Webster,[8] animal welfare is the state determined by its capacity to avoid suffering situations and keep its self-inclusive ability. As aforementioned, there are definitions which conceive welfare as an absolute term, "existent or absent", and those who define it as a relative term "status". Nowadays, the Mexican veterinary trade definition is "the state in which an animal has its basic physiological necessities of health and behavior, in relation to changes in its environment".

Regardless of the definition adopted, it is essential that the concept "animal welfare" be defined in

Introducción

En la actualidad la carne de cerdo tiene un consumo significativo, resaltando que la demanda ha crecido en forma directa y para uso industrial;[1] sin embargo, no se le da importancia a la calidad y al bienestar de los animales, como sí ocurre en otros países. El transporte, las lesiones producidas en el animal en tránsito, el manejo de los cerdos durante el desembarque y el periodo de descanso antes del sacrificio afectan las características de la canal.[2,3] Además, debe considerarse que el concepto de bienestar animal durante el transporte puede evitar pérdidas en la calidad de la carne y en la calidad de vida del animal, ya que las buenas prácticas de manejo evitan el sufrimiento innecesario durante los procesos de carga, descarga y en las etapas de producción y sacrificio.[4] Al identificar los factores que propician el estrés, así como las respuestas fisiológicas del animal para contrarrestar dichas alteraciones, se pueden determinar posibles soluciones con la finalidad de mejorar el bienestar de los cerdos en tránsito, ello incluye señalar la importancia en la capacitación del personal que maneja animales para movilizarlos de la granja al rastro. Además, las buenas prácticas de manejo y seguimiento de los estándares durante el tránsito de los animales, evitan muertes y minimizan las pérdidas de peso y daños de la canal, así como las anormalidades en la calidad de la carne.

Bienestar animal y transporte

La calidad de vida del animal aumenta al incrementarse o ampliarse la oportunidad de expresar sus comportamientos naturales, lo que implica más que satisfacer sus necesidades fisiológicas y conductuales, y va más allá de la definición negativa de bienestar, como la de Dawkins,[5] quien considera el bienestar animal como la ausencia de sufrimiento. Esto último representa una serie de estados emocionales no placenteros que incluyen miedo, frustración y dolor. Sin embargo, estas emociones son difíciles de cuantificar, de ahí que se les identifica como subjetivas y se prefieran otros métodos de medición.

Hughes[6] define el bienestar como un estado de completa salud, física y mental donde el animal se encuentra en armonía con su ambiente. De acuerdo con Broom,[7] el bienestar animal representa el estado de un individuo en relación con sus intentos por afrontar o sobrellevar su ambiente. Esta definición toma en cuenta no sólo cómo el animal puede competir, sino también su esfuerzo en el intento. Para Webster,[8] el bienestar animal constituye el estado determinado por su capacidad para evadir estados de sufrimiento y mantener su habilidad inclusiva. Como se aprecia,

a way which allows its measurement.[9] Measurements are generally of physiological or behavioral type. For instance, the analysis of glucocorticoid plasma levels turns to be a useful indicator of animal welfare in individuals subjected to short term procedures, like handling and transport.[10] Stress evaluation during transport requires of non invasive methods; these, contrary to the traditional analysis, are based on sampling collection with low human interference (for example, blood sampling and heart rate); nevertheless, these methods can indirectly alter stress response. Telemetric devices for measuring breathing and heart rate, body temperature and blood pressure, are useful tools to obtain unperturbed responses. Recently, non invasive measures of stress have been developed and validated, through metabolites in saliva, feces or urine.[11]

Animal welfare during transit and slaughter must be measured using a variety of parameters which include mortality rate, wounds, behavior changes, physiological values, as well as brain activity (in case of confusion) and meat quality.[12] Broom[13] deepens the aforementioned concept of animal welfare considering the failure degree in a competence and its easiness or difficulty. Considers that health is an important component of welfare, while emotions like pain, fear, and several forms of pleasure, are components of competition mechanisms; therefore, it must be considered, when possible, in a welfare evaluation.

Animal welfare is also important from the economical point of view. The careful and peaceful handling of animals, by trained persons, using adequate facilities, reduces blows and helps keep meat quality.[14] This is important not only from the animal welfare point of view, but from the economic; pork industry in the United States of America looses 0.34 dollars per pig due to pale, soft and exudative meat type (PSE), and 0.08 dollars per pig, as a consequence of injuries,[15,16] reaching losses of 12.50 dollars for seized traumatized animals.[17] Likewise, it has been pointed out that death in transit, in the case of the United Kingdom, represents 10 500 pigs a year.[18] It is important to improve employee security during transport, since peaceful animals are less prone to hurt operators.[16]

Laws as well as practice codes can have great impact in the way people handle animals and consequently, on their welfare during transit. To generate guidelines that can be used to prevent or minimize deficient welfare during transport, it is necessary to know physiological and psychological functioning of animals, as well as attitude or actions of persons involved in the process; for which, Broom[13] has created a complete guide for the persons involved and the steps to follow for animal welfare during transit.

Transport is considered as an important stress factor for farm animals, since it propitiates detrimen-

hay definiciones que conciben el bienestar como un término absoluto, "existente o ausente", y quienes lo definen como un término relativo, "estado". Actualmente, para el gremio veterinario en México, "bienestar animal" se entiende como "el estado en que un animal tiene satisfechas sus necesidades fisiológicas básicas, de salud y de comportamiento, frente a los cambios en su ambiente".

Independientemente de la definición que se adopte, es esencial que el concepto "bienestar animal" sea definido de manera que permita su medición.[9] Las mediciones son generalmente de tipo fisiológico o conductual. Por ejemplo, el análisis de los niveles de glucocorticoides en plasma representa un indicador útil del bienestar animal de individuos sometidos a procedimientos de corto plazo, como el manejo y transporte.[10] La evaluación del estrés durante el transporte requiere de métodos no invasivos; éstos, contrario a los análisis tradicionales, se basan en la recolección de la muestra con baja interferencia humana (por ejemplo, recolección de sangre y vigilancia del ritmo cardiaco); sin embargo, estos métodos pueden alterar indirectamente la respuesta del estrés. Los dispositivos telemétricos para medir frecuencia respiratoria y cardiaca, temperatura corporal y presión arterial, son herramientas útiles para obtener respuestas imperturbadas. Recientemente se han desarrollado y validado medidas no invasivas del estrés, a través de los metabolitos en saliva, heces u orina.[11]

El bienestar animal durante el transporte y sacrificio debe medirse usando una variedad de parámetros que incluyan tasa de mortalidad, heridas, cambios en el comportamiento, valores fisiológicos, así como actividad del encéfalo (en caso de aturdimiento) y calidad de la carne.[12] Broom[13] profundiza el concepto anterior de bienestar animal considerando el grado de fracaso en una competencia y su facilidad o dificultad. Considera que la salud es un componente importante del bienestar, mientras que las emociones, como dolor, miedo y varias formas de placer, son componentes de los mecanismos para competir, por ello deben considerarse, cuando sea posible, en una evaluación del bienestar.

El bienestar de los animales es importante también desde el punto de vista económico. El manejo cuidadoso y tranquilo de los animales, por personas entrenadas, con el uso de instalaciones adecuadas, reduce los golpes y ayuda a mantener la calidad de la carne.[14] Esto último resulta importante no sólo desde el enfoque del bienestar animal, sino desde el aspecto económico; la industria porcícola en Estados Unidos de América pierde 0.34 dólares por cerdo debido a la carne tipo pálida, suave y exudativa (PSE), y 0.08 dólares por cerdo, como consecuencia de los golpes,[15,16] los aspectos anteriores propician pérdidas por decomiso

tal effects over health, welfare and meat quality.[11] Nowadays, cattle commercialization and welfare represent global issues which affect all cattle industry sectors, particularly to international commerce and the demand of an optimal quality food.[19]

During transport, pigs are exposed to factors that compromise their welfare,[20] due to disturbance factors which conjugate, these are of two types: physical and psychological. The first is result of lesions, extreme temperatures, vibrations and vehicle acceleration changes; noise, confinement and overcrowding. The second is the result of animal movement restriction, harmful or unfamiliar odors, environmental novelties, presence of unknown animals, hunger, thirst and fatigue.[21]

It has been observed that handling and transport cause dehydration.[22-24] This last constitutes a logical result of factors such as water deprivation, fluid loss in form of urine, excessive animal sweating, with increase in breathing rate. Nevertheless, good handling during these stages largely contributes to diminish the incidence of such problems.[2,25,26] There is clear interaction between stress factors associated with transit fatigue and food and water depravation, as well as recovery time after a trip.[11]

In this context, transit time varies from few to several hundreds of kilometers; during load, transport and unloading of animals; it is common for these to present traumatisms, weight loss and inclusive death,[27,29] as a consequence of animal welfare. The new initiatives in welfare regulations suggest that animals must rest after prolonged trips while they remain in the vehicle or after the unloading process in resting pens.[11]

The animal welfare surveillance during transit avoids unnecessary suffering, including load and unloading.[4] In regard to the actual globalization framework, animal welfare interest has increased in recent years, due to consumers, mainly from the northern hemisphere, who demand that livestock must be raised, transported and slaughter in a humane manner. Furthermore, it is pointed out that animal welfare could be used as a non- tax commercial barrier for importation of livestock which were not raised, handled or slaughtered according to appropriate welfare standards.[30] In order to gain progress in this area, animal welfare must be objectively defined and measured.[12] Likewise, a clear welfare definition is necessary so it can be useful in scientific measurements, and used in legal documents and public discussions.[13]

Welfare before transport

Animal transport must be planned, this implies preparing animals, choosing the best transport route,

de animales traumatizados, de 12.50 dólares por cada animal.[17] Asimismo, se ha señalado que la muerte en tránsito, para el caso del Reino Unido, representa 10 500 cerdos al año.[18] Es importante que se considere mejorar las condiciones de los animales durante el transporte; al mejorar el bienestar animal, ello repercutirá en la seguridad de los empleados debido a que el ganado que es tranquilo no lesionará a los operarios.[16]

Tanto las leyes como los códigos de práctica pueden tener gran impacto en la forma en que la gente maneja a los animales y, por ende, sobre su bienestar durante el transporte. Para generar guías que prevengan o minimicen el bienestar deficiente en animales durante el transporte, es necesario conocer el funcionamiento fisiológico y psicológico de los animales, así como las actitudes o acciones de las personas involucradas en el proceso; con ese propósito, Broom[13] ha creado una guía completa para las personas involucradas y los procedimientos aplicables para el bienestar de los animales durante el transporte.

El transporte constituye un factor de estrés importante para los animales de granja, pues propicia efectos que afectan la salud, el bienestar y la calidad de la carne.[11] La comercialización del ganado y su bienestar, hoy día, representan problemáticas globales que afectan a los sectores de la industria del ganado, en especial al comercio internacional y a la demanda de un alimento de óptima calidad.[19]

Durante el transporte, los cerdos están expuestos a factores que comprometen su bienestar,[20] debido a que se conjugan factores de trastorno, éstos son de dos tipos: físicos y psicológicos. El primero resulta de lesiones, temperaturas extremas, vibraciones y cambios en la aceleración del vehículo; ruido, confinamiento y hacinamiento. El segundo surge como producto de la restricción en los movimientos de los animales, olores nocivos o no familiares, novedades en el ambiente, presencia de animales desconocidos, hambre, sed y fatiga.[21]

Se ha observado que el manejo y el transporte causan deshidratación.[22-24] Esto último constituye un resultado lógico de factores como privación del agua, pérdidas de líquido en forma de orina, excesiva sudoración con incremento en la frecuencia respiratoria. Un buen manejo durante estas etapas disminuye la incidencia de tales problemas.[2,25,26] Existe interacción clara entre los factores de estrés asociados con la fatiga del transporte, y la privación del alimento y del agua, así como del tiempo para la recuperación después de un viaje.[11]

En este contexto, el tiempo de transporte varía desde pocos a varios cientos de kilómetros; durante la carga, transporte y descarga de los animales; es común que éstos presenten traumatismos, pérdidas

nature and duration, design and maintenance of the vehicle, necessary document proceedings, provide allowable space, rest, water and food, and animal observation during the trip, disease control and protocol to follow in the event of an emergency. In this sense, it is important to inspect animals before being transported in order to separate those who are not capable and could be probable disease transmitters.[13] To mention one example, it is known of *Salmonella* sp dissemination by pigs during transport and in holding pens.[31]

Welfare during transport

During transit, notable weight loss in final carcass weight can be recorded.[32] Disturbances in transit, load and unload cause weight loss, between 2% and 7%, this determines profit reduction of the final product. Schaefer *et al.*[22] determined that water and food deficiency reduces animal live weight, and that such loss is due to feces in intestinal tract, urine and dehydration, that also caused reduction in carcass weight. Nevertheless, these physiological weight losses (feces and urine) must be distinguished from others caused by stress (unnecessary).

Due to its nature, pig is a stress susceptible species, even with a slight problem.[19] Welfare problems during transit are related with the nature acute and chronic stress. Webster[33] sums up the causes of stress during transit in: *a*) fear and pain associated with handling and mixing animals, *b*) temperature or movement due to excess speed during trip, *c*) hunger, thirst and exhaustion, *d*) uneasiness caused by infectious processes.

Likewise, practical experience shows that the most common causes of lesions, death and trauma during transport are careless handling and overloading of trucks.[14] Hence, that the way the vehicle is driven affects the welfare of animals in transit. When the operators get on the vehicle, they are regularly seated or holding a handlebar; in animals something similar happens, animals which hold themselves on their four legs are less capable of facing problems such as swinging through corners or sudden stop.[13] If a truck is overloaded and an animal falls down, it may be impossible for him to get up again.[14]

The presence of trauma in pigs indicates that the animals were submitted to stress processes at some point along the transportation, which suggests that welfare was compromised.

Load density

Loading previous to transport is probably the moment of greatest stress when transporting animals;[34]

de peso e incluso la muerte,[27-29] como consecuencia de problemas de bienestar animal. Las nuevas iniciativas en regulaciones del bienestar sugieren que los animales deben descansar después de viajes prolongados mientras permanezcan en el vehículo o luego del proceso de descarga, en los corrales de descanso.[11]

La vigilancia del bienestar animal durante el transporte evita su sufrimiento innecesario, que incluye la carga y la descarga.[4] Al respecto, en el marco de la globalización actual, el interés por el bienestar animal ha aumentado en años recientes, debido a que los consumidores, principalmente del hemisferio norte, demandan que los animales de abasto sean criados, transportados y sacrificados en forma humanitaria. Más aún, se señala que el bienestar animal podría ser utilizado como barrera comercial no arancelaria para la importación de productos pecuarios o de animales que no fueron criados, manejados o sacrificados de acuerdo con estándares apropiados de bienestar.[30] Con el propósito de lograr avances en esta área, el bienestar animal deberá ser definido y medido en forma objetiva.[12] Asimismo, es necesario que se adopte un concepto de bienestar claramente definido, que sea útil en mediciones científicas y que sea aplicable en documentos legales y discusiones públicas.[13]

Bienestar antes del transporte

El transporte de los animales debe planearse, esto implica preparar a los animales, escoger la mejor ruta de transporte, naturaleza y duración, diseño y mantenimiento del vehículo, tramitar los documentos necesarios, proporcionar el espacio permitido, reposo, agua y alimento, así como la observación de los animales durante el viaje, control de enfermedades y el protocolo a seguir en caso de una emergencia. En este sentido, es importante inspeccionar a los animales antes de que sean transportados con el fin de separar a aquellos que no sean aptos y sean susceptibles de transmitir enfermedades;[13] por ejemplo, se sabe de la diseminación de *Salmonella* sp por cerdos durante el transporte y en los corrales de espera.[31]

Bienestar durante el transporte

Durante el transporte pueden registrarse notables mermas en el peso final de la canal.[32] Las alteraciones en el transporte, carga y descarga ocasionan pérdidas de peso del animal, entre 2% y 7%, ello determina la reducción de las ganancias del producto final. Schaefer *et al.*[22] determinaron que la carencia de alimento y agua reduce el peso vivo en los animales, y que tal pérdida se debe a las heces del llenado en tracto gastrointestinal, orina y deshidratación, que también causan reducción en el peso de la canal. Sin embargo,

likewise, the space occupied by animals during transport. Warriss[20] assures that the minimum required space for pigs of 90 to 100 kg of live weight is of 250 kg/m^2; nevertheless, this datum does not apply for very small or large pigs. A load density of 322 kg/m^2 leads to clear evidence of physical stress and space is insufficient for all pigs to lay down at the same time.

On long trips (≥25 h) meat quality demerits as a consequence of high density loads (> 322 kg/m^2), this implicates exhaustion of muscular glycogen and possible fatigue. High density is also associated with high mortality. In three level trucks, the height between these is reduced; it can be of 90 cm.[20]

It is recommended that the vehicle's temperature does not exceed 30ºC in order not to alter the thermoneutral zone. Nevertheless, this is difficult to control. In a hot day, temperature in a vehicle could increase to deadly levels in less than 30 minutes. In hot humid days, pigs should be transported during night or early morning. Grandin[14] has pointed out, that the combination of high temperature with high humidity is dangerous for pigs. According to this author,[35] factors such as transport during summer (> 30 min), animal overcrowding and mixing pigs of different origin, produce increase in the incidence of pale, soft and exudative meat; therefore, she recommends that each animal with a weight of approximately 100 kg is provided with at least 0.35 m^2 during transit.

Guise *et al.*,[36] Gade and Christensen[37] and Sears[38] found that pigs of 100 kg remain on feet on short trips of 1.5 to three hours. Gade and Christensen[37] mention that in moderate climate, in Denmark, providing extra space in short trips did not result in skin damage drop and neither in stress indicators in blood, such as creatin-phosphokinase, lactate and cortisol. In longer trips or hot temperatures, pigs will need more space to lie down without being one on top of the other.

Lee *et al.*[39] studied 57 gilts and 57 barrows of 110 kg; they were designated in six groups according to a 3 × 2 (load density, 0.31; medium, 0.35 and low, 0.39 m^2/100 kg) factorial arrangement design (1 h *vs* 3 h of transport). Lactate dehydrogenase (LD) concentrations were lower in low load density, compared to medium or high. Incidence of carcasses with PSE meat was greater in groups with high density of animal load. Likewise, the incidence of PSE increased in the 3 h *vs* 1 h in the low density transport, but not in the medium one. Hence, medium load density is preferred over low in long distance transport.

Additional space provided to pigs during transit improves animal welfare, without considerably affecting carcass quality. An increase in space during transport promotes a low incidence of undesirable colors in meat. Nevertheless, in some countries, the final quality of meat is not the selection criteria since

estas pérdidas de peso por razones fisiológicas (orina + heces) deben distinguirse de otras que ocasiona el estrés (innecesarias).

Debido a su temperamento, el cerdo constituye una especie susceptible al estrés, incluso por un problema leve.[19] Los problemas del bienestar durante el transporte se relacionan con la naturaleza del estrés agudo y crónico. Webster[33] resume las causas de estrés durante el transporte en: *a*) miedo y dolor asociado al manejo y mezcla de animales, *b*) temperatura o movimiento por exceso de velocidad durante el viaje, *c*) hambre, sed y agotamiento, y *d*) malestar causado por procesos infecciosos.

Asimismo, la experiencia práctica demuestra que las causas más comunes de lesiones, muertes y golpes durante el transporte las ocasionan el manejo brusco y la sobrecarga de los camiones.[14] En este contexto, la forma como se maneja un vehículo repercute en el bienestar de los animales que son transportados. Cuando los operarios se suben a un vehículo, por lo regular van sentados o asidos de un pasamanos; en los animales sucede algo similar, los animales que se sostienen sobre sus cuatro patas son menos capaces de enfrentar problemas como los que causan el balanceo alrededor de las esquinas o freno repentino.[13] Si un camión se sobrecarga y un animal cae, puede resultar imposible para éste volverse a levantar.[14]

La presencia de golpes en los cerdos indica que los animales fueron sometidos a procesos de estrés en algún punto a lo largo del transporte, lo que sugiere que el bienestar estuvo comprometido.

Densidad de carga

La carga previa al transporte es quizá el momento que provoca demasiado estrés cuando se transporta animales;[34] de igual forma, el espacio que ocupan los animales durante el transporte. Warriss[20] asegura que el espacio mínimo requerido para cerdos de engorda, de 90 a 100 kg de peso vivo, es de 250 kg/m^2; ese dato, sin embargo, no se aplica para cerdos muy pequeños o muy grandes. Una densidad de carga de 322 kg/m^2 conduce a clara evidencia de estrés físico, y el espacio es insuficiente para que todos los cerdos se acuesten al mismo tiempo.

Durante viajes largos (≥ 25 h) la calidad de la carne demerita como consecuencia de densidades de carga elevadas (> 322 kg/m^2), lo que implica agotamiento del glucógeno muscular y posible fatiga. Las densidades altas también se asocian con alta mortalidad. En camiones de tres niveles, la altura entre éstos es reducida, puede ser de 90 cm.[20]

Se recomienda que la temperatura en el vehículo no exceda los 30ºC para no desestabilizar la zona termoneutral. Sin embargo, esto es difícil de controlar.

there is no economic benefit that motivates such practice.[40]

Behavior during transport

The basic and physiological knowledge of animals during transit is necessary for the definition of minimum space and environment requirements. The majority of central countries have published guidelines and laws for the minimum requirements, including guides on care for farm animals.[11,41,42]

There is evidence that the vehicle trip causes greater stress than remaining on board the same time, but parked. After a 25 minutes trip or waiting with the truck parked, Geverink *et al.*[43] informed that when unloaded, the pigs that had traveled were less active and used less time exploring their environment. Cortisol in saliva was significantly higher in the group that had been transported. Likewise, the levels of vasopressin-lysine have been related with discomfort during transport, this makes it possible to include it as a welfare indicator in transported pigs.[44]

In regard to the animal posture, the percentage of pigs that keep standing during transit is lower when lower densities are used (0.39 m^2/100 kg LW), than in high or medium (high load density:0.31m^2/100 kg LW; medium, 0.35 m^2); the opposite is observed in seating position.[39]

Grandin[12] points out that at the end of a long highway trip, animals tend to lay down during the last hours of the trip under any load density, this coincides with recent findings by Mota-Rojas *et al.*[45] who evaluated the arrival position of three pig groups that had been transported for periods of eight, 16 and 24 h, and observed that the greater the transit time the number of animals that arrived on ventral decubitus position increased and even the number of males that arrived in this position was statistically different ($P < 0.001$) when comparing to females transported in the same period. Also, Gallo *et al.*[4] point out that when the hours of travel increase, the animals get tired and tend to lay down or are more predisposed to suffer falls. Hence, the importance to perform behavior observations, detailed with videotape during the trip, which combined with physiological stress parameters, facilitates the result interpretation for the specific animal transport conditions.

Social position

The social position of an animal within a group can also affect the stress levels. McGlone *et al.*[46] observed that submissive pigs stressed more in a period of transport of 4 h than the dominant pigs. Pigs which are taken from different social groups of the same

En un día caluroso, la temperatura en el vehículo se incrementa hasta niveles mortales en menos de 30 minutos. En días calientes y con humedad, los cerdos deben transportarse durante la noche o muy temprano en la mañana. Grandin[14] ha señalado que la combinación de alta temperatura con alta humedad es peligrosa para los cerdos. De acuerdo con dicho autor,[35] factores como transporte durante el verano (> 30 min), hacinamiento de animales y mezcla de cerdos de distintas procedencias, producen incremento en la incidencia de carne pálida, suave y exudativa, por lo que recomienda que cada animal de peso alrededor de los 100 kg disponga de al menos 0.35 m^2 durante el transporte.

Guise *et al.*,[36] Gade y Christensen[37] y Sears[38] encontraron que cerdos de 100 kg permanecen parados durante viajes cortos de 1.5 a tres horas. Asimismo, estos últimos[37] mencionan que en clima moderado, en Dinamarca, proveer espacio adicional en viajes cortos no resultó en disminución de los daños en la piel ni en los indicadores sanguíneos de estrés, como creatinfosfoquinasa, lactato y cortisol. En viajes más largos o durante temperaturas muy calurosas, los cerdos necesitarán más espacio para acostarse sin que yazcan unos sobre otros.

Lee *et al.*[39] estudiaron 57 cerdas nulíparas y 57 cerdos castrados con promedio de 110 kg de peso; los asignaron en seis grupos de acuerdo con un diseño con arreglo factorial de 3 (densidad de carga: alta, 0.31; mediana, 0.35 y baja, 0.39 m^2/100 kg) × 2 (1 h *vs.* 3 h de transporte). Las concentraciones de lactato deshidrogenasa fueron menores en la densidad de carga baja, comparadas con la mediana o alta. La incidencia de canales con carne pálida, suave y exudativa (PSE) fue mucho mayor en grupos con alta densidad de carga animal. Asimismo, la incidencia de PSE aumentó en el transporte de 3 h *vs.* 1 h en la densidad baja, pero no en la media. De ahí que se prefiere la densidad media de carga animal sobre la de baja densidad en transportes de distancias largas.

El espacio adicional para los cerdos durante el transporte mejora el bienestar animal, sin que afecte en forma considerable la calidad de la canal. Un incremento en el espacio durante el transporte promueve baja incidencia de carne pálida. Sin embargo, en algunos países, principalmente en los periféricos, la calidad final de la carne no constituye el criterio de selección pues no existe un beneficio económico que motive dicha práctica.[40]

Comportamiento durante el transporte

El conocimiento del comportamiento básico y fisiológico de los animales durante el transporte es necesario para definir los requisitos mínimos de espacio

or different farm and mix with strangers just before transit, show greater risk of threatening behavior or fighting; nevertheless, pigs, in general, do not fight during transport, mainly they establish social dominance in the order they take place in the pre-slaughter pens.[47] Individuals in mixed groups frequently struggle to establish new dominance ranks, which originates skin bruises, sometimes severe, particularly in the shoulder region.[20] The problem in economic terms and in welfare is sometimes very severe, but it is resolved by keeping animals in familiar groups, instead of mixing them with strangers.[13]

Glycogen depletion associated with threats, fights or mounting, that are present when disembarking, usually results in dark, firm and dry meat (DFD), and damages, such as traumas, are associated to welfare absence.[12] Worldwide, the main causes to penalize porcine carcasses include contusion, sickness and PDE meat. Damages in carcasses result in weight and commercial loss, this negatively affects producer profits and increases fixed costs to the slaughterhouse.[19] The analysis of acute phase proteins from blood samples of animals in the farm before being transported, as well as in the slaughterhouse, has been related with lesions and stress caused by their handling, transport and duration.[48] The measurement of acute phase proteins allows to asses immunological stress levels related with subclinical disease; therefore, they are a potential marker for the slaughterhouse. Recently Piñeiro *et al.*[49] compared the response of acute phase proteins in boars transported for 24 and 48 hours, and compared them to the basal levels (one month before transport); after transportation they found that there were greater levels of haptoglobin, serum amiloid A and protein C, meanwhile the apolipoprotein decreased.

Shea-More[50] found that pigs with few subcutaneous and intermuscular fat were more fearful and explored less an open area, than pigs with a heavy line. Also, it is been observed that the firsts fought more after being mixed.[51]

Vehicle vibration

Vibration in a vehicle upsets pigs and provokes vomiting during the trip.[44] Vibration can be more adverse than noise.[52] Perremans *et al.*[53] observed that low frequency vibrations, of 2 to 4 Hz, caused major stress than 8 to 18 Hz, since animals with low frequency vibrations had ten times less time to lay down. Perremans *et al.*[54] suggest to avoid low frequency vibrations and high speed, since these cause increase in heart rate in animals during transit. Stress caused by vibration is reduced by using more vehicles with pneumatic suspension.

Peeters *et al.*[55] compared the effect of supplemen-

y ambiente. La mayoría de los países centrales han publicado pautas y leyes para los requisitos mínimos, incluyendo guías sobre el cuidado para los animales de granja.[11,41,42]

Existe evidencia de que el viaje en un vehículo provoca mayor estrés que el hecho de permanecer el mismo tiempo a bordo, pero estacionado. Geverink *et al.*[43] informaron que, después de un viaje de 25 minutos o de una espera con el camión estacionado, al ser desembarcados, los cerdos que viajaron estaban menos activos y emplearon menos tiempo explorando su ambiente. El cortisol en la saliva fue significativamente más alto en el grupo que fue transportado. De igual manera, los valores de vasopresina-lisina han sido relacionados con malestar durante el transporte, ello posibilita su inclusión como un indicador de bienestar en cerdos transportados.[44]

Respecto de las posturas de los animales, el porcentaje de cerdos que permanecen de pie durante el transporte es menor cuando se manejan densidades bajas (0.39 m^2/100 kg PV), que en altas o medianas (densidad de carga: alta, 0.31 m^2/100 kg PV; mediana, 0.35 m^2); lo opuesto se observa en la posición de "sentado".[39]

Grandin[12] señala que hacia el final de un viaje largo por carretera, los animales tienden a echarse durante las últimas horas de viaje bajo cualquier densidad de carga, ello coincide con resultados recientes de Mota-Rojas *et al.*,[45] quienes evaluaron la posición de llegada de tres grupos de cerdos que habían sido transportados duarnte periodos de ocho, 16 y 24 h, observaron que a mayor tiempo de traslado se aumentó el número de animales que llegaron en posición decúbito ventral, e incluso el número de machos que arribaron en dicha posición fue diferente estadísticamente ($P < 0.001$) al compararse con las hembras transportadas en un mismo periodo. Asimismo, Gallo *et al.*[4] señalan que al aumentar las horas de viaje, los animales se cansan y tienden a echarse o están más predispuestos a sufrir caídas. De ahí la importancia de realizar observaciones del comportamiento, detalladas por videograbación durante el viaje, que combinadas con parámetros fisiológicos del estrés, faciliten la interpretación del resultado para las condiciones específicas de transporte de animales.

Posición social

La posición social de un animal dentro de un grupo también puede afectar los niveles de estrés. McGlone *et al.*[46] observaron que los cerdos sumisos presentaron mayor estrés en un periodo de transporte de 4 h que los otros animales dominantes. Los cerdos que son tomados de diferentes grupos sociales de la misma o diferente granja y que se mezclan con extraños justo

ting with magnesium, tryptophan and vitamin E and C, facing a transport simulation. They submitted 126 pigs to vibrations in a transport simulator (8 Hz, 3 m/s) for 2 h, an left them rest the same amount of time; the saliva cortisol concentrations (taken before and after vibrations and after recuperation) of animals to which complement with vitamin E, were lower, combined with lower concentration of lactate before vibrations. The steady concentration of lactate and creatinine-kinase (CK) with vitamin E supplement was very evident, while other treatments lowered lactate at least by 4 mg/dL, or increased CK and damage to the membrane of the muscular tissue; it is pointed out that vitamin E stabilizes the membrane, especially during stress situations.

Transit duration and rest period

Transit duration also affects pigs' welfare.[56] Animals transported less than 100 km exhibited more contusions compared to those transported > 100 km; in spit of this observation, the abnormality its attributed to handling differences in diverse farms.[19]

As already mentioned, stress during transport affects pig carcass quality, that is why concentrations of blood glucose, CK and LDH, are good transport stress indicators[39] compared with animals without stress, these metabolites are liberated as a change product in the cellular membrane permeability and its arrival into the blood flow from the muscular tissue provokes an increase in plasmatic activity. Abraham *et al.*[57] analyzed levels of plasmatic cortisol in pigs free of the halothane gen, and found that it significantly increased ($P < 0.001$) as result of transport. Also, the values of non-esterified fatty acids were increased ($P < 0.001$), glucose ($P < 0.001$) and lactic acid ($P < 0.01$). In both groups of 1 h and 16 h of waiting, pigs increased their levels of lactic acid, glucose and ascorbic acid. With respect to quality, they found significant differences in pH 45 ($P < 0.001$) and internal temperature ($P < 0.05$).

Hambrecht *et al.*[56] report that short transport (50 min) increases cortisol in pigs free of halothane gen, when followed by a short period (< 45 min) in the slaughter holding pens (transport × holding pens, $P < 0.01$). Short transport acute stress diminished ($P < 0.001$) the glycolytic potential of muscle and increased ($P < 0.001$) lactate in plasma, cortisol, muscle temperature, meanwhile there was a decrease in the levels of pH. Likewise, meat color was not affected ($P > 0.4$) by acute stress.

Bradshaw *et al.*[58] transported 50 pigs in a rigid chassis truck for 4.5 h, animals had an 80 kg weight average in a space of 0.49 m^2, and observed that 26% of the pigs vomited, 52% presented foam and 64% a antes del transporte, presentan mayor riesgo de comportamiento de amenaza o pelea; sin embargo, los cerdos, en general, no pelean durante el transporte, principalmente establecen dominancia social en el orden que toman lugar en los corrales presacrificio.[47] Los individuos en grupos mezclados luchan con frecuencia para establecer nuevas jerarquías de dominancia, lo cual origina laceraciones de la piel, de cuando en cuando severas, particularmente en la región del hombro.[20] El problema, en términos económicos y de bienestar, es algunas veces muy severo, pero se resuelve al mantener a los animales en grupos con individuos familiares, en vez de mezclarlos con extraños.[13]

El agotamiento del glucógeno asociado con las amenazas, las peleas o la monta, que se presentan durante el desembarco de animales, resulta en carne oscura, firme y seca (*dark, firm* y *dry*, DFD, por sus siglas en inglés), y los daños, como los golpes, se asocian a ausencia de bienestar.[12] Los principales aspectos, en el ámbito mundial, para castigar las canales porcinas incluyen contusión, enfermedad y carne PSE. Los daños en las canales resultan en pérdida de peso y valor comercial, ello afecta negativamente las ganancias de los productores e incrementa los costos fijos para el matadero.[19] El análisis de las proteínas de fase aguda de las muestras de la sangre de los animales en la granja antes del transporte, así como en el matadero, se ha relacionado con las lesiones y el estrés causados por su manejo, transporte y duración.[48] La medición de proteínas de fase aguda permite valorar los niveles de estrés inmunológico relacionado con infección subclínica; por tanto, representan un marcador potencial de enfermedades al rastro. Recientemente Piñeiro *et al.*[49] compararon la respuesta de proteínas de fase aguda en verracos transportados durante 24 y 48 horas, y los compararon con los niveles basales (un mes antes del transporte); después del transporte encontraron que hubo mayores niveles para haptoglobina, amiloide sérico A, proteína reactiva C, en tanto que la apolipoproteína disminuyó.

Shea-More[50] encontró que los cerdos con poca grasa subcutánea e intermuscular son más temerosos y exploran menos un área abierta, que los cerdos de línea pesada. Asimismo, se ha observado que los primeros pelean más después de que son mezclados.[51]

Vibración del vehículo

La vibración en un vehículo es molesta para los cerdos y provoca que éstos vomiten durante el viaje.[44] La vibración puede ser más adversa que el ruido.[52] Perremans *et al.*[53] observaron que las vibraciones de baja frecuencia, de 2 a 4 Hz, provocan mayor estrés que las de 8 a 18 Hz, pues los animales con vibraciones

combination of both signs;[13] were classified according to each of the high and low hormone level groups (cortisol, beta-endorphin and lysine vasopressin). There was no significant relation between incidence of stress caused by transport and high or low hormone concentrations. In this context, 34% of pigs showed PSE meat in the *Longissimus dorsi*, 24% with DFD in one or more muscles (*Longissimus dorsi,* semimembranosus, abductor), and four of them showed DFD in more than one muscle. There was no significant correlation between quality and cortisol concentration in plasma.

According to Hambrecht *et al.*,[56] prolonged transports (3 h) increase the glycolytic potential of the muscle (P = 0.06) and electric conductivity (P = 0.08). Concentrations of CK and LDH were greater in the transport groups of 3 h *vs* 1 h.[39] Leheska *et al.*[59] concluded that prolonged times of transport reduce the presence of PSE and improve the quality of meat, when comparing to short trips of 30 minutes. They also found that 48 hours fast improves pork meat quality.

Bradshaw *et al.*[34] used 80 kg pigs transported in a trailer for equines, for a period of 1 640 min (eight hours on rough roads and eight hours on smooth roads) and a distance of 761 km during the trip. In this case study, cortisol levels were recorded at the beginning and at the end of each trip, being: 14.6 (mmol/L), the mean for pigs which traveled on rough roads, the pig with greater cortisol level showed 21.4 (mmol/L) and the lower 9 (mmol/L). The mean for the pigs that traveled on smooth roads was of 8.5 (mmol/L). For most of the time, pigs remained lying down. During the winding road period, 67.8% of animals remained lying down, 26% standing and 6% walking. During the smooth period of the trip there were more pigs lying down (79.6%), followed by standing (15.2%) and 4.4% walking, all animals transported on the winding road vomited.

Hambrecht *et al.*[56] used pigs free of halothane gene to evaluate the levels of cortisol and lactate in serum and muscle. The load density during transport was of 0.45 m2/100 kg LW for all. Density in holding pens was of 0.75 m^2/100 kg LW. In this research it was considered optimal, short transport (less than 45 min), and gentle with three hours in the holding pen and the least possible stress. Cortisol and lactate increased (55.1 ng/mL *vs* 77.9 ng/mL and 17.1 mmol/L *vs* 30.9 mmol/L, respectively) caused by treatment with high stressors, but was not affected by transport type or time spent in holding pens in the slaughterhouse. Lactate concentrations were always kept high in plasma of pigs subjected to high stress before slaughter, compared to the minimum handling of pigs. Despite glycogen in the *Longissimus* was not affected by the long and winding road (3 h), concentrations of lactate in muscle increased (70.2 µmol/g *vs* 74.3 µmol/g) as result of

de baja frecuencia tuvieron diez veces menos tiempo para acostarse. Asimismo, recomiendan evitar vibraciones de baja frecuencia y aceleraciones altas, pues ello aumenta la frecuencia cardiaca de los animales durante el transporte. El estrés como consecuencia de la vibración se reduce a medida que se utilizan más vehículos con suspensión neumática.[54]

Peeters *et al.*[55] compararon el efecto de complementar con magnesio, triptófano, vitaminas E y C, ante una simulación de transporte. Sometieron a 126 cerdos a vibraciones en un simulador de transporte (8 Hz, 3 m/s) durante 2 h, y se les dejó descansar el mismo tiempo; las concentraciones de cortisol salival (tomadas antes y después de las vibraciones y después de su recuperación) de los animales a los que se les complementó con vitamina E, fueron menores, aunado a menor concentración de lactato antes de las vibraciones. La concentración estable del lactato y la creatinquinasa con el complemento de vitamina E fue muy evidente, mientras que otros tratamientos disminuyeron el lactato por lo menos 4 mg/dL, o aumentaron la creatinquinasa por lo menos 500 IU/L. Hubo relación entre la fuga de la creatinquinasa y el daño de la membrana del tejido muscular, se señala que la vitamina E estabiliza la membrana, especialmente durante situaciones de estrés.

Duración del trasporte y periodo de reposo

La duración del transporte también afecta el bienestar de los cerdos.[56] Animales que fueron transportados a menos de 100 km de distancia exhibieron más contusiones, en comparación con los que se transportó >100 km; a pesar de esta observación, la anomalía se atribuye a las diferencias en el manejo de los cerdos en las diversas granjas.[19]

Como ya se ha señalado, el estrés durante el transporte afecta la calidad de la canal de los cerdos, de ahí que las concentraciones de glucosa en sangre, creatinquinasa (CK) y lactato deshidrogenasa (LDH), son buenos indicadores del estrés por transporte[39] en comparación con animales sin estrés, estos metabolitos son liberados como producto de un cambio en la permeabilidad de membranas celulares y la llegada a la circulación desde el tejido muscular provoca aumento en su actividad plasmática. Abraham *et al.*[57] analizaron los niveles de cortisol plasmático de cerdos libres del gen halotano, y hallaron que aumentó significativamente (P < 0.001) como resultado del transporte. También se incrementaron los valores de ácidos grasos no esterificados (P < 0.001), glucosa (P < 0.001) y ácido láctico (P < 0.01). En ambos grupos de 1 h y 16 h de espera, los cerdos aumentaron sus niveles de ácido láctico, glucosa y ácido ascórbico. Con respecto a la calidad, encontraron diferencias significativas en

the increase in glycolytic potential bringing as a consequence the incidence of PSE meat. Treatment with high stressors lowered glycogen in muscle (38.0 µmol/g *vs* 20.7 µmol/g) and increased lactate in the *Longissimus* (58.1 µmol/g *vs* 86.4 µmol/g). Compared to high stress alone, lactate in plasma, cortisol and muscle temperature got worse, or time in holding pens decreased, which resulted in an increase in *postmortem* muscle acidification. According to these conclusions, the plasma lactate increase, muscle temperature and *postmortem* glycolysis rate, were associated with lower pig carcass quality, predisposing to PSE meat type.

Mexican regulations for swine transport

Laws and statutes can have great impact in animal handling; therefore, in animal welfare during transport. To publish guidelines that improve animal welfare during transport, biological functions of the species must be understood, as well as attitudes and habits of people involved in the process of handling and transport.

Nowadays, transport is an important stress factor for farm animals and causes negative effects in health, welfare and product quality.[11] Current legislation of the European Union included, in the general rules, guidelines of good practice for the international transport of domestic animals, porcine livestock, among others.[42] The majority of peripheral countries, including Mexico, insist that application laws in animal transport matter be published. In Mexico, the Secretaria de Agricultura, Ganaderia, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentacion (SAGARPA), through its Direccion General Juridica, published new regulations on animal transport in the Norma Oficial Mexicana NOM-024-ZOO-1995, "Specifications and characteristics of animal health rules for animal transport, its products and sub-products, chemical products, pharmaceutical, biological and nourishment for use in animals or consume by these", or NOM-051-ZOO-1995, "Humane treat in animal handling"

Mexican authorities are interested in assuring a proper transport. There are also efforts by Mexican researchers and learning institutions, such as Universidad de Sinaloa, Universidad Nacional Autonoma de Mexico, Universidad Autonoma Metropolitana, Universidad Autonoma de Morelos, Universidad de Yucatan, Instituto Tecnologico de Sonora, health clinics and other centers and institutions, in developing and creating access to information that assists in creating procedures and appropriate conditions for animal transport. Training and awareness of personnel directly involved in animal handling should not be forgotten.

Animal care and handling must be considered in el pH 45 ($P < 0.001$) y temperatura interna ($P < 0.05$).

Hambrecht *et al.*[56] indican que el transporte corto (50 min) incrementa el cortisol en cerdos libres del gen halotano, cuando le sigue un periodo corto (< 45 min) en los corrales de espera al rastro (transporte × corrales de espera, $P < 0.01$). El estrés agudo del transporte corto disminuyó ($P < 0.001$) el potencial glicolítico del músculo y aumentó ($P < 0.001$) el lactato en plasma, cortisol, temperatura del músculo, en tanto que hubo disminución de los niveles de pH. Asimismo, el color de la carne no se afectó ($P > 0.4$) por el estrés agudo.

Bradshaw *et al.*[58] transportaron 50 cerdos en un camión de chásis rígido durante 4.5 h, los animales tenían peso promedio de 80 kg en un espacio de 0.49 m^2, y observaron que 26% de los cerdos vomitaron, 52% presentaron espuma y en 64% se observó combinación de ambos signos; 13 se clasificaron como pertenecientes a cada uno de los grupos de niveles bajos o altos de hormonas (cortisol, beta-endorfina y lisina vasopresina). No hubo relación significativa entre la incidencia del estrés causado durante el transporte y las concentraciones altas o bajas de hormonas. En este contexto, 34% de los cerdos mostraron carne PSE en el músculo *Longissimus dorsi*, 24% con DFD en uno o más músculos (m. *Longissimus dorsi*, m. semimembra*noso*, m. *abductor*), y cuatro de ellos presentaron DFD en más de un músculo. No hubo correlación significativa entre la calidad y la concentración de cortisol en plasma.

De acuerdo con Hambrecht *et al.*,[56] el transporte prolongado (3 h) incrementa el potencial glicolítico del músculo ($P = 0.06$), así como la conductividad eléctrica ($P = 0.08$). Las concentraciones de CK y LDH fueron mayores en los grupos de transporte de 3 h *vs* 1 h.[39] Leheska *et al.*[59] concluyeron que los tiempos de transporte prolongado reducen la presencia de PSE y mejoran la calidad de la carne, al compararlos con viajes cortos de 30 minutos. También encontraron que ayunos de 48 horas mejoran la calidad de la carne de cerdo.

Bradshaw *et al.*[34] utilizaron cerdos de 80 kg que fueron transportados en un tráiler para equinos, durante un periodo de 1 640 min (ocho horas por camino áspero y ocho horas por camino suave) y una distancia de 761 km durante el viaje. En dicho estudio se registraron los niveles de cortisol al principio y al final de cada viaje, siendo: 14.6 (mmol/L), la media para los cerdos que viajaron por el camino áspero, el cerdo con mayor nivel de cortisol presentó 21.4 (mmol/L) y el menor 9 (mmol/L). La media para los que viajaron por el camino suave fue de 8.5 (mmol/L). La mayor parte del tiempo los cerdos permanecieron echados. Durante el periodo de viaje sinuoso, 67.8% de los animales permanecieron echados, 26% parados

Mexican guidelines. Authorities who publish the law must understand that transport of livestock and poultry for long periods imply discomfort for the animal and detriment of meat quality and quantity. Other fundamental aspect is "emergency euthanasia" for animals in agony, poly-traumatized or fractured at the end of the transfer.

Changes in intensive animal production systems should also be approached. In Mexico, initiatives for animal welfare are in progress with a Ley General de Bienestar Animal. This law pretends to achieve optimal welfare for animals; it was design to regulate shelter, maintenance, handling, use, exploitation, commercialization, transport, slaughter and euthanasia of domestic and wild vertebrae, independently of species or function.[30] Once approved by the Mexican Senate, it is hoped to help create awareness in public, producers and authorities, about animal welfare in Mexico.[45]

Conclusions

Animals transported in vehicle and unloaded in the slaughterhouse must be handled with care, personnel should be familiarized with the minimum requirements to reach animal welfare, know animal behavioral basis and physiology. For welfare and quality reasons, pigs should be transported in environments not higher than 30ºC, preferably not exceeding eight hours of journey. To keep high standards of pigs' welfare during transport and handling, adequate equipment and personnel supervision is required. Good transport administration and follow up standards avoid total loss and reduce to a minimum weight and damage to the carcass, as well as abnormalities in meat quality. Previous to transport, it is important to evaluate animal's health status to avoid loading sick or injured pigs.

Acknowledgements

Authors wish to thank Consejo Nacional de Ciencia y Tecnologia and Sistema Nacional de Investigadores (SNI) for the financial support both Mexican institutions. Daniel Mota-Rojas, Isabel Guerrero-Legarreta, A. Schuneman de Aluja, Clement Lemus-Flores, Ramiro Ramirez Necoechea and Maria Alonso-Spilsbury, members of SNI, Mexico.

Referencias

1. ALONSO P. Costos de producción en la porcicultura mexicana en un marco de apertura comercial. Porc Ent 2003;5:26-30.
2. GALLO C, LIZONDO G, KNOWLES TG. Effects of journey and lairage time on steers transported to slaughter in Chile. Vet Rec 2003;152:361-364.

y 6% estuvieron caminando. Durante el periodo de viaje suave hubo más cerdos que permanecieron echados (79.6%), le siguieron los que estuvieron parados (15.2%) y 4.4% caminaron, todos los animales que viajaron por el camino sinuoso vomitaron.

Hambrecht *et al.*[56] utilizaron cerdos libres del gen halotano para evaluar los niveles de cortisol y el lactato en plasma y músculo. La densidad de carga durante el transporte fue de 0.45 m^2/100 kg PV para todos. La densidad en los corrales de espera fue de 0.75 m^2/100 kg PV. En esta investigación se consideraron óptimos el transporte corto (menor a 45 min), y gentil con tres horas en el corral de espera y el menor estrés posible. El cortisol y el lactato aumentaron (55.1 ng/mL *vs* 77.9 ng/mL y 17.1 mmol/L *vs* 30.9 mmol/L, respectivamente) como consecuencia del tratamiento con estresores altos, pero no se afectó con el tipo de transporte o la duración en los corrales de espera en el rastro. Las concentraciones de lactato siempre se mantuvieron elevadas en el plasma de los cerdos sujetos a estresores altos presacrificio, comparados con el manejo mínimo de los cerdos. A pesar de que el glucógeno del *Longissimus* no resultó afectado por el transporte largo y accidentado (3 h), las concentraciones de lactato en músculo aumentaron (70.2 µmol/g *vs* 74.3 µmol/g) como resultado del incremento en el potencial glicolítico, ello propició la incidencia de carne PSE. El tratamiento con estresor alto disminuyó el glucógeno del músculo (38.0 µmol/g *vs* 20.7 µmol/g) y aumentó las concentraciones de lactato en el *Longissimus* (58.1 µmol/g *vs* 86.4 µmol/g). Comparado con los efectos del estrés alto solo, el lactato en plasma, el cortisol y la temperatura en músculo empeoraron, o la duración en los corrales de espera disminuyó, ello resultó en incremento de la tasa de acidificación del músculo *post mortem*. Según estas conclusiones, el incremento del lactato en plasma, la temperatura del músculo y la tasa de la glucólisis *post mortem,* se asocian con disminución de la calidad de la canal cerdo, predisponiendo a carnes de tipo PSE.

Regulaciones mexicanas para el transporte del cerdo

Las leyes y los estatutos pueden tener gran impacto en el manejo animal y, por tanto, en el bienestar animal durante el transporte. Para publicar las pautas que mejoren el bienestar animal durante el transporte, deben entenderse las funciones biológicas de la especie, así como las actitudes y los hábitos de la gente implicada en el proceso del manejo y del transporte.

Actualmente, el transporte representa un factor de estrés importante para los animales de granja y ocasiona efectos negativos en la salud, bienestar y en la calidad del producto.[11] La legislación actual de la

3. BECERRIL-HERRERA M, MOTA-ROJAS D, LEMUS-FLORES C, SÁNCHEZ-APARICIO P, GONZÁLEZ-LOZANO M, GUZMÁN PO *et al.* Efecto del transporte sobre indicadores pre y post-sacrificio que alteran la calidad de la carne de cerdo. Memorias de XXXIX Congreso Nacional AMVEC; 2004 julio-agosto 28-1; Mazatlán (Sinaloa) México. Mazatlán (Sinaloa) México: Asociación Mexicana de Veterinarios Especialistas en Cerdos, AC, 2004:200.
4. GALLO C, PÉREZ S, SANHUEZA C, GASIC J. Efectos del tiempo de transporte de novillos previo al faenamiento sobre el comportamiento, las pérdidas de peso y algunas características de la canal. Arch Med Vet 2000;32:157-170.
5. DAWKINS MS. Animal Suffering. Londres, UK: Chapman & Hall, 1980.
6. HUGHES BO. Behaviour as an index of welfare. Proc Vth Europ Poultry Conf, Malta 1976;1005-1018.
7. BROOM D. Indicators of poor welfare. Br Vet J 1986;142(524):526.
8. WEBSTER AJF. Assessment of Welfare State: The 'Five Freedoms'. Naturwissenschaften 1998;85:262-269.
9. BROOM DM. Bienestar animal. En: GALINDO F, ORIHUELA A, editores. Etología Aplicada. México DF: Universidad Nacional Autónoma de México, International Fund for Animal Welfare; 2004:51-87.
10. FRASER AF, BROOM D. Farm Animal Behaviour and Welfare. New York: CABI International, 1990:-437.
11. VON BORELL E, SCHÄFFER D. Legal requirements and assessment of stress and welfare during transportation and pre-slaughter handling of pigs. Liv Prod Sci 2005;97:81-87.
12. GRANDIN T. Assessment of stress during handling and transport. J Anim Sci 1997;75:249-257.
13. BROOM DM. The effects of land transport on animal welfare. Revi Sci Tech Off Int Epiz 2005;24:683-691.
14. GRANDIN T. Elementos de manejo y transporte. En: GALINDO F, ORIHUELA A, editores. Etología Aplicada. México DF: Universidad Nacional Autónoma de México, International Fund for Animal Welfare; 2004:311-331.
15. NATIONAL PORK PRODUCER COUNCIL. Procedures to evaluate market hogs. Des Moines Iowa: NPPC, 1994.
16. GRANDIN T. Animal welfare in slaughter plants. 29th Annual Conference of American Association of Bovine Practitioners Proceedings; 1996 septiembre 12-15; San Diego, California. San Diego, California: Association of Bovine Practitioners, 1996:22-26.
17. MORGAN JB, SMITH GC. Results of the "International Beef Quality Audit." The Final Report of the Second Blueprint for Total Quality Management in the Fed-Beef (Slaughter Steer/Heifer) Industry. Englewood, Colorado. Cattlemen's Beef Association, 1995: 35–40
18. WARRISS PD, BROWN SN. A survey of mortality in slaughter pigs during transport and lairage. Vet Rec 1994;134:513-515.
19. KUSINA NT, SACHIKONYE S, KUSINA J, NDIWENI P, WARAN N. Effect of on-farm treatment, transport and lairage times on brusing

Unión Europea colocó en las reglas generales de las guías de buenas prácticas para el transporte internacional de los animales domésticos, al ganado porcino, entre otros.[42] La mayoría de los países periféricos, incluyendo México, insisten en que se publiquen leyes de aplicaciones en materia del transporte animal. En México, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa), a través de su Dirección General Jurídica, publicó nuevas regulaciones sobre el transporte animal en la Norma Oficial Mexicana NOM-024-ZOO-1995, "Especificaciones y características zoosanitarias para el transporte de animales, sus productos y subproductos, productos químicos, farmacéuticos, biológicos y alimenticios para uso en animales o consumos por éstos", así como en la NOM-051-ZOO-1995, "Trato humanitario en la movilización de animales".

Las autoridades mexicanas tienen interés en asegurar el transporte apropiado. Hay también esfuerzos de investigadores mexicanos e instituciones educativas, como la Universidad de Sinaloa, la Universidad Nacional Autónoma de México, la Universidad Autónoma Metropolitana, la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, la Universidad Autónoma de Yucatán, el Instituto Tecnológico de Sonora, algunas clínicas de salud y otros centros e instituciones de educación u oficiales, en desarrollar y crear acceso a la información que asista en la creación de procedimientos y condiciones apropiadas para el transporte animal. No se debe olvidar la capacitación y sensibilización del personal directamente vinculado con el trato con animales.

El cuidado animal y su manejo deben ser considerados en los reglamentos mexicanos. Las autoridades que publican la ley deben entender que el transporte del ganado y de las aves de corral durante periodos prolongados, implica malestar para el animal y detrimento de la calidad y de la cantidad de la carne. Otro aspecto fundamental es el "sacrificio de emergencia" para animales en agonía, politraumatizados o fracturados al término del traslado.

Los cambios en los sistemas de producción animal intensivos también deben abordarse. En México las iniciativas para el bienestar animal están en camino con una Ley General de Bienestar Animal. Esta ley pretende lograr el bienestar óptimo de los animales; se diseñó para regular el alojamiento, mantenimiento, manejo, uso, explotación, comercialización, transporte, matanza y eutanasia, de los animales vertebrados domésticos y silvestres, independientemente de su especie o función.[30] Una vez que sea aprobada por el Senado mexicano, se espera que ayude a sensibilizar y concientizar al público, a los productores y a las autoridades, acerca del bienestar animal en México.[45]

in slaughter pigs in Zimbabwe. Pig J 2003;52:91-97.
20. WARRISS PD. Choosing appropriate space allowances for slaughter pigs transported by road: A review. Vet Rec 1998;142:449-454.
21. DANTZER R, MORMÈDE P. El estrés en la cría intensiva del ganado. Zaragoza, España: Acribia, 1984:-130.
22. SCHAEFER AL, JONES SDM, STANLEY RW. The use of electrolyte solutions for reducing transport stress. J Anim Sci 1997;75:258-265.
23. BROWN SN, KNOWLES TG, EDWARDS JE, WARRISS PD. Behavioural and physiological responses of pigs to being transported for up to 24 hours followed by six hours recovery in lairage. Vet Rec 1999;145:421-426.
24. TADICH N, GALLO C, ALVARADO M. Effects of 36 hour transport by land with and without rest, on some blood traits indicative of stress in bovines (In Spanish). Arch Med Vet 2000;32:171-183.
25. GALLO C, ESPINOSA M, SANHUEZA C, GASIC J. Effects of trailer transportation during 36 hours with and without rest, on the live weight and some carcass traits in bovines (In Spanish). Arch Med Vet 2001;33(1):43-53.
26. QUIROGA TG, GARCÍA SJL. Manual para la Instalación del Pequeño Matadero Modular de la FAO, No. 20. Roma Italia: FAO. Estudio FAO Producción y Salud Animal, 1994:250.
27. GONZÁLEZ-LOZANO M, SÁNCHEZ-APARICIO P, MOTA-ROJAS D, ALONSO-SPILSBURY ML, RAMÍREZ-NECOECHEA R, BECERRIL-HERRERA M *et al.* Efecto del Transporte, Ayuno y Periodo de Reposo Presacrificio en la Calidad de la Canal Porcina. México DF: Universidad Autónoma Metropolitana, Comunicaciones Técnicas No. 4, 2007.
28. MOTA-ROJAS D, BECERRIL-HERRERA M, GAY JFR, LEMUS FC, ALONSO SML, RAMÍREZ-NECOECHEA R *et al.* Efecto del transporte en la calidad de la carne de cerdo. En: MOTA-ROJAS D, BECERRIL-HERRERA M, GAY JFR, LEMUS FC, ALONSO SML, RAMÍREZ-NECOECHEA R *et al.*, editores. Calidad de la Carne, Salud Pública e Inocuidad Alimentaria. México DF: Universidad Autónoma Metropolitana, Serie Académicos No. 53, 2005.
29. MOTA-ROJAS D, BECERRIL-HERRERA M, LEMUS-FLORES C, TRUJILLO-ORTEGA ME, RAMÍREZ-NECOECHEA R, ALONSO-SPILSBURY M. Efecto del periodo de descanso previo al sacrificio sobre el perfil químico serológico y calidad de la canal en cerdos. Memorias de XL Congreso Nacional AMVEC; 2005 julio 13-17; León (Guanajuato) México. León (Guanajuato) México: Asociación Mexicana de Veterinarios Especialistas en Cerdos, AC, 2005:186.
30. VANDA B. Necesidades y beneficios de una ley general de bienestar animal. México DF: Universidad Nacional Autónoma de México, International Fund for Animal Welfare, 2007:32.
31. HURD HS, MCKEAN JD, GRIFFITH RW, WESLEY IV, ROSTAGNO MH. *Salmonella enterica* infections in market swine with and without transport and holding. Appl Environ Microbiol 2002;68:2376-2381.
32. PRÄNDL O, FISCHER A, SCHMIDHOFER T, SINELL HJ. Tecnología e Higiene de la carne. Zaragoza, España: Acribia, 1994:124-126.
33. WEBSTER J. Animal Welfare: A Cool Eye Towards Eden. Oxford, UK: Blackwell Science, 1994:273.
34. BRADSHAW RH, PARROT RF, GOODE JA, LLOYD DM, RODWAY RG, BROOM DM. Behavioural and hormonal responses of pigs during transport: effect of mixing and duration of journey. Anim Sci 1996;62:547-554.
35. GRANDIN T. Solving livestock handling problems. Vet Med 1994;89:989-998.
36. GUISE HJ, RICHES HL, HUNTER BJ, JONES TA, WARRISS PD, KETTLEWELL PJ. The effect of stocking density on transit on carcass quality and welfare of slaughter pigs. Meat Sci 1998;50:439-446.
37. GADE PB, CHRISTENSEN L. Effect of different stocking densities during transport on welfare and meat quality in Danish slaughter pigs. Meat Sci 1998;48:237-247.
38. SEARS J. The welfare of pig during transport and slaughter. Pig News Info 2003;24(3):83N-90N.
39. LEE CY, KIM DH, WOO JH. Effects of stocking density and transportation time of market pigs on their behaviour, plasma concentrations of glucose and stress-associated enzymes and carcass quality. Asian-Australas J Anim Sci 2004;17:116-121.

Conclusiones

Los animales trasladados en un vehículo y descargados en el rastro deben ser manejados con cuidado, el personal estará familiarizado con los requisitos mínimos para conseguir el bienestar animal, conocer las bases del comportamiento y la fisiología animal. Por razones de bienestar y de calidad, los cerdos serán transportados en ambientes que no excedan los 30ºC, de preferencia que no excedan las ocho horas de jornada. Con el propósito de mantener altos estándares del bienestar de los cerdos durante el transporte y su manejo, se requiere de equipo apropiado, así como la supervisión del empleado. La buena administración del transporte y seguimiento de los estándares evitan la pérdida total y reducen al mínimo las pérdidas de peso y daños a la canal, así como anormalidades en la calidad de la carne. Es importante evaluar, previamente al transporte, el estado de salud de los animales para evitar cargar cerdos enfermos o lastimados.

Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento otorgado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y por el Sistema Nacional de Investigadores, ambas instituciones en México. Marcelino Becerril-Herrera es estudiante de Doctorado; Daniel Mota-Rojas, Isabel Guerrero-Legarreta, Aline Schuneman de Aluja, Clemente Lemus-Flores, Ramiro Ramírez Necoechea y María Alonso-Spilsbury son miembros del SNI.

40. BECERRIL-HERRERA M, MOTA-ROJAS D, GUERRERO-LEGARRETA I, GONZALEZ-LOZANO M, SANCHEZ-APARICIO P, LEMUS-FLORES C *et al.* Effects of aditional space during transport on preslaughter traits of pigs. J Biol Sci 2007;7:1112-1120.
41. STANDING COMMITTEE ON AGRICULTURE AND RESOURCE MANAGEMENT. Model Code of Practice for the Welfare of Animals. Pigs. 2nd ed. East Melbourne, Victoria, Australia: SCARM Report No. 66, 1998:13.
42. DEPARTAMENT FOR ENVIROMENT FOOD AND RURAL AFFAIRS. Code for Recommendations for the Welfare of Livestock: Pigs. London, UK: Defra Publications, 2003:35.
43. GEVERINK NA, KAPPERS A, VAN DE BURGWAL JA, LAMBOOIJ E, BLOKHUIS HJ, WIEGANT VM. Effects of regular moving and handling on the behavioural and physiological responses of pigs to preslaughter treatment and consequences for subsequent meat quality. J Anim Sci 1998;76:2080-2085.
44. BRADSHAW RH, PARROT RF, FORSLING ML, GOODE JA, LLOYD DM, RODWAY R *et al.* Stress and travel sickness in pigs: effects of road transport on plasma concentrations of cortisol, beta-endorphin and lysine vasopressin. J Anim Sci 1996;63:507-516.
45. MOTA-ROJAS D, BECERRIL-HERRERA M, LEMUS-FLORES C, SANCHEZ-APARICIO P, GONZALEZ-LOZANO M, OLMOS-HERNANDEZ A *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.
46. MCGLONE JJ, SALAK JL, LUMPKIN EA, NICHOLSON RI, GIBSON M, NORMAN RL. Shipping stress and social status effects on pig performance, plasma cortisol, natural killer cell activity, an leukocyte numbers. J Anim Sci 1993;71:888-896.
47. GEVERINK NA, ENGEL B, LAMBOOIJ E, WIEGANT MV. Observations on behaviour and skin damage of slaughter pigs and treatment during lairage. Appl Anim Behav Sci 1996;50:1-13.
48. SACO Y, DOCAMPO MJ, FABREGA E, MANTECA X, DIESTRE A, LAMPREAVE F *et al.* Effect of stress transport on serum haptoglobin and pig-MAP in pigs. Anim Welfare 2003;12:403-409.
49. PIÑEIRO M, PIÑEIRO C, CARPINTERO R, MORALES J, CAMPBELL F, ECKERSSALL P *et al.* Characterization of the pig acute phase protein response to road transport. Vet J 2006;173:669-674.
50. SHEA-MOORE M. The effect of genotype on behavior in segregated early weaned pigs in an open field. J Anim Sci 1998;76(Suppl. 1):100.
51. BUSS CS, SHEA-MOORE MM. Behavioral and physiological responses to transportation stress. J Anim Sci 1999;77(Suppl. 1):147.
52. STEPHENS S, BOLAND MP, ROCHE JF, REID JFS, BOURKE S. Induction of parturition in swine with the prostaglandin analogue fenprostalene. Vet Rec 1985;122:296-299.
53. PERREMANS S, RANDALL JM, ROMBOUTS G, DECUYPERE E, GEERS R. Effect of whole body vibration in the vertical axis on cortisol and adevenocorti hormone levels in piglets. J Anim Sci 2001;79:975-981.
54. PERREMANS S, RANDALL JM, ALLEGAERT L, STILES MA, ROMBOUTS G, GEERS R. Influence of vertical vibration on heart rate in pigs. J Anim Sci 1998;76:416-420.
55. PEETERS E, NEYT A, BECKERS F, DE SMET SM, AUBERT AE, GEERS R. Influence of supplemental magnesium, tryptophan, vitamin C, and vitamin E on stress responses of pigs to vibration. J Anim Sci 2005;83:1568-1580.
56. HAMBRECHT E, EISSEN JJ, NEWMAN DJ, SMITS CHM, DEN HARTOG LA, VERSTEGEN MWA. Negative effects of stress immediately before slaughter on pork quality are aggravated by suboptimal transport and lairage conditions. J Anim Sci 2005;83:440-448.
57. ABRAHAM C, WEBER M, BALOGH K, MEZES M, HUSZENICZA G, FEBEL H *et al.* Effect of transport and lairage on some physiological and meat quality parameters gin slaughter pigs [A szallitas es a pihentetes korulmenyeinek hatasa a hizosertesek egyes elettani es husminosegi jellemzoire]. Magyar Allatorvosok Lapja 2005;127:139-145.
58. BRADSHAW RH, RANDALL JM, FORSLING ML, RODWAY R, GOODE JA, BROWN SN *et al.* Travel sickness and meat quality in pigs. Anim Welfare 1999;8:3-14.
59. LEHESKA JM, WULF DM, MADDOCK RJ. Effects of fasting and transportation on pork quality development and extent of post-mortem metabolism. J Anim Sci 2003;80:3194-3202.